ตีบุก

จัดพิมพ์เป็นอนุสรณ์แด่
นายยิบอินซอย

THAI NATIONAL ASSEMBLY LIBRARY
3961116421

วันที่ 6 เม.ย. 37
เลขทะเบียน ๐๐๐๑
เลขหมู่ ๑๗/
ด ๒๘๑๑

ดีบุก

สมบัติห้องสมุดรัฐสภา

ของ

กรมโลหกิจ

จัดพิมพ์เป็นอนุสรณ์แด่

นายยิบอินซอย



ชาตะ ๙ พฤศจิกายน พ.ศ. ๒๔๔๑

มรณะ ๓๐ ธันวาคม พ.ศ. ๒๕๑๒

ประวัติย่อนายยิบอินซอย

นายยิบอินซอย เกิดเมื่อวันที่ ๘ พฤศจิกายน ๒๔๔๑ เป็นบุตรของนายยับหลงและนางกู้สุ่น มีพี่น้องรวมด้วยกัน ๑๐ คน นายยิบอินซอยเป็นบุตรคนหัวปีได้รับการศึกษาเบื้องต้นที่โรงเรียนวัดเล่งเน่ยยี่ จังหวัดพระนคร แล้วเดินทางไปศึกษาต่อที่ Lingnam University มณฑลกวางตุ้ง ประเทศจีน เมื่อสำเร็จการศึกษาแล้ว ก่อนเดินทางกลับประเทศไทย ได้เข้าฝึกงานกิจการธนาคารอยู่ที่ฮ่องกงเป็นเวลา ๒ ปี และหลังจากกลับประเทศไทยแล้วก็ได้ช่วยบิดาค้าขาย และควบคุมงานด้านรับเหมาก่อสร้างทางรถไฟสายปราจีนบุรีอยู่ระยะหนึ่ง แต่วัยอันหนุ่มแน่นและสมองที่เต็มไปด้วยความริเริ่ม จึงเป็นแรงผลักดันให้มีความกระตือรือล้นที่จะหาแนวการค้าอย่างใหม่ และจากโอกาสที่ได้เดินทางไปดูการค้าทางจังหวัดภาคใต้ของประเทศไทย ราวปี พ.ศ. ๒๔๖๘ ก็เล็งเห็นว่ากิจการซื้อขายแร่ และเหมืองแร่น่าจะมีอนาคตดี จึงได้ก่อตั้งห้างหุ้นส่วนสามัญนิติบุคคลขึ้นภายใต้ชื่อว่า "ยิบอินซอยแอนด์โก" ที่หาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ในปี พ.ศ. ๒๔๖๘ โดยเข้าหุ้นกับนายเลนำคิน (บิดาของนางมีเซี่ยม ยิบอินซอย, นางมีเลียน จูตระกูล และนายฉันท์ ลายเลิศ) นายยับหลง, นายชู จูตระกูล และผู้มีชื่ออีกบางคน ในระยะแรกนายยิบอินซอยได้ดำเนินกิจการของห้างหุ้นส่วนในด้านการซื้อแร่เพื่อส่งขายให้แก่โรงงานถลุงแร่ที่ปีนังเพียงด้านเดียว แต่ด้วยความวิริยะอุตสาหะ ประกอบกับการสนับสนุนอย่างกว้างขวางในด้านการเงินจากนายยับหลง ผู้บิดา และนายเลนำคินและในด้านธุรกิจการค้าจากนายชู จูตระกูล นายยิบอินซอยจึงสามารถนำความเจริญรุ่งเรืองมาให้แก่ห้างหุ้นส่วนและก้าวหน้าเป็นขั้น ๆ จากร้านค้าสองคูหาที่หาดใหญ่ เป็นบริษัทจำกัด มีสำนักงานใหญ่ตั้งอยู่ที่ เลขที่๕๒๓ ถนนมหาพฤฒาราม อำเภอบางรัก จังหวัดพระนคร และมีสาขาที่หาดใหญ่, ทุ่งสง, บ้านดอน, และปีนัง ประเทศมาเลเซีย (หรือรัฐมลายูเดิม) ด้านกิจการก็ได้ขยายจากการซื้อขายแร่เป็นการค้าในรูปการส่งสินค้าออก เช่นแร่ ยาง, ไม้สัก และสินค้าพื้นเมืองทุกชนิดที่ตลาดต่างประเทศต้องการ ส่วนการสั่งสินค้าเข้ามาขายซึ่งเริ่มจากเป็นตัวแทนขายน้ำมัน และผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมของบริษัทเท็กซาโก ก็ได้ขยายต่อไปถึงการเป็นตัวแทนจำหน่ายเครื่องจักร์กล เครื่องมือเกษตร เครื่องเหล็ก เครื่องสุขภัณฑ์ ปุ๋ย ประกันภัย ฯลฯ

นายยิบอินซอยเป็นผู้มีวิสัยทัศน์ที่เฉียบแหลมในความคิดริเริ่มดั้งเดิมเกี่ยวกับแร่อันเป็นทรัพยากรที่มีอุดมสมบูรณ์ในประเทศไทย นอกจากการค้าแร่ธรรมดา ๆ แล้ว นายยิบอินซอยได้วางแนวนโยบายให้บริษัทได้ลงทุนทำเหมืองเอง และส่งผลผลิตจากเหมืองไปขายยังต่างประเทศจนเป็นที่รู้จักกันดีในตลาดค้าแร่ทั่วโลก รวมทั้งรัฐบาลสหรัฐอเมริกา เกี่ยวกับนโยบายอุตสาหกรรมเหมืองแร่นี้ นายยิบอินซอยได้วางแผนระยะยาวให้บริษัทไว้โดยการขอประทานบัตรเหมืองแร่เป็นเนื้อที่หลายพันไร่ เพื่อดำเนินการทำเหมืองต่อเนื่องกันไปเป็นเวลานานปี

จากการที่มีโอกาสได้เข้าฝึกงานอยู่กับธนาคารที่ฮ่องกงเป็นเวลานานพอสมควรหลังจากสำเร็จการศึกษาใหม่ ๆ นายยิบอินซอยจึงมีความสนใจในกิจการธนาคารตลอดมา และเมื่อสบโอกาส ก็ได้นำบริษัทเข้าไปเป็นตัวแทนธนาคารมีชื่อธนาคารหนึ่ง เปิดสาขาขึ้นเกือบทุกจังหวัดภาคใต้ และบางจังหวัดในภาคอีสานของประเทศไทย

ภายหลังสงครามโลกครั้งที่ ๒ สิ้นสุดลงแล้ว นายยิบอินซอยได้เริ่มฟื้นฟูกิจการค้าใหม่ ๆ อีกหลายอย่าง รวมทั้งการเข้าหุ้นทำกิจการเกี่ยวกับโรงงานทอกระสอบ โรงงานผลิตสี และโรงงานขัดเหล็ก

นายยิบอินซอยได้คร่ำเคร่งกับงานมาตั้งแต่ต้นจนเกือบถึงวาระสุดท้าย ไม่ยอมให้เวลาผ่านไปโดยเปล่าประโยชน์แม้ในวันหยุด หรือขณะพักผ่อนที่บ้าน เป็นบุคคลที่มีหลักการเฉียบขาดในการทำงาน และปกครองผู้อยู่ใต้บังคับบัญชา แต่ก็รับฟังความคิดเห็นของอีกฝ่ายหนึ่งเสมอ นายยิบอินซอยมีโรคความดันโลหิตสูงเป็นโรคประจำตัว และอาการป่วยได้เริ่มทวีความรุนแรงขึ้นเมื่อเดือนมิถุนายน ๒๕๑๒ จนถึงกับต้องเข้ารับการรักษาพยาบาลในโรงพยาบาลเป็นเวลาเดือนเศษ พออาการทุเลาขึ้นมาก จึงกลับมารักษาตัวที่บ้านในความดูแลเอาใจใส่ของบุตรภรรยา และนายแพทย์ประจำครอบครัว นายยิบอินซอยได้สิ้นชีวิตลงด้วยโรคหัวใจวาย เมื่อ ๑๔ นาฬิกาของวันที่ ๓๐ ธันวาคม ๒๕๑๒ ยังความโศกเศร้าอาดูรแก่ภรรยา บุตรธิดา และ ญาติมิตรทั้งมวล

ชีวิตการสมรส

นายยิบอินซอย ทำการสมรสกับนางมีเซียม ยิบอินซอย ซึ่งเป็นธิดาของนายเลนำคินและนางรันจิน ในปี พ.ศ. ๒๔๖๖ มีบุตรและธิดารวมกัน ๕ คน คือ

๑. นายวิรัช อมรศิลป์ ยิบอินซอย ทำการสมรสกับ น.ส. แมรี่ สตีเวนสัน
๒. น.ส. ภาณี ยิบอินซอย
๓. นายธวัช ยิบอินซอย ทำการสมรสกับ น.ส. เยาวดี ดุละลัมพะ
๔. นายแพทย์ชาดา ยิบอินซอย
๕. น.ส. อุ่นศิริ ยิบอินซอย (ถึงแก่กรรม)

อาลัยนายยิบ

ผมพบนายยิบครั้งแรกเมื่อก่อนสงครามเล็กน้อย ตอนนั้นผมกลับจากนอกใหม่ ๆ เจ้านายส่งไปทำงานสำรวจแร่ที่เกาะสมุย แต่ผมไม่ได้ไปแค่เกาะสมุย ตอนไปติดต่องานที่บ้านดอน ได้ยินกิตติศัพท์นายยิบเกี่ยวกับเหมืองและโรงเลื่อยในเขตจังหวัดสุราษฎร์ ฉะนั้นเมื่องานเสร็จจึงเลยตระเวนไปถึงทุ่งสงได้พบตัวนายยิบที่บ้านพัก เพียงเห็นหน้าแผลบเดียวก็รู้ว่าผมคงจะได้คบนายยิบไปอีกนาน

สมัยนั้นเรายังมีฝรั่งเป็นที่ปรึกษาการโลหกิจ การซื้อขายแร่อยู่ในมือโรงถลุงที่ปีนังเรื่องการวิเคราะห์แร่ดีบุกยังเป็นความลับของโรงถลุงอยู่ แต่นายยิบไปเอาความลับมาได้ก็โดยเป็นผู้รับซื้อแร่ส่งไปขายโรงถลุง จึงมีสิทธิได้ส่งคนไปเรียนรู้วิธีการวิเคราะห์แร่ และโรงวิเคราะห์นั้นอยู่ที่ทุ่งสงนั่นเอง นายยิบให้ผมได้ไปเห็น แต่ผมไม่สนใจเรื่องการค้าแร่ จึงได้เห็นเพียงประดับความรู้ เมื่อกรมเรารับ ทองปาล คงเชื้อ ซึ่งจบ วทบ.เคมี จากจุฬา ฯ มา เลยได้ส่งทองปาลไปเรียนความลับนี้ที่ทุ่งสง และเอามาใช้ต่อที่กรม

นายยิบจึงเป็นสื่อสัมพันธ์ระหว่างกรมโลหกิจกับตลาดแร่อย่างดี สิ่งที่เราเคยเข้าไม่ถึงนายยิบเป็นสะพานทอดให้ข้ามไป ฉะนั้น เมื่อผมเป็นอธิบดีก็ได้นายยิบให้คำปรึกษาสถานการณ์ดีบุกอยู่เสมอ ทั้งนี้ เพราะนายยิบเป็นคนที่กว้างขวางในวงธุรกิจ ผมมัวแต่ย่ำป่าเดินสำรวจเสียตลอดเวลา เมื่อต้องมารับตำแหน่งธุรการจึงต้องใช้วิธีเรียนลัดเอากับนายยิบนี้เอง

ในเรื่องธุรกิจผมจึงไปกับนายยิบได้ แต่ในเรื่องสังคมผมไม่สู้ เพราะนายยิบชวนท้าดื่มทุกที แรก ๆ ก็พอจะเอออวยไปได้ แต่หนัก ๆ เข้ากระเพาะของผมสู้ไม่ไหว และผมยังไม่มีบุญพอที่จะมีลูกน้องดี ๆ เป็นหูเป็นตาเรื่องงานได้อย่างนายยิบ ผมเลยถอนตัวจากสมาชิกกลางวันเฮ เอาเวลามานั่งทำงานรักษาตัวให้อยู่นาน ๆ ดีกว่า

ความจริงผมไม่นึกว่านายยิบจะจากไปเร็ว แม้ว่านายยิบเคยรับข้าราชการเก่า ๆ ของกรมโลหกิจที่เกษียณไปแล้ว แต่ยังแข็งแรงอยู่ เช่นเข้าไปช่วยงานบริษัทยิบอินซอยตั้งหลายคน เป็นต้นว่าขุนวิจิตร ฯ และขุนสฤษดิ์ ฯ ผมก็เลยตั้งใจว่าถ้าผมต้องเกษียณบ้างก็คงจะต้องไปขอทำงานช่วยค่าครองชีพกับนายยิบ แต่ผมก็ไม่มีโอกาสเสียแล้ว ไม่แต่คนแก่จะได้รับความช่วยเหลือเช่นนี้ ข้าราชการกรมโลหกิจที่ออกจากราชการก่อนเกษียณด้วยประการใดก็ตามนายยิบอ้าแขนรับไปอยู่ด้วย และงานที่ให้ทำก็คืองานที่เกี่ยวกับกรม

ชีวิตนายยิบจึงเกี่ยวข้องกับกรมโดยตลอดมา การจากไปของนายยิบเป็นเสมือนสะพานที่เชื่อมระหว่างกรมกับนักธุรกิจได้ขาดไปช่วงหนึ่ง ยิ่งกว่านั้นนายยิบยังเป็นข้อต่อสุดท้ายระหว่างคนรุ่นเก่าและรุ่นใหม่ นายเหมืองสมัยนายยิบนั้นมุ่งสนใจแต่ดีบุกอย่างเดียว รวยมาก็ลงทุนไปหาเหมืองดีบุก เรียกว่าหายใจเป็นดีบุก แต่นายเหมืองสมัยหลังนี้ ดีบุกไม่ใคร่

สมบัติห้องสมุดวิจิตรา

มีความหมาย เขาไปหากินกับแร่อื่น ๆ ตั้งแต่ ยิปซั่ม แมงกานีส ไปจนฟลูออไรท์ นายยิบก็ไม่ยักสนใจ ซึ่งก็ดีไปอย่างที่ทำให้ผมมีโอกาสขยายความรู้ของผมให้นายยิบฟังเป็นกตเวทีได้บ้าง ต่อไปนี้ผมขาดคนคุยเรื่องแร่ดีบุกด้วยชีวิตจิตใจไปคนหนึ่งละ ผมยังไม่รู้จะไปหาใครที่ยิ่งใหญ่ในเรื่องนี้เท่านายยิบ

เมื่อมาดามยิบต้องการพิมพ์หนังสือเป็นอนุสรณ์ของคนๆนี้ หนังสือที่จะเป็นประโยชน์แก่วงการเหมืองแร่ เพราะถือว่าตลอดชีวิตนายยิบก็วนเวียนอยู่กับดีบุก ผมจึงเสนอว่าให้พิมพ์หนังสือดีบุกของกรม เพราะเป็นหนังสือเกี่ยวกับดีบุกเล่มเดียวที่พวกเรานายช่างและนักวิชาการในกรมได้ช่วยกันเขียนอย่างสมบูรณ์ขึ้นเนื่องในโอกาสกรมฉลองอายุ ๗๒ ปี เมื่อมาดามยิบเห็นดีด้วย เราจึงต้องเรียบเรียงแก้ไขตัวเลขและข้อความบางประการให้ทันกับ ปัจจุบัน เพื่อหวังให้เป็นประโยชน์แก่ผู้ได้รับไป ผมขอขอบคุณมาดามยิบที่รับข้อเสนอของผม เพราะได้ทำให้ผมมีส่วนตอบแทนไมตรีที่นายยิบมีต่อผมมาตลอด ๓๐ กว่าปี และขอให้ผู้ได้อ่านหนังสือนี้ช่วยแผ่กุศลไปยังนายยิบซึ่งได้ไปเสวยสุขคอยพวกเราอยู่ในสัมปรายภพแล้ว

(วิชา เศรษฐบุตร)

การกำเนิดของแร่ดีบุกในประเทศไทย

เรื่องการกำเนิดของแร่ดีบุกนั้น ไม่เพียงแต่เป็นเรื่องที่น่าศึกษาค้นคว้ากันเฉพาะแต่ในเรื่องของการกำเนิดของแร่เท่านั้น หากแต่เรายังสามารถนำความรู้อันนี้มาใช้ให้เป็นประโยชน์ในการหาแหล่งแร่ตลอดจนนำมาช่วยพิจารณาประกอบวิธีการทำเหมืองแร่ และการแต่งแร่ให้ได้ผลสมบูรณ์ยิ่งขึ้นอีกด้วย แหล่งแร่ดีบุกบางแห่งอาจจะมีลักษณะการเกิดเป็นแบบเดียวกัน หรือมีหลายแบบอยู่ในบริเวณเดียวกันก็ได้ แหล่งแร่โดยทั่ว ๆไปไม่ค่อยมีลักษณะเหมือนกันทุกกระเบียดนิ้ว ทั้งนี้เพราะธรรมชาติของวิธีการเกิดของแร่ดีบุกนั้น ย่อมแตกต่างกันออกไปตามองค์ประกอบต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับสภาพการ ทางสถายะและทางเคมี ตลอดจนโครงสร้างของหินต้นกำเนิดแร่และหินดั้งเดิม

หินที่เป็นตัวนำดีบุกขึ้นมาด้วยกันนั้น เดิมทีเป็นหินหลอมเหลว (Magma) ซึ่งอยู่ภายในโลกนั่นเอง ภายหลังจะแข็งตัวเป็นหินแกรนิต หินหลอมเหลวเหล่านี้ถูกบีบเค้นด้วยพลังงานที่จะรักษาการสมดุลภายในโลก (Isostasy) หรือจะด้วยสาเหตุอื่น ๆ ก็ตาม ทำให้ถูกดันตัวสูงขึ้นมาเรื่อย ๆ ในขณะที่มันดันตัวสูงขึ้นมานั้น มันจะเปลี่ยนสภาพของตัวเองตามหลักของ Differentiation คือมีการตกผลึกแยกแยะออกเป็นหินชนิดต่าง ๆ นอกจากนั้นหินชั้นและหินอื่น ๆ ที่อยู่รอบ ๆ หินหลอมเหลวที่ขึ้นมาเหล่านี้ อาจจะถูกทำลายตัวให้เข้าไปผสมกับหินหลอมเหลว (Assimilation) อีกด้วย เป็นเหตุให้การกำเนิดของแร่ดีบุกมีกรรมวิธีซับซ้อนอันจะก่อให้เกิดปัญหาต่อการสำรวจหาธรรมชาติหรือเรื่องราวของแหล่งแร่ยิ่งขึ้น เนื่องจากเราไม่สามารถตรวจได้ละเอียดดีพอเหมือนการตรวจคนไข้ หรือการตรวจป่าไม้ แหล่งแร่นั้นเราไม่สามารถที่จะตรวจตรากันได้อย่างใกล้ชิดและอย่างสมใจ เราจึงทำได้แต่เพียงหาหลักฐานต่าง ๆ ที่ได้จากที่นั้น ๆ มาประมวลกับหลักของการกำเนิดว่า มันควรจะเป็นแบบนั้นแบบนี้เท่านั้น หาได้มองเห็นกันอย่างทะลุปรุโปร่งไม่ ดังนั้นการศึกษาเรื่องการกำเนิดของแร่ดีบุกจึงยังคงเป็นเรื่องที่ได้ความยังไม่กระจ่างดีพออย่างเช่นการศึกษาเรื่องโลหวิทยา และหาได้เจริญอย่างวิชาการทำเหมืองแร่ หรือแม้แต่ทัดเทียมกับความรู้เรื่องการแต่งแร่ไม่ การที่จะนำความรู้เรื่องหินและเรื่องแหล่งแร่มาใช้ให้เป็นประโยชน์โดยตรงในการเสาะหาแหล่งแร่นั้น ยังเป็นเรื่องที่ห่างไกลมากทีเดียว เราอาจจะรู้เรื่องของแหล่งแร่ได้ดีเท่า ๆ กับเรื่องราวของหินต่าง ๆ ซึ่งเป็นต้นตอของการเกิดแร่ แต่ก็ไม่ค่อยมีใครเอาความรู้ทั้งสองอย่างมาหาความสัมพันธ์กันอย่างละเอียดทุกแง่ทุกมุมนัก โดยเฉพาะการหาความสัมพันธ์ของแร่กับหินตามระยะแห่งการ differentiation ช่วงต่าง ๆ การเก็บข้อมูลต่าง ๆ ภายใต้กล้องจุลทัศน์ การวิเคราะห์หินและแร่ที่เกี่ยวข้องทางเคมีและฟิสิคส์นั้น เรายังทำกันน้อยมาก ฉะนั้น ประโยชน์ที่เราจะได้รับจากการที่เรานำเอาความสัมพันธ์อันนี้ไปใช้ในการหาแหล่งแร่จึงน้อยมาก ความจริงเราควรจะได้ริเริ่มศึกษากันอย่างจริงจังได้แล้ว

แร่ดีบุกที่เกิดตามส่วนต่าง ๆ ของโลกนั้น ส่วนใหญ่เกิดมาจากหินแกรนิตชนิดไบโอไท้ต์ (Biotite) ซึ่งเป็นตัวนำแร่ดีบุกมา หินแกรนิตชนิดเนื้อหยาบหรือเนื้อเป็นดอกเป็นแม่หินที่เกี่ยวข้องกับแร่ดีบุกมากกว่าพวกหินชนิดอื่น ๆ มีหลายคนเชื่อว่าหินฮอร์นเบลนด์แกรนิตที่ให้แร่ดีบุกนั้น ตัวแร่ฮอร์นเบลนด์เองเกิดจากการ Assimilation ของน้ำเหลวของแกรนิต กับธาตุแคลเซียมซึ่งได้จากหินปูน (จากบริเวณที่ Magma นั้นผ่านขึ้นมา) ทำให้เกิดเป็นแร่ฮอร์นเบลนด์ ซึ่งความจริงแล้วหินฮอร์นเบลนด์แกรนิตถือว่าเป็นหินแกรนิตที่เก่าแก่ (primitive) กว่าหินไบโอไท้ต์แกรนิตและห่างไกลในการให้แร่ดีบุกมาก นอกจากดีบุกจะมีกำเนิดเกี่ยวข้องกับหินแกรนิตโดยตรงแล้ว เราพบว่ายังมีหินอื่น ๆ อีกที่เกิดจากวิวัฒนาการของ Acid magma differentiation ซึ่งมีความสัมพันธ์เกี่ยวกับแร่ดีบุกไม่น้อยที่เดียว เช่นหิน Quartz-porphyry, Aplite, Pegmatite, Quartz Vein มีอยู่ 2-3 แห่งที่แร่ดีบุกเกิดเป็นสายแร่ผ่านหินภูเขาไฟไรโอไล้ท์ (Rhyolite) เช่นที่ Nevada และที่ Mexico สำหรับที่ Mexico เองยังได้พบสายแร่ที่ผ่านหินแทร็กไค้ต์ (Trachyte) อีก นอกจากนี้บางแห่งใน Bolivia เคยพบแร่ดีบุกจำนวนเล็กน้อยเกิดอยู่ในสายแร่ในหินภูเขาไฟ และที่ในบริเวณ Akenobe ของญี่ปุ่น ซึ่งแปลกมากกว่าที่อื่น คือพบแร่ดีบุกเกิดในสายแร่ที่ผ่านหินไดโอไร้ต์ (Diorite) ซึ่งเป็นหินพวกกลางระหว่างพวกหินกรดกับพวกหินด่าง (Intermediate Rock)

ถ้าเราบ้ายสีตามตำแหน่งที่เหมืองแร่ดีบุกที่เกิดขึ้นตลอดทั่วทั้งโลกแล้วโยงให้เข้าหมู่เข้าพวกกัน แล้วพิจารณาดูจะเห็นได้ว่ามันเป็นบริเวณที่มีแนวยาวคลุมเนื้อที่ที่มีแร่ดีบุกเกิด ซึ่งเป็นแนวของการเกิดแร่ดีบุกที่เกิดอยู่ในช่วงระยะเวลาหรือในจังหวะหนึ่ง ๆ นั่นเอง ทางวิชาแหล่งแร่ เรียกบริเวณที่เป็นแนวเหล่านี้ว่า Metallogenetic หรือ Metallographic Province ของแร่ดีบุก แนวเหล่านี้กินอาณาเขตกว้างและมีความยาวมาก อาจจะยาวเป็นร้อย ๆ ไมล์ หรือพัน ๆ ไมล์ บางทีก็แตกแยกแนวออกไปก็มีหรือไม่ก็หายไประหว่างช่วงหนึ่งช่วงใด แล้วไปปรากฏขึ้นในช่วงต่อไป มองดูเป็นเทือกแนวพอที่จะปะติดปะต่อกันได้ ทั้งนี้เนื่องจากเป็น Batholith ของหินแกรนิตที่ดันขึ้นมาเป็นชุดเดียวกันนั่นเอง Metallographic Province ของแร่ดีบุกที่สำคัญของโลกนั้น พอจะแบ่งพวกได้ดังนี้ :—

1. ชุดตั้งแต่จีนตอนใต้ติดต่อกันลงมาถึงพม่า ไทย ผ่านมลายู ไปจนถึงชวา (บางคนรวมชุดของออสเตรเลียเข้าด้วยกัน บางคนก็แยกออกเป็นอีกชุดหนึ่งต่างหาก) ชุดนี้เป็นชุดที่สำคัญที่สุด มีอาณาเขตใหญ่และยาวที่สุด และให้แร่ดีบุกมากที่สุดอีกด้วย

2. ชุดออสเตรเลียลงจนถึงทัสเมเนีย

3. ชุดไนจีเรีย

4. ชุดของโบลิเวีย

5. ชุดไอร์แลนด์ คอร์นวอล, เดวอนเชอร์ (อังกฤษ) บริทตานี (ฝรั่งเศส) แซกโซนี-โบฮีเมีย บางคนรวมบริเวณสเปญโปรตุเกสเข้าเป็น Metallogenetic Province อันเดียวกัน

ความจริงแร่ดีบุกที่เราพบเห็นและเอามาใช้ทำอะไรต่ออะไรนั้น ขณะที่มันเกิดมันถูกบังคับให้เกิดอยู่ภายใต้ผิวโลกที่ลึกลงไป และเกิดอยู่ภายใต้หินที่มีอายุเก่าแก่กว่า ตอนที่มันตกผลึกหรือแข็งตัวนั้นไม่มีโอกาสที่จะโผล่พ้นขึ้นมาสัมผัสกับดินฟ้าอากาศเลย ต่อมาภายหลังบริเวณที่แร่ดีบุกเกิดขึ้นทั้งหลายเหล่านั้นถูกเคลื่อนย้ายยกตัวให้สูงขึ้นๆ ด้วยแรงผลักดันภายในโลก เราจะเห็นบริเวณที่ให้แร่ดีบุกเหล่านั้นได้ในปัจจุบันนี้ว่ามันเป็นเขาสูงๆ เกิดเป็นเทือกเป็นแนวเขา (Orogeny) ทั้งนี้เพราะหลังจากที่ได้ถูกยกตัวขึ้นมาแล้ว หินเหล่านั้นจะค่อยๆ ผุพังทำลายตัวลงไปเอง การทำลายตัวนี้เองที่ทำให้เรามีโอกาสได้พบแร่ดีบุกตามที่ต่างๆ ตามผิวโลก หรือตามขุนเขาและตามแหล่งที่ราบลุ่มได้สะดวกยิ่งขึ้น ไม่เช่นนั้นเราจะต้องเจาะหรือสำรวจหาแร่ดีบุกลึกลงไปจากผิวโลกมากมายที่เดียว ซึ่งจะยิ่งทำให้การสำรวจตรวจค้นและการทำเหมืองมีอุปสรรคมากกว่าที่เป็นอยู่ขณะนี้ นับว่าเราเป็นหนี้ของการเคลื่อนไหวและการยกตัวในธรรมชาติอยู่มาก

ในบริเวณแหล่งแร่ดีบุก นอกจากจะพบหินแกรนิตซึ่งเป็นตัวนำแร่แล้ว เราจะพบหินอีกพวกหนึ่งที่มักเกิดอยู่ใกล้ชิดเกี่ยวข้องกับหินแกรนิตเสมอ แต่ในบางท้องที่จะพบอยู่เพียงตามเชิงเขาสูงเท่านั้น หาได้ถูกปกปิดอยู่ตามไหล่เขา สันเขาอย่างในบางแห่งไม่ ทั้งนี้เพราะเหตุว่ามันได้ถูกทำลายไปเสียหมด เปิดเผยให้เห็นแต่หินแกรนิตเพียงอย่างเดียว หินดังกล่าวมักจะเป็นพวกหินแปร อันที่จริงเริ่มแรกของหินดังกล่าวจะเป็นแต่เพียงหินชั้นธรรมดาๆ เท่านั้น คือเป็นพวกหินดาน (Shale) หินทราย (Sandstone) หรือหินปูน (Limestone) หรือหินอื่นๆ ที่มีส่วนผสมของหินดังกล่าว ครั้นเมื่อหินเหล่านี้เกิดยุบตัวต่ำลงไป และภายหลังประกอบด้วยการดันเคลื่อนขึ้นมาของหินแกรนิต หินดังกล่าวแล้วจะถูกอำนาจความกดดันและความร้อนภายในโลก ในบางครั้งอาจจะมีสารอื่นๆ จาก Magma เข้ามาทำปฏิกิริยาประกอบเพิ่มเติมอีก ทำให้หินชั้นที่อยู่ใกล้กับหินแกรนิตเหล่านั้นเปลี่ยนสภาพกลายเป็นหินแปรไปหมด จะเหลือก็แต่พวกที่อยู่ห่างไกลออกไปจากอำนาจดังกล่าว พวกหินเดิมที่เป็นเนื้อดินหินดาน มักจะกลายเป็นหินชนวน (Slate) หินฟิลไล้ท์ (Phyllite) หินชีสต์ (Schist) หินฮอร์นเฟล (Hornfel) และหินชนวนหรือชีสต์ชนิดที่เป็นจุดเป็นดอก (Spotted slate, spotted schist) พวกหินทรายส่วนใหญ่จะกลายเป็นขวอทไซท์

ส่วนหินปูนมักจะกลายเป็นหินอ่อนโดยมีผลึกหยาบขึ้น บางครั้งถ้าเนื้อไม่ค่อยสะอาดอยู่ก่อนแล้ว กับทั้งได้รับส่วนประกอบจากน้ำร้อนเหลวจาก Magma ก็อาจเปลี่ยนไปเป็นหินแปรที่มีลักษณะซับซ้อนขึ้น หินที่เปลี่ยนไปมากๆ อาจกลายเป็นหินไน้ส์ (Gneiss) หรือหินอื่นๆ บางจำพวกไปได้

ปรกติในลานแร่ชนิดเป็นลุ่มเป็นแอ่งแท้ๆ หรือชนิดที่พัดพาไปไม่ไกลจากต้นกำเนิดนัก เรามักจะพบหินแกรนิตและหินแปรเป็นดาน (bed rock) รองรับกระสะแร่เสมอ

เรื่องการปรากฏตัวขึ้นมาของแร่ เป็นเรื่องที่ยังไม่ได้ตกลงกันแน่ชัดว่า ปรากฏขึ้นมาในสภาพของแก๊ซหรือในสภาพของเหลวกันแน่ บางคนเชื่อว่าอาจจะเป็นไปได้ทั้งสองอย่าง แล้วแต่สภาพของมัน สิ่งที่ควรคำนึงอยู่ด้วยคือตราบใดที่ความกดดัน (รอบ ๆ หิน) ที่อยู่ข้างบนสูงกว่าความดันของน้ำแร่ที่จะดันขึ้นมาแล้ว เราจะไม่พบเห็นอะไรที่แสดงสภาพของแก๊ซเกิดขึ้นได้เลย เพราะแก๊ซที่อยู่ในน้ำแร่นั้นไม่สามารถจะแสดงตัวออกมาในสภาพที่แท้จริงของมันได้ เพราะถูกอัดอยู่ตลอดเวลา บางครั้งไม่มีโอกาสถูกปลดปล่อยออกมาเป็นแก๊ซเลยตลอดระยะการแข็งตัว การที่น้ำแร่ผ่านขึ้นมาตามช่องว่างนั้น อาจจะเกิดขึ้นได้ด้วยเพราะน้ำแร่มีความดันสูงกว่าบริเวณที่จะถูกแทรกอย่างแท้จริง หรือเป็นเพราะความดันข้างบนเริ่มลดลงไปด้วยการเคลื่อนไหวของผิวโลก จึงทำให้เกิดการแทรกของสายแร่ขึ้น ดังที่เห็นกันทั่วไปในท้องที่และเรียกกันว่าสายแร่หรือสายงัน อันรวมเป็นลักษณะของ fissure filling

ความคิดที่ว่าแร่ดีบุกอาจถูกนำขึ้นมาจากภายในโลกในสภาพของแก๊ซนั้นมีมานานแล้ว เป็นต้นว่า Daubrée และ Elie de Beaumont สำหรับนาย Daubrée (2384) เอง ได้เป็นผู้พิสูจน์ให้เห็นว่าสารประกอบเฮไลด์ (Halides) ของโลหะ มักมีจุดหลอมละลายและจุดเดือดต่ำเป็นพิเศษกว่าสารประกอบอื่น ๆ เขาได้ทำการทดลองเตรียมดีบุกอ๊อกไซด์โดยผ่านไอน้ำไปที่ดีบุกคลอไรด์ (2391) ตามสมการ

$$SnCl_4 + 2H_2O \rightleftharpoons SnO_2 + 4HCl$$

จากสมการอันนี้ ทำให้คนส่วนใหญ่เชื่อกันว่า ดีบุกน่าจะถูกนำพาขึ้นมาในรูปของสารประกอบเฮไลด์โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาจเป็นในรูปของ SnF_4 (stannic fluoride) ทั้งนี้เพราะเราพบธาตุฟลูออรีนเกิดอยู่เป็นเพื่อนแร่ของดีบุกหลายชนิด เช่นในแร่ทัวมาลีน แร่ฟลูออไร้ท์ และแร่ไมก้าหลายชนิด ฯลฯ อยู่แล้ว

ทั้ง D.A. Mac Alister และ H.H. Thomas ก็มีความคิดเห็นแนวเดียวกันว่าแร่ดีบุกน่าจะขึ้นมาในรูปของสารประกอบฟลูออรีนและโบร่อน อันอาจจะเกิดขึ้นได้ในขณะหนึ่งขณะใดก็ได้ เพียงแต่มีการลดความดันที่บริเวณเปลือกโลก เช่นในขณะที่มีการบีบอัดหรือเคลื่อนไหวเกิดขึ้น นอกจากนี้การเกิดแก๊ซอาจจะเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติภายในน้ำร้อนเหลวนั้น เป็นต้นว่าส่วนประกอบบางอย่างในนั้นตกผลึกออกไป

นาย Mac Alister (2446) ได้ให้ข้อคิดเห็นว่า แร่ดีบุกนั้นขึ้นมากับโบร่อน โดยเริ่มจากโบร่อนไตรอ๊อกไซด์ไปดึงเอาธาตุโซเดียมจาก Magma ที่มันผ่านไป เข้ามารวมด้วยทำให้เกิด Sodium metaborate (ซึ่งมีจุดหลอมตัว 57°C เท่านั้น) เที่ยวดึงธาตุดีบุกในmagma หรือดึงธาตุดีบุกในหินต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องเข้ามารวมด้วยเป็น Sodium meta stannate กับบอแร็กซ์ อันเป็นปฐมเหตุให้แร่ดีบุกเกิดต่อไป

ผู้ที่คุ้นเคยกับแร่สแตนไน้ท์ (stannite) อันเป็นแร่ดีบุกซัลไฟด์ชนิดหนึ่ง ตลอดจนได้พบว่ามีสารประกอบของแร่พวกซัลไฟด์ชนิดต่าง ๆ เกิดปะปนกับแร่ดีบุก มักจะมีความเห็นเอนเอียงไปได้ว่าแร่ดีบุกน่าจะถูกนำขึ้นมาจาก Magma โดยเกิดเป็นสารประกอบของซัลไฟด์

หรือไม่ก็เกิดเป็นส่วนประกอบของกัมมะถันและอาร์เซนิค ต่อมาจึงเกิดเป็นแร่ดีบุก Cassiterite เนื่องจากถูก oxidised ต่อมาอีกทีหนึ่งซึ่งก็เป็นเหตุผลที่น่ารับฟังอยู่ไม่น้อย เพราะเราพบแร่ที่มีพวกซัลไฟด์และอาร์เซนิคเกิดรวมอยู่ด้วยเสมอๆ บางครั้งก็พบเป็นจำนวนมากในที่หลายแห่ง แต่เราก็ไม่สามารถอธิบายได้ในทุกกรณีไป โดยเฉพาะในที่ที่มีสารดังกล่าวน้อยเกินไปหรือไม่มีเลย

นอกจากนั้นยังมีผู้ที่เชื่อว่าแร่ดีบุกน่าจะถูกนำตัวขึ้นมาโดยเป็นสารประกอบพวก silica เพราะพบขวอทซ์ (SiO_2) เกิดปะปนในแหล่งแร่ดีบุกเสมอ แต่หลักฐานยังไม่ชัดแจ้งดีพอที่จะเชื่อถือได้ตลอดไป เนื่องจากสายขวอทซ์ที่เกิดขึ้นในระยะหลังๆ หรือที่เกิดขึ้นร่วมอยู่ด้วยบางสายนั้นหาได้นำแร่ดีบุกที่มันผ่านขึ้นมาด้วยไม่

จากการศึกษาการกำเนิดแร่ในหิน พบว่าเมื่อ Magma ที่ถูกดันตัวขึ้นมาตามส่วนขอบๆ บริเวณสัมผัสของมันจะเริ่มตกผลึกแข็งตัวกลายเป็นเปลือกหินก่อนส่วนอื่นๆ สิ่งที่ตกผลึกก่อนก็คือพวกแร่เฟลสปาร์ แร่ไมก้า และแร่ขวอทซ์ กากน้ำเหลวของ Magma ก็ยังเหลือพวกธาตุซิลิกอน อลูมิเนียม โปแตสเซี่ยม แคลเซี่ยม และมีธาตุอื่นที่สำคัญอีก เช่นดีบุก และทองแดง รวมอยู่ด้วยขณะที่หินแกรนิตเริ่มแข็งตัว สารดังกล่าวข้างต้นจะค่อยรวมตัวกันเข้มข้นขึ้นเรื่อยๆ ส่วนพวกที่อยู่ในสภาพแก๊ซหรือไอ ก็มีพวก ฟลูออรีน โบร่อน ไอน้ำ และแก๊ซอื่นๆ อีก การตกผลึกก็จะดำเนินต่อไปโดยอัตโนมัติเป็นขั้นๆ น้ำ Magma ที่เหลืออยู่ก็จะเปลี่ยนสภาพเป็น Pegmatitic หรือ Pneumatolytic stage คืออบอวลด้วยสิ่งที่เป็นแก๊ซหรือไอ ซึ่งเป็นตอนที่ Vapour pressure แสดงพลังออกมาอย่างสูงสุด (จาก Niggli Diagram - 2472) และหลังจากนั้นความวุ่นวายของแก๊ซจะค่อยๆ ลดลงๆ ในที่สุดจะดำเนินตกทอดต่อไปถึงขั้น Hydrothermal stage ซึ่งเป็นจังหวะสุดท้ายของการให้แร่ดีบุก ในระยะนี้จะทำให้เราได้สายแร่ที่มีดีบุกหรือเกิดแหล่งแร่แบบสัมผัส เพราะดีบุกที่ยังกลั่นตัวขึ้นมาตกในระยะ Pneumatolytic stage ไม่หมด ก็จะพลอยตกออกมาในระยะหลังสุดนี้ ซึ่งบางแห่งมีแร่อยู่สมบูรณ์ไม่น้อยทีเดียว

อย่างไรก็ตาม เราไม่สามารถจะเห็นการเคลื่อนตัวขึ้นมาของดีบุกในฐานะที่เป็นสารประกอบอย่างหนึ่งอย่างใดของแก๊ซ แล้วถูกดันตัวให้สูงขึ้นมาอยู่ในช่วงใดช่วงหนึ่งจากในห้องที่ได้เลย เราจะรู้ได้ก็จากผลของการปฏิบัติการในห้องทดลองเท่าที่จะทำได้เท่านั้น ส่วนประกอบของแก๊ซเหล่านี้ประกอบด้วยธาตุอะไรบ้าง มีโครงสร้างอย่างไร ตลอดจนจังหวะของการนำแร่ว่ามีสภาพอย่างไรนั้น บางครั้งเรายังไม่สามารถจัดทำเลียนแบบหรือเทียมธรรมชาติได้ เพื่อให้ทราบถึงสภาพที่แท้จริงทาง Physico-chemical ของสารประกอบต่างๆ ใน Magma ได้มีนักวิทยาศาสตร์หลายคนทำการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับ Magma ไว้ เช่น Garanson (2474) ได้พบและพิสูจน์ว่า Magma มีน้ำเจือปนอยู่ถึง 10% Morey (2467-2485) Bowen และ Tuttle (2497) ได้ทำการศึกษาค้นคว้า พบว่าไอน้ำเป็นตัวสำคัญในการละลายสารต่างๆ และยังทำให้จุดหลอมตัวของสารต่ำลงอย่างมาก อันเป็นจุดที่น่าสนใจที่เดียว และยังอาจจะ

เป็นตัว Fluxing Agent อีกได้ ยิ่งเราทราบแน่ชัดว่ามี ฟลูออรีน โบร่อน และแก๊ซอื่น ๆ เข้ามาเกี่ยวข้องใน Magma แล้ว เรายิ่งแน่ใจขึ้นอีกว่า พวกสารที่กล่าวนามมานั้น เป็น Mineralizer หรือเป็นตัวละลาย และเป็นตัวนำแร่ธาตุต่าง ๆ ที่อยู่ลึกลงไปในโลกให้ปรากฏสูงขึ้นมา ในที่สุดก็ตกผลึกเป็นแร่ธาตุออกมาตามวิธีการต่าง ๆ

นอกจากแร่ดีบุกแล้ว ก็น่าจะได้กล่าวถึงแร่วุลแฟรมด้วย เพราะทางวิชาการกำเนิดแร่ถือว่าเป็นเพื่อนแร่ดีบุกอย่างใกล้ชิด มักจะพบเกิดร่วมกันอยู่เสมอ บางแห่งก็มีแร่ดีบุกสูง แร่วุลแฟรมไม้ท์น้อย หรืออาจพบตรงข้ามกันก็มี ในสายแร่โดยทั่วไปนั้น เราพบว่าแร่วุลแฟรมไม้ท์มักเกิดอยู่ในระดับที่สูงกว่าแร่ดีบุก เมื่อลึกลงไปหรือใกล้เข้าไปในหินแกรนิตแล้ว เรามักจะพบแร่ดีบุกได้มากกว่าแร่วุลแฟรมไม้ท์ ชาวเหมืองที่ทำสายแร่มักจะจำเป็นกฎไว้ว่า ดีบุกอยู่ใกล้หินแกรนิต ควรจะระลึกไว้ด้วยว่า ในสายแร่สายหนึ่ง ๆ นั้น ไม่จำเป็นจะมีแร่ทั้งสองเกิดรวมอยู่ด้วยกันเสมอไป

ส่วนแร่ชีไล้ท์ (Scheelite $CaWO_4$) ซึ่งเป็นแร่วุลแฟรมอีกชนิดหนึ่ง อาจจะพบปะปนอยู่กับแร่ดีบุกและแร่วุลแฟรมไม้ท์ ตามปรกติมักจะพบแร่ในสายแร่ที่มีความเป็นมาเกี่ยวข้องกับหินข้างเคียงที่มีเนื้อเป็นหินปูน เพราะมีหลักฐานจากหลายแห่งที่พบกันว่า Ca ใน Scheelite ได้มาจากหินปูนในตอนที่น้ำหินแกรนิตดันผ่านเก็บตกขึ้นมาโดยผสมกับกรดทังสะติก ทำให้ได้แร่ชีไล้ท์ตกผลึกออกมาภายหลัง

ปัญหาที่น่าสนใจอีกอันหนึ่งคือ เมื่อหินแกรนิตเป็นหินแม่ต้นกำเนิดของแร่ดีบุกแล้ว เราจะทราบได้อย่างไรว่า หินแกรนิตที่ให้แร่ดีบุกและไม่ให้นั้น มีคุณสมบัติและลักษณะต่างกันอย่างไร ในหมู่นักธรณีแหล่งแร่ด้วยกันอาจจะคิดไปถึงว่า แร่ดีบุกอาจเกิดอยู่ในหินชั้นอยู่ก่อนแล้วก็ได้ และต่อมาถูก "Granitization" (คือการเปลี่ยนหินชนิดอื่นให้เป็นหินแกรนิต) อันจะเป็นตัวการรวมตัวแร่ดีบุกให้เข้มข้นยิ่งขึ้นตาม Geochemical cycle ก็ได้ เพราะตามปรกติแร่ดีบุกมักจะเกิดเกี่ยวข้องกับหินในบริเวณ Orogenic zone ของหินแกรนิต และมักจะเกี่ยวกับ Geosynclinal ของหินชั้นสมัยเก่า ๆ จึงเป็นเหตุผลที่นักธรณีวิทยาวาดภาพคิดพาดพิงไปถึงเรื่องนี้ด้วยเสมอ การพบแร่ดีบุกในหินชั้นเก่า ๆ นั้น นับว่าเป็นเรื่องธรรมดา ไม่ค่อยแปลกอะไรนัก Anten (2471) ได้พบแร่ดีบุกกับแร่อื่น ๆ ในหินชั้นอายุ Devonian ที่ Valley of the Ourthe ทางตะวันตกเฉียงเหนือของฝรั่งเศส ทั้งเราได้ทราบแล้วว่าสารประกอบเฮไลด์ของโลหะต่าง ๆ มีจุดเดือดต่ำเป็นพิเศษ ดังนั้นในสถานที่เหมาะสม ดีบุกก็อาจจะขึ้นมาจากส่วนลึก ๆ จากหินชั้นที่กำลังจะเปลี่ยนสภาพได้อย่างสบาย แต่มีปัญหาอยู่ว่า จำนวนแร่ดีบุกที่อยู่ในหินชั้นนั้นจะต้องมีจำนวนมหาศาลที่เดียวที่จะให้แร่ดีบุกเข้ามาอยู่ในหินแกรนิตเทือกหนึ่งๆ เพื่อตัดปัญหายุ่งยากในเรื่องต้นกำเนิดนี้ ขอให้ถือเสียว่าแร่ดีบุกได้เกิดเป็นส่วนหนึ่งของหินเหลวของแกรนิตก็แล้วกัน

ตามปรกติแล้วแร่ดีบุกไม่เกิดปะปนเกี่ยวข้องกับหินแกรนิตในระยะแรกที่เริ่มแข็งตัวเลย จนกระทั่งถึงระยะที่เรียกว่า Pneumatolytic action ซึ่งเป็นระยะที่แก๊ซและไอถูกปลด

ปล่อยให้เป็นอิสระแสดงตัวได้เต็มที่จึงนำพาแร่ดีบุกให้เคลื่อนขึ้นมาเบื้องบน ขณะเดียวกันก็ยังสามารถเปลี่ยนแปลงสภาพของหินแกรนิตที่แข็งตัวแล้ว หรือกำลังแข็งตัวอยู่เดิมให้มีลักษณะเนื้อและชนิดให้แตกต่างออกไปจากเดิม ส่วนที่เปลี่ยนแปลงมากที่สุด คือส่วนที่เคยดันอูดขึ้นมาอยู่ตอนยอด ๆ ของ dome ตามที่เรียกกันว่า Cupola เนื่องจากเป็นที่เก็บขังแก๊ซทั้งหลายได้ดี บริเวณดังกล่าวนี้เนื้อของหินแกรนิตจึงมีลักษณะที่คล้ายถูกหลอมใหม่ (remodified) และระยะอาการช่วงหลังนี้มักจะเย็นเร็ว เพราะอยู่ใกล้ชิดกับหินเดิม จึงเป็นผลทำให้หินแกรนิตมีเนื้อละเอียดมากจนเกือบคล้ายหิน Aplite แต่ปรกติมักมีเนื้อหยาบกว่านิดหน่อย หินแกรนิตที่ให้แร่ดีบุกเท่าที่ได้ศึกษาไปแล้วพอจะสรุปเรื่องราวและมีลักษณะดังต่อไปนี้

1. แสดงการเปลี่ยนแปลงของหินโดยอาการ Pneumatolytic change ศึกษาและสังเกตได้จากลักษณะ :—

ก. **Albitization** การเปลี่ยนแปลงแบบนี้ต้องอาศัยกล้อง Polarizing microscope ตรวจดูจึงจะเห็นได้ชัด เป็นลักษณะการขับไล่ Ca และ K ให้ออกไปจากหินแกรนิตในขณะเดียวกัน Na ก็ถูกเพิ่มเข้ามาแทน จากการวิเคราะห์หินโดยตรงทางเคมี ประกอบด้วยการตรวจชนิดและจำนวนแร่ (Modal analysis) ในหินและตรวจที่แร่แพลกจิโอเคลส เฟสสปาร์ โดยเฉพาะได้ผลตรงกันว่า Albite (โซเดียมแพลกจิโอเคลส) ที่เกิดขึ้นในหินมีความสัมพันธ์กับการเกิดแร่ดีบุก นอกจากนี้ยังแสดงให้ทราบอีกว่า Albite เป็นแร่ประกอบหินที่คงตัว (stable) ในบรรยากาศของแก๊ซมาก ในหินแกรนิตธรรมดาหรือหินแกรนิตดั้งเดิม (primitive granite) แร่แพลกจิโอเคลส เฟลสปาร์ที่ประกอบในหินปรกติจะเป็นชนิดโอลิโกเคลส (Oligoclase) เราเรียกหินแกรนิตพวกนี้ว่าเป็นพวก Low level energy ในจังหวะที่แก๊ซแสดงตัวนี้ แร่โอลิโก-เคลส เฟลสปาร์ จะถูกเพิ่มโมเลกุลของโซเดียมให้มากยิ่งขึ้น ๆ ในขณะเดียวกันก็ไล่ Ca ออกไปจากตัวเอง บางครั้งก็ออกไปจนหมดหรือเกือบหมด ฉะนั้นโอลิโกเคลสจะค่อย ๆ เปลี่ยนตัวเองเป็น Albite หรือเป็นแพลกจิโอเคลสที่มีโซเดียมโมเลกุลสูงมาก ลักษณะอาการที่กล่าวมานั้นเป็นสิ่งที่น่าสนใจทั้งในด้านการกำเนิดของแร่และด้านประยุกต์เพื่อการสำรวจหาแหล่งแร่ดีบุก ถ้ามีหินปูน ($CaCO_3$) เข้ามาเกี่ยวข้องด้วยกับบริเวณหินแกรนิตแล้ว อาการของ Albitization จะถูกปิดบัง เพราะแคลเซี่ยมจากหินปูนนั่นเองจะกลับมาแทนที่อีก อย่างไรก็ตาม เมื่อพบ Albite ในหินแกรนิตแล้วก็ให้ถือเป็นหลักในการติดตามแร่ดีบุกได้

ข. **Kaolinization** หินแกรนิตที่เกี่ยวข้องกับแร่ดีบุก หรือให้แร่ดีบุกมักจะผุเป็นดินขาวเนื้อละเอียด บางครั้งร่วนผุ กินอาณาเขตกว้างขวางมาก บางแห่งก็ผุเป็นจุดเป็นหย่อมเล็ก ๆ ลักษณะการผุเช่นนี้ไม่เพียงแต่พบในหินแกรนิตเท่านั้น ในสายแร่เป็กมาไท้ต์ แอปไปล้ท และข้าง ๆ สายแร่ก็พบ บางทีก็เกิดเป็นสายดินขาว (Kaolin) ล้วน ๆ ก็มี การผุเหล่านี้เชื่อว่าเกิดจากอำนาจของไอน้ำ หรือไอของพวกกรดไปทำปฏิกิริยากับแร่พวก Alumino silicates - ปรกติคือพวก K-feldspars อันเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของหินแกรนิต

นั่นเอง ในที่สุดก็จะได้ Kaolin หรือดินขาว บางคนอาจเข้าใจว่าเป็นวิธีการผุของหินตามวิธีธรรมดา การผุของหินตามปรกตินั้นมีข้อสังเกตอยู่อย่างหนึ่งว่า ควรจะเป็นไปอย่างสม่ำเสมอกันทั่ว ๆ ไป

ตามช่วงของ Cupola ตอนบน ๆ ในหินแกรนิตที่ถูกโอบล้อมด้วยหินชั้นชุดเก่า ๆมักจะมีดินขาวและแร่ดีบุกเข้าไปปะปนอยู่ด้วยเสมอ แต่ถ้าเป็นยอดเขาที่สูงจริง ๆ แล้ว ไม่ค่อยจะได้พบแร่ดีบุก ทั้งนี้อาจเป็นด้วยเหตุที่ว่ายอดเขาสูง ๆ หรือ Cupola นี้จะเป็นจุดที่เริ่มผุมีโอกาสถูกทำลายไปก่อนตำแหน่งอื่น ๆ และเป็นช่วงที่ผุทำลายโดยรวดเร็วเป็นพิเศษอีกด้วย เรามักพบซากของหินที่มีแร่ดีบุกเกิดปะปนกับหินแกรนิตผุปนดินขาวตกค้างอยู่ตามแอ่งตามโกรกสมัยเก่า ๆ ตามไหล่เขาใกล้ ๆ นั่นเอง สมัยต่อมาอาจจะถูกทำลายตัวไปบ้าง หรือถูกพัดพาเคลื่อนย้ายออกไปจนหมดก็ได้

ค. **Greisenization** และ **Muscovitization** ปรกติ Greisenization เป็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดกับหินพวกแกรนิตโดยเฉพาะ ซึ่งทำให้กลายเป็นหินที่ประกอบด้วยแร่ไมก้าขาว (หรือไมก้าสีม่วง) ปะปนกับแร่ขวอทซ์ บางครั้งในหินไกรเซ่นอาจมีแร่ดีบุกเกิดปะปนกับแร่บางอย่าง เช่น แร่โทปาส (Topas) แร่ทัวมาลีน (Tourmaline) แร่ฟลูออไรท์ (Fluorite) ซึ่งถือว่าเป็นการเปลี่ยนแปลงด้วยไอน้ำ (Super-heated) และด้วยแก๊ซฟลูออรีน ตัว K-feldspar ในหินแกรนิตเองถูกเปลี่ยนไปเป็นแร่ไมก้ากับแร่ขวอทซ์โดยตรง ในบางกรณีแร่ขวอทซ์ถูกทำลายนำออกไปจากที่เดิมเหลือเป็นหินไมก้าแต่อย่างเดียว ส่วน Muscovitization เป็นการทำให้เกิดมีแร่ไมก้าขาวในหินแกรนิต หรือเกิดในส่วนใดของหินอื่น ๆ เป็นอาการคล้าย ๆ กับกรรมวิธีของ Greisenization แร่ดีบุกมักมีส่วนเกี่ยวข้องใกล้ชิดกับหินแกรนิตที่มีแร่ไมก้าขาวสูง ยิ่งกว่านั้นพบว่าถ้าเนื้อหินถูกเปลี่ยนให้ละเอียดยิ่งขึ้น ก็จะยิ่งมีความสัมพันธ์กับการกำเนิดของแร่ดีบุกมากขึ้นด้วย เพราะวิธีการเกิดแร่ไมก้าขาวและแร่ดีบุกเกิดในช่วงระยะประมาณเวลาเดียวกัน ในบางครั้งพบ Gilbertite มีลักษณะคล้ายขี้ผึ้งสีเขียวแกมเหลืองซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของเฟลสปาร์หรือไมก้าในระยะต่อมาปะปนเกี่ยวข้องอย่างใกล้ชิด

ง. **Tourmalinization** การเกิดแร่ทัวมาลีนสีขี้ม้าหรือสีดำในบริเวณแหล่งแร่ดีบุก เป็นอาการเกิดที่มีลักษณะการเกิดคล้ายการเกิดของแร่ไมก้าขาว ถือกันว่ายิ่งมีแร่ทัวมาลีนในหินแกรนิตมาก ก็ยิ่งน่าสนใจต่อการเสาะแสวงหาแร่ดีบุกมากขึ้น การเกิดของแร่ทัวมาลีนในหินนั้น เข้าใจกันว่าเป็นการเปลี่ยนแปลงสภาพของแร่ไมก้าดำ (Biotite) ที่อยู่ในหินแกรนิตดั้งเดิมนั่นเอง จากปรากฏการณ์ในธรรมชาติพอที่จะเห็นประจักษ์พยานสนับสนุนในเรื่องนี้ได้อย่างดีคือ เมื่อพบทัวมาลีนแกรนิตมากขึ้น ๆ จะพบแร่ไมก้าดำน้อยลง ๆ หรือจะไม่พบเลย

จ. **Silicification** บางส่วนของหินแกรนิตหรือหินที่เกี่ยวข้องกับแร่ดีบุกบางจุด จะถูกประสานตัวด้วย silica หรือน้ำขวอทซ์ซึ่งจะทำให้ส่วนที่เปลี่ยนแปลงไปในเวลานั้นกลายเป็นหินที่แข็งแกร่งยิ่งขึ้น silica ที่ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงอันนี้นั้น อาจได้โดยตรงมาจาก Magma หรือได้มาจากการสลายตัวของแร่พวก Silicates หรือ Alumino-silicates ก็ได้

2. แร่ที่พบบ่อย ๆ และเกี่ยวข้องกับหินแกรนิตที่ให้แร่ดีบุกคือ :—

ก. แร่ทัวมาลีนและแร่ไมก้าขาว ตามที่กล่าวมาแล้วในเรื่อง Tourmalinization และ Muscovitization แต่การพบแร่ Tourmaline ในที่ทั่ว ๆ ไปควรจะเข้าใจว่าไม่ได้หมายความถึงว่าจะพบแร่ดีบุกเสมอไป เพราะยังมีเหตุผลอื่น ๆ อีก อันจะไม่ขอกล่าวในที่นี้

ข. แร่ต่าง ๆ ที่ธาตุแมงกานีสสามารถเข้าไปรวมด้วย หรือแทนที่ได้แล้ว แร่พวกนั้นมักจะพบว่ามีจำนวนแมงกานีสเข้าไปอยู่ด้วยสูงเป็นพิเศษ เช่นอาจพบ Huebnerite (Mn-Wolframite) แทนที่จะพบเป็น Wolframite ธรรมดา ในแร่ Tourmaline แร่ไมก้าขาว และแร่ Ilmenite มักมีแมงกานีสเจือปนสูงกว่าปรกติ นอกจากนั้นในแหล่งดีบุกทั่ว ๆ ไป มักพบแร่กาเหน็ตมีแมงกานีสสูงจนกระทั่งแร่กาเหน็ตเดิมซึ่งมักเป็นกาเหน็ตชนิดมีเหล็กสูงนั้นกลายเป็น Spessartite garnet นั้นเป็นเรื่องธรรมดาและพบดาษดื่นที่สุด

ค. แร่อื่น ๆ ที่พบเกี่ยวข้องอยู่กับแร่ดีบุกด้วยเสมอคือ Monazite, Xenotime, Ilmenite, Anatase, Fluorite, Topaz และ Gilbertite ฯลฯ

ง. ลักษณะของผลึกขวอทซ์ในหินแกรนิตหรือในหินข้างเคียง จะมีด้านข้าง (Prism) สั้นลง ๆ จนบางครั้งไม่พบหน้า Prism ทำให้ดูคล้าย β-Quartz มักเห็นแต่ยอดทั้งสองของผลึก (bi-pyramid) เท่านั้น ปรกติเม็ดขวอทซ์ดังกล่าวนี้มีขนาดเล็กมาก และตรวจพบได้ดีขณะทำการแยกแร่ต่าง ๆ ออกจากหินแกรนิต

จ. ผลึกของแร่ดีบุกตอนที่เกิดอยู่ในหินช่วง Pneumatolytised granite มักจะสั้นลงจนไม่มีด้านข้างเห็นแต่พวกยอดทั้งสอง (bi-pyramid) มีลักษณะคล้ายกับผลึกขวอทซ์ที่กล่าวในข้อ ง. มี striation ทางราบชัด ที่พบบ่อยคือ แบบฝาแฝด (Twin) และแบบ distorted

3. จำนวนแร่แม่เหล็กในหินแกรนิตต่าง ๆ (Magnetite content) พบว่าหินแกรนิตชนิดที่ให้แร่ดีบุกนั้นมีเปอร์เซ็นต์ของแร่แม่เหล็กต่ำมาก ต่ำกว่า 0.02% ส่วนหินแกรนิตที่ไม่ให้แร่ดีบุกนั้นมีแร่แม่เหล็กเกิน 1.26% ขึ้นไป

4. อุณหภูมิของหินแกรนิต ตรวจโดยวิธีของ Barth (2469) หินแกรนิตที่ให้แร่ดีบุกมักจะมีอุณหภูมิแห่งการกำเนิดต่ำกว่า 600°C ส่วนหินแกรนิตที่ไม่ให้แร่ดีบุกจะมีอุณหภูมิสูงกว่านี้ แต่มีข้อยกเว้นอยู่บ้างคือ อุณหภูมิที่ได้จะสูงขึ้นเมื่อเกิดมีการ assimilate ของหินปูน หรือถ้า K-feldspar มีลักษณะเนื้อเป็น Perthitic ชนิดเนื้อหยาบ

ในหมู่นักธรณีวิทยามักให้ความสนใจในอายุของหินต่าง ๆ ด้วย ผิดกับพวกชาวเหมืองซึ่งไม่สู้จะสนใจเพราะอยากทราบแต่เพียงว่า เทือกเขาอันไหนหรือที่ตรงไหนจะมีแร่มากเท่านั้น อนึ่ง ใคร่จะขอกล่าวไว้ในที่นี้ด้วยว่า แม้หินแกรนิตทั้งเทือกจะเป็นเทือกที่นำแร่มาก็จริง แต่ในบางส่วนหรือบางจุดอาจจะมีแร่อยู่น้อยมากหรือไม่พบเลยก็เป็นได้ ซึ่งเป็นเรื่องธรรมดาที่พบเห็นกันอยู่ทั่วไป เพราะอาจเกี่ยวด้วยโครงสร้าง (Structural control) การดันตัวผุดขึ้นมาของเทือกเขาที่ให้แร่ดีบุกที่เกิดใน Metallogenetic เดียวกันจึงไม่จำเป็นจะต้องมีแร่อยู่ทุกจุดหรือตลอดไป การขัดแย้งไม่ค่อยตรงกันในเรื่องอายุของหินระหว่างประเทศนั้นเป็นเรื่อง

ธรรมดา หินแกรนิตในบริเวณของประเทศเดียวกันอาจถูกแบ่งเป็นหินแกรนิตที่ให้ดีบุกออกเป็นหลายยุคหลายสมัยได้ จึงใคร่ขอเสนอเหตุผลบางประการไว้ในที่นี้ด้วย คือ :—

1. การดันตัวสูงขึ้นมาของหินแกรนิต จะผ่านหินที่มีอายุเก่าแก่มากน้อยไม่เท่ากันตลอดแนว ไม่จำเป็นจะต้องผ่านหินที่มีอายุเดียวกันตลอดทั้งเทือก บางจุดอาจจะผ่านหินที่มีอายุเก่าแก่กว่าอีกแห่งหนึ่ง ทั้ง ๆ ที่อยู่ในระดับใกล้เคียงกัน หรือไม่ต่างกันนัก ทั้งนี้เพราะเปลือกโลกมีการเคลื่อนไหวเปลี่ยนแปลงเสมอ หินอายุใหม่อาจจะค่อย ๆ ยุบตัวลง ๆ หินเก่าอาจถูกดันตัวสูงขึ้นมา ด้วยเหตุนี้การบอกอายุหินแกรนิตที่นำแร่ดีบุกบางแบบนั้น จึงเป็นแต่เพียงวิธีการสถิติเท่านั้นว่า หินแกรนิตได้ผ่านขึ้นมาถึงหินใหม่ที่สุดนั้นมีอายุเท่านั้นเท่านี้ แต่ถ้าบริเวณที่มีหินเก่าแก่เกี่ยวข้องกับการขึ้นมาของหินแกรนิต โอกาสที่เราจะพบความสัมพันธ์ของอายุหินให้ใหม่กว่านั้น ย่อมเป็นไปไม่ได้ ยิ่งในกรณีที่ไม่ได้ทำการสำรวจอย่างทั่วถึงกันแล้ว เราก็ไม่สามารถบอกอายุที่ใหม่ที่สุดหรือน้อยที่สุดของหินแกรนิตที่ให้แร่ดีบุกอย่างสมบูรณ์จริง ๆ ได้ เพียงแต่เป็นเรื่องอันประมวลได้จากเรื่องโครงสร้างกับการลำดับชั้นหินเท่านั้น

2. หินแกรนิตที่นำแร่ดีบุกมานั้น ไม่จำเป็นต้องเป็นชุดเดียวกันหรืออยู่ใน Metallogenetic เดียวกัน ตลอดทั้งโลกอาจจะมีหลายจังหวะที่ให้แร่ได้ หรือหินแกรนิตที่คิดว่าจะไม่ให้แร่นั้น อาจมีหินแกรนิตชนิดยุคที่ให้แร่ดันผ่านเข้ามาในระยะต่อมาก็ได้ หรือที่เรารวมเรียกกันว่า เป็นหินแกรนิตที่ไม่ให้แร่นั้น อาจเป็นเพราะมีแร่ดีบุกปะปนอยู่ในอัตราน้อยมากจนไม่น่าสนใจ (Uneconomic) เลยก็ได้

ทาง Atomic Energy Division แห่งกรมธรณีวิทยาของประเทศอังกฤษได้กรุณาช่วยวิเคราะห์แร่ Monazite ที่เกิดในหินแกรนิตจากแหล่งแร่ดีบุก ตำบลหาดส้มแป้น จังหวัดระนองผลปรากฏพอสรุปได้ว่าหินแกรนิตที่ให้แร่ดีบุก มีอายุประมาณ 105 ล้านปี หรืออายุประมาณ Cretaceous และเมื่อเร็ว ๆ นี้ทาง Carnegie Institute ได้ช่วยตรวจอายุของหินจากแร่ไมก้าขาวและเฟลสปาร์ที่อยู่ในหินแกรนิตที่ให้แร่ดีบุกแห่งหนึ่ง โดยวิธีวิเคราะห์หา K—Ar และ Rb—Sr พอจะสรุปอายุได้ว่าอยู่ในอายุประมาณ Late Cretaceous ส่วนของมลายูและพม่าตรวจจาก stratigraphy ก็พบว่าอยู่ในยุค Late Cretaceous เช่นกัน แร่ดีบุกของเรา พม่าและมลายู จึงรวมอยู่ใน Metallogenetic เดียวกัน ส่วนที่คอร์นวอลล์และเดวอนเชอร์ของอังกฤษมีอายุเก่าแก่กว่าของเรามาก เกิดในยุค Permo Carboniferous ประมาณ 185 (Holmes-Marble) ล้านปีถึง 320 (Vosges 1960) ล้านปี

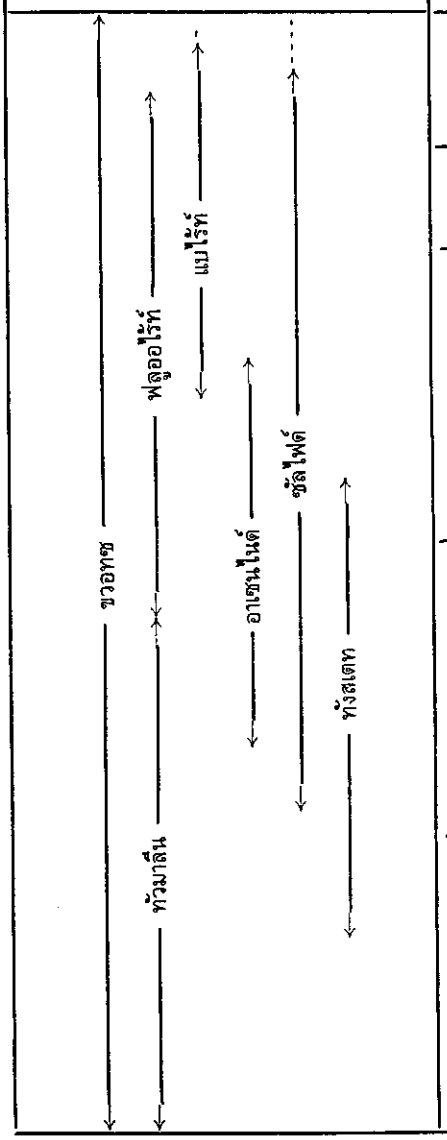
ความจริงการหาอายุของหินอาจจะทำได้โดยวิธีอื่นอีกหลายวิธีด้วยกัน เช่นตรวจหาสภาพการสลายตัวของธาตุบางอย่าง บางทีก็ตรวจจากกากของธาตุที่ยังเหลือบ้าง ตรวจ isotope

ของธาตุต่าง ๆ ในแร่บางชนิดที่เกิดในหิน ใช้เครื่องมือทางฟิสิคส์เกือบล้วน ๆ บ้าง บางแบบก็ใช้วิชาทางเคมีช่วยวิเคราะห์หา พยายามประมวลตั้งกฎเกณฑ์และแก้ไขเพิ่มเติมอยู่เสมอ แต่พอจะสรุปได้ว่า การศึกษาหาอายุด้วยเครื่องมือต่าง ๆ และด้วยทางเคมีนั้น ยังต้องการการปรับปรุงอีก มีบางกรณีที่ให้ผลลัพธ์ไม่ค่อยตรงกันนัก แต่โดยทั่วไปการหาอายุของหิน นับว่าเป็นสิ่งที่น่าสนใจยิ่ง และวิธีการกำลังเจริญขึ้นอย่างมากมาย

อนึ่ง ผู้ที่ทำเหมืองแร่ดีบุกหรือแร่วุลแฟรมแบบที่เกิดอยู่ในสายแร่ หรือแบบที่ยังอยู่ในหินแกรนิตก็ตาม มักจะได้ข้อสังเกตว่า มักจะมีแร่ชนิดอื่น ๆ เข้ามาปะปนเกี่ยวข้องอยู่ด้วยเสมอ เช่นพบแร่ทองแดง แร่สังกะสี แร่ตะกั่ว บางครั้งก็มีแร่พลวงเกิดอยู่ในระดับสูงขึ้นมา หรืออาจพบแผ่ออกไปอย่างมีระเบียบในแนวราบ เช่น พบแร่ทองแดงเกิดอยู่ใกล้กับแร่ดีบุก ส่วนแร่สังกะสี แร่ตะกั่ว อยู่ห่างไกลออกไป เท่าที่ปรากฏในเมืองไทยเรา สายแร่ส่วนใหญ่ค่อย ๆ กินลึกลงไปอย่างในอังกฤษ หรือทางโบลิเวีย สินแร่อื่น ๆ มักจะอยู่รวมกันในช่วงสั้น ๆ หรือบางทีก็คละปนกันอย่างแยกพวกไม่ออก ชนิดที่ควรเกิดสูงต่ำกลับไม่เป็นไปตามกฎเกณฑ์ก็มี ทั้งนี้อาจเป็นเพราะแร่ต่าง ๆ ถูกผลักดันขึ้นมาหลายจังหวะ หรืออาจเป็นไปได้ว่าความเข้มข้นในน้ำแร่ในส่วนต่าง ๆ ของโลกอาจไม่เหมือนกันทุกที่ไป การตกผลึกของแร่ขึ้นอยู่ภายใต้อิทธิพลของสิ่งต่าง ๆ จากภายใน กับสิ่งแวดล้อมของหินข้างเคียง นอกจากนั้นยังมีปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นระหว่างน้ำแร่ที่ผ่านขึ้นมากับผนังหินข้างเคียง ซึ่งแตกต่างกันอยู่ก่อนแล้ว เป็นมูลเหตุให้เกิดความผิดแปลกและซับซ้อนยิ่งขึ้น

ความจริงเรื่อง Zonal arrangement หรือช่วงของการตกของแร่นี้ เป็นเรื่องที่ทราบกันในหมู่ชาวเหมืองแร่ โดยเฉพาะพวกที่ทำกันในสายแร่ลึก ๆ นักธรณีวิทยาแหล่งแร่ได้ให้กฎเกณฑ์ไว้ว่า เรื่องการแบ่งชั้นกันอยู่ของสินแร่ชนิดต่าง ๆ นี้ขึ้นอยู่กับหลักเกณฑ์ทางความร้อน แร่ใดก็ตามที่มีจุดหลอมตัวสูง (แร่อุณหภูมิสูง) หรือแร่ที่ละลายได้ยากจะเกิดอยู่ใกล้ ๆ กับแม่หินต้นกำเนิด Magmatic source พวกที่มีอุณหภูมิต่ำ หรือจุดหลอมตัวต่ำกว่าก็จะเกิดอยู่ในระดับที่สูงขึ้นมา หรือถูกขับไล่ให้อยู่ไกลออกไป พวกที่หลอมตัวง่ายที่สุดจะเกิดอยู่ไกล (ถูกขับออกไปไกล ๆ) ที่สุด W.H. Emmons เป็นผู้ที่พยายามประมวลลำดับการตกของแร่ต่าง ๆ ที่เกิดในที่ต่าง ๆ ซึ่งเกิดห่างออกไปจากหินแม่ จนได้ใช้เป็นแนวทางยึดถือกันในหมู่นักธรณีแหล่งแร่โดยทั่วไปจนบัดนี้ เรื่องนี้ควรเป็นแต่เพียงสถิติที่ใช้ยึดถือเป็นหลักไว้ในใจเท่านั้น เพราะปรกติไม่มีสายแร่ใด ๆ ที่มีแร่หรือคุณลักษณะดังที่ท่านผู้นี้ได้รวบรวมไว้อย่างสมบูรณ์เลยและจะไม่ขอกล่าวรายละเอียดไว้ในที่นี้ สำหรับในแหล่งแร่ดีบุกคอร์นวอลล์ประเทศอังกฤษ ได้มีผู้รวบรวมหลักฐานของ Zonal arrangement ของแร่ต่าง ๆ ที่เกิดในสายแร่จากเหมืองแร่ในที่ต่าง ๆ พอจะเรียงลำดับของการต่อเนื่องของแร่ต่าง ๆ ไว้ได้ดังนี้

ตัวอย่างการจัดวางตัวในช่วงต่าง ๆ ของการกำเนิดของสินแร่ชนิดต่าง ๆ ในสายแร่ทางคอร์นวอลล์ ประเทศอังกฤษ



เพื่อนแร่ที่เกิดร่วมกับสินแร่ในสายแร่	ชนิดของสินแร่ที่เกิดเป็นช่วง ๆ	ความหนาของช่วงหนึ่งเป็นฟุต	อุณหภูมิที่แร่เกิดเซนติเกรด
	แร่คาร์บอเนตเหล็กและแมงกานีส	400	ไม่เกิน 150°
	แร่กำมะถันของพลวง	200	
	ตอนบน ๆ เป็นแร่กำมะถันของตะกั่วและเงิน ตอนล่าง ๆ เป็นแร่สังกะสี (ล่างสุดเป็นแร่ทองแดง)	1800	400°
	แร่กำมะถันของทองแดงอยู่ช่วงบน ในชั้นต่ำลงไปมีแร่วุลแฟรม (และมีแร่ดีบุกรวมอยู่ด้วยตอนล่าง)	2500	500°
	บน ๆ มีแร่วุลแฟรมและแร่ดีบุก (อ๊อกไซด์) เกิดอยู่ต่ำลงไปเป็นชั้นล่างสุด	2500	550°—575°

พอที่จะสรุปคร่าว ๆ ได้ว่า แร่ดีบุก (SnO_2) เกิดอยู่ในระดับต่ำที่สุด Wolframite อยู่ถัดสูงขึ้นมา ถัดไปเป็นพวกแร่ทองแดงซัลไฟด์ (CuS) สูงขึ้นไปเป็นแร่สังกะสีซัลไฟด์ (ZnS) ต่อขึ้นไปเป็นแร่ตะกั่วซัลไฟด์ (PbS), เงินซัลไฟด์ (Ag_2S) สูงขึ้นไปอีกแร่พลวงซัลไฟด์ (Sb_2S_3) แล้วในที่สุดแร่ที่เกิดสูงสุดหรือไกลสุด จะเป็นพวกคาร์บอเนตของเหล็กและแมงกานีส ในพวกเพื่อนแร่ด้วยกัน จะพบว่าแร่ทัวมาลีนเกิดอยู่ในระยะลึกที่สุดปะปนเพียงในช่วง

ของดีบุก—วุลแฟรม ถัดขึ้นมามีซัลไฟด์ อาเซนไนด์ของธาตุเหล็กและฟลูออไรท์เริ่มเกิดต้นขึ้นมาอีก ที่เกิดต้นที่สุดหรือไกลต้นกำเนิดคือแร่แบไรท์ (Barite) ส่วนแร่ฃวอทซ์นั้นเกิดปนอยู่กับสินแร่ทุกชนิดตลอดสายแร่

ความจริงแหล่งแร่ชนิดที่แร่ดีบุกเกิดฝังกระจัดกระจายในหินแกรนิตขนาดที่พอจะเปิดเหมืองได้นั้นกล่าวกันว่าหาดูได้ยาก ส่วนใหญ่ของแร่ดีบุกที่ผลิตเดิมที่มีกำเนิดหรือได้มาจากจำพวกสายแร่ เช่นพวกสายเปกมาไท้ต์ สายขวอทซ์ ฯลฯ สำหรับในเมืองไทยเรายังเป็นที่สงสัยกันอยู่ว่า แร่ดีบุกที่เกิดในหิน pneumatolytised granite นั้น อาจมีบทบาทที่สำคัญไม่น้อย แต่ไม่ค่อยมีประจักษ์พยานเหลือให้เห็นโดยตรงในปัจจุบันนี้ และอาจเป็นไปได้ว่าหินแกรนิตช่วงนี้มักจะผุ (Kaolinised) จึงถูกทำลายตัวไปเสียเกือบหมด ขอแนะนำให้ผู้สนใจโปรดไปชมแหล่งแร่แบบฉบับที่ตำบลหาดส้มแป้น จังหวัดระนอง ที่นั่นจะได้เห็นหินแกรนิตที่นำแร่ดีบุกซึ่งอยู่ห่างไกลออกไปจากบริเวณแหล่งแร่ มีเนื้อเป็นดอก และมีแร่ดำคือไมก้า (Biotite) เมื่อใกล้แหล่งแร่เข้าไป หินแกรนิตจะค่อย ๆ เปลี่ยนเนื้อละเอียดลง ๆ พร้อมกับมีแร่ไมก้าขาวและแร่ทัวมาลีนมากขึ้น ขณะเดียวกันแร่ไมก้าดำก็ลดจำนวนลง ๆ ในที่สุดบริเวณแหล่งแร่หินแกรนิตจะมีแต่แร่ประกอบหิน คือแร่ไมก้าขาวและแร่ทัวมาลีนเด่นอยู่สองชนิดเท่านั้น (ไม่มีแร่ไมก้าดำเลย) เนื้อหินค่อนข้างละเอียดเกือบถึงขนาดแอ๊บ-ไปล้ท์ (Aplite) หินทุก ๆ ก้อนจะมีแร่ดีบุกฝังติดอยู่ด้วยเสมอไป แต่ปรกติจะมีเป็นจำนวนเล็กน้อย แต่ที่ชาวเหมืองสนใจกัน มักทำกันตรงที่แร่รวมตัวกันหนาแน่น (segregate) ซึ่งตัวแหล่งแร่มีลักษณะรูปร่างคล้ายกระเปาะ ขนาดกว้าง 1—3 เมตร บางแหล่งก็ใหญ่โตกว่านี้มาก นอกจากนั้นที่หาดส้มแป้นท่านยังอาจมีโอกาสได้ศึกษาสายแร่เปกมาไท้ต์และสายขวอทซ์แบบต่าง ๆ ทั้งที่มีแร่และไม่มีแร่เกิดอยู่ในบริเวณนี้อีกด้วย

ตัวอย่างแร่ดีบุกที่เกิดฝังในหินแกรนิตพบในเมืองไทยหลายแห่งและพบเห็นเป็นของธรรมดา เช่นที่แหล่งแร่ตำบลหาดส้มแป้น และอีกหลายแห่งที่บางพระในจังหวัดระนอง ที่เหมืองทุ่งขมิ้นและเหมืองนาหม่อม จังหวัดสงขลา ที่จังหวัดนครศรีธรรมราชบางแหล่งก็พอหาดูร่องรอยได้บ้าง

นอกจากแร่ที่เกิดฝังในเนื้อหินแกรนิต เราอาจพบแร่ดีบุกเกิดฝังอยู่ในหินชนิดอื่นในบริเวณสัมผัส เช่นพบฝังอยู่ในหินชีสต์ และมักจะพบสายแร่ขนาดเล็ก ๆ มาก (stringers) แผ่ซ่านไปในบริเวณนี้ด้วย การแต่งแร่ที่ได้จากแหล่งแร่แบบนี้ น่าจะได้ปรึกษาผู้ชำนาญ เพราะเม็ดแร่มักมีขนาดละเอียดเป็นพิเศษเกินที่จะจับหรือแต่งแร่ด้วยวิธีธรรมดา ได้เคยพบแหล่งแร่แบบนี้ 2 แห่งเท่านั้น อยู่ตอนช่วงกลาง ๆ ในบริเวณเทือกเขาหลวง จังหวัดสุราษฎร์ธานี—นครศรีธรรมราช การแผ่ซ่านของเนื้อแร่ในหิน แผ่ไปไม่ไกลจากหินแม่นัก

แหล่งแร่อีกแบบหนึ่ง คือแบบ contact metasomatic deposit หรือขอเรียกง่าย ๆ ว่า แหล่งแร่แบบสัมผัส มักจะหาดูได้ง่ายจากบริเวณที่หินแกรนิตสัมผัสกับหินปูน เช่นในเทือกเขาชุดปิ่นเยาะ—เบตงของจังหวัดยะลา แร่จะเกิดอยู่ในบริเวณสัมผัส มีแร่พวก contact เกิดอยู่หลายชนิด หรือจะเรียกง่าย ๆ รวม ๆ กันว่า แร่พวก Contact Ca-silicates ซึ่งบางทีก็มีน้ำบ้าง ธาตุเหล็กบ้าง ธาตุอลูมิเนียมบ้าง ฯ ล ฯ เข้ามาปะปนเกี่ยวข้อง ทำให้เกิดแร่ได้อีกหลายชนิด เช่น tremolite, diopside, wollastonite, fosterite, pyroxene, vesuvianite, tourmaline, garnet ชนิดต่าง ๆ ตลอดจนพวก carbonates นั้นพบเสมอ นอกนั้นแร่ที่ขาดไม่ได้ก็คือ แร่เหล็กชนิดต่าง ๆ เกิดอยู่ด้วยเสมอ เนื้อแร่ดีบุกมักจะสกปรก อาจมีแร่เหล็ก แร่ตะกั่ว หรือแร่อื่นบางอย่างปะปน ทำให้การแต่งแร่และการถลุงดีบุกที่เกิดโดยแบบนี้ ต้องยุ่งยากกว่าธรรมดา

อนึ่ง แร่ดีบุกที่เกิดอย่างชนิดเป็นท่อเป็นปล่องหิน (pipe) ก็น่าจะได้พบอยู่บ้างในเมืองเรา โดยเฉพาะในบริเวณที่เกี่ยวข้องกับช่วงหินปูน แร่อื่น ๆ ที่พบเกิดเกี่ยวข้องกับแร่ดีบุกในปล่องจะมีลักษณะคล้าย ๆ กับที่กล่าวมาแล้วในเรื่องแหล่งแร่แบบสัมผัส

ในบางแห่งดูเผิน ๆ อาจจะทำให้เห็นว่าหินปูนวางตัวสัมผัสกับหินแกรนิต และในระหว่างช่วงสัมผัส น่าจะมีแร่ดีบุกหรือแร่อื่นที่แสดงว่าเกิดปฏิกิริยาจากการสัมผัสขึ้น แต่เมื่อตรวจดูทั่ว ๆ ไป กลับไม่มีอาการหรือมีแร่ชนิดสัมผัสเกิดขึ้น เช่นนี้อาจจะมีหินชั้นชนิดอื่นมากั้นระหว่างช่วงสัมผัสนั้นเสีย ทำให้เป็นฉนวนความร้อนกั้นปฏิกิริยาที่ควรจะเกิดขึ้น

สายแร่เป็กมาไท้ต์ แอ๊บไปล้ท์ และพอพีรี่ มีเรื่องราวอีกมากมาย จะไม่ขอกล่าวรายละเอียดในที่นี้ มักจะพบว่ารากหรือต้นตอข้างล่างมาจากตัวหินแกรนิตนั่นเอง สายแร่บางแห่งจะด้วน หรือฝังอยู่แต่ในแกรนิตเท่านั้น ไม่สามารถดันผ่านเข้าไปในหินข้างเคียง หรือเบื้องบนบางแห่งก็แทรกผ่านหินข้างเคียงหรือข้างบนไปได้ไกล ๆ ที่ข้าง ๆ สายแร่หรือข้างผนังหิน (wall rock) อาจแสดงการเปลี่ยนแปลง (alteration) ที่พบบ่อย ๆ คือมีดินขาว แร่ทัวมาลีนบางทีก็พวกแร่ไมก้าขาวบ้าง สายแร่ที่ผ่านหินแกรนิตมักพบแถบหินไกรเซ่น เกิดอยู่ติด ๆ เสมอ บางทีหินไกรเซ่นก็แผ่ออกไปกว้างขวางจนต่อกับแถบไกรเซ่นของสายแร่อื่น ๆ การเปลี่ยนแปลงที่ผนังข้าง ๆ สายแร่ อาจใช้เป็นเครื่องสังเกตขนาดความรุนแรงหรือพลังแห่งการขึ้นมาของน้ำแร่ได้ พลังแห่งความรุนแรงนี้บางครั้งเกิดร่วมและแสดงความเกี่ยวข้องกับการเกิดของแร่ดีบุกมาก แต่จะต้องศึกษาเรื่องราวของท้องที่ให้ละเอียดเสียก่อน ว่าความรุนแรงของการเปลี่ยนแปรของผนังหินสนับสนุนความสมบูรณ์ของแร่ที่นั่นแค่ไหน

ผู้ที่ทำแร่ในสายเปิ้กมาไท้ต์บางแห่งอาจจะพบว่า บน ๆ สูงขึ้นไปค่อย ๆ กลายเป็นสายขวอทซ์ไป (Epi-pegmatite) ก็มี การศึกษาความสมบูรณ์ลักษณะชนิดของแหล่งแร่ตลอดจนความลึกของสายแร่ เป็นเรื่องที่ควรจะปรึกษากับนักธรณีวิทยาแหล่งแร่โดยเฉพาะ เรื่องราวของแหล่งแร่ในหินและสายแร่ เป็นเรื่องที่ต้องใช้เวลาศึกษาอย่างมีระเบียบ ถ้าจะคิดทำแร่ในหินแล้ว น่าจะได้คำนึงไว้อีกอย่างหนึ่ง คือการลงทุนสำรวจหาจำนวนแร่และลักษณะที่แร่เกิดอยู่ เพื่อความรู้ความกระจ่าง อันจะเป็นการป้องกันการขาดทุนในระยะผลิต ปรกติต้องลงทุนมากและกินระยะเวลาสำรวจค้นนานมากเช่นกัน

หลังจากที่แร่เกิดในหินและยกตัวขึ้นมาแล้ว ยังมีบทบาทต่อไปอีกคือ เรื่องของการผุพังและถูกพัดพาเคลื่อนย้ายออกไปอีก แร่ดีบุกที่ผุพังอยู่กับที่ (Residual deposit) โดยตัวแร่ดีบุกเองไม่ถูกเคลื่อนย้ายออกไปจากที่เกิดเดิม แร่อื่น ๆ ที่เกิดอยู่ด้วยถูกทำลายตัวพัดพาหรือละลายตัวออกไป แร่ดีบุกที่ตรงนั้นจึงเข้มข้น ๆ ขึ้น การสะสมตัวแบบนี้สำหรับเมืองเราไม่ค่อยมีความสำคัญเหมือนแบบลานแร่ เพราะในเมืองร้อนอย่างไทยเราการทำลายตัวทางสกายะและอำนาจการเคลื่อนย้ายแร่ดีบุกเป็นไปอย่างรุนแรง ในระยะแรกเราจะพบแร่ดีบุกพลัดอยู่ใกล้ ๆ แหล่งกำเนิด เช่นพบตามไหล่เขา (Eluvial) ซึ่งมักมีความสมบูรณ์สูง จากนั้นก็จะถูกพัดพาต่อไปด้วยน้ำหรือด้วยพลังงานอื่น แล้วในที่สุดก็ไปสะสมกันในลุ่มแอ่งหรือท้องธารบนเขาบ้าง ตามท้องธารน้ำเบื้องล่างบ้าง ตามแอ่งตามเชิงเขาห่างออกไปบ้าง ทำให้เกิดลานแร่แบบต่าง ๆ (Placer) ขึ้น แอ่งลานแร่ที่สมบูรณ์จริง ๆ โดยปรกติมักจะพบว่ามีต้นกำเนิดอยู่แถบนั้นเอง บางที่จะเห็นว่าซ่อนอยู่ภายใต้ลานแร่นั้นเอง พวกที่เกิดในท้องลำธารแม่น้ำ และตกจมตามปากอ่าว มักจะถูกบังคับความสมบูรณ์ให้อยู่ในช่องทางที่ถูกพัดพาไปมีบริเวณเป็นทาง ๆ หรือแนวยาว ๆ (stream หรือ channel deposit) แหล่งแร่ดีบุกตามหาดทรายชายทะเลมักขึ้นอยู่กับการกัดเซาะ และการแต่งแร่หรือการสะสมด้วยคลื่นน้ำทะเล ความจริงเรื่องของลานแร่มีบทบาทขึ้นอยู่กับการยกตัวขึ้นลงของผิวโลกอยู่ไม่น้อยทีเดียว

ในแหล่งแร่ดีบุกชนิดลานแร่ เม็ดแร่ดีบุกมักจะมน เพราะถูกขัดสีในระหว่างที่ถูกพัดพาไป จะพบแร่ดีบุกสะสมตัวอยู่ในชั้นล่างที่สุด (กระสะ) วางตัวอยู่บนหินดานอีกที ที่กระสะเราจะพบแร่หนักอื่น ๆ ที่เคยเกิดร่วมกับแร่ดีบุกปะปนไปกับพวกก้อนหินมน ๆ ขนาดใหญ่ ๆ ชนิดต่าง ๆ ก้อนหินโต ๆ (boulder) เหล่านี้ จะเป็นอุปสรรคต่อการทำเหมืองอันจะต้องคำนึงถึงเป็นพิเศษอีกแง่หนึ่ง ตามซอกทางด้านใต้สายน้ำของหินโต ๆ ในชั้นกระสะมักจะพบแร่ดีบุกสะสมตัวมากเป็นพิเศษ แร่อื่นที่เบากว่าจะถูกพัดพาให้ไปไกลจากแหล่งกำเนิดเดิม ชั้นสูงขึ้นมาจากกระสะมักจะสลับด้วยชั้นกรวด ทราย กับชั้นดิน หรือดิน

ปนทรายทับสูงขึ้นมา ในบางแห่งอาจพบซากพืชเข้ามาเกี่ยวข้องแทรกในบางชั้น เช่นเป็นดินพีชสีน้ำตาล ligneous clay หรือ carbonaceous clay บ้าง บางทีก็เป็นกิ่งไม้ใบไม้อยู่ในลักษณะของ peat หรือที่เกรดสูงขึ้น อาจเป็นลิกไน้ท์แทรกในชั้นดินหรือดินปนทราย พวกเกสรดอกไม้เป็นพวกที่น่าศึกษาที่สุดอีกพวกหนึ่ง เพราะจะทำให้เราทราบถึงเรื่องราวของการกำเนิดแร่แบบนี้ได้ดีอีกวิธีหนึ่ง ดินที่เกิดขึ้นตามชั้นต่าง ๆ ในส่วนบนของกระสะดีบุกมีหลายแบบหลายชนิด อันอาจจะนำไปใช้ประโยชน์ในการทำอิฐ ทำเครื่องเคลือบดินเผา ฯ ล ฯ ได้ดี ซึ่งน่าจะได้ทำการค้นคว้าทำประโยชน์เป็นอย่างยิ่ง

มีสิ่งที่น่าสนใจอยู่อย่างหนึ่งคือ ถึงแม้ว่าในหินแม่หรือในสายแร่เราพบทั้งแร่ดีบุกและแร่วุลแฟรมไม้ท์ แต่ในลานแร่ที่ห่าง ๆ ออกไปจากบริเวณต้นกำเนิด เราจะไม่ค่อยพบแร่วุลแฟรมไม้ท์เกิดรวมอยู่กับแร่ดีบุก หรือถ้ามีก็น้อยกว่าที่คาดหมายไว้มาก สาเหตุแห่งการแยกตกจมอาจเนื่องมาจากเหตุผลดังต่อไปนี้ :—

1. แร่วุลแฟรมไม้ท์ ตามปรกติเกิดอยู่ในช่วงที่สูงกว่าช่วงของแร่ดีบุก เมื่อเกิดการผุพังหรือถูกทำลายลง จึงมีโอกาสที่จะถูกพัดพาไปที่อื่น ๆ เสียก่อนระยะที่แร่ดีบุกจะผุพัง ฉะนั้นแร่วุลแฟรมไม้ท์จึงไปได้ไกลกว่า เมื่อเทียบกับช่วงระดับการกำเนิดและระยะเวลาการผุพังของแร่ดีบุก

2. แร่ดีบุกมีความแข็งมากกว่าแร่วุลแฟรมไม้ท์มาก จึงถูกทำลายหรือย่อยให้เม็ดเล็กลงไปได้ยาก ฉะนั้น แร่ดีบุกจึงอยู่ใกล้ที่เกิด ส่วนแร่วุลแฟรมไม้ท์จะกล่อนลง ๆ จึงมีโอกาสถูกเคลื่อนออกไปได้ไกลกว่าแร่ดีบุก

3. แร่วุลแฟรมไม้ท์ถูกทำลายด้วยน้ำยาเคมีให้เป็นสารละลายไปได้ง่ายกว่าแร่ดีบุกมาก (ด้วยเหตุนี้ แร่วุลแฟรมไม้ท์จึงมีประโยชน์โดยตรงต่อการตรวจทาง Geo.—Chem. ให้ความสะดวกต่อการติดตามหาแหล่งแร่ยิ่งกว่าในเรื่องของแร่ดีบุก)

4. แร่วุลแฟรมไม้ท์มีหน้าแยกแตก (Cleavage) ที่เด่นเฉพาะเป็นพิเศษตามหน้า (010) จึงถูกทำลายได้ง่ายเมื่อถูกกระทบกระแทก และสามารถแยกออกเป็นแผ่น ๆ ต่อไป อันเป็นผลช่วยในการพลิกปะทะจากกระแสน้ำให้เกิดการลอยตัวเคลื่อนต่อไป เช่นเดียวกับการปลิวตัวไปตามน้ำของแผ่นไมก้าเล็ก ๆ ด้วยเหตุนี้โดยทั่วไปในแอ่งลานแร่ จะพบแร่ดีบุกสูงกว่าแร่วุลแฟรมไม้ท์ ปรกติแร่วุลแฟรมไม้ท์อาจจะพบมากได้ถ้าถูกเคลื่อนที่ไปไม่ไกลจากต้นกำเนิด เช่นตามไหล่เขา หรือในบริเวณที่ถูกกักขังเป็นพิเศษ โดยที่การพัดพาดำเนินไปไม่สะดวก เช่นแอ่งที่มีภูเขาล้อมรอบเป็นต้น

ความจริงลานแร่ของไทยเรายังมีความหวังอยู่ แต่คงจะไม่มีแหล่งที่สะดวกหรือทำได้ง่าย ๆ อย่างที่แล้ว ๆ มานัก การคมนาคมจะช่วยให้ลานแร่หรือแหล่งแร่แบบไหล่เขา หุบเขา

หรือแบบเป็นช่องเป็นทางของสายน้ำ ที่ยังเหลืออยู่ มีความหวังยิ่งขึ้น โดยเฉพาะแร่ดีบุกในทะเลใกล้เกือกเขาแกรนิตที่ให้แร่ดีบุกน่าจะเป็นแหล่งสะสมที่น่าสนใจ (แต่การทำเหมืองในทะเลคงจะยุ่งยากขึ้นกว่าที่กำลังทำกันอยู่ขณะนี้) อันจะเป็นเหตุที่เพิ่มผลผลิตได้อีก นอกจากนั้นศักราชของการทำแร่ดีบุกในสายแร่ เกือบจะกล่าวได้ว่าเราเพิ่งจะเริ่มรู้จักกันเท่านั้น ความหวังในสายแร่ดีบุกของเรายังมีหวังอีกมาก สายแร่ (lode) ที่ลึกจริง ๆ ยังไม่แน่ว่าจะได้พบ เพราะว่าได้พบสายแร่หลายแห่งมีลักษณะบ่งว่าไม่ค่อยลึกนักอย่างในบางแห่งของโลก ส่วนที่จะพบสายแร่ขนาดปานกลางผ่านหินชั้นตามเขาสูง ๆ นั้นมีหวังน้อยหน่อย ทั้งนี้เพราะเหตุผลแห่งการผุพังทำลายตัวได้เป็นไปอย่างรุนแรงในภาคของไทยเรา แต่ก็อาจจะพบสายแร่ลึก ๆ ได้บางจุดในส่วนที่หินชั้นเดิมยังไม่ผุพังออกไปมาก เช่นตามเชิงเขาหรือในที่ราบบางแห่งก็ได้ แต่ความหวังที่จะพบสายแร่ลึก ๆ นี้จะต้องใช้เวลานานเป็นสิบ ๆ ปีจะถึงเวลาของการค้นหา ในขั้นนี้เราท่านอาจจะได้รู้จักบทบาทและคุณประโยชน์ของ Geo.Physics กันแล้ว

สำหรับการทำเหมืองแร่ดีบุกชนิดลานแร่ หรือที่เรียกว่า secondary นั้น ดังได้กล่าวแล้วว่า แร่เกิดปนกับดินกับทรายไม่ค่อยมีปัญหาอะไรมากมาย การตรวจหาความสมบูรณ์ตลอดจนการทำเหมืองก็ไม่มีพิธีรีตองหรือมีบทบาท การลงทุนก็ไม่มากมายเท่ากับการทำแร่ดีบุกที่ฝังอยู่ในหินหรือพวกสายแร่ ผู้ที่ไม่เคยเห็นการทำเหมืองแร่ มักจะนึกเอาง่าย ๆ ว่าคงจะคล้ายการทำเหมืองหินหรืออะไรเทือกนี้ พอกล่าวถึงเหมืองแร่ก็บอกว่าเคยเห็นเคยไปดูแล้ว ไม่ค่อยได้คำนึงถึงเรื่องการกำเนิดของแร่ ส่วนใหญ่ไปดูกันจากเหมืองลานแร่ ความจริงการทำเหมืองแร่เพื่อเอาแร่จากหินแข็งนั้น มีอะไรอีกหลายอย่างที่ต้องพิจารณาเพิ่มเติม ขออย่าได้ถือว่าเป็นเรื่องธรรมดา ๆ นัก อาจจะทำให้ท่านต้องลำบากใจได้ในวันหน้า

วิธีการตรวจสอบแร่ดีบุกทางพีสิคส์โดยสังเขป

การตรวจแร่ดีบุก

แร่ดีบุก (Cassiterite SnO_2) เป็นแร่ที่มีคุณสมบัติเด่น ๆ อยู่หลายประการที่ช่วยให้การตรวจง่ายเข้า คุณสมบัติบางประการของมันทำให้เรารู้จักและจำได้เกือบจะทันทีที่เราเห็น

แร่ดีบุกอาจมีสีต่าง ๆ ที่จะทำให้เราเข้าใจผิดว่าเป็นแร่อื่นได้ ตามปรกติโดยทั่วไปแล้วแร่ดีบุกของไทยมีสีคล้ายน้ำผึ้ง อาจจะจางอ่อนหรือเข้มไปทางน้ำตาล ๆ บางทีก็มีสีกระเดียดไปทางม่วง ๆ ก็มี พวกนี้มักจะมีเปอร์เซ็นต์ของดีบุกสูง บางครั้งสีของแร่ดีบุกเข้มมาก ๆ เข้าจนดูด้วยตาเปล่าเป็นสีดำก็มีไม่น้อย แต่ถ้าทุบให้เป็นเศษบาง ๆ แล้ว จะมีสีคล้ายสีน้ำตาลอ่อน ๆ แต่จะไม่ทึบแสง นอกจากนี้ยังพบที่มีสีเหลือง สีส้ม สีแดง ฯลฯ โดยเฉพาะสีเหลืองอาจทำให้เราเข้าใจผิดคิดว่าเป็นโมนาไซท์และสีแดงทำให้ดูคล้ายแร่รูไทล์ (Rutile) ได้ สำหรับแร่ดีบุกที่เกิดในช่วงสัมผัสระหว่างหินแกรนิตกับหินปูนแล้ว ส่วนมากมักจะมีเหล็กและแร่อื่นเข้ามาเกี่ยวข้องด้วยเสมอ ทำให้สีของมันมีสีน้ำตาลแดงดูทึบแสง

แร่ดีบุกมีค่าดรรชนีหักเหสูง จึงทำให้มีความวาว (Luster) สูงเด่นเป็นพิเศษ คุณสมบัติอันนี้ช่วยในการดูแร่ได้มาก ลักษณะความวาวของมันมีความวาวคล้ายขี้ผึ้ง และใช้เป็นวิธีสังเกตแร่ดีบุกได้ดีวิธีหนึ่ง การตรวจสอบแร่ดีบุกที่ดีที่แน่นอนอีกแบบหนึ่งคือ การตรวจหาค่าดรรชนีหักเหของมัน แร่ดีบุกมีความมันแววววาวเป็นพิเศษมากกว่าแร่อื่นเมื่อขัดมัน ประกอบกับคุณสมบัติของความแข็ง จึงทำให้แร่ดีบุกมีลักษณะเป็นแร่กึ่งรัตนชาติ

ความแข็งของแร่ดีบุกก็เป็นอีกสิ่งหนึ่งที่ช่วยในการตรวจได้มาก แร่ดีบุกเป็นแร่ที่มีความแข็งมาก แข็งประมาณแร่เขี้ยวหนุมาน (ขวอทซ์ SiO_2) บางตัวอย่างอาจอ่อนกว่าเล็กน้อย ความแข็งนี้จะช่วยตัดสินได้ว่าใช่แร่ดีบุกหรือไม่ใช่ได้อย่างรวดเร็ว เพียงแต่เอาเม็ดแร่ที่สงสัยขีดลงไปบนแผ่นกระจกหรือแก้ว ถ้าขูดเข้าก็อยู่ในข่ายที่ควรจะนำไปตรวจด้วยวิธีอื่นต่อไป แร่ดีบุกนับว่าเป็นแร่ที่แปลกชนิดหนึ่งคือ เมื่อเกิดอยู่ในลักษณะของ Oxide แล้วมีความแข็งมาก แต่เมื่อหลอมเป็นโลหะแล้วกลับมีความแข็งน้อยมาก

ลักษณะที่เด่นมากของแร่ดีบุกอีกอย่างหนึ่งก็คือ น้ำหนักหรือความถ่วงจำเพาะ แร่ดีบุกเป็นแร่ที่มีความถ่วงจำเพาะประมาณ 7 หรือหนักกว่าน้ำซึ่งมีปริมาตรเท่า ๆ กันถึง 7 เท่า เวลาชั่งหรือจับต้องเราจะรู้สึกได้ดีทีเดียว การหาความถ่วงจำเพาะของแร่ดีบุกนับว่าใช้ได้ผลดีในการตรวจเช่นกัน

รูปร่างลักษณะของผลึกของแร่ดีบุก ก็เป็นเรื่องที่น่าสนใจไม่น้อย แม้ว่าแร่ดีบุกจะจัดอยู่ในพวกที่แข็งมากก็ตาม เมื่อถูกพัดพาเคลื่อนย้ายออกจากต้นกำเนิดก็อาจจะทำให้หน้าผลึกของมันลบเลือนไปด้วยอำนาจของการขัดสีตามธรรมชาติ ด้วยเหตุนี้แร่ดีบุกที่พบในลานแร่จึงไม่ค่อยจะมีรูปร่างลักษณะของผลึกเหลือให้เห็นดีนัก บางครั้งก็ถูกกัดกร่อนเหลือเป็นเม็ดมน ๆ ก็มี ตามปรกติโครงสร้างของผลึกเป็นพวก Tetragonal ที่พบเห็นอยู่ในธรรมชาติจะเป็น

รูปสี่เหลี่ยม หรืออาจพบที่มีหน้าย่อย ๆ เพิ่มขึ้นอีกสี่หน้า รวมเป็นแปดหน้าและมียอดแหลม ดีบุกที่พบทั่ว ๆ ไปของเรามักจะเป็นผลึกสองหัวประกอบกันโดยไม่ค่อยมีหน้าข้าง ๆ (prism) ทำให้ผลึกสั้นและมักมีร่อง (Striation) ในทางราบ ส่วนมากที่พบเป็นผลึกฝาแฝดคล้ายผลมะเฟือง แต่มีรูปร่างสั้น ๆ อีกแบบหนึ่งมีรูปร่างคล้ายผลึกแปดหน้า (Octahedron) และมักจะยืดตัวออก (distorted) คล้ายแบบแร่นิลดำ (Spinnel)

มีแร่ดีบุกจากบางท้องที่ปรากฏว่ามีอำนาจแม่เหล็กสูง หรือเรียกง่าย ๆ ว่าติดแม่เหล็ก ได้เคยตรวจดูเนื้อภายในพบว่า ส่วนใหญ่มีแร่แม่เหล็ก (Magnetite Fe_3O_4) เม็ดเล็ก ๆ เกิดฝังอยู่ในแร่ดีบุกมากกว่าธรรมดา การแยกแร่อื่น ๆ ออกเพื่อทำความสะอาดแร่ดีบุกด้วยเครื่องแยกแม่เหล็กน่าจะได้รับการพิจารณาและระวังเป็นพิเศษด้วย

การหาเปอร์เซ็นต์แร่ดีบุกทางฟิสิคส์

นอกจากวิธีวิเคราะห์ทางเคมีแล้ว เราอาจจะหาเปอร์เซ็นต์หรือความเข้มข้นของแร่ดีบุกในตัวอย่างที่สงสัยได้โดยการตรวจแร่และนับจำนวน ซึ่งเป็นวิธีที่ค่อนข้างหยาบ แต่สำหรับผู้ที่มีความชำนาญแล้วย่อมได้ผลละเอียดดียิ่งขึ้น มักจะตรวจกันด้วยวิธีนี้ก่อนทำการวิเคราะห์เสมอ นอกจากนี้ถ้าเราสามารถกำหนดค่าความเข้มข้นของโลหะในแร่คร่าว ๆ ได้จากนี้เราก็อาจกะประมาณเนื้อโลหะจากตัวอย่างที่สงสัยได้ ตามทฤษฎีแร่ดีบุก (SnO_2) ที่บริสุทธิ์สะอาดหรือเรียกว่าแร่ดีบุกเนื้อ 100 เปอร์เซ็นต์ จะมีเนื้อโลหะในนั้น 78.6% นอกนั้นเป็นอ๊อกซิเย่น แต่ในธรรมชาติเราแทบไม่มีโอกาสพบแร่ดีบุกที่มีเนื้อบริสุทธิ์ดังกล่าวนี้เลย มักจะมีธาตุอื่น เช่น เหล็ก โคลัมเบี่ยม แทนทาลั่ม ฯลฯ เข้ามาปนอยู่ด้วยเสมอ บางทีก็เกิดมีแร่เม็ดเล็ก ๆ ชนิดอื่น ๆ ฝัง (interlocking) หรือคาบเกี่ยวได้อีกหลายชนิด จึงเป็นเหตุที่ทำให้แร่ดีบุกมีเนื้อโลหะในสินแร่ต่ำลงไป ถ้าลองวิเคราะห์หาธาตุดีบุกทางเคมีจากแร่ดีบุกสะอาด 100 เปอร์เซ็นต์ มักจะได้ค่าอยู่ในระหว่าง 73—76% ปรกติจะอยู่ระหว่าง 75—76% โดยทั่วไปแล้วตัวอย่างที่ค้าขายกันมักจะยังมีแร่ชนิดอื่น ๆ ที่หนัก ๆ ผสมมาในตัวอย่างแร่ดีบุกเสมอ เพราะล้างหรือแยกไม่สะอาด สิ่งนี้แหละมักเป็นตัวการที่สำคัญที่ทำให้แร่ดีบุกมีน้ำหนักหรือเนื้อโลหะต่ำลงไป

หากเราจะทำการกัดแร่ดีบุกที่จะตรวจหาเปอร์เซ็นต์ด้วยวิธีแผ่นสังกะสีกับกรดเสียก่อนที่จะนำมาทำการนับอัตราส่วนของแร่ต่าง ๆ ภายใต้กล้อง ก็จะทำให้เกิดความสะดวกยิ่งขึ้น การหาความเข้มข้นของแร่ดีบุกที่มีอยู่ในตัวอย่าง มีหลักเกณฑ์ง่าย ๆ คือจะต้องตรวจหาจำนวน (ปริมาตร) ของแร่ต่าง ๆ ที่เข้ามาปะปนในนั้นให้ได้เสียขั้นหนึ่งก่อน วิธีกะประมาณหรือวิธีนับนั้น มีหลายแบบด้วยกัน ขึ้นอยู่กับว่าเราต้องการหาความละเอียดมากน้อยเท่าใด แบบเทตัวอย่างลงไปแล้วเกลี่ยไปบนกระดาษซึ่งขีดตารางเหลี่ยมที่มีขนาดช่องเท่ากัน แล้วนับแร่

ที่อยู่ในช่องต่าง ๆ ก็ยังเป็นวิธีที่นิยมกันอยู่ แต่มีข้อที่ควรคำนึงถึงอยู่ด้วยคือขนาดเม็ดแร่จะเท่า ๆ กันหรือมีขนาดใกล้เคียงกัน ปรกติถ้าทำการคัดขนาดออกเป็นพวก ๆ เสียก่อน ก็จะทำให้การนับสะดวกยิ่งขึ้น การตรวจก็ไม่จำเป็นต้องตรวจหรือเอามานับเม็ดหมดทั้งห่อหรือทั้งถุง เพียงแต่ชักตัวอย่าง (sampling) ออกมาให้ได้ค่าเป็นตัวแทนก็พอ จากนั้นหาน้ำหนักของแร่แต่ละชนิดที่ประกอบอยู่ด้วย โดยนำความถ่วงจำเพาะกับปริมาตรของแร่แต่ละชนิดที่ตรวจได้มาคูณกัน ในที่สุดเราจะได้อัตราของน้ำหนักของแร่แต่ละชนิด เป็นเหตุให้เรารู้อัตราส่วนจำนวนของแร่ในตัวอย่างทั้งหมด หรือรู้เปอร์เซ็นต์ของตัวอย่างนั่นเอง ถ้าเรารู้น้ำหนักของแร่ทั้งถุง เราก็จะรู้จำนวนน้ำหนักของแร่ดีบุกแท้ ๆ หากตัวอย่างที่นำมาตรวจนี้ ได้มาจากดินหรือหินกี่ลูกบาศก์ฟุต กี่ลูกบาศก์เมตร เราก็จะได้ค่าความสมบูรณ์เป็นอันดับต่อไป ค่าของความสมบูรณ์นี่เองจะเป็นจุดประสงค์สำคัญในการหาจำนวนแร่ดีบุก (reserve) จากท้องที่ที่จะทำเหมืองเพื่อจะบอกให้เราทราบว่าแหล่งแร่แห่งหนึ่งแห่งใดนั้นน่าสนใจหรือไม่เพียงไร

หากจะมีผู้ถามว่าจะมีวิธีไหนบ้างที่ตรวจแร่ดีบุกได้รวดเร็วและแน่นอนที่สุด เห็นจะต้องขอตอบว่า นอกจากวิธีกัดกรดกับแผ่นสังกะสีแล้ว ก็มีวิธีตรวจด้วยเครื่อง Visual spectroscope เห็นจะเป็นวิธีที่สะดวกและรวดเร็วที่สุด แต่วิธีหลังนี้จำเป็นจะต้องมีเครื่องมือเฉพาะซึ่งราคาทั้งหมดเป็นเรือนหมื่น มีเส้นสเปคตรั้มของธาตุดีบุกเห็นได้อย่างชัดเจนอยู่ 2 เส้น เมื่อเข้าเครื่อง Visual spectroscope คือ :—

เส้น 4524°A ในช่วงแถบน้ำเงินปนม่วง และ

เส้น 5631°A ในแถบระหว่างเหลืองกับเขียว

จะเห็นได้ว่าเป็นเส้นเฉพาะที่เด่นและปรกติไม่ค่อยมีเส้นของธาตุอื่นมารบกวน การตรวจด้วยเครื่องแบบนี้ใช้ตัวอย่างเพียงเล็กน้อย ก็สามารถตรวจได้อย่างสบาย และตรวจทราบผลได้ภายในระยะเวลา 2—3 นาทีเท่านั้น

นอกจากนั้นในกรณีที่เราต้องการรู้รายละเอียดว่ามีธาตุดีบุกมากน้อยเท่าใด เราก็อาจทำได้ด้วยการถ่ายภาพของสเปคตรั้ม (spectrography) ที่เกิดขึ้น แต่มักนิยมใช้เครื่องที่มีขนาดใหญ่และมักสร้างพิเศษกว่าแบบที่มองด้วยสายตาเปล่า นำฟิล์มจากการถ่ายเปรียบเทียบกับของธาตุดีบุกมาตรฐานไปล้าง จากฟิล์มนั้นเราสามารถเปรียบเทียบความแตกต่างของกำลังความเข้มข้นของธาตุดีบุกในตัวอย่างกับดีบุกมาตรฐานได้จากขนาดของความมืดความสว่างของเส้นสเปคตรั้มดีบุกทั้งสอง โดยวัดด้วยเครื่องเปรียบเทียบความเข้ม (Densitometer หรือ Microphotometer) ในที่สุดก็จะได้คำตอบค่าเปอร์เซ็นต์ของโลหะดีบุกในตัวอย่าง จากการถ่ายภาพนี้เรายังสามารถตรวจค้นธาตุอื่น ๆ ที่ปะปนมากับแร่ดีบุกได้ด้วย และนอกจากนั้นเรายังสามารถตรวจแร่ดีบุกอื่น ๆ ได้อีกคราวละหลาย ๆ ตัวอย่าง โดยการถ่ายภาพสเปคตรั้มของตัวอย่างอื่น ๆ ในคราวเดียวกันนี้

วิธีการถ่ายภาพสเปคตรัมที่ถูกต้องนั้น จะต้องตระเตรียมหลายสิ่งหลายอย่างให้มีมาตรฐาน ตั้งแต่การเตรียมตัวอย่าง เครื่องมือ การถ่าย การล้างและอัดฟิล์ม ตลอดจนการวัดเทียบ ฯลฯ ด้วย ไม่เช่นนั้นผลที่ได้จะคลาดเคลื่อน

การตรวจแร่ยังมีเครื่องมือที่ดีอีกชนิดหนึ่ง เครื่องมือนี้คือ เครื่องเอ็กซเรย์ การตรวจด้วยเครื่องเอ็กซเรย์ได้เจริญรุดหน้าไปไกล มีวิธีการเพิ่มขึ้น เครื่องเอ็กซเรย์ตลอดจนอุปกรณ์ทั้งหลายมีราคาแพงมากขนาดหลาย ๆ แสนบาท ตัวอย่างที่ใช้ตรวจมีขนาดเล็กเท่าปลายเข็มหมุดก็พอเพียงแล้ว และสามารถตรวจได้ผลแน่นอน การตรวจทุกครั้งโดยวิธีปรกติต้องถ่ายภาพประกอบ ประโยชน์ของเครื่องเอ็กซเรย์ในเรื่องแร่มี 2 ประการคือ ตรวจให้ทราบว่าเป็นแร่อะไร โดยเปรียบเทียบฟิล์ม (X-ray diffraction) หรือเทียบจากกราฟ และเราอาจคำนวณหาขนาดของ Unit Cell size ได้ด้วย ประการที่สองโดยวิธี X-ray goniometer เราสามารถศึกษาโครงสร้างผลึก หน้าผลึกได้อย่างละเอียดลออที่สุด ซึ่งไม่มีวิธีใดที่จะจัดทำและให้ผลได้ดีเท่า

THAI NATIONAL ASSEMBLY LIBRARY
3961116421

วิธีตรวจสอบแร่ดีบุกทางเคมีและการวิเคราะห์ปริมาณดีบุก

แร่แค็สซิเตอไร้ท์ (Cassiterite) มีส่วนประกอบเคมี เป็น Stannic Oxide (SnO_2) แร่นี้ไม่ละลายในกรดต่าง ๆ

วิธีตรวจทางเคมี

วิธีที่แน่นอน ทำง่าย และสิ้นเปลืองน้อย มีวิธีการดังต่อไปนี้ คือ

ใส่ตัวอย่างแร่ที่จะตรวจ 1—2 กรัม หรือประมาณ ½ ช้อนชา (แต่ถ้ามีตัวอย่างน้อยกว่านั้นก็ใช้ได้) ลงในภาชนะทำด้วยโลหะสังกะสีล้วน ซึ่งอัดเป็นรูปกระทะกลมเล็ก ๆ (Zinc Plate) มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2½" ใส่น้ำลงไปพอท่วม แล้วเติมกรดเกลือเข้มข้นแต่ไม่จำเป็นต้องบริสุทธิ์ลงไปประมาณเท่าจำนวนน้ำ ปล่อยให้เกิดปฏิกิริยาประมาณ 2 นาที หรือดูจนกระทั่งหมดฟองแก๊ซ แล้วค่อย ๆ รินกรดทิ้ง ล้างส่วนที่อยู่ในภาชนะด้วยน้ำ 2—3 ครั้ง ถ้าตัวอย่างเป็นแร่แค็สซิเตอไร้ท์ จะปรากฏโลหะดีบุกสีขาวเทาหุ้มเม็ดแร่ตัวอย่างอยู่ ซึ่งเมื่อลองเอามือบี้ดูหรือลองขัดผิวดู จะเห็นความวาวของโลหะมากยิ่งขึ้น

ปฏิกิริยาทางเคมีที่เกิดขึ้นคือ เมื่อภาชนะซึ่งเป็นโลหะสังกะสีถูกกับกรดเกลือจะมีความร้อนเกิดขึ้นและเกิดแก๊ซไฮโดรเย่นชนิดไวต่อปฏิกิริยา (nascent hydrogen) ซึ่งจะไปทำปฏิกิริยาดึงอ๊อกซิเย่นออกจากแร่ เหลือเป็นโลหะดีบุก ปฏิกิริยานี้เริ่มที่ผิวของเม็ดแร่ โลหะดีบุกที่เกิดขึ้นจึงหุ้มเม็ดแร่ตัวอย่างอยู่ ส่วนภายในนั้นก็ยังคงสภาพเป็นแร่อย่างเดิมอยู่

สมการเคมี มีดังนี้คือ

$$Zn + 2HCl = ZnCl_2 + 2H$$

$$SnO_2 + 4H = Sn + 2H_2O$$

สำหรับตัวอย่างที่มีมลทินมาก อาจต้องใส่กรดเกลือซ้ำอีก 2—3 ครั้ง โดยกรดเกลือที่ใส่ไปครั้งแรก ๆ ประกอบกับความร้อนที่เกิดขึ้นในปฏิกิริยาระหว่างโลหะสังกะสีกับกรดเกลือด้วยนั้น ทำให้มลทินที่ห่อหุ้มเม็ดแร่ดีบุกอยู่ ซึ่งบางอย่างละลายได้ในกรดเกลือ ถูกขจัดออกไปเสียก่อน แก๊ซไฮโดรเย่นซึ่งเกิดจากการใส่กรดเกลือครั้งหลัง ๆ จึงจะสามารถเข้าไปทำปฏิกิริยาดึงอ๊อกซิเย่นออกจากตัวแร่ดีบุกดังกล่าวแล้วได้

วิธีตรวจแร่ดีบุกทางเคมี ยังมีวิธีอื่น ๆ อีก แต่ล้วนแต่มีวิธีการที่ยุ่งยากกว่าและสิ้นเปลืองมากกว่าวิธีที่กล่าวมาแล้ว จึงจะไม่กล่าวถึงในที่นี้

การวิเคราะห์ปริมาณดีบุก

วิธีวิเคราะห์ทางเคมีเพื่อหาปริมาณของธาตุดีบุกในสินแร่ดีบุก (Tin Ores) เริ่มตั้งแต่ได้รับตัวอย่างเพื่อทำการวิเคราะห์ มีดังจะกล่าวต่อไปนี้

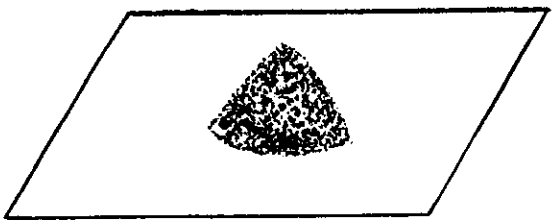
ตัวอย่างทุกตัวอย่างก่อนที่จะทำการวิเคราะห์ จะต้องผ่านการเตรียมตัวอย่างโดยวิธีที่ถูกต้องเสียก่อน ผลวิเคราะห์ (%Sn) ที่ได้จึงจะเป็นปริมาณของธาตุดีบุกที่ถูกต้องในตัวอย่างนั้น ๆ

วิธีเตรียมตัวอย่างเพื่อการวิเคราะห์

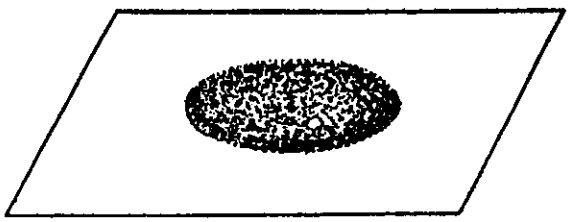
ทำตามลำดับขั้นต่อไปนี้คือ

1. ตำตัวอย่างทั้งหมดในครกเหล็ก หรือเข้าเครื่องย่อย (Crusher) ชนิดใช้ในห้องปฏิบัติการ จนตัวอย่างลอดผ่านตะแกรงร่อน (sieve) ขนาด 20 เมซ (mese) **จนหมด**
2. เทตัวอย่างที่ได้ลงบนแผ่นกระดาษหรือแผ่นพลาสติคสำหรับใช้ในการชักตัวอย่าง (Sampling) เคล้าให้เข้ากันดีทุกส่วนโดยใช้ที่ตักตัวอย่าง (spatula) ซึ่งเป็นรูปใบพาย ทำด้วยเหล็กไม่เป็นสนิม
3. ใช้ที่ตักตัวอย่างปาดกองตัวอย่างขึ้นเป็นรูปกรวย (cone) *(รูปที่ 1)* แล้วใช้ก้นกระบะรองรับ (receiver) ของชุดตะแกรงร่อน กดตรงยอดกรวยให้แบนราบลง ก็จะได้กองตัวอย่างเป็นรูปกลมแบน *(รูปที่ 2)*
4. ใช้ที่ตักตัวอย่าง ขีดเส้นตรง 2 เส้น ลงบนกองตัวอย่างรูปกลมนั้น โดยให้เส้นทั้งสองตัดขวางกันเป็นมุมฉากตรงประมาณจุดศูนย์กลางของกองตัวอย่าง ซึ่งจะแบ่งกองตัวอย่างออกเป็น 4 ส่วนเท่า ๆ กัน (quarters) *(รูปที่ 3)* แล้วใช้ที่ตักตัวอย่างกันส่วน 2 ส่วนที่อยู่ตรงกันข้ามออกไปจากกอง *(รูปที่ 4)* เก็บไว้ทางหนึ่ง เอาส่วนอีก 2 ส่วนที่เหลืออยู่ตรงกันข้ามนั้นมารวมกัน เคล้าให้เข้ากันดี โดยยกริมแผ่นกระดาษหรือแผ่นพลาสติกที่รองรับนั้นขึ้นทีละข้าง สลับไปมาทั้ง 4 ด้าน *(รูปที่ 5)* ทำเช่นนี้หลาย ๆ ครั้งจนทุกส่วนเข้ากันดี
5. ย้อนทำขั้นที่ 3 ต่อด้วยขั้นที่ 4 ซ้ำอีกไปเรื่อย จนกระทั่งเหลือตัวอย่างในแผ่นรองรับประมาณ 10 กรัม
6. บดตัวอย่างที่เหลือนั้นในครกโมรา (agate mortar) จะโดยคนบดหรือเข้าเครื่องบด (Grinder) ก็ตาม จนกระทั่งตัวอย่างลอดผ่านตะแกรงร่อนขนาด 100 เมซ **จนหมด**
7. เก็บตัวอย่างที่บดละเอียดแล้วนั้นในขวดเก็บตัวอย่างขนาดพอเหมาะ ซึ่งมีฝาเบคเคไล้ท์เกลียวปิดได้สนิท
8. ในกรณีที่ความชื้น (moisture) มีความสำคัญต่อการซื้อขายแร่ ต้องถือผลวิเคราะห์ของตัวอย่างที่ปราศจากความชื้น จะต้องทำดังต่อไปนี้ คือ

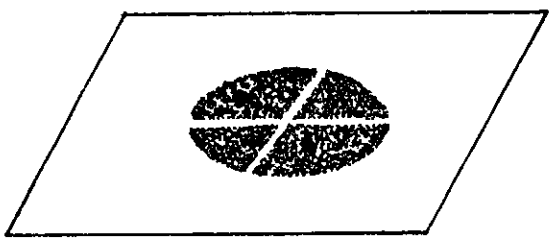
เปิดฝาขวดเก็บตัวอย่าง แล้วนำขวดเข้าในเครื่องอบ (Drying Oven) ที่อุณหภูมิ 110°ซ. เป็นเวลา 1 ช.ม. เพื่อไล่ความชื้นออกจากตัวอย่าง เสร็จแล้วนำขวดออกจากเครื่องอบทิ้งให้เย็น แล้วปิดฝาสนิท (ขั้นที่ 8 นี้ อาจละเว้นได้ แล้วแต่กรณี)



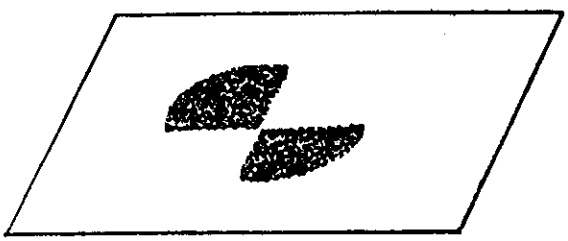
รูปที่ 1



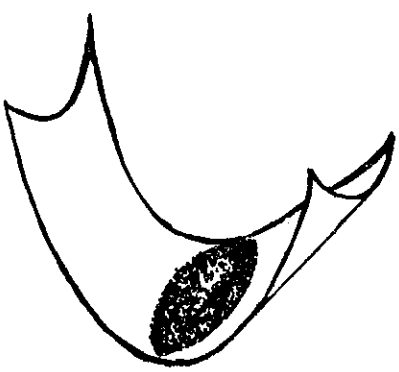
รูปที่ 2



รูปที่ 3



รูปที่ 4



รูปที่ 5

9. ก่อนทำการวิเคราะห์ เคล้าตัวอย่างให้เข้ากันดี โดยการเอียงขวดเก็บตัวอย่างที่ปิดฝาสนิท แล้วหมุนขวดโดยเร็วหลาย ๆ รอบ หรือจะใช้ที่ตักตัวอย่างเคล้าตัวอย่างในขวดให้เข้ากันดีก็ได้

ตัวอย่างในขวดเก็บตัวอย่างที่ได้ พร้อมที่จะนำไปทำการวิเคราะห์ต่อไปได้ ส่วนตัวอย่างที่กันไว้ทางหนึ่งในขั้นที่ 4 นั้น ก็เอารวมเข้าไว้ในถุงตัวอย่างเดิม

วิธีวิเคราะห์ทางเคมี

การวิเคราะห์หาปริมาณของธาตุดีบุกในสินแร่ดีบุก โดยวิธี "Volumetric Method" มีวิธีการตามลำดับขั้นดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1

ชั่งตัวอย่าง 0.5 กรัม (ชั่งให้ถูกต้อง) ใส่ในเบ้าเหล็กขนาดจ 30 มิลลิลิตร (milliliter ml ซึ่ง = ซี.ซี.) ใส่โซเดียมไฮดร็อกไซด์ (Sodium Hydroxide, NaOH, B.P.) ลงไปประมาณ 5 กรัม ปิดฝาเบ้าโดยแง้มเล็กน้อย แล้วหลอมบนตะเกียงบุนเซ่น เริ่มด้วยไฟอ่อนจนโซเดียมไฮดร็อกไซด์ละลายคว้างแล้ว ปิดฝาเบ้าให้สนิท ค่อย ๆ เร่งไฟขึ้นจนแรงเต็มที่หลอมต่อไปประมาณ 1 ช.ม. ปิดไฟ ทิ้งให้เบ้าเย็น แล้วนำไปใส่ในบีคเกอร์ (beaker) ขนาดจุ 600 มิลลิลิตร ซึ่งมีน้ำกลั่นอยู่ประมาณ 100 มิลลิลิตร และแท่งแก้ว 1 อัน ใช้แท่งแก้วปิดฝาเบ้าออกในน้ำนั้น แล้วปิดบีคเกอร์ด้วยวอทชกลาส (watch glass) นำไปตั้งบนไฟจนน้ำยาเดือดประมาณ 10 นาที ยกลงแช่ในน้ำเย็นจนอุณหภูมิของน้ำยาเหลือประมาณ 50°–60° ซ.

ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นในขั้นที่ 1:—

โดยการหลอมกับโซเดียมไฮดร็อกไซด์ (NaOH) แร่แคสซิเตอไรท์ (SnO_2) จะสลาย (decomposed) และกลายเป็นโซเดียมสแตนเนท (Na_2SnO_3) ซึ่งจะละลายอยู่ในน้ำยา

$$SnO_2 + 2NaOH = Na_2SnO_3 + H_2O$$

ในน้ำยายังมีโซเดียมไฮดร็อกไซด์ซึ่งได้ใส่ไปมากเกินพอ (excess) ในตอนแรก และจะมีตะกอน (precipitate) ของเหล็กไฮดร็อกไซด์ $Fe(OH)_3$ เกิดขึ้นอย่างมาก โดยมาจากการหลอมโซเดียมไฮดร็อกไซด์ในเบ้าเหล็ก และอาจจะมีที่มาจากมลทิน พวกแร่เหล็กต่าง ๆ ซึ่งอาจมีปนอยู่ในตัวอย่างด้วย ถ้าตัวอย่างมีมลทินเป็นแร่วุลแฟรม ในน้ำยาก็จะมีตะกอนของเหล็กไฮดร็อกไซด์ และยังจะมีเกลือโซเดียมแมงกาเนท (Na_2MnO_4) กับโซเดียมทังสเตท (Na_2WO_4) ละลายอยู่ด้วย มลทินอื่น ๆ เช่น ซิลิก้า ก็จะกลายเป็นโซเดียมซิลิเกท (Na_2SiO_3) ละลายอยู่ในน้ำยาเช่นกัน ฯลฯ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ grade ของแร่ตัวอย่าง

ขั้นที่ 2

เผยอวอทชกลาสขึ้น ค่อย ๆ เติมกรดเกลือ (Hydrochloric Acid, HCl, B.P. sp.gr. 1.18 **หรือ** HCl, commercial, sp.gr. 1.16 ที่ปราศจากโลหะ group 2 และ $N\bar{O}_3$) ลงไปในบีคเกอร์ประมาณ 75 มิลลิลิตร ปิดวอทชกลาสทิ้งไว้ประมาณ 5 นาที เปิดวอทชกลาสออก

ใช้น้ำกลั่นแต่น้อยจากขวดน้ำล้าง (washing bottle) ล้างวอทชกลาสด้านในให้น้ำล้างลงไปในบีคเกอร์ ใช้แท่งแก้วนำฝาเบ้าขึ้นจากน้ำยา ใช้น้ำกลั่นแต่น้อยล้างน้ำยาที่ติดอยู่ให้ลงไปรวมในบีคเกอร์ แล้วใช้แท่งแก้วนำตัวเบ้าขึ้นจากน้ำยา ใช้น้ำกลั่นล้างเบ้าทั้งด้านนอกและด้านในให้น้ำล้างลงไปรวมในบีคเกอร์เช่นเดียวกัน ใส่กรดเกลือลงในเบ้าประมาณ 15 มิลลิลิตร เอียงเบ้าให้กรดถูกด้านในเบ้าจนทั่ว ใช้แท่งแก้วคนรอบ ๆ แล้วเทลงรวมในบีคเกอร์ ทำซ้ำอีกโดยใส่กรด 10 มิลลิลิตร เสร็จแล้วใช้น้ำกลั่นล้างเบ้าทั้งด้านในและด้านนอกลงไปรวมในบีคเกอร์อีกครั้งหนึ่ง ในการล้างพยายามใช้น้ำล้างแต่น้อยเท่าที่จำเป็น บริมาตรของน้ำยาในบีคเกอร์ขณะนี้จะประมาณ 250 มิลลิลิตร ปิดบีคเกอร์ด้วยวอทชกลาสอันเดิม แล้วนำไปตั้งบนไฟอ่อน ๆ ให้น้ำยาร้อนไม่เกิน 90° ซ. ประมาณ 15 นาที (ระวังไม่ให้น้ำยาเดือด) เผยอวอทชกลาส เติมน้ำยาควินนีน (5% Quinine Hydrochloride) ลงไป 5 มิลลิลิตร ใช้แท่งแก้วคนน้ำยาให้ทั่ว ปิดวอทชกลาสดังเดิม ตั้งไฟต่อไปประมาณ 5 นาที ยกลงตั้งทิ้งไว้ค้างคืน

ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นในขั้นที่ 2 :—

โซเดียมสแตนเนท (Na_2SnO_3) รวมกับกรดเกลือ (HCl) จะได้สแตนนิคคลอไรด์ ($SnCl_4$) โซเดียมคลอไรด์ (NaCl) กับน้ำ (H_2O) ซึ่งทั้งหมดนี้ละลายอยู่ในน้ำยา

$$Na_2SnO_3 + 6HCl = SnCl_4 + 2NaCl + 3H_2O$$

สแตนนิคคลอไรด์ระเหย (volatilize) ได้ง่าย จึงต้องระวังไม่ให้น้ำยาเดือด และระวังการปิดเปิดวอทชกลาส เพื่อป้องกันการสูญหาย

และเนื่องจากมีโซเดียมไฮดร็อกไซด์อยู่มากในน้ำยาขั้นที่ 1 ดังกล่าวแล้ว เมื่อเติมกรดเกลือลงไปมากเกินพอกว่า จึงเกิดเกลือโซเดียมคลอไรด์ขึ้นเป็นจำนวนมากละลายอยู่ในน้ำยา

ตะกอนเหล็กไฮดร็อกไซด์ซึ่งมีมากในขั้นที่ 1 เมื่อรวมกับกรดเกลือ จะกลายเป็นเฟอริคคลอไรด์ ($FeCl_3$) ละลายอยู่ในน้ำยา และเป็นตัวทำให้น้ำยาที่ได้ในขั้นนี้มีสีเหลือง

สารประกอบอื่น ๆ ถ้ามีอยู่ดังที่กล่าวในขั้นที่ 1 เมื่อรวมกับกรดเกลือต่างก็จะกลายเป็นสารประกอบอย่างอื่นไป ได้แก่แมงกานีสคลอไรด์ ($MnCl_2$) กรดซิลิซิค (H_2SiO_3) ส่วนโซเดียมทังสเตท จะกลายเป็นกรดทังสติค (H_2WO_4) ตกเป็นตะกอนสีเหลือง การที่ใส่น้ำยาควินนีนลงไปนั้นก็เพื่อให้ตะกอนนี้ตกโดยสมบูรณ์นั่นเอง ซึ่งจะต้องกรองแยกออกต่อไป เพราะในวิธีการวิเคราะห์ดีบุก จำเป็นต้องขจัดสารประกอบของทังสเตนออกให้หมด เพราะถ้ามีอยู่จะเกิดสารประกอบทังสเตนสีน้ำเงินขึ้นในขั้นรีดักชั่น (ซึ่งจะกล่าวต่อไป) ทำให้อ่าน end point ในขั้นไทเทรชั่นไม่ได้

น้ำยาในขั้นที่ 2 นี้ จึงมีสารเคมีที่ละลายอยู่ คือ กรดเกลือที่มากเกินพอ เกลือโซเดียมคลอไรด์ (จำนวนมาก) เฟอริคคลอไรด์ (จำนวนมาก) และสแตนนิคคลอไรด์ (ซึ่งเป็นตัวสำคัญ) ส่วนพวกกรดซิลิซิค แมงกานีสคลอไรด์ กรดทังสติค ฯลฯ จะมีอยู่หรือไม่มี มากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับปริมาณและชนิดของมลทินในตัวอย่าง

ขั้นที่ 3

เปิดวอทชกลาส ใช้น้ำกลั่นแต่น้อยล้างด้านในให้น้ำล้างลงไปในบีคเกอร์ แล้วกรอง (ใช้กระดาษกรอง S & S 589 black ribbon หรือ Whatman No. 40) เก็บน้ำยาที่ลอดกระดาษกรอง (filtrate) ในขวดแก้ว (Erlenmeyer Flask) ขนาดจุ 1000 มิลลิลิตร เมื่อกรองลงหมดแล้ว ใช้น้ำกลั่นประมาณ 10 มิลลิลิตร ล้างด้านในบีคเกอร์ให้ทั่ว แล้วเทลงล้างกระดาษกรองลงไปรวมในขวดแก้ว ทำซ้ำอีก 1—2 ครั้ง จนน้ำยาสีเหลืองที่ติดกระดาษกรองอยู่ถูกล้างไปอยู่ในขวดแก้วจนหมด (ในกรณีที่เกิดมีตะกอนกรดทังสติคมาก ตอนล้างต้องใช้น้ำยาควินนีน 0.1% แทนน้ำ เพื่อกันไม่ให้กรดทังสติคซึ่งอาจละลายในน้ำได้บ้าง ละลายลอดกระดาษกรองลงไปในขวดแก้ว) แล้วเติมกรดเกลือลงไปในขวดแก้วอีก 20 มิลลิลิตร ปริมาตรของน้ำยาในขวดแก้วจะประมาณ 300 มิลลิลิตร

ในขั้นนี้ ไม่มีปฏิกิริยาเกิดขึ้น จากการกรองจะได้น้ำยาที่ใส สีเหลือง กรดทังสติคถ้ามีก็จะถูกขจัดออกไป สารเคมีต่าง ๆ ทั้งหมดที่ละลายอยู่ในน้ำยาดังที่กล่าวในขั้นที่ 2 ก็คงอยู่อย่างเดิมไม่เปลี่ยนแปลง

ขั้นที่ 4

ใส่แผ่นโลหะนิคเก้ล (99.9% Ni เป็นแผ่นสี่เหลี่ยมยาว 10 ซม. กว้าง 2 ซม. หนา 0.6 ซม. มีรูเจาะตรงปลายข้างหนึ่งสำหรับคล้องแท่งแก้วยาวประมาณ 20 ซม. ปลายงอขึ้นข้างหนึ่ง) จำนวน 2 แผ่นลงไปในขวดแก้ว ให้จมอยู่ในน้ำยา และอยู่ขวางกันเป็นมุมฉากตรงกลางขวด แล้วปิดขวดแก้วด้วยจุกยางซึ่งมีกรวยแก้วบรรจุก้อนแร่แคลไซต์ (หรือหินปูนสะอาดก็ได้) แล้วนำขวดแก้วไปตั้งบนไฟอ่อน ๆ ขนาดพอให้เกิดฟองแก๊ซไฮโดรเย่นขึ้นทั่วขวดแก้วโดยสม่ำเสมอ วิธีการนี้เรียกว่า "รีดักชั่น" (Reduction) ใช้เวลาประมาณ 3—5 ชม. สุดแต่ grade ของตัวอย่าง ในระหว่างรีดักชั่น ต้องคอยระวังไม่ให้น้ำยาเดือด และคอยหมุนขวดแก้วบ่อย ๆ เพื่อให้รีดักชั่นเกิดทั่วถึง น้ำยาในขวดแก้วจะค่อย ๆ เปลี่ยนจากสีเหลืองเป็นเขียวอ่อนและจะเขียวเข้มขึ้นเป็นลำดับ

ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นในขั้นที่ 4 :—

โลหะนิคเก้ล (Ni) เมื่อถูกกับกรดเกลือจะเกิดแก๊ซไฮโดรเย่นซึ่งเป็น nascent hydrogen ซึ่งจะไปรีดิวซ์ (reduce) สแตนนิคคลอไรด์ ($SnCl_4$) กลายเป็นสแตนนัสคลอไรด์ ($SnCl_2$) และในเวลาเดียวกัน โลหะนิคเก้ลจะค่อย ๆ ละลายให้ นิคเก้ลคลอไรด์ ($NiCl_2$)

$$Ni + 2HCl = NiCl_2 + 2H$$

$$SnCl_4 + 2H = SnCl_2 + 2HCl$$

การที่น้ำยาเปลี่ยนจากสีเหลืองเป็นสีเขียว ก็เพราะว่า ในรีดักชั่น เฟอริคคลอไรด์ ($FeCl_3$) สีเหลืองในน้ำยาจะค่อย ๆ ถูกรีดิวซ์กลายเป็นเฟอรัสคลอไรด์ ($FeCl_2$) ซึ่งเกือบจะ

ปราศจากสี และขณะเดียวกัน ในน้ำยาจะมีนิเก้ลคลอไรด์ ซึ่งมีสีเขียว เกิดเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ น้ำยาจึงเปลี่ยนเป็นสีเขียวอ่อนและแก่ขึ้นเป็นลำดับ

สำหรับสารเคมีอื่น ๆ ในน้ำยาดังที่กล่าวมาแล้ว ซึ่งได้แก่โซเดี้ยมคลอไรด์ แมงกานีสคลอไรด์ ฯ ล ฯ ในขั้นรีดัคชั่นนี้ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างใดจนถึงขั้นสุดท้าย จึงจะไม่กล่าวถึงต่อไป

ในการทำรีดัคชั่น อาจใช้โลหะอย่างอื่นแทนนิเก้ลได้ ซึ่งได้แก่ ตะกั่ว เหล็ก และอลูมินั่ม

ขั้นที่ 5

เมื่อประมาณว่ารีดัคชั่นสมบูรณ์แล้ว ยกขวดแก้วลงจากไฟเปิดจุกยาง ใส่แร่แคลไซต์ หรือหินปูนลงไป 1 ก้อนเล็ก ๆ ซึ่งจะเกิดแก๊ซคาร์บอนไดอ๊อกไซด์ขึ้น ปิดจุกยางตามเดิม แล้วนำไปทำให้เย็นโดยให้น้ำประปาไหลผ่าน และต้องให้มีแก๊ซคาร์บอนไดอ๊อกไซด์เกิดอยู่ภายในขวดตลอดเวลา เมื่อน้ำยาในขวดเย็นสนิทแล้ว เอาขึ้นจากน้ำ เปิดจุกยาง ใส่ผงโซเดี้ยมไบคาร์บอเนต ($NaHCO_3$, B.P.) ลงไปประมาณ 1 ช้อนชา เพื่อเพิ่มแก๊ซคาร์บอนไดอ๊อกไซด์ แล้วใช้น้ำกลั่นล้างจุกยางด้านในขวด และก้อนแร่แคลไซต์ในกรวย รวมทั้งรอบ ๆ ขวดด้านในด้วย ให้น้ำล้างทั้งหมดลงไปอยู่ในขวด แล้วยกแท่งแก้วเอาแผ่นโลหะนิคเก้ลขึ้นจากขวด ใช้น้ำกลั่นล้างน้ำยาที่ติดอยู่ให้ลงไปรวมอยู่ในขวด เติมผงโซเดี้ยมไบคาร์บอเนตลงไปอีก 1 ช้อนชา กับน้ำแป้ง (0.5% Starch Solution) 5 มิลลิลิตร แล้วนำไปไทเทรท (titrate) กับน้ำยาไอโอดีนมาตรฐาน (Standard Iodine Solution) จนถึง end point สีน้ำเงินซึ่งไม่จางไปเวลาเขย่าขวด จดจำนวนบริมาตรของน้ำยาไอโอดีนมาตรฐานที่ใช้ไปเพื่อคำนวณต่อไป

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในขั้นที่ 5 :—

ในการไทเทรชั่น (Titration) สแตนนัสคลอไรด์ ($SnCl_2$) ในน้ำยาที่มีกรดเกลือจะถูกอ๊อกซิไดซ์ (oxidised) โดยไอโอดีนในน้ำยาไอโอดีนมาตรฐานกลับเป็นสแตนนิคคลอไรด์ ($SnCl_4$) ไปเรื่อย ๆ

$$SnCl_2 + 2HCl + I_2 = SnCl_4 + 2HI$$

จนกระทั่งถึง end point ซึ่งสแตนนัสคลอไรด์ถูกอ๊อกซิไดซ์หมดพอดี เมื่อหยดน้ำยาไอโอดีนลงเกินไปเพียง 1 หยด ไอโอดีนนั้นไม่มีสแตนนัสคลอไรด์จะทำปฏิกิริยาด้วย จึงไปจับกับอณูของแป้ง (Starch) ที่ใส่ลงไปเป็น indicator เกิดเป็นสารประกอบ complex ซึ่งมีสีน้ำเงิน และสีน้ำเงินนี้เข้มมากพอที่จะปิด (mask) สีเขียวเดิมของน้ำยาให้หมด (ซึ่งความจริงสีเขียวนั้นก็ยังคงอยู่)

ในการไทเทรชั่นนี้ เฉพาะสแตนนัสคลอไรด์เท่านั้นที่ทำปฏิกิริยาถูกอ๊อกซิไดซ์ โดยไอโอดีน จึงไม่จำเป็นต้องกล่าวถึงสารประกอบอื่นต่อไป

Blank Correction

ในวิธีการวิเคราะห์ขั้นสุดท้าย คือไทเทรชั่นนั้น บริมาตรของน้ำยาไอโอดีนมาตรฐานที่อ่านได้นั้น เกือบพูดได้ว่าทั้งหมดเป็นจำนวนไอโอดีนที่ได้ไปทำปฏิกิริยากับสแตนนัสคลอไรด์ดังกล่าวแล้ว แต่ความจริงได้รวมบริมาตรของไอโอดีนจำนวนหนึ่งด้วย ซึ่งน้อยมาก ขนาดเกือบจะละทิ้งได้เมื่อเทียบกับบริมาตรทั้งหมด ไอโอดีนจำนวนมากนี้ เป็นไอโอดีนที่ได้ใช้ไปในการทำปฏิกิริยากับสารเคมีบางอย่างซึ่งอาจมีอยู่เป็นมลทินในเคมีภัณฑ์ทั้งหมดที่ได้ใช้ไป และเข้ามาเกี่ยวข้องอยู่ในกรรมวิธีของการวิเคราะห์ตั้งแต่ต้นจนถึงขั้นสุดท้าย บริมาตรของน้ำยาไอโอดีนมาตรฐานจำนวนหลังนี้ เราเรียกว่า "Blank"

ถึงแม้ว่า blank จะน้อยมากก็ตาม แต่เพื่อให้ได้ผลวิเคราะห์ที่แม่นยำ (accurate) จริง ๆ แล้ว จะต้องมีการหาค่าของ blank สำหรับน้ำยาไอโอดีนมาตรฐานที่เตรียมขึ้นใหม่ทุกครั้ง และเมื่อมีการเปลี่ยน lot ของเคมีภัณฑ์ที่ใช้ และนำค่าของ blank นั้นมาคิดคำนวณด้วย

วิธีหาค่าของ Blank

ทำตามวิธีการของวิธีวิเคราะห์ดังกล่าวมาแล้วทุกประการตั้งแต่ต้นจนจบ และใช้เคมีภัณฑ์ทุกอย่างอันเดียวกันกับที่ใช้ทำการวิเคราะห์ตัวอย่าง **เว้นแต่ไม่นำตัวอย่างเข้ามาทำด้วย** หมายความว่า เริ่มต้นในขั้นที่ 1 ตั้งแต่ "ใส่โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium Hydroxide, NaOH, B.P.) ประมาณ 5 กรัม ลงในเบ้าเหล็กขนาดจุ 30 มิลลิลิตร ปิดฝาเบ้าโดยแง้มเล็กน้อย หลอมบนตะเกียงบุนเซ่น....." และต่อไปเหมือนกันทุกประการจนถึงขั้นไทเทรชั่น บริมาตรของน้ำยาไอโอดีนมาตรฐานที่อ่านได้ครั้งนี้ คือ "Blank" ซึ่งเวลาคำนวณต้องเอาไปลบออกจากบริมาตรทั้งหมดที่อ่านได้เวลาทำการวิเคราะห์ตัวอย่างดังกล่าวแล้ว จึงจะได้บริมาตรของน้ำยาไอโอดีนมาตรฐานที่ใช้ไปในการทำปฏิกิริยากับสแตนนัสคลอไรด์จริง ๆ

วิธีเตรียมน้ำยาไอโอดีนมาตรฐาน (Standard Iodine Solution)

ชั่งไอโอดีน (Iodine, resublimed, B.P.) 26.8 กรัม กับโปแตสเซี่ยมไอโอไดด์ (Potassium Iodide, B.P.) 42 กรัม ใส่ในบีคเกอร์ขนาดจุ 600 มิลลิลิตร วัดน้ำกลั่น 300 มิลลิลิตร เติมลงไป คนให้ละลาย เมื่อละลายหมดแล้ว กรองลงในขวดสีน้ำตาลสำหรับเก็บน้ำยาขนาดจุ 2,500 มิลลิลิตร วัดน้ำกลั่นล้างกระดาษกรองให้น้ำล้างลงไปรวมในขวดจนกระดาษกรองหมดสีไอโอดีนที่จับอยู่ แล้ววัดน้ำกลั่นเติมลงไปในขวดจนครบ 2,500 มิลลิลิตร ปิดจุกขวดเขย่าขวดให้น้ำยาเข้ากันอย่างดีที่สุด ตั้งทิ้งไว้อย่างน้อย 1 วัน ก่อนใช้

น้ำยาไอโอดีนมาตรฐานที่เตรียมดังข้างบนนี้ 1 มิลลิลิตรควรเท่ากับ (equivalet to) ธาตุดีบุกหนัก 0.005 กรัม หรือเท่ากับ 1% เมื่อใช้ตัวอย่าง 0.5 กรัม ในการวิเคราะห์

แต่จะต้องทำ Standardization ให้แน่นอนต่อไป

วิธี Standardization น้ำยาไอโอดีนมาตรฐาน

ชั่งอาร์ซีเนียสอ๊อกไซด์ (Arsenious Oxide, As_2O_3, resublimed, A.R.) 0.2 กรัม (ชั่งให้ถูกต้อง) ใส่ในบีคเกอร์ขนาดจุ 400 มิลลิลิตร เติมน้ำยาโซเดี้ยมไฮดร๊อกไซด์ (10% Sodium Hydroxide Solution) ลงไป 10 มิลลิลิตร ใช้แท่งแก้วคนจนอาร์ซีเนียสอ๊อกไซด์ละลายหมด ใส่กระดาษลิทมัส (litmus paper) ลงไป 1 ชิ้น ปิดบีคเกอร์ด้วยวอทชกลาส แล้วเผยอวอทชกลาสขึ้น ค่อย ๆ เติมกรดกำมะถันเจือจาง (10% Sulphuric Acid) ลงไปทีละน้อย โดยคนอยู่ตลอดเวลา จนกระทั่งน้ำยาเริ่มมีฤทธิ์เป็นกรด (ดูจากลิสมัส) แล้วค่อย ๆ เติมผงโซเดี้ยมไบคาร์บอเนท (Sodium Bicarbonate, $NaHCO_3$, B.P.) ลงโดยคนน้ำยาด้วย จนกระทั่งน้ำยาเริ่มกลับมีฤทธิ์เป็นด่าง แล้วเติมลงไปให้มากเกินพอประมาณ 5 กรัม นำบีคเกอร์ไปแช่ในน้ำเย็น เมื่อน้ำยาข้างในเย็นสนิทแล้ว เอาบีคเกอร์ขึ้นจากน้ำ เปิดวอทชกลาสออก ใช้น้ำกลั่นล้างวอทชกลาสด้านใน และรอบ ๆ บีคเกอร์ด้านใน ให้น้ำล้างลงไปอยู่ในบีคเกอร์ เติมน้ำแป้ง (0.5 % Starch Solution) ลงไป 5 มิลลิลิตร แล้วนำไปไทเทรทกับน้ำยาไอโอดีนมาตรฐาน จนถึง end point สีน้ำเงิน โดยระหว่างไทเทรท ต้องคอยเติมผงโซเดี้ยมไบคาร์บอเนทลงไปเป็นระยะ ๆ ให้มีมากเกินพออยู่ตลอดเวลา เพราะจะต้องให้น้ำยามีฤทธิ์เป็นด่างอย่างอ่อนอยู่ ตลอดการไทเทรชั่น (โดยโซเดี้ยมไบคาร์บอเนทจะไป neutralize กรดไฮดริออดิค HI ที่เกิดขึ้นเรื่อย ๆ ในปฏิกิริยา) จดปริมาตรของน้ำยาไอโอดีนมาตรฐานที่ใช้ไป

ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้น:—

ในน้ำยาซึ่งมีฤทธิ์เป็นด่างอย่างอ่อน อาร์ซีเนียสอ๊อกไซด์ (As_2O_3) จะถูกอ๊อกซิไดซ์โดยไอโอดีน กลายเป็นอาร์เซนิคอ๊อกไซด์ (As_2O_5) และมีกรดไฮดริออดิค (HI) เกิดขึ้น

$$As_2O_3 + 2H_2O + 2I_2 = As_2O_5 + 4HI$$

วิธีคำนวณ

ก. ในการไทเทรชั่นระหว่างสแตนนัสคลอไรด์กับน้ำยาไอโอดีนมาตรฐาน

สมการเคมี:—

$$SnCl_2 + I_2 + 2HCl = SnCl_4 + 2HI$$

(equiv. to)

$$2I = Sn$$

(equiv. to)

$$I = \frac{Sn}{2}$$

นั่นคือ 1 equivalent ของ Sn $= \frac{\text{น้ำหนักปรมาณู}}{2} = \frac{118.7}{2}$

$= 59.35$ กรัม

ข. ในการ Standardization ระหว่างอาร์ซีเนียสอ๊อกไซด์กับน้ำยาไอโอดีนมาตรฐาน สมการเคมี :—

$$As_2O_3 + 2H_2O + 2I_2 = As_2O_5 + 4HI$$

(equiv. to)

$$4I = As_2O_3$$

(equiv. to)

$$I = \frac{As_2O_3}{4}$$

นั่นคือ 1 equivalent ของ $As_2O_3 = \frac{\text{น้ำหนักอณู}}{4} = \frac{197.82}{4}$

$= 49.46$ กรัม

จาก ก. และ ข.

(equiv. to)

49.46 gm As_2O_3 = 59.35 gm Sn

(equiv. to)

0.2 gm „ $= \frac{59.35 \times 0.2}{49.46} = 0.24$ gm Sn

นั่นคือ As_2O_3 หนัก 0.2 กรัมจะเท่ากับ (equivalent to) Sn หนัก 0.24 gm

หมายความว่า บริมาตรของน้ำยาไอโอดีนมาตรฐานที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับอาร์ซีเนียสอ๊อกไซด์หนัก 0.2 กรัม จะเท่ากับปริมาตรของน้ำยาไอโอดีนมาตรฐานอันเดียวกันที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับธาตุดีบุกหนัก 0.24 กรัม

วิธีคำนวณจากการวิเคราะห์

ในการ Standardization

อาร์ซีเนียสอ๊อกไซด์ = 2.0 กรัม

น้ำยาไอโอดีนมาตรฐานที่ใช้ไป = x มิลลิลิตร

ในการวิเคราะห์

ตัวอย่างแร่ดีบุก = 0.5 กรัม

น้ำยาไอโอดีนมาตรฐานที่ใช้ไป = y มิลลิลิตร

Blank = b „

% ดีบุก (Sn) $= \frac{y-b}{x} \times 0.24 \times \frac{100}{0.5}$

วิธีคำนวณในการเตรียมน้ำยาไอโอดีนมาตรฐาน

ซึ่ง 1 มิลลิลิตร = ธาตุดีบุก (Sn) 0.005 กรัม = 1% (ใช้ตัวอย่าง 0.5 กรัม)

จากวิธีคำนวณดังกล่าวมาแล้ว

1 gm equivalent I = 59.35 gm Sn

หรือ 1000 ml 1 N I = 59.35 gm Sn

1 ml 0.1 N I = 0.005935 gm Sn

0.005935 gm Sn = 1 ml 0.1 N I

0.005 „ = 1 ml $\frac{0.1 \times 0.005}{0.005935}$ N I

= 1 ml 0.08425 N I

หมายความว่า น้ำยาไอโอดีนมาตรฐาน ซึ่ง 1 มิลลิลิตร = ธาตุดีบุก 0.005 กรัม หรือ 1% (ตัวอย่าง 0.5 กรัม) จะต้องมีความเข้มข้น 0.08425 นอร์แมล

1000 ml 1 N I มีไอโอดีน = 127 gm

1000 ml 0.08425 N I มีไอโอดีน = 127 × 0.08425 = 10.69975 gm

= 10.70 gm

2500 ml 0.08425 N I มีไอโอดีน = 10.70 × 2.5 = 26.75 gm

นั่นคือ น้ำยาไอโอดีนมาตรฐาน 0.08425 นอร์แมล ในบริมาตร 2500 มิลลิลิตร จะมีไอโอดีน 26.75 กรัม (ตามวิธีเตรียมให้ใช้ 26.8 กรัม เผื่อสำหรับมลทินซึ่งอาจมีอยู่ในไอโอดีน และก็จะต้องทำ Standardization ต่อไป)

ในการ Standardization

1 gm equivalent I = 49.46 gm As_2O_3

หรือ 1000 ml 1 N I = 49.46 gm As_2O_3

1 ml 0.1 N I = 0.004946 gm As_2O_3

0.004946 gm As_2O_3 = 1 ml 0.1 N I

0.2 „ „ = $\frac{0.2}{0.004946}$ ml 0.1 N I

x ml 0.08425 N I = $\frac{0.2}{0.004946}$ ml 0.1 N I

x = $\frac{0.2}{0.004946} \times \frac{0.1}{0.08425}$

= 48.0 ml

หมายความว่า ในการ Standardization อาร์ซีเนียสอ๊อกไซด์ หนัก 0.2 กรัม จะทำปฏิกิริยาพอดีกับน้ำยาไอโอดีนมาตรฐาน 0.08425 N 48.0 มิลลิลิตร

การตรวจความสมบูรณ์ของแหล่งแร่ดีบุกด้วยเครื่องเจาะบังกา

เครื่องมือตรวจลองแร่ดีบุกในลานแร่และครา ที่นิยมแพร่หลายในประเทศไทยนับเวลาชั่วอายุคนมาจนบัดนี้ ก็คือเครื่องเจาะลองแร่ชนิดเครื่องเจาะบังกา ผู้บุกเบิกยุคดีบุกแห่งเกาะบังกาในชวา

เครื่องมือนี้ทำงานด้วยแรงคน 8 คน ทำได้อย่างลึกถึงประมาณ 90 ฟุต แข็งแรงพอควร ทำงานได้สะดวกรวดเร็ว ขนย้ายได้ง่ายทุกภูมิประเทศ ให้ผลในการตรวจลองเป็นที่เชื่อถือได้ ใช้ได้ทั้งบนเขา ที่ราบ ที่หล่ม และแม้ในทะเล

ก. **ขนาด** เครื่องเจาะบังกาซึ่งคนทำเหมืองทางภาคใต้ เรียกเป็นภาษาจีนฮกเกี้ยนว่า "ตั๋ง" นั้น เท่าที่ใช้อยู่มีอยู่ 3 ขนาด คือ ขนาด $3\frac{1}{2}''$, 4" และ 6" ที่ใช้กันมากที่สุดคือขนาด $3\frac{1}{2}''$ ส่วนขนาด 6" นั้น เท่าที่เห็นก็มีบริษัทบิลลิตันนำมาใช้ก่อนเมื่อประมาณ 4 ปีมานี้

ขนาด $\phi\ 3\frac{1}{2}''$ เห็นมีทั้งชนิดข้อต่อเป็น SOCKET ซึ่งเหมาะกับที่ที่มีหินมาก ต้องตีท่ออยู่เสมอ เช่นบริเวณแถวทับสะแก, บ้านกรูด ในจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ บริเวณ อ. จอมบึง จ. ราชบุรี ที่ระนองบางแห่ง และสุราษฎร์ธานีบางแห่ง เป็นต้น ชนิดนี้แข็งแรงดี มีข้อเสียตรง SOCKET อยู่ข้างนอก เป็นปุ่มออกมา เวลาท่อขึ้นลงจะติดจึงทำให้ได้งานช้ากว่าชนิดที่ไม่ใช้ SOCKET ชนิดไม่ใช้ SOCKET หรือที่เรียก "ตั๋งจีน" นั้น การต่อท่อใช้กลึงเกลียวต่อในเนื้อท่อของมันเอง ปรกติท่อก็บางอยู่แล้ว คือประมาณ $\frac{3}{16}''$ เมื่อต้องกลึงเกลียวตัวผู้–ตัวเมียเข้าไป จึงบอบบาง ถ้าทำในที่มีหินหรือที่แข็ง ต้องตีท่ออยู่เสมอ ไม่นานเกลียวและเนื้อเกลียวก็จะหวานและหลวมหมด แต่มีส่วนดีที่ผิวนอกมีรอยต่อเรียบ จึงทำให้ขึ้น–ลงง่าย ทำงานได้เร็วกว่าชนิดแรก เหมาะกับที่ซึ่งเป็นดินอ่อนไม่ค่อยมีหิน เช่นที่แถวภูเก็ตส่วนใหญ่เป็นต้น ขนาดนี้ ถ้าดินอ่อนและท่อลงไม่เร็วเกินไป จะเก็บดินตัวอย่างได้ประมาณ 5 ลิตรเศษต่อท่อ (5 ฟุต) ถ้าดินแน่นจะเก็บได้ประมาณ 10 ลิตรเศษ อุปกรณ์ต่าง ๆ ทำด้วยเหล็กเหนียวแข็งทั้งหมดยกเว้นร้านยึน "ปั๊ว" เท่านั้นที่ทำด้วยไม้ เหล็กก้านเจาะเป็นเหล็กสี่เหลี่ยมด้านเท่า ขนาด $1\frac{1}{8}'' \times 1\frac{1}{8}''$ หรือ $1\frac{1}{4}'' \times 1\frac{1}{4}''$ ซึ่งเรียกตามภาษาจีนว่า "ชุนอิด" และ "ชุนยี่" ตามลำดับ

ที่	ชื่อไทย	ชื่อจีนฮกเกี้ยน	จำนวน
1	หัวท่อ	ตังเถา	1 อัน
2	ท่อ	หว่าตั้ง	เท่าที่จำเป็น
3	ประกับพร้อมสกรู $\frac{3}{4}$ × 3″ 2 ตัว (เหล็กกับ)	กับ	2 คู่
4	ร้านยืน	ปั๋ว	1 อัน
5	ท่อต่อแขนประกับ ขนาด $1\frac{1}{2}$ × 1 เมตร	ไปพ์	4 อัน
6	ตื่นท่อ	ตั้งคา	1 อัน
7	เหล็กก้านเจาะ (เหล็กยาว) 10′	ไหล่ถิ	ครึ่งหนึ่งของจำนวนท่อ
8	เหล็กก้านเจาะ (เหล็กสั้น) 5′	เต้ถี่	1 อัน
9	ปั๊มทราย	เจงก้อง	2–4 อัน
10	สกัดตีหิน	เจงชัก	1 อัน
11	สว่านเจาะดินเหนียว	ก๊าวหลั่นจ่วน	1 อัน
12	เหล็กตกปั๊ม มีหลายชนิด		1 อัน
13	กุญแจจับเหล็กก้านเจาะ (กุญแจ)	ต่อสี่	4 อัน
14	กุญแจปากตาย $\frac{3}{4}$″	ซอสี่	2 อัน
15	กุญแจตีท่อ มีหลายแบบหรือสี่เกลอ		1 อัน
16	รองหัวท่อ (เมื่อใช้ตีท่อด้วยสี่เกลอ)		1 อัน
17	คีมจับท่อ		1 อัน
18	เสียมขุดรูชนิดปากห่อ		1 อัน
19	เหล็กงัดดินก้นปั๊ม	เจงเซี้ยม	1 อัน
20	ถังตวงดินตัวอย่าง		1 ใบ
21	ชั่งคานขนาด 25 กิโลกรัม		1 อัน
22	กระบะใส่ดินตัวอย่างขนาดประมาณ 24″ × 36″ × 8″		1 อัน
23	หมอนสำหรับกระแทกปั๊ม	เตี๋ยม	1 อัน
24	ไม้คานดิดขึ้นท่อ ϕ 6″ ยาว 4 เมตร	เผ้ากึ่ง	1 อัน
25	ถังไม้สักกลม จุประมาณ 20 ลิตร		2 ใบ
26	กระป๋องตักน้ำชนิดหนา เบอร์ 16		6 ใบ
27	กระบวยตักน้ำตักดิน หรือกะลาขนาดโต		2 ใบ
28	ถังเปลล้างแร่ ขนาด ϕ ประมาณ 4′ ลึก $1\frac{1}{2}$′ (ถ้าจะล้างแร่ข้างที่ ๆ ทำการตรวจลอง)		1 ใบ
29	กระสอบรองกระบะใส่ดิน		1 ใบ
30	เลี่ยงล้างแร่ ϕ ประมาณ 2′		1 ใบ
31	กะลาล้างแร่และใส่แร่ตัวอย่างประมาณ		10 ใบ
32	ทัพพีย่างแร่ตัวอย่าง		1 ใบ
33	ตะเกียงกระป๋อง ใช้ย่างแร่ตัวอย่าง		1 ใบ
34	แม่เหล็กอย่างแรง		1 อัน
35	ไต้แร่ขนาดเล็กสำหรับไต้แร่ตัวอย่าง		1 ชุด
36	ถ้ามีแร่อิลเมไนท์หรือซิเขียวมาก ๆ ควรมีแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดใช้แบตเตอรี่		1 ชุด
37	กระสอบทำแผงกันแดด (ต้องเตรียมเชือกเย็บกระสอบและเข็มเย็บไปด้วย)		8 ใบ
38	เสาแผงกันแดดเป็นไม้ไผ่ ยาวประมาณ 30′		1 ต้น

ที่	ชื่อไทย	ชื่อจีนฮกเกี้ยน	จำนวน
39	เชือกดึงแผงกันแดด รอบวง $1\frac{1}{2}$″ ประมาณ		40 วา
40	รอกขนาดใช้กับเชือก ϕ ประมาณ $\frac{1}{2}$″ ผูกติดเสาด้วยลวด		1 อัน
41	กรดเกลือและถาดสังกะสีสำหรับทดลองแร่ดีบุก		1 ชุด
42	จอบ		1 อัน
43	ชะแลง $\frac{7}{8}$″ × 6′ (ไม่จำเป็นนัก)		1 อัน
44	ขวานปอนด์ $2\frac{1}{2}$ ปอนด์		1 อัน
45	ขวานช่างไม้		1 อัน
46	มีดถางป่า		1 อัน
47	ค้อนหัวกลม $2\frac{1}{2}$ ปอนด์		1 อัน
48	ตะไบท้องปลิง 12″		1 อัน
49	ไม้ฟุตพับหรือตลับเมตร ขนาด 3′ หรือ 1 เมตร		1 อัน
50	สว่านเจาะเหล็กชนิดยันบ่า พร้อมดอก		1 อัน
51	ซองใส่แร่ตัวอย่าง		พอควร
52	ชั่งสำหรับชั่งแร่ตัวอย่าง ชั่งจีน หรือชั่งจานชนิดชั่งได้ถึง $\frac{1}{2}$ กก.		1 อัน
53	ชอคเขียนเหล็ก (MARKING CRAYON) เดือนละ		2 อัน
54	สมุด ดินสอ ยางลบ ไม้บรรทัด มีดพับ เชือกป่าน บรรจุในถุงย่าม		1 ชุด
55	น้ำมันเครื่องเบอร์ 50 (ใช้กับเครื่องมาแล้วก็ได้)		1 ขวด
56	กระสอบขาดหรือเสื่อกางเกงขาดสำหรับเช็ดท่อ ก้านปั๊ม และปั๊ม		พอควร
57	เลื่อยตัด 4′		1 อัน
58	กระสอบสำหรับพันเกลียวท่อเวลาเคลื่อนย้ายพร้อมลวดเบอร์ 20 สำหรับมัด		พอควร

ขนาด 4″ รูปร่างส่วนประกอบคล้ายไปทางขนาด 6″

ขนาด 6″ ข้อต่ออยู่ในตัวของมันเอง ตัวท่อรู้สึกว่าบางกว่าขนาด $3\frac{1}{2}$″ เฉพาะหัว–ท้ายที่จะต่อกันทำให้หนากว่า แต่หนาเข้าไปข้างใน เพื่อให้มีเนื้อเหลือจากทำเกลียวแล้วมากขึ้น รอยต่อข้างนอกเรียบ เป็นปุ่มออกทางด้านใน ท่อยาวท่อนละ 2 เมตร เฉพาะท่อล่างสุดซึ่งเป็น "ตื้น" ของมันเป็นท่อหนาพิเศษ ส่วนใดที่ต้องขัดถูมาก รับแรงมาก ก็เป็นเหล็กแข็งเหนียว แต่ส่วนใดที่รับแรงน้อยลงก็ทำโลหะผสมเบา เหล็กก้านเจาะนั้น เท่าที่จำได้ดูเหมือนขนาด $1\frac{1}{8}$″ × $1\frac{1}{8}$″ ขนาดนี้นอกจากแข็งแรงทำหินใหญ่ได้ดีแล้ว ใช้เก็บตัวอย่างดินได้มากกว่าขนาด $3\frac{1}{2}$″ มาก ทำให้ผลการคำนวณแน่นอนขึ้นมาก

ข. **ส่วนประกอบของเครื่องมือ** ส่วนประกอบของขนาด $3\frac{1}{2}$″ และขนาด 6″ ผิดกันไปบ้าง และของบางอย่างที่เขาทำมา บางอย่างเราใช้ของอื่นแทน ตัดออกเสียบ้างก็มี ในที่นี้ขอกล่าวถึงส่วนประกอบของขนาด $3\frac{1}{2}$″ ที่ใช้กันอยู่ทั่ว ๆ ไป เพื่อให้ทราบว่ามีอะไรบ้าง และเพื่อจะใช้เมื่อเวลาเตรียมเครื่องมือไปใช้ทำงาน และควรมีอะไหล่ที่จะใช้เปลี่ยนให้พร้อม ดังนี้:—

1. ตื้นท่อ ถ้ามีหินมาก ๆ 5 วันควรเปลี่ยนไปกลึงใหม่ ควรมีอะไหล่ 2–3 อัน
2. ตื้นปั๊ม ถ้ามีหินมาก ๆ ประมาณไม่เกิน 20 วันก็บู้หมด แต่ถ้าทิ่มดินปนทรายใช้ไปก็คมดีเอง ควรมีอะไหล่ 6–8 อัน
3. กุญแจจับเหล็กก้านปั๊ม บางทีหัก หรือใช้ไปประมาณ 1 เดือนปากจะคราก จะต้องส่งกลับไปซ่อมใหม่ ควรมีอะไหล่ 2–3 อัน
4. รีเวทย้ำตื้นปั๊ม (ถ้าปั๊มเป็นชนิดใช้รีเวท) เท่าที่ควร

นอกจากเครื่องมือบอริ่งแล้ว จะต้องมีการตัดแนววางเป็กหลุมบอริ่งด้วย ซึ่งจำเป็นต้องมี :–

1. พริสแมติคคอมปาสส์ 1 อัน
2. โซ่รังวัด 2 เส้น
3. มีด ขวาน เลื่อยสำหรับถางป่าพร้อมหินลับมีด 1 ชุด
4. ร่มสมุด ดินสอ ไม้บรรทัด และ ฯลฯ

และถ้าจะต้องทำงานนอกบ้านต้องไปนอนตามป่า ต้องเตรียมเครื่องครัว ตะเกียงสำหรับแสงสว่าง และน้ำมันไปให้พร้อม ถ้าตกลงว่าอาหารคนงานเขาหากินเอง หัวหน้าเขาจะสั่งอาหารเอาเอง ซึ่งเราจะต้องอำนวยความสะดวกในการติดต่อและขนส่งให้ นอกจากนั้นจะต้องเตรียมเวชภัณฑ์ไปเท่าที่ควร คนงานบอริ่งส่วนมากจะเป็นไข้หวัด มาลาเรีย นอกนั้นอาจผิดอาหาร อุบัติเหตุ ถูกของมีคม ของแหลมทิ่มตำ งูกัด แมลงต่อย เป็นต้น

ค. **การเตรียมคนงาน** เฉพาะคนทำบอริ่งมีทั้งหมดด้วยกัน 8 คน ใน 8 คนนี้จะมีหัวหน้าของเขา 1 คน นอกจากนี้จะมีคนจดรายการหรือที่เขาเรียกเสมียนบอริ่งหรือนายเหมียนโต้ยตั๋ง 1 คน คนหาบน้ำ หาบดิน ตวงดิน 3–5 คน สุดแต่น้ำใกล้–ไกล คนล้างแร่ 1 คน คนครัว 1 คน จะต้องมีช่างทำแผนที่วางแนวหลุมบอริ่ง 1 คน พร้อมคนงานอีก 4–5 คน แต่ถ้าไปทางไกลคนบอริ่งมักมี 8 คน หัวหน้าลอยตัว 1 คน เพื่อไว้แทนคนป่วยไข้ บางทีเขามี 9 คน ผลัดกันหยุดวันละ 1 คน

การหัดตีบอริ่งรู้สึกว่าหัดเป็นได้ง่าย แต่จะหาคนที่อดทนทำได้จริงยาก เพราะเป็นงานหนักมาก และประกอบกับการบอริ่งไม่ค่อยยืนยาวแน่นอน เป็นงานครั้งคราว จึงต้องจ้างกันด้วยค่าแรงที่แพงกว่าแรงงานธรรมดาเกือบเท่าตัว ระเบียบการจ้างคนบอริ่งก็คือ เราติดต่อหัวหน้า เขาจะไปหาลูกน้องเอง ถ้าทำอยู่กับบ้านกินของตัวเอง ค่าแรงประมาณวันละ 35 บาท ถ้าไปทางไกลกินเองวันละประมาณ 40 บาท หัวหน้าได้มากลูกน้องประมาณวันละ 5 บาท หัวหน้าบางคนได้ค่าถิวเป็นรายหัวจากลูกน้องคนละ 2 บาทต่อวัน คนล้างแร่ค่าแรงประมาณวันละ 25 บาท ถ้าต้องเดินทาง ผู้จ้างจะต้องออกค่าพาหนะเดินทางให้และให้เงินยืมล่วงหน้า ในระหว่างเวลาเดินทางและรอเครื่องมือเสีย หรือให้คนงานหยุดด้วยเหตุของผู้จ้าง ต้องคิดรายวันให้เขาคนละครึ่งของอัตราธรรมดา ฝนตกออกงานไม่ได้ เขาขอ

หยุดเองไม่ต้องให้ค่าแรง แต่ถ้าไปถึงหน้างาน ที่มแม้แต่ปืมเดียวแล้วฝนตกต้องหยุดเข้าร่มไปทั้งวัน เขาก็คิดค่าแรงทั้งวัน

สมัยก่อนคนบอริ่งทำงานวันละ 6 ชม. คือลงงาน 7.00 น. เลิกงาน 13.00 น. เดี๋ยวนี้ลงงาน 7.00 น. แต่เลิกงาน 14.00 น. เป็นทำงาน 7 ชม. แต่ตอน 11.00 น. หยุดกินข้าวต้มประมาณ 15 นาที

เราต้องมีคนหุงข้าว (จงโพ่ว) ให้เขา 1 คน เพราะเขาจะต้องลงงานแต่เช้า และจะต้องหาฟืนให้คนครัวด้วย จึงเมื่อปลูกกงสีก็ต้องเตรียมฟืนด้วย เพราะถ้าเกิดขาดฟืนต้องดึงให้คนบอริ่งหาฟืนเป็นงานนอกเวลา เขาเอาค่าแรงบอริ่งมาคิด แพงและเสียเวลาด้วย

สำหรับการทำแผนที่วางหลุมบอริ่งนั้น มีคนทำแผนที่ดูเข็มทิศเป็นไป 1 คน คนถางป่า โดยมากหาที่ไหนก็หาได้ แต่ถ้าจะเข้าไปในที่ไม่มีมนุษย์อยู่ ก็ต้องหาคนถางป่าไปจากข้างนอก

ง. **การเตรียมสถานที่** ก่อนบอริ่งจะต้องส่งคนไปเตรียมกงสีคนงานไว้ก่อน เท่าที่ปลูกกัน มัก ปลูกเป็นโรงยาวให้นอนเรียงกัน 2 แถว ถ้ามีผู้หญิงล้างแร่หรือทำครัว ก็กั้นแยกห้องให้ต่างหาก การปลูกกงสีก็เหมือนปลูกบ้าน คือต้องเลือกสถานที่ คนมาก ๆ เรื่องใกล้น้ำเป็นสิ่งสำคัญมาก ควรเลือกปลูกให้ตั้งอยู่ประมาณกึ่งกลาง หรือใกล้บริเวณที่จะสำรวจให้มากที่สุด เพื่อเมื่อเวลาลงและเลิกงานไม่ต้องเดินไกล ถ้าที่ใหญ่ก็ต้องแบ่งออกเป็นแปลงย่อยปลูกกงสีหลายหลัง ถ้างานไม่แน่นักก็ปลูกแต่พอร้ายพอดี ใกล้ตลาดเช่าเขาอยู่ชั่วคราวถูกสตางค์กว่าก็ควรเช่า

เมื่อจะเริ่มไชหลุมแรก ควรกะดูด้วยตาก่อนว่าทำจากไหนแล้วต่อไปจึงจะทำงานสะดวกและมีแร่ตามได้ทันที การที่แร่จะก่อเกิดการรวมตัวกันได้มาก ๆ นั้น ประกอบด้วยเหตุหลายประการ ดังเช่น :—

1. แหล่งกำเนิดแร่ มีปริมาณแร่มากพอ ที่เมื่อผุพังแล้วจะถูกชะล้างไปสะสมได้มาก ในการนี้เราก็จะต้องมีความรู้เรื่องการเกิดของแร่ และชนิดของหินที่นำแร่พอควร

2. จะต้องมีพื้นภูมิประเทศบีบบังคับ ส่งเสริมให้แร่ถูกพัดพามาสะสมรวมกันอยู่ไม่กระจัดกระจาย และสามารถที่จะเปิดการทำเหมืองได้

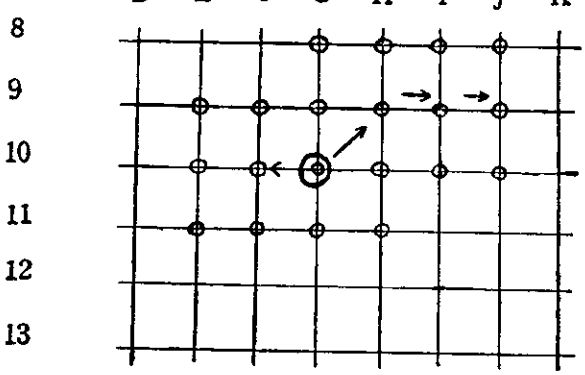
3. แร่บางแห่งเกิดและผุพังอยู่กับที่ เคยมีคนพบสายคราก็นเป็นเส้นอยู่ในดานก็มีแร่ที่ผุพังอยู่กับที่มักเกิดเป็นยุ่มเป็นหย่อม ภาษาจีนเขาว่า แร่รอยตีนหมา

4. หินดานบางชนิดเรียบ เวลาแร่ตกสะสมตัว ความหนาของกระสะเกือบสม่ำเสมอกัน แต่ดานบางชนิดเป็นหลุมเป็นบ่อ หรือเป็นคลื่น เวลากระสะเกิด เกิดหนาบางไม่ค่อยเท่ากัน เช่นดานหินปูน หรือแม้ดานแกรหนิตก็มักเป็นคลื่น กระสะหนาบ้างบางบ้าง ฯลฯ

จากการศึกษาถึงลักษณะหินใดที่เป็นหินนำแร่ พิจารณาถึงการผุพังและการพัดพาไปสะสมตัว เราก็ควรกะได้ว่า เราควรตรวจไชหรือไม่เพียงใด หรือแร่ควรจะตกสะสมตัวที่ใด

มาก เมื่อบอริ่งหลุมแรก ก็ควรเลือกไชตรงจุดที่คิดว่าควรมีแร่ ถ้ากะว่าควรเป็นทางน้ำเก่า การลองไชตัดขวางลำธารให้ระยะหลุมต่อหลุมถี่ และเว้นระยะระหว่างแถวทวนหรือตามทางน้ำนั้น ห่างกันแถวละประมาณ 10—20 เส้น การไชอย่างนี้เขาเรียก Scout bore จะขนเครื่องมือไปมากน้อยเพียงใดก็ควรสังเกตภูมิประเทศประกอบ เช่นสังเกตท้องห้วยว่ามีดานโผล่บ้างหรือไม่ เขาในบริเวณนั้นเป็นเขาลาดหรือสูงชัน ถ้าเขาสูงชันเป็นหน้าผา ล่างลงไปใต้ดินก็มักจะชันลึกลงไปมากเช่นกัน เช่นหน้าผาหินปูนหรือหน้าผาเขาแกรนิต ไชห่างจากตีนเขาบางที่ 10 วา ดานลึก 50′—60′ เป็นธรรมดา ถ้าเป็นเขาเนิ่ม ๆ ดานไม่ควรลึกนัก ถ้าขนเครื่องมือไปมากเกินงาน เวลาย้ายหลุมแต่ละครั้งต้องขนเสียเวลามาก แต่เวลาเดียวกันถ้าขนไม่พอ ก็จะต้องเสียเวลามาเอาและเสียเวลาคอย

ในการแบบไชส่งนี้ เมื่อพบแร่ที่หลุมใดก็จะต้องไชตาม แร่บางแห่งเกิดในลำธารเก่าซึ่งไม่กว้างนัก ถ้าไม่ไชดักและตาม มักเปลืองค่าไชไปมาก หรืออาจทิ้งไม่พบเลยก็ได้ การไชตามนั้นทำโดยถือหลุมที่พบเป็นหลัก วางแนวปักเป็กเป็นตาราง ไชดักตามรูปประกอบ เมื่อพบใหม่ก็ไชดักอีก ขยายออก ๆ แต่ถ้าไม่พบก็ไชให้ถี่เข้า แต่ถ้าล้อมรอบตัวแล้วยังไม่พบอีก แร่อาจจะมีเป็นหลุมกองตรงนั้นเองก็มี



สมมุติว่าพบแร่ที่จุด G. 10 ไชดัก 8 หลุม คือ F. 9, F. 10, F. 11, G. 9, G. 11และ H. 9, H. 10, H. 11 สมมุติว่าพบแร่F. 10 และ H. 9

ฉีกทางขวาตาม H. 9 ไป 5 หลุม คือ G. 8, H. 8, I.8 และ I. 9, I. 10, สมมุติว่าพบอีกที่ I. 9 ดักอีก 3 หลุม คือ J. 8, J. 9 และ J. 10 ถ้าพบอีกก็ตามต่อไป และขณะเดียวกันก็ฉีกออกทางซ้าย ดักหลุม F. 10 ต่อไป

ในการไชดัก ไชตามนี้ จะต้องพยายามสังเกต ขนาด ลักษณะ และสีของเม็ดแร่ และขี้แร่ ตลอดจนชนิดของกระสะ ทราย ดิน หิน ในกระสะ และลักษณะสภาพของชั้นดินปิดซ้อนทับกันแต่ละชั้นว่าเหมือนหรือใกล้เคียงกันเพียงใด ถ้าเป็นแร่มาจากกำเนิดเดียวกันและพัดพามาด้วยสายน้ำเดียวกัน ลักษณะต่าง ๆ ดังกล่าวควรจะคล้ายคลึงหรือเหมือนกัน แต่ขณะเดียวกันควรสังเกตภูมิประเทศประกอบด้วย เช่น ทางน้ำเก่าที่ถูกเขาขนาบ 2 ข้าง ดินทรายจากเขา 2 ข้างนั้นอาจพังมาทับก็ได้ อาจมีห้วยเล็ก ๆ เอาดินเหนียวมาแทรกในกระสะเก่าที่ร่วน ให้เกิดเป็นกระสะดินเหนียวหรือดินสีอื่นไปก็ได้

ถ้าที่เป็นทุ่งราบกว้างใหญ่ มีคลองใหญ่ผ่าน ถ้าไชติด ก็แผ่ออกไป ๆ จนไม่ติดจึงหยุด

การวางระยะนั้น อาศัยวิธีการทำเหมืองและสภาพของพื้นที่เป็นเกณฑ์ ที่ราบกว้างที่ดานสม่ำเสมอในหุบใหญ่หรือริมทะเล แร่มักมีความสมบูรณ์เกือบสม่ำเสมอ อย่างนี้ก็ไชห่างหน่อย ถ้าเปิดเหมืองเรือขุด เขาไชระหว่างหลุมในแถวห่างกัน 2 ½ เชน หรือ 3 เชน และระยะระหว่างแถวใช้ 5 เชน หรือ 6 เชน เป็น 2 ½ เชน × 5 เชน และ 3 เชน × 6 เชน ถ้าเป็นที่แคบและทำเหมืองสูบ ใช้ไช 2 เชน × 2 เชน และยิ่งถ้าเป็นที่ที่เคยทำแล้ว บางที่เขาไช 1 เชน × 1 เชน ก็มี

เมื่อไชไปได้สักจำนวนหนึ่ง จะพอสันนิษฐานได้บ้างว่าควรกินไปในรูปใด เช่นกินระหว่างร่องห้วยจนถึงตื้นเนิน หรืออาจกินขึ้นไปบนเนิน เราก็พอจะบอกคนทำแผนที่ให้วางเบ็กในแนวทางที่ควรมีและจะดักจะตาม ไม่เป็นการตัดแนวแบบเรื่อยไปให้เสียเงินและเสียเวลาเปล่า

การถางแนวทางบอริ่ง จะต้องเก็บไม้ที่ฟันลงทับทิ้งออก 2 ข้างทาง เขี่ยหนามและไม้ที่เกะกะออกให้หมด ตามปรกติแล้วต้องตัดตอให้เสมอดิน และเอาจอบขุดกิ่งไม้ใบไม้ตลอดจนตอเล็กตอน้อยออกจากทางให้หมด เพื่อใช้เป็นทางเดินในการขนย้ายเครื่องไชแร่ และใช้เป็นทางหาบน้ำหาบดินด้วย จะต้องมีความกว้างขนาดแบกปั๋วขวางเดินได้สะดวก จะต้องหาที่ที่จะไปเอาน้ำให้แล้วทำทางเชื่อมโยงกับทางบอริ่ง ทางแยกทำเครื่องหมายชี้ไว้ ทางเดินตรงไหนชันเอาจอบขุดเป็นขั้นบันได เป็นหลุมเป็นบ่อต้องทำสะพานข้าม ทำราวยึด ที่ใดเป็นพลุเป็นหล่ม ต้องตัดไม้ปูรองเดินให้ สำหรับที่หลุมบอริ่ง ต้องถากถางบริเวณทำงานให้ในรัศมีประมาณ 1 วา รอบหลุม ทำที่สำหรับวางกระบะเทดิน และตั้งตาชั่ง ทางด้านใกล้น้ำ และทำที่วางท่อ ปั๊มและเหล็กก้านเจาะทางด้านตรงกันข้าม พร้อมกับตัดไม้เท่าแขน 2 อันวางเตรียมไว้สำหรับรองท่อให้ด้วย บ่อที่จะตักเอาน้ำจะต้องขุดให้กว้างและให้ลึกพอควรพอที่จะเอากระป๋องจ้วงตักได้สะดวก และกว้างขวางพอที่จะล้างแร่ได้พร้อมทั้งทำที่สำหรับนั่งเลี่ยงแร่ไว้ด้วย

ไม้ที่ทำเป็กบอกหลุม ควรใช้ไม้เนื้อแข็งขนาดเท่าแขน ยาวประมาณท่อนละ1.20เมตร เสี้ยมปลายด้านหนึ่งสำหรับตอกลงดิน อีกปลายหนึ่งถากเหลือหัวเป็นหยักไว้เพื่อใช้เขียนชื่อหลุมด้วยสี หยักที่หัวเก็บไว้บังฝนไม่ให้ถูกสีที่เขียน ปักตรงจุดตัดของเส้นเหนือ—ใต้ กับเส้นออก—ตกพอดี แต่เนื่องจากหลักนี้ถอนได้ง่าย จึงนิยมถากต้นไม้ใหญ่ ๆ ที่อยู่ใกล้ชิดที่สุดเขียนบอกหลุมกำกับไว้ เป็นการถาวรขึ้นอีกชั้นหนึ่ง ชื่อหลุมที่เขียนด้วยสีที่ต้นไม้นั้น ประมาณ 2 ปี เปลือกที่ถากไว้ก็จะงอกออกมาปิด หรือเป็นราบ้าง หรือเวลาจะทำเหมืองก็จะต้องโค่นต้นไม้นั้นทิ้ง จึงควรทำหมุดปูนซีเมนต์ ขนาดหมุดของกรมที่ดินฝัง บางคนเขาใช้สังกะสีปั๊มเบอร์ตอกติดกับเสาบักไว้ ซึ่งใช้ได้ชั่วคราว วิธีที่ดีที่สุดคือเขียนเบอร์ใส่ในขวดเบียร์ ปิดจุกให้แน่นแล้วฝังลงในหลุมบอริ่ง ขวดใบละไม่ถึงบาท ถูกกว่าหมุดซีเมนต์ แต่เวลาฝังต้องกลบให้แน่น ฝนตกน้ำมาก ขวดซึ่งจุกฝาแน่นจะลอยขึ้นมา

แนวหรือแถวตามที่ถางตามทิศเหนือ—ใต้ ขนานกันไปนั้น นิยมเรียกชื่อเป็นแถว A, B, C ตามลำดับ หรือจะชื่อไทยเป็นแถว ก, ข, ค, ง ฯลฯ ก็ได้ และแถวตะวันออก—ตะวันตก มักชื่อเป็นตัวเลขว่า แถว 1, 2, 3, 4 ตามลำดับ จุดตัดของเส้นเหนือ—ใต้ ใดกับเส้นออก—ตก ใด อันเป็นจุดที่เราวางหลุมไชตรงนั้น เราเรียกชื่อหลุมนั้นตามเส้นที่ตัดกันนั้น เช่นเส้น F ตัดกับเส้น 11 หลุมที่อยู่จุดตัดนั้น เรียกหลุม F. 11 (Line F. 11)

ถ้าต้องการซอยแถวเข้าไปตรงกลางระหว่างแถว A กับ B, แถว B กับ C, แถว C กับ D และ ฯลฯ เราตั้งชื่อแถวใหม่ตรงกลางนั้นว่า แถว A,′ B,′ C′ และ ฯลฯ ตามลำดับ สมมุติว่าตั้งชื่อแถวแล้วไชไป ๆ เกิดต้องวางแถวใหม่ ออกนอกแถว A ไปทางซ้ายมือ เราอาจตั้งแถว —A, —B, —C ฯลฯ และสมมุติว่า แถว A ไป Z หมดแถวแล้ว ยังมีแถวต่อไปอีก เราก็อาจจะตั้ง +A, +B, +C ฯลฯ ต่อไปได้เช่นกัน

จ. **การไชแร่** ท่อและเหล็กก้านเจาะ เมื่อใช้ไปนาน ๆ และมีการตีท่อลงบ่อย ๆ เกลียวจะรวนเสียตามกันไปเป็นชุด ๆ ถ้าต่อสับอันกัน ก็ชักจะไม่ยอมกินเกลียวกัน จึงควรเลือกเสียแต่แรกว่า ท่อไหนจะเป็นท่อ 1, 2, 3, 4 ฯลฯ ตามลำดับ ทำเครื่องหมายไว้ เวลาใช้ก็ต่อให้เรียงเบอร์กันไป

การวางเครื่องมือที่หน้างาน มีระเบียบดังนี้:—

ดังกล่าวแล้ว คนถางป่าจะต้องถากถางบริเวณที่ที่จะทำการตรวจไชแร่ และทำที่วางกระบะไว้ทางด้านที่ไปเอาน้ำ ทำที่วางท่อพร้อมตัดไม้รองไว้ทางด้านตรงข้ามกระบะ เมื่อย้ายเครื่องมือมา ใน 8 คนของเขาจะมีคนหนึ่งเป็นประจำหน้าที่ขุดหลุมโดยเฉพาะ คนนี้จะแบกปิ๋วหรือเหล็กยาว 1 อัน พร้อมมีด จอบ ขวาน และเสียมมาก่อน มาขุดหลุมสำหรับเอาท่อตื้นลงเตรียมไว้ จะตัดไม้สำหรับเสียบงัดท่อระหว่างท่อลงตอนแรก ๆ ยาวอันละ 1 ศอก เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2″ ถากปลายเป็นปากเป็ดจำนวน 2—3 อัน เพื่อไม่ให้ท่อโย้ พร้อมทั้งตัดไม้รองใต้ปิ๋ว ขนาด ϕ ประมาณ 3″ ยาวประมาณ 1 แขน อีก 2 อันใช้กันเหล็กประกับจมดินในระหว่างทำการไชจนปิ๋วถึงดิน เมื่อขุดหลุมแล้ว ถ้าเห็นว่าสถานที่ยังไม่เรียบร้อย มีไม้ระอยู่ก็ตัดเสีย ถ้าบริเวณที่จะไชเป็นหล่มก็ตัดไม้มาปูรองสำหรับเดินหมุนปิ๋วด้วย และถ้าจะขึ้นแผงบังแดดก็ขุดรูเสาไว้ เมื่อเสร็จธุระแล้วและคนอื่นขึ้นท่อยังไม่เสร็จ จึงไปช่วยเขาสำหรับคนอื่น เมื่อคนคุมสั่ง "โล๊ะถิ" คือสั่งให้หยุดการไชหลุมนั้นได้ คนบนพอถอดเหล็กก้านเจาะ กุญแจ 2 จะส่งให้คนล่างซึ่งเป็นคู่คนนั้นจะรับพาแบกไปหลุมใหม่ทันที คนล่างอื่นจะทยอยรับเหล็กที่ส่งลงมาต่อไปแบกไปจนหมด จากนั้นถ้าหมดแล้ว คนล่าง 1 คน คอยรับปิ๋มสุดท้ายมาเท นอกนั้นขนของที่ไม่ต้องการใช้ในการถอนท่อไปใหม่ทันที กุญแจจับก้านเจาะจะแขวนไปกับเหล็กสั้น สกัด สว่าน ปิ๋มสอดไส้ไปกับท่อที่หลุมใหม่ วางเรียงเหล็กยาวอันสุดท้ายไว้นอกสุดไล่เข้ามา ในสุดจะเป็นอันสั้น ต่อมาเป็นท่อ เริ่มต้นแต่อันสุดท้าย เรียงเบอร์เข้ามาหาท่อตื้น ถ้าเป็นเหล็กก้านปิ๋ม วางให้เกลียวตัวผู้อยู่ด้านขวามือ ส่วนท่อเกลียวตัวเมียอยู่ด้านซ้ายมือ ทั้งนี้เพื่อเมื่อจะต่อแบกขึ้นบ่าได้ก็วางสวมลงได้เลย

สำหรับคนบน เมื่อส่งเหล็กและปี๊มให้คนล่างหมดแล้วลงจากปี๊วที่ยกปี๊วออก ช่วยกันถอนท่อเลย แต่ถ้าหลุมใหม่ไกล้และเครื่องมือมาก พอยกปี๊วลงแล้ว ไปช่วยแบกของก่อน 2 คน อยู่ถอด 2 คนก่อน โดยคลายสกรูเหล็กประกับให้หลวม ถอดหัวท่อยกเอาหมอนมารอง เอาคานดีดมาวางไว้บนหมอน เลื่อนประกับล่างลงไปรอบหัวคานดีดและงัดดู ถ้าพอถอนได้ก็ถอนเท่าที่จะทำได้ คนแบกของแบ่งมาช่วยบ้างเท่าที่ควร แบกของเสร็จแล้วก็มาช่วยกันถอนท่อทั้งหมด

ระหว่างการขนย้ายไปหลุมใหม่และถอนท่อ คนหาบน้ำตวงดินจะต้องรีบแบ่งคนส่วนหนึ่ง แบ่งถังไม้สักใส่น้ำเต็มไว้ให้หมู่ขึ้นท่อเพื่อใช้ล้างท่อ 1 ใบ แล้วย้ายถังทั้งหมดพร้อมกระป๋องตักน้ำไปหลุมใหม่อีก 1—2 คน พอเขาเทปี๊มสุดท้ายเสร็จแล้ว ล้างหมอนให้เขาเอาไปใช้ขึ้นท่อ เก็บดินที่หกเรี่ยราดบนกระสอบที่รองกระบะรวมกับดินในกระบะ ล้างกระสอบรองลงในกระบะ แล้วตวงดินชั่งดิน แบ่งคนหนึ่งหาบดินไปล้าง อีก 1 คนย้ายกระบะตวงดินกระสอบ คนไปก่อนก็ตักน้ำเตรียมไว้ การวางกระบะใช้กระสอบ 1 ใบปูรองตามยาว วางกระบะทับปลายด้านใน กินที่กระสอบตามความยาวเข้าไปประมาณครึ่งใบ เอาหมอนวางบนกระสอบด้านนอก ครึ่งที่เหลือให้ชิดกระบะ ปลายกระสอบจะเหลืออีกสัก 1 คืบ รองรับดินที่หกออกจากปี๊มเวลากระทุ้ง แต่ถ้าหมอนชนิดนี้มีไม้รองหัวท้ายด้านละอัน เขาวางกระบะไว้ตรงกลาง เอาไม้รองวางขนาบกระบะทั้ง 2 ข้าง เอาหมอนวางบนไม้รอง คล่อมกระบะลงไป วางวิธีนี้ดินที่กระทุ้งไม่หกออกจากนอกกระบะ เสียที่ตรงขนย้ายต้องแบกไม้รองหมอนเพิ่มขึ้นอีก 2 อัน ในการวางกระบะนี้ ถ้าวางบนที่ดินอ่อน ก่อนวางกระสอบ จะต้องตัดไม้ขนาดเท่าแขน ยาวประมาณอันละ 1 เมตร หลาย ๆ อันวางเรียงรองไว้ก่อน มิฉะนั้นเวลากระทุ้งปี๊ม หมอนจะจมดิน ดินในปี๊มจะหกหมด เสร็จจากวางกระบะแล้ว วางถังไม้สักใส่น้ำใช้ 2 ใบ ชิดทางด้านขวากระบะ ถังตักน้ำอื่น ๆ ก็วางเรียงกันไป เหล็กแทงดินก้นปี๊มปักไว้ข้างถังน้ำ เสร็จแล้วเอาดินที่เขาขุดจากหลุมมาตวง เมื่อหมู่ไชขนของมาหมด การไชก็เริ่มต้นต่อไป

คนไชแร่เขาแบ่งหน้าที่กันดังนี้:—

คนไชแร่ 8 คน แบ่งออกเป็น 2 พวก ๆ ละ 4 คน ผลัดกันขึ้นไปปี๊มดินหมู่ละท่อ หรือผลัดกันทำหมู่ละ 5 ฟุต หรือ 2 เมตร (ท่อขนาด ϕ 3 $\frac{1}{2}$" ยาวท่อนละ 5 ฟุต ส่วนท่อขนาด ϕ 6" ยาวท่อนละ 2 เมตร) การผลัดกันเช่นนี้ เอาบุญกรรมว่า ธรรมดาเปลือกดินมักอ่อน ดินบางชั้นเป็นดินขี้ตมอ่อน พอต่อท่อคนยังไม่ทันขึ้น ท่อจมลงเองก็มี อย่างนี้ขึ้นไปทุ่มไม่กี่ปี๊มก็ลงหมดท่อ กินเวลาบางทีไม่ถึง 5 นาที แต่ดินบางชั้นเป็นทรายไหลมาก เก็บขึ้นมาเท่าใดเข้ามาอีกมากมายหลายเท่า เหล็กก้านเจาะลอยสูงพ้นมาร์ค (รอยขีดเสมอตื่นท่อ) ไป 3—4 ฟุตก็มี ถ้าโดนทรายไหลอย่างนี้ ต้องรีบทำอย่างเร็ว บางทีตั้งชั่วโมงสองชั่วโมงหรือชั้นกระสะที่มีหินใหญ่ทับกันแน่น เครื่องมือที่ใช้เป็นเหล็กเวลาทุ่มถูกหินจะกระดอนและสะบัด ต้องกดหางกุญแจให้แน่น มือแตกมือซ้นก็ตอนนี้ กว่าจะได้แต่ละฟุตบางทีเป็นชั่วโมง

ถ้าโดนชั้นกระสะก็กรรมหน่อย การเปลี่ยนคนละท่อ คราวเคราะห์ร้ายบางทีถูกทิ่มกระสะเกือบทุกหลุมไปเกือบตลอดเดือน จึงบางทีถ้ากระสะหินใหญ่หนา หรือทรายไหลมากจนเหลือแรงที่พวกเดียวจะทนทิ่ม ๆ เป็นครึ่งค่อนวัน เขาก็อาจตกลงผลัดทำพวกละครึ่งหรือ 1 ชั่วโมงก็ได้

เมื่อขึ้นปั๊วต้องยืนให้ถูกมุม (ก๊ก) ของตน โดยเอาคนกุญแจล่างเป็นหลัก คนกุญแจล่างเรียกว่ากุญแจ 1 จะต้องอยู่มุมที่ทางซ้ายมือตรงกับกระบะเทดิน คนตรงข้ามกุญแจใต้สับกุญแจบนขึ้นมา เรียกกุญแจ 2 คนทางขวามือสับกุญแจ 3 และคนซ้ายกุญแจอยู่บนเพื่อนเป็นกุญแจ 4 ส่วนคนล่างยืนประจำจับแขนเหล็กประกับคนละแขน เข้าคู่กับคนบนซึ่งอยู่ตรงกันคนต่อคน ในกรณีที่มีคนฝึกใหม่ขึ้นหัด เขาให้ขึ้นหัดครั้งละ 1 คน ให้คนฝึกใหม่อยู่กุญแจล่าง เพราะคนฝึกใหม่นั้นมักกดหางกุญแจไม่ทันหรือกดไม่แน่นกุญแจมักหลุด ถ้าอยู่บนจะรูดลงตีกุญแจล่าง ๆ ลงไปทำให้กุญแจรูดทุกตัวไม่ได้แรง

คนกุญแจใต้ต้องเป็นคนรู้งาน ระหว่างทิ่มดิน เขาหยั่งรู้จากการกระเทือนของมือและเสียง เขาจะรู้ว่าเหล็กก้านเจาะที่ต่อเกลียวหลุด หินอุดตันปั๊ม ปั๊มกินดินหรือไม่ ดินเปลี่ยนชั้น และ ฯลฯ และคอยระวังมิให้ตันปั๊มล้ำตันท่อ ในการนี้เขาจะเป็นคนออกคำสั่งการทำงานแก่คนบนและคนล่าง เกี่ยวกับการใช้วิธีทิ่มปั๊มอย่างไรกับดินชนิดใด หรือให้คนล่างหมุนเมื่อใด หมุนอย่างไร เป็นต้น

ในการเอาท่อแรกลงฝังในหลุมที่ขุดไว้ พอคนบนขึ้นหมดและต่อปั๊มกับเหล็กเจาะแล้ว คนทางล่างจะต้องคอยจับท่อที่ต่อปลายเหล็กกับไว้ให้ท่อตั้งตรง เอาไม้ ϕ ประมาณ 2" ยาวประมาณ 1 ศอก เสี้ยมปลายเป็นปากเป็ด ตีขวางกันท่อไว้ เมื่อปั๊มลงก็ให้คนล่างประคองให้ตรงลงไป ถ้ายังเอนไปทางใด คนล่างขึ้นไปนั่งถ่วงอยู่บนท่อที่ต่อปลายเหล็กประกับด้านตรงข้ามจนท่อลงตรงจึงลง

เมื่อทำหมดท่อหนึ่ง ๆ ก่อนที่คนบนจะลงมา ทุกคนเขาจะวางกุญแจของเขาไว้ที่มุมของตัวบนปั๊ว แล้วจึงลงมา ยกปั๊วออกพร้อมทั้งกุญแจวางอยู่ที่นั้น เมื่อต่อท่อเสร็จยกปั๊วขึ้นไปใหม่ กุญแจจะต้องติดไปด้วย แต่ถ้าเมื่อคนล่างเปลี่ยนขึ้นไปทำและไม่มีกุญแจอยู่บนปั๊ว ก่อนอื่นจะต้องส่งกุญแจขึ้นก่อน จากนั้นคนคู่กุญแจ 4 ส่งน้ำ กุญแจ 4 รับกรอกลงในรูท่อแล้วคืนถังเปล่าแก่คนส่งเอาไปเก็บ แล้วคนคู่กุญแจ 1 ส่งปั๊ม กุญแจ 4 รับด้วยมือเอาแหย่ลงในรูท่อ กุญแจ 1 เอากุญแจจับคอปั๊มหย่อนลงขัดห้อยไว้บนหัวท่อ คนคู่กุญแจ 2 ส่งเหล็กก้านเจาะท่อนแรก กุญแจ 2 รับ ยกเข้าต่อเกลียวกับปั๊ม ทุกคนช่วยหมุนด้วย 2 มือ กุญแจ 1 จับกุญแจที่ผูกคอปั๊มแน่น กุญแจ 2 เป็นคนผูกเกลียวให้แน่นด้วยกุญแจ แล้วกุญแจ 2 หย่อนปั๊มลง ถ้ายังมีเหล็กต้องต่ออีก คนคู่กุญแจ 3 ส่งเหล็กอันต่อไปให้คนกุญแจ 3 รับมาต่อ ทุกคนช่วยหมุน แล้วกุญแจ 1 ผูกเกลียวและหย่อนปั๊มลง ทำอย่างนี้จนถึงก็เริ่มเก็บดิน

เมื่อเก็บดินจนเต็มปี๊บแล้ว กุญแจ 1 จะสั่งเอาปี๊บนั้นขึ้น ถ้าขณะนั้นคนล่างไม่ได้กำลังหมุนท่อและขณะนั้นกุญแจ 1 ยืนไม่ตรงกระบะเทดิน คนบนจะสั่งให้คนล่างหมุนท่อพร้อมกับที่ถอนปี๊บขึ้นมา และหยุดให้กุญแจ 1 ยืนซ้ายมือหันเข้ามาหากระบะเทดิน ระหว่างที่คนบนทั้ง 4 สาวเหล็กก้านขึ้นมาจนถึงข้อต่อ กุญแจ 3 และ 4 ถอดกุญแจจากก้านบน เลื่อนลงมาจับที่ให้คอต่อเหล็กก้านเจาะอันล่าง แล้วกระชากสวนกันให้เกลียวเหล็กก้านเจาะหลุดจากกัน หย่อนห้อยปี๊บให้ค้างอยู่บนตังเถาด้วยกุญแจ 3 และ 4 ถอดเหล็กก้านเจาะอันบนออก กุญแจ 2 ยกออกคนเดียววางบนปี๊บด้านซ้ายมือ และยึดไว้ด้วยมือซ้ายมือเดียว กุญแจ 1, 3, 4, ช่วยสาวเหล็กก้านเจาะและปี๊บที่เหลือขึ้นมา ถ้าเหล็กก้านเจาะมีหลายอันและยังไม่เปรอะ กุญแจ 2 จะช่วยดึงด้วยมือบวกอีก 1 แรง พอถึงคอเหล็กก้านเจาะอันต่อไป กุญแจ 3 และ 4 เลื่อนลงไปจับคออันล่างและกระชากเกลียวออกแบบเก่า เหล็กที่ถอดออกกุญแจ 4 ช่วยกุญแจ 2 ยกด้วยมือเอาไปให้กุญแจ 2 ยึดรวมกับอันแรก เรื่อยไปจนถึงเหล็กก้านเจาะอันสุดท้าย มาตอนนี้กุญแจ 2 ไม่ต้องช่วยสาวเหล็กขึ้น แต่คอยเอากระสอบชุบน้ำบิดแห้งเช็ดรูดดินที่ติดเหล็กก้านออกด้วยมือขวาที่เหลือ ขณะที่อีก 3 คนสาวขึ้นมา พอถึงคอปี๊บ คราวนี้กุญแจ 1 เลื่อนกุญแจลงจับคอปี๊บไว้ และกระชากเกลียวออกโดยกุญแจ 3 และ 4 ยึดเหล็กก้านเจาะอันสุดท้ายไว้ เหล็กที่ถอดอันสุดท้ายนี้ให้กุญแจ 3 เป็นผู้ถือไว้ กุญแจ 1 ถอดปี๊บจากท่อหย่อนลงทางซ้ายมือ คนคู่กุญแจ 1 รับปี๊บนั้นไปเทพร้อมกันคนล่างที่เทปี๊บก่อนหน้านี้จะต้องเอาปี๊บที่ตัวเทแล้ว พร้อมด้วยมีกระสอบเช็ดก้านปี๊บที่ซักบิดแห้งและคลี่สะบัดแล้ว เสียบมากับขาปี๊บส่งให้กุญแจ 4 เพื่อต่อใหม่

คนเทปี๊บข้างล่างนั้น ปรกติเขาผลัดหมุนเวียนกันมาเท เมื่อเทต้องพยายามอย่าให้หกหมดแล้วเช็ดเกลียวให้หมดดินด้วยกระสอบเปียก แล้วควรลองกระแทกน้ำดูด้วยว่าลื่นทำงานได้สะดวกดี ซักกระสอบบิดให้แห้งเสียบขาปี๊บไว้ และคอยเอาใจใส่คอยส่งปี๊บนั้นเพื่อเปลี่ยนกับปี๊บที่เต็ม จึงเป็นอันหมดธุระเรื่องเทปี๊บนั้นของคนนั้น

คนบนเมื่อทำจนท่อของตัวลงหมดแล้ว และจะต้องต่อท่อใหม่ จะต้องเอากุญแจวางบนปี๊บที่มุมของตนโดยให้กุญแจไว้ด้านในแล้วลงมายกปี๊บคนละมุมลงวางไว้ 2 คนถอดสกรูเหล็กประกับคนละข้าง อีก 1 คนถอดตังเถาอนุญาตให้ฟรีไปกินน้ำหรืออื่น ๆ ได้ 1 คน ขณะนั้นคนล่าง 1 คนกำลังเอาปี๊บที่เพิ่งรับมาไปเท และอาจต้องช่วยเอาเหล็กงัดดินตันปี๊บ 1 คน อีก 1 คนเอาเหล็กก้านเจาะที่เพิ่งรับมาไปวาง คนที่ว่างจึงไปเอาท่อใหม่มาต่อ คนว่างทุกคนจะต้องช่วยกันหมุนท่อใหม่ให้กินเกลียวกับท่ออันที่จมดินเดิมด้วยมือทั้ง 2 มือ เสร็จแล้วคนที่ถอดสกรู เหล็กประกับ 2 คนแรก จะเลื่อนเหล็กกับไปผูกที่ใต้คอท่อบน คนที่ถอดตังเถาก็เอาตังเถาใส่เสีย ใส่เหล็กกับทั้ง 2 แผ่นแล้วเอากุญแจปากตายตีขาเหล็กกับให้เกลียวท่อซึ่งอาจยังไม่แน่นให้เข้าแน่นเป็นหมดธุระของคนบนชุดเก่า คราวนี้คนล่างที่จะขึ้นไปแทนเป็นผู้ยกปี๊บขึ้นใส่แล้วขึ้นไปอยู่ข้างบนบ้าง

เมื่อทำถึงดาน และได้รับคำสั่งให้ย้ายไปหลุมอื่น พอคนบนถอดเหล็กก้านปี๊บได้อัน

หนึ่งๆ คนล่างก็รับม้าแบกไปหลุมใหม่เลย พอถอดเหล็กและปั๊มหมดคนบนก็ลงจากปั้ว คนขุดรูก็รับปั้วพร้อมกับเอาเสี่ยมไปด้วยไปขุดหลุมใหม่ คนบนลงมาก็ถอนท่อถือว่าหมู่ใดทำถึงดาน ลงมาต้องเป็นคนถอนท่อและผูกเหล็กกับหลุมใหม่ด้วย ปล่อยให้คนล่างแบกของที่ไม่จำเป็นต้องใช้ในการถอนไปจนหมด แล้วทั้ง 7 คนยกเว้นคนขุดหลุมจะต้องมาช่วยกันขึ้นท่อ ถอดได้ท่อหนึ่งๆ คนล่างก็แบกไป ๆ จนถึงท่อนสุดท้าย หรือ 2 ท่อนสุดท้ายติดกันและมีเหล็กประกับผูกติดอยู่ คนบน 2 คนจะต้องแบกไปเอง

คนหาบน้ำ หาบดินนั้น เขาแบ่งคนหนึ่งออกมาเป็นคนตวงดิน มีหน้าที่ถ่ายดินจากกระบะลงถัง ตวงและเอาไปชั่ง เมื่อดินเปลี่ยนชั้นครั้งหนึ่งๆ หรือ "หมดปั่น" ตัดเอาปั๊มสุดท้ายรวมตวงล้างกระบะให้หมดเป็นชั้นๆ ไปไม่ปนกัน เมื่อชั่งวัดแล้วให้คนหาบน้ำหาบดินหาบเอาไปให้คนล้างแร่ คนนี้จะต้องช่วยคนล้างขยำดิน ล้างในกระป๋อง เอาน้ำใสใส่ลงไปแล้วขยำ รินน้ำขุ่นทิ้ง ทำจนเหลือแต่ทรายสะอาด หมดธุระขยำแล้วก็หาบน้ำกลับมาให้คนไชแร่

เมื่อเวลาย้ายหลุมใหม่ คนหาบน้ำตวงดินจะต้องขนย้ายอุปกรณ์เกี่ยวกับน้ำและกระบะเก็บดิน ตัวอย่าง มีถังน้ำ ชั่งกระบะเทดิน กระบะตวงดิน กระสอบรองกระบะไปเตรียมไว้ที่หลุมใหม่ พร้อมทั้งตักน้ำไว้ให้เรียบร้อย ส่วนหมอนนั้นเป็นเพียงล้างในกระบะเอาทรายออกให้หมด มอบให้หมู่ไชแร่เอาไปใช้ทำหมอนรองคานสำหรับถอนท่อ เมื่อถอนหมดแล้วคนไชแร่เขาแบกไปเอง

หาบน้ำไปนานๆ มีเวลาว่างก็ช่วยเขาหมุนท่อบ้าง เทปั๊มบ้าง หัดขึ้นไปทิ่มปั๊มบ้าง นานเข้าก็แทนคนไชแร่ที่ป่วย ถ้าร่างกายสู้ได้และใจรัก วันหนึ่งก็เป็นคนไชแร่ไป เป็นการฝึกน้องใหม่เอาไว้

การเก็บดินมีหลายวิธี สุดแต่สภาพของดินเป็นสำคัญ มี :—

1. "เก็บ" ยืนอยู่กับที่ใช้กุญแจจับเหล็กก้านเจาะขึ้นมา กระดกมือขึ้นปล่อยให้มันรูดตกลงเองโดยน้ำหนัก วิธีนี้เหมาะแก่ที่ซึ่งเป็นทรายร่วนหลวม ที่ "เก็บ" เพียงเบาๆ ก็เข้าปั๊มและท่อลงเรื่อย วิธีนี้ข้างล่างมักไม่ต้องหมุนท่อ เพราะกลัวจะเกิดทรายจับแน่น การทำที่ขี้ทรายท้ายเรือขุด รู้สึกว่าวิธีเก็บนี้เหมาะ เพราะได้ดินสม่ำเสมอ ท่อไม่ลงเร็วเกินไป ถ้าทรายใดเป็นที่ที่ใช้วิธีเก็บครั้งหนึ่งท่อก็ลงครั้งหนึ่ง ต้องใช้วิธี "เก็บ" เรื่อยไปจนท่อไม่ยอมลงจึงเปลี่ยนใช้วิธีอื่น

ทุกครั้งที่เปลี่ยนปั๊มใหม่ และอีกครั้งหนึ่งเมื่อปั๊มเต็มก่อนที่จะเปลี่ยนปั๊มใหม่ หรือเมื่อรู้สึกว่าดินในท่อกระจัดกระจายสูงๆ ต่ำๆ ทิ่มแล้วติดขลุกขลัก ใช้ "เก็บ" สัก 6—7 ครั้ง ในการเปลี่ยนปั๊มใหม่เนื่องจากตอนนั้นทรายในปั๊มยังไม่มี เก็บเบาๆ ให้ดินเข้าปั๊มไปทับหลังลิ้นหรือตะปิ้งที่ตื้นปั๊มไว้บ้าง และในขณะเดียวกันเก็บดิน—ทรายในท่อซึ่งเกะกะไม่เรียบหลังจากหมุนท่อตอนถอนปั๊มก่อนให้เรียบ จากนั้นจึงทิ่มอย่างแรงได้ ถ้าไม่เก็บดินทับหลังลิ้นไว้บ้าง เวลาทิ่มครั้งแรกแรงๆ ลิ้นจะสะบัดทำให้ค้างและเสียง่าย และการเก็บตอนเปลี่ยนปั๊ม

ใหม่ ก็เพราะการทิ่มนั้น ตัวท่อโตกว่าตัวปั๊มอาจทิ่มตรงกลาง หรือริมใดริมหนึ่ง เป็นเหตุให้หน้าดินในท่อไม่เสมอกันอาจเป็นรูและมีขอบเหลืออยู่ เก็บเสียให้หน้าดินเรียบ ยิ่งถ้าดินเปลี่ยนชั้น เราก็จำเป็นต้องเก็บดินของชั้นเก่าออกให้หมด ซึ่งต้องเก็บจนหมดจริงๆ ระหว่างเก็บ ตัวอย่างดินที่เข้าปั๊มจะกลับตัว ไม่กระจุยกระจาย เวลาชักปั๊มขึ้นมาข่อมสะดวก ไม่มีกรวดหลุดตกลงไปขัดปั๊มกับข้างท่อ ซึ่งทำให้ชักปั๊มไม่ขึ้น และในระหว่างที่ทิ่มปั๊มอยู่นั้น ดินในท่อสูง ๆ ต่ำ ๆ กระจุยกระจายมาก เวลาชักปั๊มขึ้นก็รู้สึกติด ๆ ดังนั้นพอทิ่มไปสักพักถ้าเห็นขลุกขลักก็เก็บเสียที แล้วจึงทิ่มใหม่อีก

2. "จั้ง" วิธีนี้ใช้ยืนอยู่กับที่ แล้วยกทิ่มเอา ๆ อย่างแรงทุกที เหมาะแก่การทิ่มดินที่ไม่แข็งเกินไป วิธีนี้ถ้าเป็นทราย คนทางล่างไม่ต้องหมุนปั๊ว ท่อมักลงเองพอดี ๆ ไปหมุนท่อเข้า มักทำให้ทรายจับตัวที่ตีนท่อแน่น แต่ถ้าเป็นดินปนทราย ดินอ่อน กระสะที่มีหินไม่มาก ดินที่ไม่เหนียวเกินไป คนทางล่างจะหมุนปั๊วด้วย ท่อจึงลงได้เร็ว วิธีนี้คนทำเหมาเป็นฟุตชอบใช้มาก คนทางภูเก็ตก็ชอบใช้วิธีนี้ เหนื่อยเร็ว วิธีนี้ดินที่ได้ขึ้นมาไม่มากนัก เพราะท่อตัดดินลงเร็ว ดินข้างนอกตีนท่อเข้าไปยาก ถ้าพยายามทำโดยวิธีนี้ได้ตลอดทั้งหลุม ดินที่ได้ขึ้นมา คิดว่าควรได้ปริมาตรที่ใกล้เคียงกัน หลุมต่อหลุมมาก ย่อมเป็นการทำให้การคำนวณไม่ค่อยผิด เพราะดินนอกเข้าไม่ทัน มีข้อเสียก็ตรงท่อลงเร็วเกินไป คนเผ้าต้องหูไวตาไว กระสะบาง ๆ พอดีพอร้ายผ่านเลย ถ้าพอดีมีหินอุดปากปั๊มเป็นไม่ได้ดินกระสะขึ้นมา

3. "จั้วเข้า" หรือ "น่อจัด" เวลาสั่งใช้วิธีนี้ เขามักว่า "เข้า" ภาษาไทยเราว่าสองทีที วิธีนี้ยืนอยู่กับที่ ยกขึ้นมาวางเอาจังหวะเป็นการเอาแรง 1 ที แล้วทันทียกทิ่มอย่างแรง 1 ที แบบนี้เบาแรงกว่าแบบ "จั้ง" ซึ่งทิ่มแรงทุกที งานช้ากว่า "จั้ง" วิธีนี้ใช้ได้ทั้งดินอ่อนดินแข็ง ทรายหยาบแน่นและกระสะที่ไม่ติดแน่น แต่ในการทิ่มทรายร่วนนั้น ต้องสังเกตด้วยว่าทรายเข้าปั๊มหรือที่เรียกปั๊ม "กิน" หรือเปล่า ถ้าเกิดทรายไปจับกันแน่นที่ตีนท่อหรือที่เรียกว่าทราย "เกี่ยด" ทิ่มเอา ๆ ท่อก็ลงตามไปด้วย แต่ดินไม่เข้าท่อเพราะมีทรายจับกันแน่นปิดปากท่ออยู่ กลายเป็นตีนท่อตันลงไปแหวกดินออก วิธีนี้ถ้าเป็นดินอ่อน ดินปนทราย กระสะหลวมกระสะเหนียวพอควร ข้างล่างช่วยหมุนด้วย จะทำให้ท่อลงเร็วไม่ค้าง แต่ถ้าเป็นชั้นทรายหยาบแน่น กระสะแน่น บางครั้งถ้าปั๊มกินดีก็หมุนท่อด้วย แต่ถ้าปั๊มไม่ค่อยกิน ไม่ต้องหมุน เพราะจะทำให้เกิดทราย "เกี่ยด"

4. เจง—จ่วน ภาษาไทยว่า ทิ่ม—หมุน ใช้คำสั่งว่า "เจง" ยกเอาจังหวะ 1 ที แล้วทันทียกทิ่มแรง 1 ที แล้วเดินหมุนขวาทั้งหมด โดยเอากุญแจจับเหล็กก้านเจาะให้หมุนตาม อาจจะเดินไปเพียงมุมเดียว (1 กั๊ก) หรือเดินไปอยู่ตรงข้ามที่ยืนเก่าแล้วทิ่ม (น่อกั๊ก) เมื่อทำเร็ว ๆ จะเปลี่ยนจากเดินเป็นลักษณะวิ่ง ทิ่มหมุน ๆ ของชนิดนี้ได้แรงดี คือมีเวลาพักระหว่างเดินทำช้าลงแต่ทิ่มได้หนักขึ้น แต่ขณะเดียวกันถ้าขี้เกียจก็เป็นวิธีตามสบาย หรือใช้เป็นวิธีอู้ดีทำกันไปคุยถึงแม่คนโน้นแม่คนนี้ไป ระหว่างคนทางบนทิ่ม—หมุน คนทางล่างเป็นแต่เพียงยืนจับหางเหล็กกับไว้ ไม่ให้ปั๊วหงกหงก ท่อจะลงเป็นที ๆ ระหว่างทิ่ม—ชัก ถ้าไม่ลงและ

ปั๊มทำท่าล้ำหน้าตื้นท่อหรือโก่ยเถา เขาใช้หมุนแบบโยกเยก (เอ๋ว) คือเมื่อคนบนหยุดยกเอาจังหวะและทิ่ม คนล่างจะหมุนกระโชกปั่วเดินหน้า พอทางบนถอนปั๊ม ทางล่างก็กระตุกปั่วลงมาที่เก่า ช่วยให้ท่อลงดีเหมือนกัน วิธีนี้ใช้กับดินเหนียว กระสะที่มีหินมากทิ่มแล้วชักไม่ค่อยขึ้น หรือใช้เวลาปั๊มไม่ "กิน" การหมุนจะทำให้ดินเหนียวขาดจากการติดตามผิวปั๊ม หรือทำให้หินที่บีบตื้นปั๊มหลุด ยกปั๊มออกง่าย ถ้าทิ่มดินเหนียวแล้วไม่หมุนจะชักปั๊มไม่ขึ้นหนักแรงเกินไป เป็นการหมุนให้หลวมก่อนจึงดึงขึ้น

5. "ตี" หรือ "ฟาด" ใช้เมื่อหินแน่นมาก ทิ่มแบบ 2 ที่ทีแล้วยังไม่ยอมแยกหรือเข้าปั๊มใช้ยืนอยู่กับที่ สาวเหล็กก้านเจาะขึ้นมาจนถึงข้อต่อ หย่อนลงเอาจังหวะนิดหนึ่งฟัดลงไปพร้อมกันอย่างแรง ให้เหล็กก้านเจาะรูดลงตามรูกุญแจทั้ง 4 เป็นการใช้น้ำหนักของปั๊มและเหล็กก้านเจาะช่วยด้วย ยก—ฟาด ๆ เร็ว ๆ ติดกัน 6—7 ครั้ง ก็หมดแรง จึงเปลี่ยนเป็นเจง—จ่วน ใหม่

6. "บ๊วง" หรือ "พุ่ง" ใช้เมื่อหินแน่นมากแบบเดียวกับต้องใช้ "ตี" แต่แทนที่จะยกขึ้นมาเพียงถึงข้อต่อซึ่งสูงขึ้นมาประมาณ 5′ จากตื้นท่อ ยกก้านและปั๊มให้ลอยขึ้นมาอีก 1 อัน เป็นยกสูง 15′ ปลายเหล็กก้านเจาะลอยสูงแกว่งอยู่บนฟ้า กุญแจล่างเอาเฉพาะปากกุญแจจับเหล็กก้านเจาะไว้พอหมิ่น ๆ และงัดไว้กับหัวท่อ ถอดกุญแจอื่นออกหมด กุญแจ 2 วางกุญแจ เอามือจับเหล็กก้านปั๊มแนวเหนือหัวสุดมือให้ปลายนิ่ง พร้อมกัน "บ๊วง" กุญแจ 1 บิดกุญแจให้ปากหลุดจากก้าน กุญแจ 2 พุ่งมันลงไปกระแทกกับหินข้างล่าง ถ้ามันเข้าดีมักบิดไม่เดิน ต้องงัดขึ้นด้วยกุญแจหรือชะแลง โดยกุญแจ 1 วางหัวกุญแจลงบนตังเถา ให้หัวชนเหล็กก้านเจาะเอาท่อมาต่อปลายเข้าใช้เป็นตัวงัดกุญแจ 2 เอากุญแจเกาะเหล็กก้านเจาะทับหัวกุญแจไว้ 1 ไว้ใช้เป็นตัวจับ กดหางกุญแจ 2 ลงให้แข็ง ให้ปากกุญแจงัดกับก้านไว้อย่าให้รูด กุญแจ 1 งัดหัวกุญแจ 2 ซึ่งจับก้านนั้นขึ้นมาโดยมีหัวท่อเป็นหมอน ถ้ากุญแจ 2 จับยังรูดแรงไม่พอ กุญแจ 4 ช่วยจับอีก 1 ตัว

2 วิธีหลังนี้ถ้าเป็นหินเต็มหน้าไม่ควรใช้ เพราะเป็นการทำลายเครื่องมือของเราเองปั๊มยับเยินหมด

การปฏิบัติปลีกย่อย

1. เมื่อชนหินใหญ่ เมื่อท่อลงชนหินใหญ่ อาจชนเต็มหน้า หรืออาจชนเพียงปากท่อซีกเดียว ถ้าชนเต็มหน้าใช้วิธี "เก็บ" เอาปั๊มเก็บทรายที่ค้างในท่อบนหินขึ้นให้หมดเปลี่ยนปั๊มออก เอาสกัดตีหินลงไปตี ยืนอยู่มุมเดียวกับที่ ตีแบบสองที่ที หรือใช้ "ตี" หรือ "บ๊วง" ถ้าหินก้อนไม่ใหญ่เกินไป และไม่แข็งนักจะแตกออก เมื่อแตกจะรู้ได้ทันทีคือชักไม่ขึ้น เพราะปากสกัดถูกหินที่แตกบีบไว้ ตีมุมใดมุมหนึ่งสักพักหนึ่ง แล้วลองหมุนไป 90° ให้ปากสกัดขวางกับครั้งแรก ตีใหม่ ถ้าแตกแล้วลองยกสับดูว่าตรงไหนยังแข็ง ยกตีตรงนั้น จนแตกหมดทั้งก้อน ถอดสกัดออกเปลี่ยนเอาปั๊มลงไปเก็บหินที่แตกขึ้นมา แต่ถ้าตีไม่แตกจริง ๆ

ต้องถอนไซหลุมใหม่ข้าง ๆ กัน ห่างกันประมาณ 1 วาก็ได้ ถ้าหินติดปากท่อข้างเดียว เอาสกัดลงไปสับดู พอจะตีได้ก็ตีให้แตก แต่ถ้ามันหลบ ๆ อยู่ สกัดทิ่มถูกสกัดก็แฉลบเสีย อย่างนี้ต้องหมุนท่อให้กัดหินนั้นให้ขาด การหมุน ๆ แบบเดินหน้า 2 ก้าว ชักถอยหลัง 1 ก้าว เรียกว่า "โซ๊ะ" ถ้าไม่ยอมขาดใช้หมุนท่อ แล้วกดทางบนตีท่อลง ให้ตีนท่อตัดหินนั้นให้ขาด บางทีหินนั้นก็ขาด แต่บางทีมันก็หลบ ทำให้ท่อเอียง

หินที่ขวางนั้น บางทีเป็นดานแข็งหรือเป็นกำแพงหินในดานก็ได้ จึงควรระวังให้มาก เพราะนึกว่าหินขวาง แต่ความจริงถึงดานแล้ว เมื่อเอาสกัดลงตีต้องสังเกตว่าปลายสกัดติดหินอะไรขึ้นมา หรือเมื่อเอาปั๊มลงเก็บ ได้หินแตกขึ้นมาเป็นหินอะไร เป็นหินกระสะ หินใหญ่ในที่นั้นซึ่งอาจดูได้จากท้องห้วย หรือหินดาน

2. เมื่อท่อไม่ค่อยยอมลง ทำให้ตีนปั๊มล้ำหน้าตีนท่อ ตามหลักการไซแร่ที่ระวังกันมากที่สุด ก็คือไม่ยอมให้ตีนปั๊มทรายล้ำหน้าตีนท่อลงไป การล้ำหน้านี้ภาษาเขาเรียก "โก่ยเถา" เมื่อตีนท่อคม ถ้าเป็นดินอ่อน ทรายอ่อน ทรายร่วน ดินเหนียวอ่อน ถึงดินเหนียวที่แข็งปานกลาง ตลอดจนกระสะหลวม มีหินห่าง ๆ เมื่อทิ่มสองทีที่ และยังหมุนท่อด้วยแล้ว ท่อจะลงพอดี ๆ หรือเกินหน้าตีนปั๊มอยู่เสมอ ๆ แต่ในกรณีที่โดนกระสะแน่นมาก มีทรายละเอียดจับท่อ มีหินขัดท่อไว้ ตีนท่อเล็กกว่า SOCKET ทำให้ติดที่ SOCKET ดินเป็นซิเมนต์เหล่านี้ท่อมักจะไม่ยอมลง บางทีตีนปั๊มขุดรูนำไปก่อนตั้ง 5″—6″ หมุนท่ออีก ท่อก็ไม่ยอมลงอยู่นั่นเอง อย่างนี้ต้องคอยระวังดูไว้ ถ้าเห็นคนทิ่มปั๊มทิ่มเกินมาร์คไป ต้องให้คนบนยกปั๊มมาห้อยไว้ก่อน ให้คนทางล่างหมุนท่อลง การหมุนมักจะฟังเสียงดูด้วยว่า มันติดตรงไหน เพราะเหตุใด ถ้ามีหินขวางตีนท่อ ตีนท่อจะกัดหินดังครืด ๆ ทั้งหมดใช้วิธีหมุนรอบ แต่ถ้าไม่ลงต้องลองเปลี่ยนเป็นแบบ "โซ๊ะ" โดยหมุนเดินหน้าไป 2 ก้าว กระตุกถอยหลัง 1 ก้าว วิธีนี้โดยมากมักจะลง แต่ถ้าไม่ยอมลง ก็ต้องตีหัวท่อลงไป การตีท่อนั้นอาจจะใช้ตีด้วยเหล็กก้านเจาะที่มีปั๊มติดอยู่ หรืออาจตีด้วยสี่เกลอก็ได้ ถ้าตีด้วยเหล็กก้านเจาะและปั๊ม ต้องใช้กุญแจตีท่อเสียบเข้าไปจับคอเหล็กก้านเจาะ แล้วตีกับหัวท่อ แต่ก่อนจะตี จะต้องปั๊มดินเข้าปั๊มให้มากพอที่จะทับลิ้นไว้ไม่ให้สะบัดก่อน และเกลียวหัวท่อต้องผูกแน่น ขณะตีหัวต่อคนล่างจะต้องหมุนท่อไปด้วย เมื่อตีลงจนถึงที่แล้วก็พอ ไม่ควรตีท่อให้จมเกินรูไปมาก เพราะจะทำให้ดินตรงตีนท่อจับแน่น ดันดินไม่ให้เข้าในท่อ และอาจจับแน่นทำให้ปั๊มไม่ค่อย "กิน" ด้วย เมื่อตีแล้วควรเปลี่ยนปั๊มนั้นออก เอาปั๊มใหม่ลงไปเก็บดินใหม่ ปั๊มที่ใช้ตีท่อแรงๆ ทรายในปั๊มจะกลับตัวจับกันแน่นทับลิ้นให้แข็ง ถ้าไม่เปลี่ยนปั๊มนั้นอาจจะไม่ยอมกินทราย ถ้าจะตีด้วยสี่เกลอ จะต้องถอดปั๊มและเอาเหล็กลงให้หมด เอาสี่เกลอขึ้นไปตีแบบตีหัวเสา จะต้องไม่ตีด้วยฤทธิ์ด้วยแรงที่เกินควร มิฉะนั้นเกลียวท่อ เกลียวเหล็กก้านเจาะ ฯลฯ จะเสียหายหมด

ที่เราจะรู้ตีนปั๊มล้ำหน้าตีนท่อหรือไม่นั้น คนกุญแจล่างและคนคุมบอริ่งต้องคอยดูไว้ ถ้าท่อยาว 5′ เหล็กก้านปั๊มอันสั้นยาว 5′ และเหล็กยาว 10′ ตามมาตรฐานแล้วก้านเหล็ก

ที่เหลือนับแต่พื้นปี๊บที่ยื่นขึ้นไปจะเหลือ 5' หรือประมาณเสมอตาคนงานบอริ่ง แต่เพื่อความแน่นอน เราวัดความยาวจากตื่นท่อจนถึงหัวท่อแต่ละครั้งว่ายาวเท่าใด (โดยวัดความยาวของท่อแต่ละท่อนมาบวกกัน) และวัดความยาวของปี๊บและเหล็กก้านเจาะว่ายาวเท่าใด เอาลบกันจะมีก้านเหลือพ้นหัวท่อเท่าใดเอาชอคเขียนเหล็กเขียนหมายที่ก้านนั้นไว้

ที่ไม่ยอมให้ตื่นปี๊บล้ำหน้าตื่นท่อ เพราะชั้นของดินมีหลายชั้น แข็ง อ่อน ร่วนไม่เหมือนกัน และส่วนมากมีน้ำด้วย ถ้าตื่นปี๊บเก็บดินอยู่เฉพาะในตื่นท่ออยู่เสมอ มันจะเก็บดินเฉพาะที่ตื่นปี๊บตัดเข้ามา แต่ถ้าตื่นปี๊บลงเกินตื่นท่อไปก่อน ก็เหมือนปี๊บขุดรูนำตื่นท่อไปก่อน ดินข้าง ๆ ย่อมพังเข้าไปได้เพราะไม่มีฝากั้น ยิ่งทิ้ม ถอน เป็นการดันและดูด ข้างล่างมีน้ำช่วยเป็นสื่อแรงดึงและดันน้ำชักดินตกลงเป็นโพรง ดินชั้นบนรอบนอกท่อก็จะพลอยพังลงด้วย อันนี้ถ้าใชแร่ในที่มีน้ำขังประมาณท่วมหลังเท้าจะเห็นได้แจ้งชัด เวลาทิ้มปี๊บลงไปน้ำบนผิวดินตรงรอบนอกท่อ จะดันกระฉูดและเวลาถอนปี๊บน้ำตรงนั้นจะยุบลง แสดงว่าปี๊บทำหน้าที่เสมือนลูกสูบชัก น้ำในท่อและน้ำนอกท่อเข้าหาถึงกันได้ เมื่อทิ้มปี๊บลง ผลักน้ำไปดันทรายรอบนอกท่อให้หลุด พอถอนก็ดูดทรายนั้นลงไป ในการนี้ดินตัวอย่างที่ปี๊บขึ้นมาจึงมีทรายชั้นบน ๆ ดังกล่าวปนมาด้วย ถ้าดินชั้นบนไม่มีแร่ ชั้นล่างมีแร่ จะทำให้ผลการคำนวณต่ำกว่าความเป็นจริง เพราะเอาดินไม่มีแร่มาเพิ่มปริมาตรให้กับชั้นที่มีแร่ แต่ถ้าชั้นบนมีแร่ชั้นล่างไม่มี เช่นในกรณีมีกระสะ 2 ชั้นที่มีชั้นทรายละเอียดคั่นกลาง แร่จากชั้นบนจะทำให้ชั้นล่างซึ่งไม่มีแร่ หรือมีแร่น้อยกว่าเกิดมีแร่ขึ้นมา ทำให้ผลการคำนวณสูงกว่าเป็นจริง นอกจากนี้การโก่ยเถา บางครั้งทำให้การวัดความหนาของชั้นดินผิดอีกด้วย มีบ่อย ๆ ที่ท่อมักติดชั้นกระสะไม่ค่อยยอมลง ปี๊บที่ทิ้มถึงแม้จะเกินดานไป 1 คืบ บางทีก็ไม่ติดดานขึ้นมา เพราะอาจมีหินขวางปากปี๊บอยู่ขนาดพอดีเต็มปากก็ได้ เราก็ไม่ได้เห็นดานพอหมุนท่อให้ลงตื่นท่อจะตัดกระสะร่วงลงในรูที่ปี๊บทิ้มเกินไว้ เมื่อเอาปี๊บลงทิ้มใหม่ จะทิ้มลงไปเอากระสะที่ตกอยู่ในดานที่ผ่าเกินขึ้นมา ท่อก็จะจมดานลงไปอีก ดานอ่อนทิ้มไป ทรายกระสะก็จะดันดานหลีกลึกลงไป กว่าจะได้ดานขึ้นมาให้เห็น บางทีผ่าดานลงไปแล้วตั้ง 2 ฟุต เป็นธรรมดากระสะมักหนา 2–3 ฟุต ถ้าวัดผิด เกิดไปวัดมาเป็น 4–5 ฟุต โดยถือเอาเมื่อได้ดานมาคิด ทำให้ผลการคำนวณมีแร่มากกว่าความเป็นจริงไป 100% ก็มี

3. เมื่อทรายไหลหรือทรายเดือด มีทรายใต้ดินบางชั้นที่มีน้ำใต้ดินอันมีแรงดันอยู่ด้วย พอทำถึงชั้นนั้นน้ำจะดันทรายเข้าทางตื่นท่อ เอาปี๊บเก็บขึ้นมา ก็จะเข้ามาแทนที่ บางทีเข้ามาสูงตั้ง 4 ฟุต 5 ฟุต ถ้าโดนอย่างนี้ต้องรีบทำอย่างเร็ว ทิ้มแบบสองทีที่ เก็บทิ้งๆจนกระทั่งได้มาร์คเดิมก่อน ทรายเดือด จึงเก็บดินตัวอย่างเอามาตวงตามปรกติ

4. ทรายจับตัวแน่นในท่อ (เกี๊ยด) ทรายหยาบร่วน ทรายหยาบร่วนปนกรวดก้อนเล็ก ๆ เช่นกระสะท้องห้วย และกระสะร่วน มักไม่ค่อยยอมเข้าปี๊บ เมื่อหมุนท่อก็ดี ทิ้มโดยปี๊บไม่กินนานก็ดี จะจับตัวแน่นในท่อตรงตื่นท่อ ถ้าท่อไม่ลงตามไปด้วยก็ไม่เป็นไรแต่ถ้าข้างล่างหลวม เมื่อทิ้มปี๊บลงไป แรงกระแทกจะพาท่อลงไปทุกครั้ง แต่ดินไม่เข้าท่อและ

ไม่เข้าปั๊ม เพราะมีทรายจับแน่นปิดตื้นท่ออยู่ เหมือนตีหัวเสาลงไปดันดินออก ถ้าเป็นชั้นกระสะ ทำให้ตื้นท่อผ่านชั้นกระสะตอนใดตอนหนึ่ง โดยเฉพาะมักตอนบนดานอ่อนโดยไม่ได้ดินชั้นนั้นขึ้นมา ถ้าพอดีแร่กองบนดานและเป็นตอนที่แร่ดี จะทำให้ค่าของหลุมนั้นต่ำกว่าเป็นจริง เพราะไม่ได้แร่ที่ควรได้เข้ามา วิธีแก้ก็คือ เอาเหล็กประกับพิเศษอีก 1 อัน ผูกหลวมๆพอรูดได้ติดไว้กับท่อตอนที่สงสัยว่าจะโดนทรายเกียด หรือใช้คีมจับท่อไว้ก็ได้ ปลายข้างหนึ่งค้างอยู่บนหมอนให้งัดท่อไว้ไม่ให้ลง เอาท่อต่อปลายเหล็กกับข้างที่วางบนหมอน มีคนคอยรั้งขึ้นเป็นการช่วยงัด 1 คน เอาน้ำใส่ลงไปมาก ๆ ทิ่มแบบ "เจงจ่วน" และทิ่มกดหางกุญแจแน่น โดยไม่หมุนท่อจนปั๊มกิน แล้วทิ่มแบบสองที่ที่ ทิ่มจนชั้นทรายที่จับแน่นหลุดทะลุ เหล็กก้านเจาะได้มาร์คกับหัวท่อ จึงหย่อนท่อลงไปเป็นที ๆ พร้อมกับปั๊มตามลงไป จากนั้นปล่อยเหล็กกับให้หลวมท่อรูดลงได้เอง หย่อนลงไปอีกปั๊มตามลงอีกเรื่อยไป การใช้เหล็กประกับเบรคท่อไม่ให้ลงเร็วนี้ อาจใช้กับดินอ่อนหรือที่ทรายร่วนหลวมที่ท่อลงเร็วได้ดี โดยหย่อนลงทีละฟุตแล้วเอาปั๊มเก็บจนได้มาร์ค

ปั๊มที่ใช้นั้นเป็นแบบมีลิ้นปิดเปิดได้เมื่อทิ่ม แรงที่กดลงจะทำให้ดินทะลักผ่านลิ้นเข้าไปในปั๊ม เมื่อยกปั๊มขึ้นลิ้นจะปิดเก็บดินไว้ข้างใน ดินเหนียว ดินอ่อน ดินปนทราย ดินเหนียวปนทราย ความยึดเหนี่ยวของเนื้อดินทำให้ดินทะลักเข้าปั๊มง่าย แต่ทรายหยาบร่วนที่แต่ละเม็ดไม่จับกัน และพื้นล่างลงไปอ่อน ไม่ค่อยยอมทะลักเข้าปั๊ม จึงเป็นต้นเหตุให้เกิดทราย "เกียด"

ในการไชแร่มีการเติมน้ำลงไปทางปากท่อครั้งหนึ่งๆประมาณเป็น 10 ลิตร เติมอยู่เสมอที่รู้สึกว่าเริ่มจะไม่มีน้ำข้างใน การเติมน้ำถ้าเป็นดินน้ำจะทำให้ดินเหลวอ่อนลง ปั๊มกินได้ดีขึ้น และเวลาชักปั๊มก็ทำให้เบาแรงกว่าที่จะชักกับดินที่หมาดขนาดหนืบ ๆ ถ้าเป็นทรายน้ำเป็นตัวช่วยชักทรายให้เข้าปั๊ม ถ้าเป็นทรายไหลใส่น้ำลงไปมากๆ น้ำจะไปดันแรงทรายไม่ให้ทรายเข้ามาก นอกจากนั้นเวลาเทดินจากปั๊มน้ำจะทำให้ลื่น เทปั๊มง่ายเข้า น้ำมีข้อเสียอยู่อย่างเดียวคือเมื่อดินและวัดปริมาตรยากเท่านั้น

5. เมื่อโดนดินเหนียวแข็งและหนืบ มีสว่านสำหรับเจาะดินเหนียว เมื่อจะเจาะต้องเอาปั๊มออก ส่วนสว่านต่อเหล็กก้านเจาะลงไป ยกทิ่มก่อนแล้วกดบิดหมุนให้กินดิน เวลาจะถอนขึ้นต้องงัดออก ดินจะติดเกลียวสว่านมาด้วย การใช้สว่านไชช้า จึงมักใช้ปั๊มทิ่มแบบเจง–จ่วน ควรเติมน้ำลงไปด้วย เวลาเทปั๊มจะได้ลื่นออกง่ายขึ้น

6. การถอนท่อ ใช้ไม้กลมทั้งต้นที่แข็งเหนียวและตรงปลาย ϕ ประมาณ 6" ยาวประมาณ 2 วา เป็นไม้คานสำหรับดีดขึ้น ใช้หมอนรองกระทุ้งปั๊มเป็นหมอน ทำโดยเอาไม้รองเหล็กกับซึ่งโตประมาณเท่าแขน ยาวประมาณ 60 เซนติเมตร ขวางรองหัวหมอนเฉพาะข้างขวากันทรุด และเมื่อหัวคานดีดงัดท่อทางด้านขวาแล้ว จะได้ทำให้ไม้คานดีดไม่ไหลตกง่าย เวลาดีดวางให้งัดด้านขวาของท่อ เพื่อเมื่องัดขึ้นท่อจะได้หมุนเวียนขวาเป็นการกัน

เกลียวท่อที่ต่อกันไม่ให้หมุนกลับ แล้วคลายสกรูเหล็กกับอันล่างพอหลวม ไหลเหล็กกับนั้นลงมาบนหัวคาน เหล็กกับอันบนคงคาอยู่อย่างเก่าก่อน ใช้คน 2-3 คน กดปลายคานดีดเหล็กกับงัดท่อขึ้น อีก 1 คนกดปลายเหล็กกับด้านตรงกันข้ามกับปลายที่ถูกงัดลง เป็นการจับท่อแน่น เราไม่ผูกเหล็กกับจนติดแน่นกับท่อแล้วจึงงัด เพราะเมื่อดีดขึ้นแต่ละครั้งต้องเสียเวลามาถอดสกรูเหล็กกับใหม่ แต่เราดีดเหล็กกับข้างเดียว เหล็กกับจะงัดท่อไว้พาท่อขึ้นมาด้วย พอขึ้นสุดก็กระดกปลายเหล็กกับข้างที่กดนั้นขึ้น พร้อมกับยกปลายคานดีด เหล็กกับจะไหลลงไปบนหัวคาน พร้อมที่จะดีดงัดขึ้นได้ใหม่ ถ้าพองัดขึ้นมาแต่พอปล่อยท่อก็ตกลงไป ต้องถอดเหล็กกับอันบนพอหลวมไหลลงมา เอาคนจับยกปลายข้างหนึ่งไว้ ยกปลายข้างเดียว เหล็กกับจะงัดท่อไว้ไม่ให้ท่อไหลลงเช่นเดียวกับการดีดขึ้นข้างเดียวระหว่างที่ท่อขึ้น ยกปลายเหล็กกับอันบนนี้พอให้หลวม ๆ ท่อจะรูดเหล็กกับขึ้นมา ไม่เป็นการเสียแรงมาผูกแก้สกรูงัดขึ้นจนท่อบนพ้นพอที่จะเลื่อนเหล็กกับลงจับท่อล่างได้ จึงเลื่อนเหล็กกับลงจับท่อล่าง 1 อัน ดีดท่อขึ้นอีกเล็กน้อยกดปลายคานดีดค้าไว้อย่างนั้น เอาเหล็กกับจับท่อบนให้แข็งในแนวนมโดยผูกสกรูบีบแน่น เอาท่อต่อปลายกระชากให้เกลียวท่อบนหลุดจากเกลียวท่อล่าง แล้วหมุนเกลียวเอาท่อบนออก ถ้าขึ้นคล่องก็ดีดโดยวิธีนี้ไปจนหมด หรือจนเหลือ 2 ท่อติดกับท่อตื้น เอาเหล็กกับทั้ง 2 ลงมาจับที่คอ SODKET ท่อล่างเป็น 4 แฉก พร้อมกันหลาย ๆ คน ปล่อยท่อตกลงนิดหน่อยแล้วกระตุกขึ้น ทำอย่างนี้หลาย ๆ ครั้งจนหลวมจึงชักขึ้นมาทั้งหมด เอาน้ำล้างและเอากระสอบเช็ดให้เกลี้ยงทั้งข้างนอกและข้างใน กันมิให้มีแร่ติดไปหลุมต่อไป

วิธีที่ 2 "เอ๋ว" ถ้างัดแบบธรรมดาไม่ขึ้น ให้เลื่อนเหล็กกับบนไปผูกจับท่อแน่นแนวราวนม แล้วเอาท่อต่อปลายทั้ง 2 ข้างให้คน 3—4 คนกดปลายคานดีดทั้งงัดท่อขึ้นให้นิ่งไว้ อีก 2 คนจับท่อนี้ต่อปลายเหล็กกับบนทั้ง 2 ปลายโยกเดินหน้าถอยหลังนิดๆพอท่อขยับตัวไปมาเท่านั้น การขยับท่อให้เคลื่อนไป-มาในแนวรอบตัว พร้อมกับดีดท่อนั้นอยู่ จะทำให้ท่อขึ้นง่ายขึ้น ทำแบบนี้จนหลวมดีขึ้นคล่อง จึงดีดขึ้นแบบวิธี 1

วิธีที่ 3 ถ้าใช้เอ๋วแบบวิธีที่ 2 ยังไม่ยอมขึ้นใช้วิธี "ตี๋" แบบนี้ท่อจะต้องเลื่อนขึ้นเลื่อนลงได้นิดหน่อย คงใช้เหล็กกับบนจับท่อแน่นแล้วต่อด้วยท่อไว้สำหรับโยกไป-มาแบบวิธีที่ 2 แต่แทนที่จะดีดไว้เฉย ๆ แล้วโยกเยกท่อ กลับครั้งแรกงัดท่อขึ้นมาจนถึงที่ติดแล้วโยกท่อถอยหลังพร้อมทั้งยกหางคานดีดขึ้นให้หัวตก ท่อจะตกลงกับหัวคานดีดจนสุดระยะลง จากนั้นโยกท่อไปข้างหน้าพร้อมกดปลายคานดีดลง ดีดกระชากท่อซึ่งกำลังหมุนไปทางหน้านั้นขึ้นไปใหม่ ท่อจะถูกกระชากแบบหมุนเกลียวขึ้นไป เจตนาก็คือปล่อยท่อตกลงแล้วหมุนกระชากขึ้นเป็นที่ ๆ การกระชากขึ้นปล่อยลงจะทำให้หิน ดิน ทราย ที่ติดหลักตัวหรือหล่นลงท่อจะหลุดขึ้นมา

วิธีที่ 4 ถ้าท่อจับแน่นหมุนไม่ค่อยเดิน และขึ้นลงนิดหน่อยไม่ได้ ใช้คานดีด 2 อันดีดคนละข้างตรงกันข้ามกัน วิธีนี้ต้องผูกเหล็กกับให้แน่น เพราะการดีด 2 ข้างทำให้

เหล็กกับรูด ใช้เอ๋ว คือโยกท่อด้วย วิธีนี้มีความดีคือ งัด 2 ข้างทำให้ท่อไม่งัด ถ้าดึดท่อข้างเดียวทำให้ท่องัดกับดินทางข้าง แต่มีข้อเสีย คืองัด 2 ข้างเหล็กกับจะรูด ต้องเสียเวลาผูก-แก้สกรูเมื่อเลื่อนปั๊มได้แต่ละที ปรกติไม่มีใครใช้วิธีนี้

วิธีที่ 5 เป็นวิธีสุดท้ายที่จะใช้คานดึด ใช้คานดึด 2 อัน เท่ากันงัดคีบคู่กัน เอาเชือกหรือหวายหรือเถาวัลย์ขันชะเนาะไม้ทั้ง2อันให้ติดเป็นอันเดียวกัน แบบนี้จะต้องมีเหล็กกับพิเศษอีก 1 อันใช้จับท่อผูกสกรูแน่น สำหรับคานดึดงัด และอีก 2 อันจับเข้าที่คอท่อบนเอาปี๋วใส่ขึ้นไป แต่ถ้าไม่มีเหล็กกับพิเศษอาจเอาไม้ 4 อันปักทำเสารอบปี๋วไว้พอให้ตีหัวท่อได้ แล้วเอาเหล็กกับไปใช้จับท่อในการดึดเอาคนทั้งหมดไปอยู่บนปลายคานดึด ยกเว้น 2 หรือ 4 คนไปอยู่บนปี๋ว เอาสิ่เกลอหรือเหล็กก้านเจาะตีท่อลง การที่ดีท่อขึ้นอย่างแรงแล้วเอาคนตี หัวท่อลงย้อน แรงดึดให้ท่อลงได้ นิดหน่อยหรือ กระเทือนแรงดึด ของคาน จะกระชากกลับ การดึดคู่ 2 ข้าง ท่อนี้เหล็กกับมักรูด จึงควรตัดไม้ยาวพอดี ๆ ตั้งยันเหล็กกับอันผูกท่อไว้กับเหล็กกับอันวางปี๋วกันรูด และถ้าตีแล้วแทนที่ท่อจะถูกดึดขึ้น แต่กลับจมลงอีก แสดงว่าแรงดึดไม่พอ ต้องเอาไม้คานใหญ่ขึ้น เอาคนไปอยู่บนปลายคานให้มาก ถ้ายังหนักไม่พอเอาท่อหรือเหล็กหนัก ๆ แขวนเข้าไปอีกจนมันแรงกว่าแรงตีลง ทำอย่างนี้จะขึ้นที่ละนิด ๆ เท่านั้น ต้องใจเย็นเอาคานออกเลื่อนเหล็กกับผูกใหม่ เอาขึ้นจนหลวม เป็นการเสียเวลามาก เป็น 2-3 วันก็มี วิธีนี้มักใช้กับที่ซึ่งท่อหมุนไม่ค่อยเดิน และท่อขึ้น-ลงนิดหน่อยไม่ได้ เช่น ในกรณีตีตื้นท่อลงติดหินผุหรือในกรณีทำคราซึ่งมีทรายหยาบและน้ำเฟลสปาร์ละลายไปอัดรอบท่อ จับท่อแน่น หรือในกรณีมีทรายละเอียด และหยาบปานกลางที่มีเนื้อแน่นแล้วมีน้ำพาทรายมาจับรัดท่อ บางทีถ้าทรายนอกรัดท่อ ก่อนจะตีท่อจะต้องปั๊มดินในท่อให้โก่ยเถาจนเดินข้างนอกที่จับท่อร่วงลงก่อน

วิธีที่ 6 มีบางคนใช้แม่แรง 15 ตันหรือรอกแม่แรงชัก เป็นการดึงขึ้นด้วยฤทธิ์ด้วยแรงท่อ ๆ ขึ้นมา พอดีพอร้ายท่อขาดคาจมดินหมด ไม่ควรใช้ บางคนเห็นว่าหมดหนทางรู้ว่าติดที่ท่อไหน เช่นสงสัยว่าติดท่อตื้นเขาเอาระเบิดผูกเชือกลงไป แขวนตรงเกลียวต่อท่อนล่างสุดระเบิดให้เกลียวขาด ทิ้งแต่ท่อตื้นอันเดียว เคยคิดจะใช้โดยจะเอาปั๊มไปปั๊มให้โก่ยเถา จนดินใต้ตื้นท่อเป็นโพรง แล้วเอาระเบิดลงไประเบิดที่ในโพรงนี้ แต่พอดีท่อขึ้นเสียก่อนเลยไม่ได้ลองดู

อย่างไรก็ตาม เมื่อท่อติด พยายามหมุนท่อให้เดินให้คล่อง ถ้าที่ปั๊มมีชั้นทรายละเอียดและมีน้ำไหลอยู่บนดิน เช่นทำในห้วย หรือทำในที่น้ำเฉอะแฉะมีน้ำขัง ไม่ควรหมุน เพราะทรายจะตกลงไปอัดใหญ่ ลองเอาปั๊มลงไปเก็บให้โก่ยเถา หมุนท่อให้ดินติดรอบท่อตกลงไปในโพรงบ้าง แล้วจึงค่อยงัดขึ้น

7. ปั๊มหรือปั๊มพร้อมเหล็กก้านปั๊มเกลียวขาดหรือหลุดตกคาอยู่ในท่อ เกลียวต่อของปั๊มและก้านปั๊มที่หลวมเคยหลุดจากกัน ทำให้ปั๊มตกลงไปคาอยู่ในท่อ ถ้าเกลียวยังดีอยู่

ก็เอาเหล็กก้านเจาะสับดูจนตั้งบนเกลียวที่ตก หมุนเวียนขวาให้เกลียวกินกันชักขึ้นมา แต่ถ้าเกลียวหวานเอาเหล็กก้านปั๊มต่อลงไปสับหมุนกับเกลียวที่ตกไม่ยอมกินเกลียวกัน ใช้แผ่นสังกะสีบาง ๆ เช่นแผ่นสังกะสีกระป๋องนม ตัดรองเข้าไปในเกลียวตัวเมียของก้านที่จะใช้สับปิดขึ้นมา กดให้สับบนหัวเกลียวตัวผู้ของอันที่ตกให้แน่น ทำเป็นรองอีก 1 ชั้น จะช่วยให้เกลียวกินกันแน่น หมุนจนเกลียวกินกันสนิทจึงชักขึ้นมา

เขามีเครื่องมือเป็นข้อใช้ต่อกับเหล็กก้านปั๊มไปเกาะคอเหล็กอันที่ตกลงขึ้นมา หรือทำเป็นสปริงต่อก้านปั๊มตีครอบหัวก้านที่ตกดึงขึ้นมา หรือทำเป็นเกลียวปากกว้างเทปเบ้อเข้าใน มีเกลียวตัวเมียอย่างละเอียด ครอบลงบนเกลียวตัวผู้ของเหล็กอันที่ตก กดบิดให้เกลียวของอันครอบกัดกินเกลียวหยาบของอันตก แล้วดึงขึ้นมา

โดยวิธีดังกล่าวนี้ เมื่อได้ปั๊มที่ตกลงไปขึ้นมาได้เราก็ทำงานต่อไปได้ แต่ถ้าไม่มีเครื่องมือดังกล่าวและเอาไม่ขึ้น ใช้ทรายร่วนใส่ลงไปให้อัดท่อกับปั๊มที่อยู่ข้างในให้ติดกันไว้ เอาน้ำใส่ลงไปช่วย แล้วทิ้งไว้สักครึ่งวันหรือ 1 วัน จึงดึดท่อขึ้น ปั๊มจะติดในท่อขึ้นมา วิธีนี้จำเป็นต้องถอนท่อด้วย เมื่อได้ปั๊มแล้วจะทำงานต่อ อาจต้องย้ายหลุมใหม่ หรืออาจต่อท่อกลับลงรูเก่าจนถึงที่ที่ทำทิ้งไว้จึงเก็บตัวอย่างดินใหม่ก็ได้

8. **ท่อเกลียวหลุดจากกันหรือขาดคาอยู่ในดิน** เกลียวท่อและเกลียวของปั๊มเป็นเกลียวขวา ดังนั้นเวลาหมุนท่อหรือก้านปั๊มจึงหมุนเวียนขวา เพื่อให้เกลียวจับกันแน่นอยู่เสมอ แต่การหมุนท่อแบบเอ๋วก็ดี แบบโซ๊ะ ก็ดี การดึดท่อขึ้นทางซ้ายให้ท่อหมุนกลับทางซ้ายก็ดี เกลียวอาจจะหลุดจากกันได้ หรือเวลาถอนท่อ ท่อล่างติดและท่อไม่แข็งแรง พอดึดออกท่อจะขาดหรือเกลียวขาด

ถ้าเกลียวหลุดจากกัน มีท่อจมดินคาอยู่ เราใช้ต่อท่อกลับลงไปใหม่ หย่อนลงจนถึงอันที่ติดคาอยู่ หมุนเกลียวให้กินกันจะได้ขึ้นมา แต่ถ้าขาดจากกัน เราต่อท่อลงไปใหม่จนชนหัวท่อที่ขาดคา ใช้ปั๊มทรายต่อลงไปและเก็บดินให้โก่ยเถากะจนท่อล่างที่ขาดคาหลวม จากนั้นถ้ามีลูกศรถอนท่อ เอาลูกศรต่อกับเหล็กก้านปั๊มที่มลงไป ให้เงี่ยงของดอกศรไปขัดตื่นท่อไว้ แต่ถ้าไม่มีดอกศร เอาปั๊มทรายต่อลงไปจนถึงตื่นท่ออันขาดคา เอาทรายใส่ลงไปพร้อมเอาน้ำราดลง ให้ทรายลงไปอัดระหว่างปั๊มกับท่อ ทิ้งไว้สักครึ่งวัน จนกะว่าปั๊มกับท่ออันขาดติดกันแน่นดี เอาเหล็กกับ 1 คู่มาคีบก้านปั๊มไว้ให้แน่น ให้สูงกว่าหัวท่อประมาณ 1 ฝ่ามือ ดึดท่อขึ้นโดยใช้วิธี "ตี" เมื่อ "ตี" ท่อที่เราต่อลงไปจะกระแทกขึ้นตามแรงตี จะกระแทกเหล็กกับที่จับก้านปั๊มที่ยึดท่ออันขาดให้ขึ้นมาทีละนิดๆ ต้องคอยหมั่นสังเกตว่า เหล็กกับที่ผูกเหนือหัวท่อประมาณ 1 ฝ่ามือนั้น คงรักษาระยะนี้อยู่เสมอ ถ้าเกิดห่างไป แสดงว่าปั๊มที่เอาทรายลงอัดติดกับท่ออันขาดเกิดหลุดจากกัน ต้องอัดทรายใหม่ ระยะที่เว้น 1 ฝ่ามือนั้น เพื่อให้มีระยะกระแทกตีเป็นการได้แรงกว่าผูกเหล็กกับชิดบนหัวท่อ พอขึ้นมาๆ จนหมดท่อท่อนหนึ่ง เราจะต้องถอดท่อที่ขึ้นนั้นออกทีละท่อน การถอดจะยุ่งนิดหน่อย เพราะมีเหล็กก้านเจาะคาอยู่

ให้ผูกก้านที่ยึดท่ออันขาดคาไว้มิให้ตกลงไปด้วย เชือกผูกห้อยไว้ก็ได้ แล้วเอารอกที่ขึ้นเสาผ้ากันแดดชักท่อที่ถอดออกทางปลายเหล็กก้านเจาะนั้น พร้อมทั้งถอดก้านเจาะที่เหลืออยู่มากเกินที่เหล็กกับจะจับออกเสียด้วย ใช้วิธี "ตี" จนท่อขึ้นดี จากนั้นเอาเหล็กกับจับก้านปั๊มให้ติดหัวท่อดึดท่อขึ้นแบบถอนท่อวิธีธรรมดา เหล็กก้านเจาะที่ยึดท่อขาดไว้ จะดึงท่อขาดขึ้นมาด้วย

9. **การซ่อมเครื่องมือบอริ่ง** เครื่องมือที่มักเสียเป็นประจำก็คือ ตื้นท่อ ตื้นปั๊ม สึกกุญแจจับก้านปั๊มหลวมกราก คอปั๊มหัก เกลียวปั๊มและเกลียวก้านปั๊มสึกมากจนหลวมหลุดหรือหัก ข้อต่อท่อเกลียวกราก ฯ ล ฯ

ตื้นท่อและตื้นปั๊มนั้น ทางใต้มีเหล็กแผ่นลูกแล่งของเรือขุด ซึ่งเป็นแมงกานีสสตีลเขาเอามาเผาไฟตีให้โค้งเป็นวงกลมแล้วเชื่อมต่อ เสร็จแล้วกลึงชุบใช้ได้ดี ตื้นท่อเมื่อใช้ครั้งแรกทื่อไป แต่ยังไม่สั้นเกินไป ก็ถอดเอาไปกลึงและชุบใหม่ให้คม กลึงได้ 2—3 ครั้ง สั้นมากจนเอากุญแจจับเวลาถอดไม่ได้ ก็ต้องใช้ต่อปาก โดยเอาแมงกานีสสตีลหรือเหล็กแหนบหรือเหล็กกลางรถไฟ ทำเป็นแผ่นม้วนเชื่อมเป็นวงกลมเฉพาะปากที่สึก เชื่อมต่อเข้ากับอันเก่า แล้วกลึงล้างให้เรียบร้อย ไม่ต้องทำเกลียวอีก ถูกเงินลงไปนิดหน่อย แต่ถ้าเกลียวไม่ดีก็ทำใหม่ทั้งอัน

ตื้นปั๊มถ้าทิ่มหินจะบู้ มักจะใช้ทุ้งกันไปจนตื้นสั้น ถ้าทิ่มแต่ทรายหรือดินปนทรายปากจะคมเอง

ถ้ากุญแจจับก้านปั๊มปากสึกมาก ใช้เชื่อมพอกด้วยเหล็กเหนียวธรรมดา แล้วเจียนให้พอดีด้วยหินเจียนหรือแต่งด้วยตะไบ

ถ้าเหล็กก้านปั๊มคด ใช้ดัดกับเหล็กกับ โดยผูกเหล็กกับ 2 อันเข้ากับท่อให้เยื้องกันนิดๆ และห่างขนาดเอาก้านปั๊มลอดเข้าไปได้ สอดเหล็กก้านปั๊มที่คดเข้าไปแล้วงัดดัดให้ตรง หรืองัดกับต้นไม้ 2 ต้นติดกันก็ได้

ถ้าเกลียวของปั๊มหรือเหล็กก้านเจาะปั๊มสึกมาก จนเกือบหลุด ถ้าจำเป็นต้องใช้ไปทีเอาเหล็กแผ่นแบน ๆ เช่นกระป๋องนมรองแล้วหมุนเกลียวให้กินเหล็กแผ่นนี้ด้วย ใช้ไปได้นาน แต่เสียเวลาตอนถอดตอนใส่ แต่ถ้ามีเวลาใช้เหล็กแข็งกลึงเกลียวเฉพาะแค่คอ แล้วเชื่อมต่อ บางคนเขาก็พอกแล้วกลึงใหม่

ท่อมักเกลียวรวน เสียมาก ๆ ก็ตัดทิ้ง กลึงใหม่อย่างนี้ท่อจะสั้นไปบ้าง แต่ก็ต้องยอม

ฉ. ชั้นดินและดาน

ดานคืออะไร ทราบกันอยู่แล้วว่า หินนั้นมีอยู่ด้วยกัน 3 ประเภท คือ หินอัคนี หินชั้น และหินแปร หินทั้ง 3 ประเภทนี้จะทนทานต่อน้ำกัดเซาะกว่าดินธรรมดา จึงเป็น "ดาน" เป็นพื้นรองรับชั้นกรวด ทราย และดินที่น้ำพัดพามาสะสมตัว ใต้ดานลงไปไม่มีชั้นกระสะอีกแล้ว

ดานหินอัคนี เท่าที่เคยพบเป็นดานแกรหนิตและไดออไร้ท์ ส่วนมากจะผุ แต่เคยพบแข็งมากก็มี ดานนี้ชาวบ้านเรียกปนกับดานอื่นที่มีทรายปนว่า "ดานทราย" ดานแกรหนิตและไดออไร้ท์ผุมีหลายสี โดยมากมักสีขาว เขียว น้ำตาล และแดงสนิม เนื้อของหินแกรหนิตนั้น ประกอบส่วนใหญ่ด้วยหินขวอทซ์และเฟลสปาร์ อาจจะมีไมก้าขาวและดำและมีฮอร์นเบลนเป็นลิ่ม ๆ สีดำ ๆ เขียว ๆ ปนก็ได้ ดานนี้เมื่อผุ เวลาทิ่มด้วยปั๊มเนื้อมักจะแตกจากกันหมด เม็ดขวอทซ์ในดานแกรหนิตจะหลุดออก เหมือนทรายขวอทซ์ในกระสะ ส่วนเฟลสปาร์ก็จะแตกละลายน้ำระหว่างปั๊มทิ่มกระแทกไปหมด ถ้าไม่สังเกตให้ดีจะไม่รู้ว่าเป็นดาน จึงต้องคอยสังเกตดู ครั้งแรกสังเกตจากการทิ่มปั๊ม ดานแกรหนิตผุบางแห่งอ่อนมาก บางแห่งอ่อนพอควรครึ่งแข็งครึ่งอ่อน พอทิ่มเปลี่ยนจากชั้นกระสะมาดาน ถ้าเป็นดานอ่อนท่อจะลงเร็วและเสียงปั๊มกระแทกจะผิด และกระเทือนมือผิดไป อีกอย่างคือเวลาหมุนท่อตื่นท่อพ้นชั้นหินในกระสะ เสียงตื่นท่อกัดหินจะเงียบไป เราจะต้องดูว่าปั๊มที่ถอดขึ้นมานั้นมีดานแม้ก้อนเล็กเท่าปลายนิ้วต้องติดตื่นปั๊มหรือปนกับกระสะขึ้นมาหรือไม่ หรือสังเกตสีน้ำเลนที่ปั๊มขึ้นมาเทลงในกระบะนั้นผิดไปจากสีน้ำของกระสะเพียงใด ถ้าใช่ดานแน่ตัดชั้นกระสะแค่นั้นทันที หมุนท่อลงให้ตั้งบนดานหรือจมดานเสีย เปลี่ยนจากทิ่มแรง ๆ มาเป็น "เก็บ" เก็บกระสะตกค้างขึ้นให้หมด แล้วทิ่มอย่างแรงเอาดานติดอุดตื่นปั๊มขึ้นมาดูให้แน่ เอามาบิและละลายน้ำดู แกรหนิตผุจะบิหักได้ง่าย พอละลายน้ำ เฟลสปาร์ผุจะละลายน้ำได้ง่าย เหลือแต่ทรายขวอทซ์สีขาว

แต่ดานแกรหนิตที่ผุขนาดครึ่งแข็งครึ่งอ่อน เวลาทิ่มปั๊มจะไม่ยอม "กิน" คือทิ่มไม่ค่อยเข้า เสียงดังบึก ๆ เวลาถอดปั๊มเทลงกระบะ จะมีทรายหยาบ ๆ และเฟลสปาร์เป็นเหลี่ยม ๆ ปนอยู่ ไม่ขึ้นมาเป็นก้อนแต่แตกหมด ถ้าไม่รู้ว่าเป็นดานต้องทิ่มกันตาย และแถมเอาดานแตกนี้ปนกับกระสะเข้าไปอีก เป็นการทำให้ผลการคำนวณต่ำไปด้วย

ดานหินแกรหนิตมักเป็นคลื่น ทำให้กระสะหนาบางไม่เท่ากัน ได้เคยไชระยะห่างระหว่างแถว 1 เส้น ดานแกรหนิตตกจากลึก 10—12 ฟุต มาเป็น 60 ฟุต ยังไม่ถึงดาน ไม่รู้ว่าข้างล่างลงไปอีกเป็นอะไรก็เคยพบ

ดานหินชั้น หินชั้นมีหลายอย่าง เช่น หินทราย หินดินดาน หินปูน

— **หินทราย** เนื้อเป็นเม็ดทรายประกอบกัน เดิมมันก็เป็นทรายมาก่อน ต่อมามันไปเรียงตัวเป็นชั้น มีพวกน้ำเชื้อประสานอาบมาจับเนื้อทราย แต่ละเม็ดให้ติดกัน และถูกบีบอัดพอควร แข็งเป็นหินขึ้นมาใหม่ การสังเกตว่าถึงดานนี้หรือไม่ ก็คือนอกจากสังเกตจากการทำงานตามปรกติทรายจากดานหินทรายนี้ เป็นทรายที่เขาเรียกว่า "ทรายตาย" คือสีไปทางแดง ๆ เหลือง ๆ ผิวด้านเม็ดทรายขนาดเกือบเท่า ๆ กัน และตามความรู้สึกจากการร่อนเสียงจะเบากว่าทรายขวอทซ์ที่ยัง "เป็น" อยู่ ดานนี้มักเรียบ

— **หินดินดาน** เนื้อละเอียดยิบเหมือนดินธรรมดาเกิดเป็นชั้น ๆ สีมักขาวหรือค่อนไปทางขาวดำก็มี สีอื่นไม่ค่อยพบ เปราะกว่าดินเหนียวธรรมดา คือบิหักง่ายกว่าดินเหนียวมาก

เวลาละลายน้ำจะละลายได้เร็วกว่า เกือบจะไม่มีเม็ดทรายเลย พื้นค่อนข้างเรียบ เวลาผุรู้สึกว่าผุมาก อ่อน ผ่าดานได้เป็น 40—50 ฟุตสบาย ๆ

— **หินปูน** เคยพบแต่ดานหินปูนแข็ง หินปูนก็คือหินที่เขาเอามาเผาเป็นปูนขาว เนื้อสีขาวก็มีดำมอ ๆ เขียวมอ ๆ หลายสี เนื้อบางที่ก็ละเอียดยิบ จนดูเป็นเกล็ดแวว บางที่ก็ดูหยาบ เอามีดขีดเข้า เอากรดเกลือหยดใส่จะฟู่ ดานหินปูนแข็งมักเป็นหลุมเป็นบ่ออย่างรุนแรงเวลาปากท่อชนดาน เนื่องจากมันยังแข็งอยู่และไม่เรียบ ตื้นท่อมักค้างเพียงบางส่วน ทรายจะยังเข้าท่อได้เรื่อย ทำให้คิดว่ายังไม่ถึงดาน

บางแห่งเช่นแถวห้วยมุด รู้สึกจะเป็นดานหินปูนที่ผุไปสะสมตัวที่เขาเรียกว่า "มาล" สีค่อนข้างขาวเทา ๆ ดานอย่างนี้ค่อนข้างเรียบดี

ดานหินแปร ดานหินแปรที่เคยพบก็มี ขวอทซ์ไซ้ท์ หินชนวน หินฟิลไล้ท์ และหินชีสต์

หินขวอทซ์ไซ้ท์ เดิมก็เป็นหินทราย แต่ถูกความร้อนและความกดบีบสมัยสร้างโลก น้ำเชื้อประสานเม็ดทรายละลายจับเม็ดทรายนั้นเหนียวแน่นแกร่งกว่าเป็นหินทรายธรรมดา ถ้ายังแข็งอยู่เนื้อเป็นแวว เมื่อผุเนื้อก็คล้ายทรายแต่เป็นทรายตายด้าน แต่ในการแปรจากหินทรายมาเป็นเนื้อแน่นนั้น บางทีไม่เฉพาะน้ำประสานละลาย แต่ทรายจะละลายปนเข้าไปด้วย เนื้อก็จะเป็นเนื้อละเอียดไป เวลาผุเป็นดานเนื้อย่อมละเอียดมากที่เคยพบ พื้นขึ้น ๆ ลง ๆ เหมือนกัน และรู้สึกว่า ถ้ากระสะตื้น ในห้วยมักมีหน้าผา น้ำตกเตี้ย ลดหลั่นกันไป

หินชนวน เกิดมาจากดินดานร้อนและอัดตัวเป็นแผ่น ๆ แล้วแทนที่ชั้นจะนอนตามสภาพของมาตกกับน้ำ ชั้นนี้กลับมักพบตะแคง ๆ เกิดจากการแรงบีบข้างสีมักดำ ๆ เทา ๆ ถ้าแข็งอยู่แร่ชอบตกตามซอก บางแห่งก็ผุบ้างอ่อนกลายเป็นดิน จับก้อนที่ยังแข็งอยู่ก็มีเวลาขึ้นมามักได้ขึ้นมาเป็นแผ่น ๆ ดานอย่างนี้ดูง่าย เพราะหินไม่เหมือนกระสะ และหินเป็นเหลี่ยม

หินฟิลไล้ท์ ส่วนใหญ่เกิดจากหินชั้นถูกแปรสภาพโดยความร้อนและกดดัน มีลักษณะคล้ายหินชนวน ผิดกันแต่ว่าจะแตกเป็นแผ่นบาง ๆ และแบน และมีไมก้าผสมอยู่มากกว่าหินชนวน ทำให้ดูหน้ามันเป็นสีเงิน ฟิลไล้ท์เปราะและลื่นมือและให้สีต่าง ๆ กัน

ดานหินนี้เมื่อผุจะเกิดดินที่ชาวบ้านเรียกว่าอั้งก๊อก หรือดินแดงลูกรังทับอยู่บนดานฟิลไล้ท์อีกทีหนึ่ง ซึ่งเป็นที่สังเกตกันได้ทั่วไปทางภาคใต้ที่พบแหล่งแร่ดีบุก ดานนี้เท่าที่พบพื้นสูง ๆ ต่ำ ๆ เหมือนกันเวลาทำเหมืองผ่าดานได้ดีไม่พังง่าย ดานนี้จะมีหินผุไม่หมดปนอยู่ ถ้าไม่มีหินของมันผุปนอยู่จะสังเกตได้ยาก เพราะคล้ายกับดินเหนียวแดงปนขาว

หินชีสต์ เป็นหินแปรที่เกิดได้ทั้งจากหินชั้นและหินอัคนี มีเนื้อละเอียดและผลึกซึ่งเป็นแผ่นบาง ๆ วางตัวขนานกันและแตกหักทั่วไปหมด แต่ก็มีเนื้อติดกันแน่นเหมือนหินแกรนิต หินนี้เมื่อผุสีมักเขียวรู้สึกว่าดานจะค่อนข้างเรียบ ดานนี้รู้สึกว่าผุแน่นกว่าดานแกรนิต ฯลฯ เวลาผ่าดาน ผ่าไม่ค่อยเข้า เท่ากับผ่าดานแกรนิตผุ

ชั้นของดิน

การเกิดของชั้นดิน ชั้นทราย และกระสะนั้น เกิดซับซ้อนกันหลายวิธี แต่ทั้งหมดจะต้องเกิดจากน้ำพัดพามาสะสมตัว เราจะเห็นว่าธรรมดาสายน้ำนั้นต้องวกไปวนมา เปลี่ยนทางเดินอยู่เรื่อยนี่เป็นประการที่ 1 ส่วนประการที่ 2 ก็คือ ปริมาณของน้ำย่อมมากน้อยตามฤดูกาล 2 ประการนี้เป็นปัจจัยสำคัญในการเกิดชั้นดิน เพื่อประกอบการพิจารณาในเรื่องชั้นของดินเกี่ยวกับการลองแร่ ลองมานึกดูเท่าที่เห็นกันมา เมื่อมีสายน้ำผ่านบริเวณที่มีแร่พังกองอยู่ น้ำจะพาดินนั้นพังตามน้ำลงมา ที่ละเอียดเป็นดินก็จะละลายปนน้ำ ทำให้น้ำแดงดำไป ทรายเม็ดละเอียดก็ไปได้ไกล ทรายหยาบ หินและแร่ซึ่งหนักก็จะไปได้ช้า ดินและหินที่ผุและแตกง่ายเมื่อกลิ้งไปก็จะแตกละลายน้ำไปหินที่แข็งเหนียว เช่นหินขวอทซ์ แกรหนิต ขวอทซ์ไซ้ท์ ฯลฯ ก็ยังสามารถคงทนได้ พังมาสะสมตัวพอสมควร เกิดมีน้ำใหญ่กรณีพิเศษแบบปีละหนมาทีหนึ่ง กระโชกพาดินและทรายบางส่วนไปมาก จะสังเกตเห็นได้หลังฝนตกหนักน้ำห้วยหลาก จะเห็นก้อนหินขั้นตะปุ่มตะป่ำในท้องห้วยเต็มระเกะระกะกองอยู่บนตานเต็มไปหมด แร่ดีบุกหนักและเหนียว กลิ้งไปก็ไม่ค่อยแตกง่าย (วุลแฟลมเปราะกว่าดีบุกเวลากลิ้งไปแตกง่าย จึงไม่ค่อยพบวุลแฟลมในลานแร่) ก็จะมุดลงไปตามกระแสน้ำวนลงไปในซอกหิน ในนี้ก็จะมีทรายหลงปนอยู่ด้วย ก็จะเกิดเป็น "ชั้นกระสะ" ขึ้นมา อาจจะพังมาทับอีก แล้วน้ำก็กระโชกไปอีก กระสะก็เกิดสะสมกันมากเข้า ๆ โดยมีดินขี้ตมปิดคั่นอยู่บ้างก็ได้หลายครั้งหลายหน ต่อไปน้ำอาจเปลี่ยนทางเดินก็ดี ชะดินที่มีแร่ที่พังอยู่นั้นหมดไปก็ดี อาจมีน้ำมาดันท้ายไว้ก็ดี อาจมีดินพังอุดท้าย ทำให้น้ำไหลช้าลงก็ดี เมื่อน้ำพาขี้ตมมาทับเกิดเป็นหนองเป็นพรุ ก็จะเกิดชั้นดินเหนียวทับ น้ำยังไหลเรื่อย ๆ ปรกติ ก็จะพาทรายมาทับเป็นชั้น แผ่นดินราบก็สูงขึ้น เขาก็ต่ำลง ๆ น้ำก็ลดความเร็วลงเรื่อยลงทุกที ในที่สุดก็จะมีดินมุขมาทับมีต้นไม้ขึ้นเกาะยึดดินไว้กระสะและชั้นดินก็เกิดขึ้น ดังที่เคาเอากันดังนี้

การเกิดของกระสะและเปลือกดินซับซ้อนมาก บางครั้งมีกระสะแล้ว เกิดท้ายตกมาก น้ำกัดเป็นร่องลึกลงไปอีก ที่หลังเกิดกระสะมาตกที่พื้นล่างของร่อง ขณะเดียวกันกระสะที่อยู่ที่พื้นบนที่ยังไม่พังก็มีอยู่ เกิดกระสะเป็นขั้นกระไดก็มี เปลือกดินก็เช่นกัน น้ำวนเฉพาะแห่งก็ดี ห้วยอื่นมาแทรกก็ดี เขาข้างเคียงพังใส่ก็ดี ทำให้เปลือกดินผิดจากหลุมไปหลุมเอาง่าย ๆ ถ้าที่กว้างสภาพของการเกิดมักคล้าย ๆ กัน แต่ถ้าเป็นที่ราบระหว่างหุบเขาแล้ว หาความแน่นอนยาก

การเก็บตัวอย่างและตัดชั้นดิน

เมื่อดินเกิดเป็นชั้นดังบรรยายมาแล้ว ในการเก็บตัวอย่างดิน บางคนจึงนิยมเก็บตัวอย่างตามชั้นของดิน บางคนก็ตัดเก็บตัวอย่างเมื่อดินเปลี่ยนสีการเก็บเป็นชั้นนั้น เพื่อให้รู้ว่ามีดินแต่ละชั้นอย่างใดบ้าง ในการนี้เราจะได้รู้ว่า เปลือกดิน ชั้นดินเหนียว ชั้นทราย ชั้น

กระสะ ฯลฯ แต่ละชั้นหนาเท่าใด มีความสมบูรณ์แต่ละชั้นเท่าใด ทำให้คิดทำเหมืองสะดวกขึ้น เช่นจะต้องฉีดดินเหนียวทิ้งลำบากเสียเท่าใด กระสะหนามาก หินมากเท่าใด จะได้เตรียมที่ทิ้งหินอย่างไร เป็นต้น

สำหรับที่ดราและที่แร่พลัดซึ่งกระสะทับไปทับมาไม่แน่นอน เขานิยมเก็บตัวอย่างทุกท่อ 1 ท่อน หรือ 5 ฟุต คือทำหมดท่อหนึ่งก็ตัดเก็บตัวอย่างที่หนึ่ง

เพื่อความสะดวกในการตัดชั้นดิน เอาชอคเขียนเหล็กเขียนควานลึกของท่อไว้เป็นฟุตที่ 1, 2, 3, 4 ตามลำดับ หรือจะแบ่งเป็นเซนติเมตรก็ได้สุดแต่ใครจะนิยมยูนิตไหน

เมื่อเริ่มเอาท่อลงดิน ใช้เสียมขุดนำก่อน ดินที่ได้ถ้าเป็นชั้นเดียวกันก็เก็บรวมกัน ถ้าเกิดไม่เหมือนกันก็แยกชั้นกันเสีย แล้วแยกชั้นดินบนไปตวงและวัดความหนาจดลงสมุดไว้ ชั้นล่างคงยังไม่หมดชั้น เก็บไว้รวมกับที่จะได้ใหม่จากการเก็บด้วยปั๊ม ดินที่ขุดได้จากเสียมต่อความลึกระยะหนึ่ง ๆ ย่อมได้ปริมาตรมากกว่าเก็บได้จากปั๊มในระยะลึกเท่ากัน ถ้าเปลือกดินนี้ไม่มีแร่จะตวงเอาทั้งหมดหรือแบ่งมาบางส่วนก็ไม่เป็นปัญหาอะไร แต่ถ้ามีแร่และใช้วัดปริมาตรจากการคำนวณจาก ϕ ของตื้นท่อ จะต้องเอามาคลุกกันแล้วแบ่งเอามาตามสมควรกับที่จะได้จากการปั๊มโดยมีระยะลึกเท่ากัน และถ้าใช้วิธีวัดปริมาตรด้วยการตวงแล้ว เก็บเอามาล้างทั้งหมด หรือจะแบ่งมาตวงสักราว 10 ลิตรก็ได้

ขณะที่คนข้างบนกำลังทิ่มและท่อกำลังลง คนคุมจะต้องคอยดู และฟังเสียงปั๊มกระแทกดินแต่ละฟุตที่ผ่านไปว่าท่อลงเร็วช้าสม่ำเสมอประการใด ฟังเสียงปั๊มว่ายังอยู่ในชั้นดิน ชั้นทราย หรือชั้นกระสะ คนทิ่มปั๊มอาศัยจากการกระเทือนมือและเสียง เขาจะรู้ว่าดินเปลี่ยนชั้นเมื่อใดพอรู้ว่าดินเปลี่ยนชั้น เขาจะต้องหยุดการทิ่มอย่างแรงเปลี่ยนเป็น "เก็บ" เก็บดินจากการทิ่มที่กระจัดกระจาย สูง ๆ ต่ำ ๆ ที่ในท่อขึ้นให้หมด เอาตัวอย่างที่ได้ใส่กระบะรวมกับดินชั้นเดียวกันกับที่ได้จากปั๊มก่อน ๆ แล้วเอาตวงล้างกระบะเอาดินนี้ล้าง

คนคุมจะต้องคอยดูด้วยว่า ตอนดินเปลี่ยนชั้นนั้น ปั๊มโก่ยเถาหรือล้ำหน้าตื้นท่อหรือเปล่า ถ้าปั๊มล้ำหน้า ต้องหมุนท่อให้ลงเสียให้ตื้นท่อกับตื้นปั๊มเสมอกันพอดี โดยดูจากมาร์กที่หมายไว้ที่เหล็กก้านปั๊มให้พอดีกับหัวท่อ ทั้งนี้เพื่อจดความลึกที่แท้จริงเมื่อเริ่มถึงชั้นใหม่ได้ถูก

เมื่อทำจากดินอ่อนไปพบดินแข็ง หรือกระสะแน่นท่อที่กำลังลงเร็วจะช้าลงหรือหยุดก็ก็ พร้อมทั้งเสียงปั๊มกินดินและความกระเทือนมือของคนทิ่มจะผิดไป เราหมายตาฟุตที่ลงของท่อขณะนั้นไว้ บันทึกพอเป็นเลา ๆ ว่า สงสัยว่าดินจะเปลี่ยนเมื่อลึกเท่าใด ให้ปั๊มเก็บดินขึ้นจนตื้นปั๊มพอดีกับตื้นท่อ เอาดินมาดู ถ้าดินเปลี่ยนชั้นแน่ เอาความลึกของท่อขณะนั้นตั้งลบด้วยความลึกเมื่อเริ่มถึงหลังดินชั้นนั้น ก็จะได้ความหนาของชั้นดินที่ทำมาแล้วนั้น

ถ้าทำจากแข็งไปหาอ่อน คนทิ่มกำลังทิ่มเต็มแรง คนล่างก็กำลังหมุน พอทะลุชั้นดินแข็งยั้งมือไม่ทัน ปั๊มจะพรวดทะลุดินอ่อนลงไป ท่อจะลงวูบทันที บางทีลงวูบจนมิดท่อ

ก็มี จะต้องรีบหมายตาเพียงความลึกของท่อเมื่อเริ่มวูบลงทันที ตัดชั้นดินแข็งเอาแค่นั้น แต่การวูบลงบางครั้งก็ไม่มาก และมันอาจหลอกเราก็ได้ เช่นในการทำชั้นทรายร่วนและกระสะร่วน ปรกติท่อจะลงได้พอควร แต่อาจเกิดมีทรายจับตัวแน่น พอทิ่มชั้นจับตัวนี้ทะลุ ท่อจะวูบลงเร็วเหมือนกัน อย่างนี้เราจะรู้ได้ว่าเปลี่ยนชั้นดินจริงหรือไม่ก็ต้องเอาดินจากปั๊มมาดูก่อนเท่านั้น

ในที่ดานอ่อน เมื่อทิ่มกระสะแข็งก่อนถึงดานเราทิ่มแรงดังกล่าวแล้ว พอถึงดานอ่อนท่อจะวูบลงทันที ถ้าไม่หมายตาให้ดี จะไม่รู้ว่าตอนหมดกระสะและถึงดานนั้นลึกเท่าใดแน่ ทำให้ไม่ได้ความหนาของชั้นกระสะที่ถูกต้อง ถ้าให้กระสะหนากว่าเป็นจริงค่าในการคำนวณจะสูงขึ้น

เมื่อปั๊มดินจากชั้นดินอ่อนไปหาดินแข็ง พอชนดินแข็งท่อก็จะหยุดกึก คนปั๊มก็รู้เก็บดินอ่อนขึ้นให้หมด ตัดเอาชั้นดินอ่อนเพียงแค่นั้น แต่ถ้าบางทีคนทิ่มยั้งมือไม่ทัน เกิดติดดินแข็งขึ้นปนมากับดินอ่อนในปั๊มเดียวกัน อย่างนี้เวลาเทดินจากปั๊มลงกระบะ และต้องการตัดชั้นดินอ่อนแล้ว เลือกดินแข็งที่เป็นก้อนออกเสีย เก็บไว้รวมเข้ากับดินแข็งในชั้นดินแข็งที่จะเก็บต่อไป และถ้าสมมุติท่อลงเลยเข้าไปในดินแข็งด้วย เราก็ดูจากดินแข็งที่ปั๊มเก็บขึ้นมาว่ามากน้อยเพียงใด ท่อควรเกินจากดินอ่อนเข้าในดินแข็งประมาณเท่าใด ลบส่วนเกินนี้ออกจากความลึกขณะนั้น ก็จะได้ความลึกของชั้นดินอ่อนที่เป็นจริง

โดยตรงกันข้าม เมื่อทำจากดินแข็งไปหาดินอ่อน ท่อลงวูบลงไป ปั๊มนั้นได้ดินทั้งดินแข็งเดิมและติดดินอ่อนมาด้วย เมื่อเทลงกระบะเราก็แยกดินแข็งออกรวมกับดินแข็งที่ได้เดิม และตัดความลึกเมื่อเปลี่ยนชั้นดินเมื่อท่อวูบลง หรือโดยประมาณหักลบจากการดูเนื้อดินแข็งในปั๊มใหม่ที่ปนก็ได้ ดินอ่อนที่ปนมาก็ตัดเป็นดินชั้นดินอ่อนซึ่งกำลังทำต่อไปเสีย

แต่ถ้าเกิดทิ่มชั้นทรายแน่น พอหลุดลงไปก็โดนดินปนทรายอ่อน ปั๊มนั้นจะได้เป็นทรายเละ ๆ มาทั้งปั๊ม แยกออกจากกันไม่ได้ว่าทรายนั้นเป็นของชั้นทรายแน่นหรือทรายอ่อน อย่างนี้ควรยกดินปั๊มนั้นให้กับชั้นที่ปั๊มนั้นกินได้มากกว่าไป การตัดความลึกของชั้นนั้น ก็อาศัยการลงวูบของท่ออย่างเดียว

ตัวอย่างในปั๊มเดียวกัน แต่เป็นดินปนของคนละชั้นนี้ ถ้าเป็นชั้นที่ไม่มีแร่ด้วยกันก็ไม่มีปัญหามาก ตัดให้ชั้นใดชั้นหนึ่งไปก็หมดเรื่อง แต่ถ้าเป็นชั้นที่มีแร่ปนกับชั้นที่ไม่มีแร่และเป็นทรายเละ ๆ ปนกันอยู่แยกไม่ออก ถ้าเราถือเอารวมเข้าชั้นที่ไม่มีแร่ จะทำให้ค่าในการคำนวณของชั้นไม่มีแร่เป็นมีแร่ขึ้นมา ทำให้ค่าของทั้งหลุมสูงกว่าที่เป็นจริง แต่ถ้าตัดเอารวมกับชั้นมีแร่ก็ย่อมทำให้ค่าน้อยกว่าเป็นจริง มีคนส่วนใหญ่มักจะเอารวมเข้ากับชั้นมีแร่และประมาณว่าปั๊มนั้นติดทรายชั้นไม่มีแร่มาสักเท่าใด เอาปริมาตรของดินที่ไม่มีแร่นั้นลบออกจากปริมาตรของชั้นมีแร่ทั้งหมด ทั้งนี้จะทำให้ค่าใกล้เคียงขึ้น เช่นสมมุติทำจากกระสะ

ไปหาดานอ่อน ที่มดานอ่อนเกินลงไปด้วย 2 ฟุต ถ้าท่อปาก ϕ ประมาณ $4\frac{3}{4}$" ลึก 2 ฟุต จะได้ดินอ่อนประมาณ 3–4 ลิตร ก็ตัดปริมาตรทั้งหมดที่ได้ออกเสีย 3 ลิตร เป็นต้น

ในการทิ่มกระสะ 2 ชั้น ที่มีดินเหนียวอ่อนหรือชั้นทรายอ่อนคั่นกลาง เมื่อผ่านจากกระสะชั้นบนลงไปหาดินเหนียวอ่อนหรือทรายอ่อน เมื่อตัดชั้นดินเก็บแต่ชั้นดินเหนียวอ่อนและทรายอ่อนอย่างเดียว ดินเหนียวอ่อนและทรายอ่อนปรกติจะไม่มีแร่ แต่ว่ากระสะชั้นบนมีแร่ ธรรมดาการเก็บด้วยปั๊มนั้นย่อมเก็บดินขึ้นมาไม่หมด และแร่หนักมักจมลงได้บ้าง จึงทำให้มีแร่ตกค้างจากกระสะชั้นบนลงไปปนอยู่ในชั้นดินเหนียวอ่อนและทรายอ่อน เมื่อเอาดินตัวอย่างชั้นทรายอ่อนและดินเหนียวอ่อนมาล้าง จะมีแร่ในชั้นดินอ่อนนี้ขึ้นมา ถ้าเอาไปคิดในการคำนวณด้วย จะทำให้ค่าของหลุมนั้นมากเกินความเป็นจริง จึงถ้าโดยกรณีเช่นนี้อย่าเอาค่าของชั้นดินอ่อนนี้ไปคิดรวมในการคำนวณของทั้งหลุม แต่ให้ตัดทิ้งถือเป็นชั้นดินอ่อนนี้ไม่มีแร่เลย ที่สำคัญก็คือต้องตัดชั้นดินให้ได้ความหนาของกระสะชั้นบน ชั้นดินอ่อนและชั้นกระสะชั้นล่างให้ถูกเท่านั้น

การตัดดินตัวอย่างชั้นหนึ่ง ๆ ภาษาเขาเรียกว่า "ตัดปั่น" ปั่นก็คือชั้นดิน ปั่น 1 ก็คือชั้นที่ 1 เป็นต้น เมื่อดินเปลี่ยนชั้น จะต้องล้างเอาดินในกระบะของชั้นนั้น ๆ ออกให้หมด อย่าให้ไปรวมกับดินชั้นต่อไป ทั้งนี้ก็เพื่อกันมิให้แร่ของชั้นหนึ่งไปปนกับอีกชั้นต่อไปได้ หรือเมื่อทำหมดหลุมหนึ่ง ต้องล้างกระบะและตื่นท่อให้เกลี้ยงเป็นการกันมิให้แร่ในกระสะของหลุมที่ทำแล้วติดไปหลุมหน้า ทำให้หลุมหน้าเกิดมีแร่ในเปลือกดินขึ้นมา ในการนี้ขอแนะนำว่ากระบะใส่ดินนั้น ถ้าทำได้ควรทำด้วยเหล็กแผ่นหนา $\frac{1}{16}$" มันลื่นดี เวลาล้างจะไม่มีแร่ตกค้างกระบะไม้มักมีรอยต่อและเสี้ยนแร่ไปซ่อนตัวอยู่ได้

เกี่ยวกับการล้างแร่ตัวอย่าง ดินตัวอย่างที่ตวงวัดแต่ละชั้น ๆ นั้น ให้คนหาบน้ำหาบไปให้คนล้างแร่ล้าง ถ้าคนล้างแร่ไปล้างในห้วยที่ไกลออกไป การส่งดินตัวอย่างไปเรื่อย ๆ อาจพลั้งเผลอปนกันหรือสับกันได้ จึงมักมีข้อตกลงกันว่า ดินที่ส่งไปเรื่อย ๆ นั้นเป็นดินของชั้นไหนบ้าง โดยเมื่อส่งดินชั้นแรก (ปั่น 1) ไปล้าง ถ้ายังไม่มีกระดาษเขียนกำกับมาว่าเป็นดินชั้นไหน ก็ให้ถือว่าเป็นดินของชั้น 1 อยู่เรื่อย เพื่อเมื่อถึงครั้งสุดท้ายตัดปั่น 1 เมื่อใด คนคุมบอริ่งจะเขียนเบอร์ด้วยกระดาษแผ่นเล็ก ๆ ด้วยดินสอดำกำกับมาด้วย เช่นเขียนว่า "หลุม 10 ตัวอย่าง 1" เป็นต้น แสดงว่าหมดตัวอย่างที่ 1 เท่านั้นเอง ดินที่ส่งมาอีกจะเป็นตัวอย่างชั้นใหม่ จนกว่าป้ายชั้นใหม่จะมาก็เป็นอันหมดชั้นนั้น คนล้างเมื่อล้างแร่แต่ละชั้นได้เท่าใด ก็เก็บแยกไว้เป็นตัวอย่าง ๆ โดยใส่กะลาแยกจากกัน และเอาป้ายกระดาษของชั้นนั้น ๆ ใส่ไว้ในกระลานั้น ให้รู้ว่าเป็นแร่ของชั้นไหน แล้วคืนแก่คนคุมบอริ่งไปล้างสะอาดต่อไป

คนล้างดินตัวอย่างจากหลุมบอริ่งต้องเป็นคนที่เคยและชำนาญมาก การล้างใช้ล้างด้วยเลียง ก่อนล้างจะต้องเอาน้ำใสใส่ลงไปขยำ ๆ แล้วรินน้ำเลนทิ้ง เติมน้ำใสลงไปใหม่ขยำ

อีก ทำอย่างนี้จนได้ทรายที่สะอาดน้ำไม่ขุ่น จึงเอาลงล้างเลี่ยง การล้างจะต้องล้างทีละน้อย ๆ ประมาณครั้งละ 1 ลิตร ไม่ควรล้างจนสะอาดที่เดียว ล้างพอสถานประมาณ เก็บไว้ทั้งแร่และขี้ตมโดยมีทรายติดมาบ้าง เพราะล้างในห้วยถ้าล้างสะอาดแร่จะหลุดไปกับน้ำห้วย เอามาล้างที่บ้าน ล้างแล้วเอาขี้ที่หลุดไปมาล้างซ้ำล้างซากก็ยังได้ ล้างได้ครั้งหนึ่งก็ใส่กะลาไว้ที่หนึ่ง รวมกันจนหมดดินของชั้นนั้น แล้วเอาแม่เหล็กดูดเหล็กจากบึมที่สีกรวมมาขึ้นเสีย น้ำที่ล้างแร่ต้องเป็นน้ำสะอาด ถ้าขุ่นจะพาแร่ออก บางคนเขาก็ย่างให้แห้งตรงนั้นเอง แล้วใส่ถุงโดยเอาป้ายใส่รวมไปด้วย เอากลับไปล้างสะอาดที่บ้าน

การล้างสะอาดต้องทำอย่างพิถีพิถันมาก ใช้ล้างด้วยกะลาที่ทำอย่างดี ถ้าแร่มากก็ใช้ไถ้ขนาดเล็ก ขนาด ϕ ประมาณ 2″, 3″ และ 4″ ล้างในชามกะละมังที่เคลือบขาวเห็นได้ง่าย ถ้ายังมีพวกอิลเมไนท์หรือขี้เขียวและกาเหน็ตหรือทรายแดง และโมนาไซท์ หรือขี้เหลือง ย่างตัวอย่างนั้นให้แห้ง ใช้แม่เหล็กไฟฟ้าชนิดใช้แบตเตอรี่ดูดออกให้หมด เมื่อสะอาดดีแล้วชั่งและลงสมุดไว้ และเก็บตัวอย่างนั้นแยกรวมไว้เป็นห่อ ๆ เพื่อไว้ตรวจสอบภายหลังเมื่อสงสัย แต่ถ้ายังไม่แน่ใจว่าแร่นั้นสะอาดดี หรืออยากรู้เปอร์เซ็นต์ของเนื้อดีบุก เอาทั้งหมดมาตัวอย่างละตามส่วน เอามาคลุกเคล้ากัน แล้วเอาไปวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์ของโลหะดีบุก ถือมาตรฐานคำนวณราคาแร่จาก 72%

การล้างดินตัวอย่างที่หน้างานนั้น บางแห่งเขาไม่เอาไปล้างในห้วย แต่ใช้ถังเปลขนาดใหญ่ใส่น้ำให้เต็ม ล้างกันที่ตรงข้างหลุม คนคุมบอริ่งจะได้คุมการล้างไปด้วย แบบนี้คนตักน้ำต้องตักมามากกว่าปรกติ เพราะจะต้องเอาน้ำขยำดิน และต้องหมั่นเปลี่ยนน้ำในถังบ่อย ๆ น้ำขุ่นใช้ล้างแร่ไม่ดีจะพาแร่ออกได้ คนล้างเลี่ยงในถังเปลต้องเคยจึงจะล้างได้ เพราะน้ำเป็นคลื่นกระฉอกเมื่อล้างชั้นหนึ่ง ๆ หมดลง ก็โกยเอาทรายที่ตกลงก้นถังมาล้างใหม่ซ้ำซากจนหมดจริง ถ้าต้องการรู้ว่ามีทรายกี่เปอร์เซ็นต์ก็เอาทรายจากก้นถังมาตวงดู จะรู้ได้ว่าดินชั้นนั้น ๆ มีทรายกี่เปอร์เซ็นต์ และจะให้ดีขึ้นเอาไปผ่านตะแกรง ก็จะได้ว่ามีทรายขนาดเท่าใดกี่เปอร์เซ็นต์ เวลาจะใช้เครื่องแต่งแร่ เช่นออกแบบจิ๊ก หรือออกแบบรางเก็บแร่ จะได้รู้ว่าควรจะให้รางกว้างและเอียงขนาดใดจึงจะเหมาะ

เมื่อไซจนถึงดานนั้น บางคนเก็บกะว่าพอหมดทรายในท่อ ก็ที่มอย่างแรงให้ดานอุดตื้นบึมขึ้นมาดูก็เลิก แต่บางคนเมื่อถึงดาน เขานิยมเก็บขึ้นมาล้างดูทันที ถ้ายังมีแร่อยู่อีกก็ให้เอาบึมลงไปเก็บแร่ขึ้นมาจนหมด เอากันจนล้างไม่มีแร่จึงจะให้ถอนท่อ หรือภาษาเขาว่า "โหล๊ะถิ" ได้ และบางคนเมื่อถึงดาน เขาให้ตีท่อให้จมลงไปในดานประมาณ 1 ฟุต (ถ้าดานนั้นไม่เป็นชนิดที่จับท่อจนถอนไม่ขึ้น) แล้วถอนท่อให้ดานอุดตื้นท่อขึ้นมาเพื่อเอาแร่ที่ตกค้างขึ้นมาทั้งหมด

เรื่องเก็บแร่ขึ้นให้หมดเมื่อถึงดาน เพราะทราบแล้วว่าแร่หนัก และชั้นกระสะถ้าเป็นกระสะร่วนแร่จะตกลง ๆ ถึงแม้บึมจะเก็บดานขึ้นมาได้ แต่แร่อาจจะจมแทรกดาน หรือหลง

อยู่ตามตื้นท่อ ดังนั้นบางคนเขาจึงพยายามเก็บให้หมด ถ้าใช้วิธีตวงดิน ถ้าเป็นดานอ่อน จะเก็บแร่จนหมดจริง ๆ ก็ต้องปืมเอาดานขึ้นมามาก บริมาตรดินที่ไม่มีแร่ (ดาน) จะไปรวมกับบริมาตรกระสะที่ตวงได้ ถ้าคิดค่าทั้งอย่างนี้ ค่าจะต่ำกว่าเป็นจริง จึงต้องพิจารณาว่าผ่าดาน เก็บดานขึ้นมาอีกเท่าใด เช่น ผ่าดานลงไปอีก 2 ฟุต ปรกติ 2 ฟุตได้ดินกี่ลิตร เอาบริมาตรของดานนั้นหักออกเสียก่อน แล้วจึงเอาไปคำนวณ ก็จะได้ค่าใกล้เคียงขึ้น

ถ้าเราวัดบริมาตรโดยคิดเอาจากผ่าศูนย์กลางของตื้นท่อ การเก็บแร่ขึ้นมาให้หมดจะถูกความจริงขึ้น แต่ทั้งนี้จะต้องคิดความลึกของหลุมเพียงแค่ถึงดานไม่ใช่คิดความลึกทั้งหมดที่ผ่าดานลงด้วย

การขยำดินตัวอย่างนั้น ดินเหนียวบางชั้นมีแร่ด้วย จะต้องขยำกันย่ำแย่ การขยำดินเป็นของน่าเบื่อ คนขยำพอลับตาคนคุมขี้เกียจก็โยนทิ้งไปเลย จึงต้องระวังไว้บ้าง โดยเฉพาะเมื่อมีแร่ในดินเหนียว บางคนขยำนานเท่าใดเขาจับเวลาไว้ ทั้งนี้เพื่อเทียบรู้เอาเองว่าเหนียวขนาดไหน ความเหนียวของดินเกี่ยวพันกับการทำเหมืองมาก ถ้าทำเหมืองเรือขุด เวลาดินเหนียวผ่านลูกแร่ง ถ้าเหนียวพอร้ายพอดี น้ำที่ฉีดในลูกแร่งจะฉีดดินนั้นละลายหมด แต่ถ้าเหนียวเกินไปฉีดไม่ละลาย ดินนั้นจะคลุกพาแร่ออกทิ้งท้ายลูกแร่งไป และถ้าเป็นเหมืองสูบฉีด ฉีดไม่ค่อยพังง่าย และเมื่อพัง กลิ้งไปบนรางก็คลุกพาแร่ออกท้ายรางเหมือนกัน เรื่องความเหนียวนี้เราไม่เคยมียูนิตเกี่ยวกับการทำเหมืองว่าเหนียวขนาดใด ถ้าจะมีการเอาดินไปลองดูและตั้งยูนิตกันเสีย ว่าเหนียวเท่านั้นยูนิต ใช้แรงน้ำเท่านั้นเท่านี้ปอนด์/ตารางนิ้ว ปากกระบอกฉีดเท่านั้นนิ้ว ฉีดจะทะลุได้ชั่วโมงละกี่ลูกบาศก์หลา อาจจะช่วยในการคำนวณปริมาณดินที่ทำในเดือนหนึ่ง ๆ ให้ผิดพลาดน้อยลงได้มาก ที่ว่าทำเหมืองสูบ 8" เดือนหนึ่งได้ดิน 25,000 คิว ถ้าทำดินเหนียวตัวเลขนี้ใช้ไม่ได้ คุณจินดา แสงเถกิง เคยบอกว่า ทำดินเหนียวเดือนหนึ่งจะได้ดินราวหมื่นหรือหมื่นสองพันคิวเท่านั้น แต่นั่นแหละก็ยังเอาตัวเลขไม่ได้อยู่ดี เพราะเหนียวนั้นเหนียวแค่ไหน คุณจินดารู้คนเดียว

ขณะนี้แทบทุกเหมืองเรื่องน้ำขุ่นเป็นปัญหาใหญ่ และต้องมีงบประมาณสำหรับน้ำขุ่นเดือนหนึ่ง ๆ มิใช่น้อย จึงเมื่อได้ดินตัวอย่างมา เมื่อขยำแล้วจะต้องมาลองดูว่า ทิ้งไว้นานเท่าใดจะตกตัว อันนี้ก็น่าจะมียูนิตการตกตัวของตะกอนและน่าจะมีการค้นคว้าถึงการทำให้ตกตะกอนเร็วเข้า เกี่ยวกับเหมืองเหมือนกัน

ความผิดพลาดในเรื่องบอริ่งอีกประการหนึ่งก็คือเรื่องดานหลอก ที่บางแห่งมีดาน 2 ชั้น ชั้นบนแร่ไม่ค่อยดี แต่ไปดีอยู่ชั้นล่าง ระหว่างดินนั้นมีดินเหนียวกั้น ถ้าไม่ดูให้ดีก็เข้าใจว่าเป็นดานก็ทิ้งเสีย อันนี้จะต้องอาศัยเคยเห็นมามาก สงสัยก็ควรเสียเวลาผ่าดูให้รู้จริงสักจำนวนหนึ่ง ถ้าผ่าแล้วท่อไม่ติดถึงกับถอนขึ้นไม่ได้แล้ว ผ่าดู 10–20 ฟุต ก็พอจะรู้ เท่าที่ทราบมาดานหลอกไม่หนานัก บางที 2–6 ฟุตเท่านั้น ที่จะช่วยได้อีกอย่างหนึ่งถ้ามีเหมืองข้างเคียง ควรไปดูของเขาว่าดานของเขาเป็นอะไร เปรียบเทียบกันดู ธรรมชาติของดินเวลา

เกิดมักซับซ้อน หลุมหนึ่งเราผ่าดินเหนียวลงไปข้างล่างพบว่าดานแท้ ทำให้เราตายใจคิดว่าดินเหนียวนั้นเป็นดินดานที่ยังเปียกอยู่ พอไปหลุมอื่นถึงดินเหนียวนี้เราก็เลิก อันนี้ไม่แน่อาจมีกระสะอยู่ใต้ดินเหนียวชั้นนั้นลงไป แล้วจึงไปถึงดานจริงของมันก็ได้ แต่ถ้าถึงดานจริงแล้ว ล่างลงไปก็ไม่มีกระสะอีก นอกจากว่าในหินแปรนั้น เราทราบแล้วว่าเกิดจากดินทรายมาสะสมตัวแล้วมีน้ำประสานมาจับอัดแน่นใหม่ ดินทรายนั้นอาจมีแร่มาแต่ครั้งนั้นก็มีเหมือนกัน เท่าที่ได้ยินมาเป็นแร่อื่นไม่ใช่แร่ดีบุก

ในการไชแร่นั้น ถ้าเราซื้อที่จากเขา เคยมีการโกงเอาแร่ใส่ลงไป เขาอาจลักใส่ได้หลายทาง เช่น ติดสินบนคนงานไชแร่ คนหาบน้ำ คนล้างแร่ ตะไปจนถึงคนคุม หรือบางทีทำไม่ถึงดานคาค้างคืนไว้ เขาก็ให้คนเอาแร่ใส่ลงในท่อ การป้องกันคนโกงป้องกันยากต้องไว้ใจกันเท่านั้นจึงจะทำได้ อาจอาศัยการผิดสังเกต ความผิดปรกติของคนของสีแร่ขนาดแร่ที่ผิดจากหลุมอื่น หรือเกิดมีในดินที่ผิดขึ้นไป เวลาเลิกงานถ้าทำยังไม่ถึงดาน ดินที่ได้ขึ้นมาควรล้างให้หมด ปากท่อเอาผ้าปิดผูกตีตราไว้ ปรกติแล้วเขามักทำล่วงเวลาจนถึงดาน

บางครั้งคนบอริ่งก็โกงเจ้าของที่เสียเอง คือไชแล้วพบว่ามีแร่ ก็บอกว่าไม่มี ไชไม่ถึงกระสะบ้าง ล้างแร่ทิ้งเสียบ้าง โกหกเอาดื้อ ๆ บ้าง แล้วหาเพื่อนสนิททำไปขอไชอีก 2–3 หน ใคร ๆ ก็ว่าไม่มี เจ้าของที่ซึ่งโดยมากจับป่าไว้ขาย ทนภาษีที่ดินไม่ไหวก็คืน ที่นี้คนไชก็ไปขอประทานบัตรคลุมเอาใหม่

ช. การวัดบริมาตรของดิน

จุดประสงค์ในการไชแร่ก็คือ ต้องการรู้ว่าดินหนึ่งลูกบาศก์หลามีแร่กี่ชั่งหรือ 1 ลบ. เมตรมีแร่กี่กิโลกรัม นอกจากนั้นยังต้องการทราบสภาพของดินนั้นว่า เหนียว แข็ง อ่อน มีหินมาก ดานแข็ง อ่อน ฯ ล ฯ ประการใด

วิธีการตรวจที่ดีที่สุดก็คือขุดหลุมลงไปให้ขนาดเท่ากันจนถึงดาน เอาดินทั้งหลุมขึ้นมาล้างว่ามีแร่ใด บริมาตรของดินวัดเอาจากหลุมที่ขุดเมื่อถ้าเฉลี่ยก็จะรู้ว่ามีแร่กี่กิโลกรัมต่อ 1 ลบ. เมตร ถ้าขนดินทั้งหลุมไปล้างไม่ไหว ใช้เก็บตัวอย่างโดยเซาะร่องสี่เหลี่ยมข้างหลุมจากเปลือกดินลงไป อาจเซาะเพียง 1 ร่อง หรือเซาะ 2 ร่องตรงข้ามกัน หรือเซาะ 4 ร่องเป็น 90° ให้กว้างและลึกเท่ากันตลอดปากหลุมถึงก้นหลุม วัดขนาดของร่องว่ามีบริมาตรเท่าใด เก็บดินที่เซาะทิ้งหมดไปล้างเอาแร่มาคิด ในการขุดนี้เราสามารถที่จะเห็นชั้นดินแต่ละชั้นเป็นเหตุให้ตัดชั้นดินได้ถูกต้องโดยการเซาะลงทีละชั้นได้ ความเหนียวความแข็งจะรู้แจ้งเห็นชัดกว่าบิ๊มขึ้นมา นอกจากนั้นในชั้นกระสะปรกติมีหินใหญ่ด้วย เวลาทำบอริ่งปากท่อเล็กจะไม่ได้หินใหญ่ขึ้นมา และไม่รู้ว่าหินนั้นส่วนใหญ่จะใหญ่ขนาดไหน แต่การขุดดูจะรู้ว่ามีหินขนาดใดบ้าง มากน้อยเพียงใดด้วย

แต่การขุดหลุมนั้น ถ้าขุดในที่ราบน้ำจะออกวิดน้ำบางทีแห้งไม่ทัน ถ้าดินเป็นทรายอ่อนก็มักจะพังง่าย ขุดลึกเกิน 40–50 ฟุต ก็ชักไม่มีลมหายใจแล้ว และช้าไม่ทันงาน

จึงหันมาใช้ไชด้วยท่อหรือบอริ่ง ตอกท่อลงในดินทีละน้อยแล้วค่อยเก็บดินที่เข้ามานั้นนำมาล้างดู วิธีนี้จะไม่เห็นชั้นดินที่เรียงอยู่จริง ๆ เช่น ขุดหลุม ไม่รู้ว่ามีหินเล็กหินใหญ่เพียงใด เพราะหินเล็กเท่านั้นที่จะเข้าท่อได้ หินใหญ่ก็หลีกหมด มีการใช้เครื่องตอกท่อลงไปเหมือนกันแต่มักใช้กับที่ลึกเกินแรงคน เครื่องขนย้ายยาก ถ้าทำที่ตื้นแล้วช้ากว่าคน และเครื่องนั้นคงไม่มีเครื่องมือบอกละเอียดว่าดินเปลี่ยนชั้นเท่าการสัมผัสด้วยมือคน

การไชด้วยท่อมีข้อเสียก็คือ เวลาไชใช้น้ำกรอกลงไป เมื่อปั๊มดินตัวอย่างขึ้นมาได้แล้ว ต้องเอาน้ำล้างดินที่ติดปั๊มลงกระบะให้หมด เวลาเทจากกระบะใส่ถังตวงก็เอาน้ำล้างอีก ดินตัวอย่างนั้นจึงมักเละเป็นเลน จะเป็นก้อนอยู่ได้ก็เฉพาะดินเหนียวและดินแข็งเท่านั้น

ธรรมดาดินเมื่ออยู่ในที่เวลาขุดออกมาแล้วเอามาตวงวัดดู จะได้ปริมาตรจากการตวงมากกว่าปริมาตรที่วัดได้จริงจากหลุม เมื่อดินตัวอย่างที่ได้มาเป็นขี้เลน การตวงวัดจะได้ปริมาตรมากกว่าที่เป็นจริงมาก

การวัดปริมาตรของดินจากหลุมบอริ่งทำกันได้หลายวิธี :–

1) **ใช้วัดจากขนาดผ่าศูนย์กลางของตื้นท่อและความลึกของท่อ** คิดดูง่าย ๆ ตื้นท่อกลม เมื่อตอกลงไปในดินโดยมีปั๊มเก็บตาม ๆ กันไป ดินที่เข้าในท่อและเก็บขึ้นมาน่าที่จะเท่ากับเนื้อที่ปากท่อ คูณด้วยความลึกของท่อที่ลงไป แต่ตามความเป็นจริงแล้ว ดินมีหลายชนิด เช่นเป็นขี้ตม เป็นดินเหนียว เป็นทราย เป็นชั้นทรายไหล เป็นทรายปนหินร่วน เป็นต้น ทำให้ปริมาตรของดินที่เก็บขึ้นมา จะได้แต่ความลึก 5 ฟุต หรือ 1 ท่อไม่เท่ากัน ดินที่เก็บขึ้นมาจะมีปริมาตรมากน้อยย่อมเกิดจากเหตุหลายประการดังเช่น :–

(a) **อยู่ที่สภาพของดิน** ดินอ่อนท่อจะลงเอง ถ้าขณะท่อลงไม่ทันได้หมุนท่อด้วย ดินที่เข้าทางตื้นท่อตอนแรก พอเข้าไปได้หน่อยหนึ่งจะอัดแน่นไม่เข้าอีก จะทำให้ปากท่อตันเวลาท่อลงโดยปากท่อตัน ท่อจะแยกดินอ่อนออก ดินจึงไม่เข้าท่อ

– ถ้าเป็นดินเหนียวที่ทิ้มครั้งหนึ่งท่อก็ลงที่หนึ่งตาม ๆ กันลงไป ดินที่เข้ามาจะพอดี ๆ กับขนาดปากท่อ ได้ปริมาตรสม่ำเสมอกันดี

– ทรายร่วน ทรายที่มีน้ำมักไหลเข้าท่อได้ หรือเวลาทิ้ม ทรายมักชอบจับแน่นที่ในตื้นท่อ (ทรายเกี่ยด) ทำให้ปากท่อตัน แยกชั้นทรายลงไปโดยไม่มีดินเข้าท่อ หรือบางทีเมื่อเอาปั๊มทิ้มทรายไม่ยอมเข้าปั๊มแต่หลีกออกทางปากท่อ บางครั้งจะได้มาก บางครั้งได้น้อย

– กระสะร่วน ท่อมักจะค้างไม่ค่อยยอมลง เนื่องจากหินบีบท่อไว้หรือตื้นท่อค้างบนหิน ทำให้ตื้นท่อจมไม่เสมอกัน เป็นเหตุให้ทรายข้างนอกเข้าได้มาก บางทีก็มีหินอุดตื้นปั๊มเป็นเหตุให้ทรายไม่เข้าปั๊ม บางทีหินขนาดเข้าท่อได้แต่เข้าปั๊มไม่ได้ดักอยู่ เวลาทิ้มปั๊มหินก้อนนั้นก็นำหน้าไปเรื่อย ดันทรายหลีกออกไป ฯลฯ โดยเหตุนี้บางครั้งจึงได้ดินมาก บางครั้งก็ได้ดินน้อย

(b) **วิธีการทำงาน** ดินอ่อนที่ท่อลงเอง ถ้าขณะท่อวูบลง เราทิ่มปั๊มคาตีนท่ออยู่พอดี ปั๊มจะอุดท่อไว้ดินจะไม่เข้าท่อเลย หรือถ้าปล่อยให้ท่อลงเองเฉย ๆ ดินจะเข้าน้อยกว่าเราหมุนท่อด้วย

— ทรายร่วนและกระสะร่วน ถ้าปล่อยให้ตีนปั๊มล้ำตีนท่อ หรือเมื่อปากท่อจมดินไม่เสมอหน้า ทรายข้างนอกจะเข้ามาก ตรงข้ามถ้าตีท่อเรื่อย ๆ นำหน้าแล้วปั๊มตามทรายและหินมักจับตัวแน่นที่ตีนท่อ ดินไม่ค่อยเข้าท่อ

นอกจากนี้การทิ่มดินยังมีหลายวิธี ถ้าทิ่มไม่แข็งหรือเหนียวเกินไป และหรือไม่มีหินมาก และเป็นดินเหนียวอ่อน การทิ่มแบบ"จั้ง" แต่ฟุตแรกจนยันฟุตสุดท้าย ถึงจะได้บริมาตรของดินน้อยกว่าทิ่มแบบ "เจงจ่วน" ก็ควรได้ค่าใกล้เคียงที่สุด ทรายร่วนที่เมื่อใช้วิธี "เก็บ" และท่อลงตาม ๆ ไปจะได้ดินมากกว่าใช้วิธี "ทิ่ม-หมุน" ที่ลักษณะเดียวกัน แต่ใช้วิธีทิ่มต่าง ๆ กันออกไป หรือทิ่มเปะปะเรื่อยไปหลายวิธี บริมาตรที่ได้ย่อมไม่แน่นอน ถ้าดินชั้นใดเหมาะแก่วิธีใด ควรใช้วิธีทิ่มวิธีนั้นวิธีเดียว คนคุมและคนไชแร่จะต้องรู้ว่าดินชนิดใดควรใช้วิธีทิ่มอย่างใด

จากการบอริ่งที่ลุ่มห้วยในหุบเขาแห่งหนึ่ง ได้ตัวเลขความแตกต่างของบริมาตรที่ได้จากการวัดด้วยวิธีชั่งตวง เทียบกับวัดจากเนื้อที่ปากท่อดังนี้ :—

ตีนท่อปากผ่าศูนย์กลาง $4\frac{15}{16}$" ท่อรูในเส้นผ่าศูนย์กลาง $3\frac{1}{2}$"

ถ้าคิดตามเนื้อที่จากผ่าศูนย์กลางของปากท่อนี้ ท่อจมดิน 1 ท่อน หรือ 5 ฟุต ควรได้ดิน 18.82 ลิตร

—ดินเหนียวอ่อนสีดำ วัดโดยชั่งตวง ได้ดิน 16.70 ลิตร จึงการวัดด้วยคำนวณจากปากท่อ จะได้ดินมากกว่าเป็นจริงที่วัดได้ไป 12.7 %

— ทรายร่วน ใช้วิธี "เก็บ" ได้ทราย 15.5 ลิตร ต่อท่อ 1 ท่อน

— กระสะร่วนมีดินดำแทรก วัดโดยชั่งตวงได้ผลไม่แน่นอน ลึก 5 ฟุต ได้ดินระหว่าง 15-80 ลิตร ก็เคยได้ ค่านี้แสดงว่าทรายนอกเข้าท่อมาก ถ้าเอาบริมาตรจากคำนวณปากท่อมาคิดว่าได้ดินเพียง 18.82 ลิตร จะได้ค่าตัวเฉลี่ยชั้นกระสะน้อยกว่าก็มี แต่ส่วนใหญ่กว่า 95% มากกว่าบางที่ 2-3 เท่าตัว

การใช้วิธีวัดบริมาตรดินจากปากท่อจะใช้ได้ผล ก็ในเมื่อไชที่เป็นดินเหนียว และดินเหนียวอ่อน ซึ่งกระสะไม่มีหินและเป็นกระสะเหนียว

2) **ใช้ตวงด้วยถังไม้ขนาด** $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times 1$" ถังนี้เขาเรียกว่าบ๊อกซ์ 108 บ๊อกซ์มีบริมาตร 1 ลบ. หลา มีลูกสูบมีก้านจับได้โผล่ขึ้นมา ใช้สำหรับกดดินที่ตวงลงให้แน่นความสูงของบ๊อกซ์ 1 ฟุตนั้น เขาแบ่งออกเป็น 10 ส่วน โดยขีดหมายไว้ที่ฝาในของบ๊อกซ์ หรือขีดหมายที่ก้านสูบที่โผล่ขึ้นมาก็ได้ ถ้าได้ดิน 3 ขีด ก็หมายความว่าได้ดิน $\frac{3}{10}$ ของ 1 บ๊อกซ์ เท่ากับ $\frac{3}{10} \times \frac{1}{108}$ ลบ. หลา

การตวงกอบดินที่ได้ใส่ลงในถัง แล้วเขย่าและใช้ลูกสูบกดวัด น้ำเลนที่กอบไม่ได้เททิ้งไป เก็บไว้แต่ทรายก้นกระบะ แล้วเอาทรายนั้นตวงอีก

วิธีนี้จะเห็นได้ว่า ถ้าเป็นดินขี้ตมจะละลายน้ำหมดวัดไม่ได้ ถ้าเป็นดินเหนียวเป็นก้อนอยู่ก็พอวัดได้ แต่เวลาตวงต้องกดให้แน่น ไม่ให้มีช่องว่างเหลืออยู่ ซึ่งก็ทำด้วยยาก มีช่องว่างเหลืออยู่จนได้ ถ้าดินปนทราย ดินจะละลายน้ำไปหมด ตวงได้แต่ทราย จะทำให้ได้บริมาตรน้อยลง แต่ถ้าเปอร์เซ็นต์ทรายในดินสูงหรือเป็นทรายล้วน การตวงก็ใกล้เคียงความจริงขึ้น

ธรรมชาติได้ช่วยวิธีนี้ไว้อย่างหนึ่งคือแร่มักมีในชั้นกระสะที่มีทรายและหินมาก ไม่มีในดินที่เป็นขี้ตมนัก จึงมีทรายและหินให้ตวงได้บริมาตรที่ใกล้ความเป็นจริงเข้าไป ยิ่งถ้ามีแร่เฉพาะในกระสะ และกระสะนั้นมีดินเฉพาะที่ต้องการเพียงบรรจุอยู่ในช่องว่างของเม็ดทรายและเม็ดหิน การตวงโดยวิธีนี้จะถูกต้องพอควร

3) **ใช้เก็บดินตัวอย่างใส่ถุงแร่แขวนทิ้งค้างคืนไว้ให้น้ำออกก่อน แล้วจึงเอาดินนั้นมาตวงในถังไม้** วิธีนี้ก็คงแบบเดียวกับวิธีที่ 2 แต่แทนที่เราจะตวงดินเละ ๆ และทิ้งน้ำเลนไป เรามาเกรอะเอาน้ำออกก่อน เก็บดินจากน้ำเลนไว้ด้วย วิธีนี้จึงใกล้เคียงความจริงยิ่งขึ้น แต่ธรรมดาดินนั้น เมื่อขุดหลุมแล้วเอาดินนั้นถมหลุมนั้นใหม่ จะมีดินเหลือ ซึ่งแสดงว่าดินที่ขุดออกมา ถ้าเอามาตวง จะได้บริมาตรมากกว่าดินที่อัดอยู่ในที่ของมัน

จากการทดลองขุดเอาดินที่เปียกน้ำในเดือนกันยายน ซึ่งเป็นเดือนที่ฝนตกชุกมาลองดู ได้ผลดังตารางตามเอกสารประกอบหมายเลข 1 ผู้ทดลองนี้คือ นายผิว คงมนต์ ช่างเหมืองแร่องค์การเหมืองแร่ขอถือโอกาสนี้ขอบคุณ คุณผิว คงมนต์ มาด้วย

คำว่าตวงอัดแน่นในที่นั้นคือ ทำถังตวงด้วยไม้ ตีปลอกรัดให้แข็ง เอาดินใส่ลงครั้งละน้อย เอาน้ำพรมแล้วเอาไม้ ϕ ประมาณ 2″ ตำแบบตำน้ำพริก

ในที่นี้เป็นเครื่องยืนยันว่าตวงอัดแน่นพอควรก็ยังได้บริมาตรมากกว่าเมื่อดินนั้นอยู่ในดิน

อย่างไรก็ตาม การเอาดินเปียกใส่ถุงให้สะเด็ดน้ำก่อนแล้วจึงเอาลงถังตวง ก็ยังดีกว่าการตวงทั้งเป็นน้ำเลนเละ ๆ อยู่ดี ถึงแม้บริมาตรจะได้มากกว่า เมื่อตัวอย่างนั้นอยู่ในดินจริง แต่ก็ไม่ทิ้งน้ำเลนซึ่งบางครั้งอาจทิ้งข้นมาก บางครั้งอาจทิ้งข้นน้อย บางคนทราบว่าถึงเอาโฮโดรมีเตอร์จับความข้นของน้ำเลนนี้ แล้วมาแตกกลับว่ามีดินอยู่ในน้ำเลนนั้นเท่าใด วิธีนี้มีข้อเสียก็คือมันยุ่งยากมาก ไม่สะดวกที่จะต้องแบกตัวอย่างกลับบ้านทั้งหมด เพื่อเอาไปใส่ถุงตวงไชวันนี้ กว่าจะได้วัดดินพรุ่งนี้มะรืนนี้รอไม่ไหว

เมื่อบริมาตรที่ขุดหรือขุดขึ้นมาวัดได้มากกว่าที่อยู่ในดิน ค่าในการคำนวณย่อมต่ำกว่าเป็นจริงไปบ้าง แต่จะต่ำเป็นเปอร์เซ็นต์ใกล้เคียงกันกว่าตวงแบบที่ 2

4) **ใช้เอาดินตัวอย่างลงกระทะย่างไฟกันเดี๋ยวนั้นเลย แล้วจึงเอามาตวง** วิธีนี้ก็ดัดแปลงมาจากวิธีที่ 3 คือการใส่ถุงแขวนให้น้ำสะเด็ดช้าและบางครั้งเปียกมาก บางครั้งแห้งมาก เอาดินตัวอย่างมาเผาไฟให้แห้งแท้ ๆ แล้วจึงเอามาตวง

ตามตารางที่คุณผิวทำมาก็ได้แสดงถึงเมื่อเอาดินตัวอย่างลองย่างไฟ พอให้เกิดความนึกคิดได้แล้ว อย่างไรก็ตามวิธีนี้ก็ยุ่งยากอยู่ดี

5) **วิธีชั่งและตวง** เราทราบแล้วว่า น้ำบริสุทธิ์ 1 ลิตรหนัก 1 กก. ตามตารางที่คุณผิวทำมา ดินสีเทานวล ทรายหยาบปนหิน บริมาตรของดินเมื่ออยู่กับที่ 0.067375 ม.^{3} เปียกในเดือนกันยายน อยู่กับที่หนัก 138.5 กก. ย่างแห้งไล่น้ำออกแล้วหนัก 88.25 กก. แต่เมื่อเอาอัดเข้าถังตวงแล้วใส่น้ำจนอิ่มตัวจะหนัก 145.05 กก. จากนี้เราจะได้ว่าดินชนิดนี้เมื่ออิ่มตัวต้องน้ำหนักอยู่กับที่จะหนักลิตรละ 2.05 กก.

ถ้าเอาน้ำ 5 ลิตร ดินอิ่มตัว 5 ลิตร ผสมกันใส่ถังตวงขนาด 10 ลิตร จะเต็มถังพอดีและหนัก 15.30 กก. โดยตรงกันข้าม ถ้าเราเอาดินตัวอย่างที่ปนน้ำเลนและมาตวงถังขนาด 10 ลิตร ถ้าไม่เต็มก็เอาน้ำเปล่าใส่จนได้ 10 ลิตร แล้วชั่งดู ถ้าได้หนัก 15.30 กก. ก็แสดงว่าในนั้นมีดินอยู่ 5 ลิตร วิธีนี้เราก็ทำสูตรสำเร็จแล้วทำตารางไว้ พอตวงมาชั่งได้หนักเท่าใดเราก็ดูจากตารางที่ทำไว้ว่าแตกกลับเป็นดินกี่ลิตรได้เลยทีเดียว วิธีนี้จึงสะดวกขึ้นกว่าวิธีที่ 4 วิธีทำก็คือ ทำถังตวงด้วยกระป๋องตักน้ำขนาดเบอร์ 16 ชนิดหนาก็ได้ 1 ใบ ชั่งถังเปล่านี้ก่อนว่าหนักเท่าใด สมมุติว่าได้ 1.8 กก. เอาน้ำจืดบริสุทธิ์ใส่เข้าไปแล้วชั่งจนได้หนักทั้งถัง 11.8 ลิตร หมายแนวน้ำในถังไว้ เจาะรูเป็นครึ่งวงกลมคว่ำให้เส้นผ่าศูนย์กลางวงกลมซึ่งยาวประมาณ 2" ได้แนวระดับน้ำพอดี เจาะ 2 รูตรงกันข้าม เป็นรูน้ำล้นเราจะได้ถังตวงขนาดจุถึงรูน้ำล้น 10 ลิตรพอดี ที่นี้เราก็มาทำตารางสำเร็จ ดังเอกสารประกอบหมายเลข 3

แต่ดินแห่งหนึ่ง ๆ หรือแม้แต่หินอย่างเดียวกัน เช่นหินขวอทซ์ ความแน่นก็มิใช่เท่ากัน ทุกก้อนเปลี่ยนแปลงได้ ดังนั้นน้ำหนักดิน 1 ลิตร 2.05 กก. นี้ ย่อมใช้ได้เฉพาะที่นี่เท่านั้น ถ้าหากไปทำที่อื่นออกไปจะต้องไปหาเอาใหม่ โดยเก็บเอาดินตัวอย่างในบริเวณบอริ่งหลาย ๆ หลุมมาทำ แล้วถัวเฉลี่ย

และธรรมดาดินนั้น ย่อมมีชั้นเปลือกดิน ชั้นทรายและชั้นกระสะ แร่มักมีอยู่ที่กระสะ บางคนเขาเอาตัวเลขดินทั้งหลุมเฉลี่ยทำตารางสำเร็จ แต่บางคนถ้ามีแร่เฉพาะที่กระสะ เขาเอาตัวเลขจากเฉพาะกระสะเท่านั้นมาทำตาราง ซึ่งความจริงแล้วก็ควรเป็นเช่นนั้น โดยทั่วไปแล้วกระสะมักหนักอยู่ในราว ๆ ลิตรละ 2 กก. เศษ สุดแต่ดินแต่ละแห่ง

เวลาชั่งตวง ชั่งใช้ชั่งจีนชนิดเป็นคานและมีลูกตุ้มขนาด 25 กก. ปักหลัก 2 หลัก เอาไม้เสียบขวางแขวนชั่งไว้ ดินตัวอย่างที่ได้เมื่อเอาลงถังตวงแล้วถ้าไม่ถึงรูน้ำล้น เอาน้ำใสใส่ลงไปจนเต็มถึงรูน้ำล้น ชั่งหมดทั้งน้ำเลนไม่มีการทิ้ง (ถ้าน้ำขุ่นจะหนักมากกว่าน้ำใส น้ำทะเลหนักกว่าน้ำจืด ถ้าจะใช้น้ำทะเลก็ต้องเอาตัวเลขความแน่นของน้ำทะเลไปทำตาราง) แล้วล้างดินเปรอะตามขอบถังทั้งนอกและในให้เกลี้ยง ปกติถังตวงเรามักตั้งบนดิน ดินมักติดก้นถังจึงต้องล้างใต้ถังด้วย แล้วจึงเอาขึ้นตาชั่ง อ่านได้เท่าใดเอาน้ำหนักนั้นไปดูตารางสำเร็จ แตกกลับมาเป็นบริมาตร

วิธีนี้รู้สึกว่าสะดวกสะบายดีและใกล้เคียงความจริงขึ้นมา ถ้าจะผิดก็ผิดเป็นเปอร์เซ็นต์เหมือน ๆ หรือใกล้เคียงกันไปทุกหลุม

6) วิธีตวงเฉพาะดินที่ตวงได้และชั่งตวงน้ำเลน เนื่องจากทราย หิน และดินบางแห่งหนักไม่เท่ากัน ในการใช้วิธีที่ 5 จะต้องลองดินแต่ละแห่งที่จะไชก่อนว่าหนักลิตรละกี่กิโลกรัม แล้วจึงเอามาทำตารางสำเร็จและเริ่มการไชได้ บางคนจึงหันมาใช้วิธีตวงเฉพาะที่ตวงได้ ส่วนน้ำเลนไม่รินทิ้งเหมือนแบบที่ 1 แต่เอามาตวงแล้วชั่ง

วิธีนี้เราก็ต้องมีตารางสำเร็จเฉพาะดินขี้เลนเหมือนกันอยู่ดี แต่ตัวเลขดินขี้เลนนี้รู้สึกว่า จะหาได้แน่นอน การเอาตัวเลขมาจากดินที่มีทั้งหินใหญ่เล็ก ซึ่งปกติก็มีความแน่นไม่เท่ากัน ปนทรายปนดินมากบ้าง น้อยบ้าง ตัวเลขนี้จะเปลี่ยนได้มาก การเอาตัวเลขเฉพาะดินขี้เลนอย่างเดียว ความหนักต่อลิตรของมันจึงเปลี่ยนแปลงได้น้อยกว่า

ดินขี้เลนในการบอริ่งนั้นมีหลายอย่าง ขี้เลนแดงก็มี สีเทาก็มี น้ำตาลก็มี เป็นขี้ตมมีไมก้าปนก็ดี ขี้ตมเหล่านี้ย่อมมีความแน่นผิดกันออกไป ต้องลองหลาย ๆ แห่ง เราจะได้ว่าดินขี้เลนที่มาจากดินเหนียวแดงที่เกิดจากฟิลไล้ท์ผุหนักเท่าใด ดินเขียวหรือดินขาวที่มาจากเฟลสปาร์ในแกรนิตผุหนักเท่าใด ดินขี้ตมมีไมก้าหนักเท่าใด จากนี้เอามาทำตารางสำเร็จเฉพาะดินแต่ละอย่างเช่นวิธีที่ 5 คราวนี้ตัวเลขนี้ใช้ไปได้เกือบทุกแห่งกว่าตัวเลขจากความแน่นของดินตัวอย่างที่มีทั้งดินทั้งหินปน

จากการทดลองเอาดินมาหาความแน่น โดยเอาดินที่เปียกชุ่มในต้นเดือนตุลาคม หลังจากมีฝนตกพรำติดต่อกันหลายวันมาลองหาความแน่นดูเป็นครั้งที่ 2 โดยต้องการหาเฉพาะดินแท้ ๆ ไม่มีทรายปน ได้ผลดังที่ได้แนบมาด้วยแล้วเป็นเอกสารหมายเลข 2

เมื่อเอาตัวเลขความแน่นของดินมาใช้ในการหาบริมาตรของดินจากการบอริ่ง เราทำตารางสำเร็จขึ้นเช่นเดียวกับวิธีที่ 5

วิธีวัดบริมาตรทำดังนี้ ทำถังตวงด้วยเหล็กหนา $\frac{1}{16}$" ให้มีขนาดกว้าง × ยาว × สูง = 20 × 20 × 40 ซม.^{3} ถังนี้สูง 2.5 ซม. จะมีบริมาตร = 1 ลิตร สูง 25 ซม. จะจุ 10 ลิตร ถ้าไม่ทำด้วยเหล็กจะทำเป็นถังไม้ก็ได้ จากนี้ทำแผ่นโลหะบาง ๆ กว้างประมาณ 1 ซม. แบ่งเป็น 10 ช่อง ช่องละ 2.5 ซม. และช่องใหญ่นี้แบ่งครึ่งไว้ด้วยทุกช่อง เอาแผ่นโลหะนี้เชื่อมติดเข้าไปกับฝาด้านในของถังนี้ ให้ตั้งตรงลงไปให้ปลายล่างของมันสูงจากพื้น 7.5 ซม. ถังนี้จะเป็นถังใช้วัดบริมาตรของวัตถุที่เป็นก้อน เช่นก้อนดินเหนียว ทรายและหิน

ทำถังอีก 1 ใบแบบเดียวกับถังที่ใช้ในวิธีที่ 5 ถังนี้จะใช้เป็นถังชั่งตวงน้ำเลนอย่างเดียว ถังใบนี้จะต้องทำด้วยเหล็ก ไม่ใช้ไม้ทำ เพราะไม้อมน้ำ ถังไม้เมื่อแห้งและเปียกหนักไม่เท่ากัน ถ้าเอาตวงชั่งแล้วหักน้ำหนักถังย่อมคลาดเคลื่อนได้

เมื่อได้ดินขึ้นมา ถ้าเป็นดินปนทรายและหินต้องเอามาขยำแล้วรินน้ำเลนเก็บไว้ ล้างจนได้ทรายและหินเกลี้ยง เอาลงตวงวัดในถังวัดบริมาตรหรือถังใบ 1 แต่ก่อนที่จะเอาลงถังนี้ต้องเอาน้ำเปล่าใส่ลงในถังนี้ก่อนจนสูงถึงปลายล่างของแผ่นโลหะที่มีสเกลอยู่ หรือใส่น้ำลงไปก่อน สูง 7.5 ซม. ซึ่งเทียบกับน้ำ 3 ลิตร ทรายที่เอาลงตวงจะต้องใช้กอบมาด้วยมือ 2 ข้าง บีบแน่นสะบัด ๆ ให้น้ำหยดออกให้หมดก่อน แล้วจึงใส่ลงถังตวง ทรายจะแทนที่น้ำที่มีอยู่ก้นถัง ทำให้ระดับน้ำสูงขึ้นมา แต่ขณะเดียวกันน้ำส่วนหนึ่งจะเข้าไปแทรกอยู่ตามช่องว่างของหินและเม็ดทราย หมดแล้วเขย่าถังให้ทรายเรียงตัวและหน้าเรียบ เอาไม้มา 1 อัน แบ่งขีดเช่นเดียวกับขีดของสเกลที่ถัง วัดดูว่ามีน้ำอยู่เหนือระดับทรายทั้ง 4 ด้านเท่าใด และอ่านดูที่ขีดเส้นที่แบ่งไว้ว่าระดับน้ำอยู่ที่ขีดเท่าใด เมื่อเอาระดับน้ำที่เหลือเหนือทรายไปลบระดับผิวบนของน้ำที่แผ่นโลหะ เราก็จะได้บริมาตรของทรายและหินนั้น ส่วนระดับน้ำเดิม 3 ขีดที่ใส่ไว้ก่อน แต่หายไปเหลือระดับอยู่เหนือทรายเท่าใด ก็จะเป็นน้ำที่เข้าไปแทรกในเม็ดทราย หรือแสดงว่า เม็ดทรายมีช่องว่างอยู่เท่ากับบริมาตรของน้ำที่หายไป

เอาขี้เลนที่ขยำได้ใส่ถังตวงชั่งใบที่ 2 ตวงให้เต็ม ถ้าไม่เต็มเอาน้ำใส่จนเต็มแล้วชั่งได้น้ำหนักเท่าใดไปดูจากตารางสำเร็จแตกกลับเป็นว่าขี้เลนนั้นมีบริมาตรเท่าใด

ธรรมดาดินปนทรายและหินเมื่ออยู่กับที่นั้นดินจะแทรกเข้าไปอยู่ตามช่องว่างระหว่างเม็ดทรายและหิน ในการตวงครั้งแรกเราทราบแล้วว่าช่องว่างระหว่างทรายมีเท่าใด เอาบริมาตรช่องว่างนั้นมาลบออกจากบริมาตรดินที่ตารางสำเร็จแตกกลับมา ก็จะเหลือบริมาตรของเฉพาะดินที่เหลือนอกเหนือจากที่ไปเติมช่องว่างทราย บริมาตรจริงของตัวอย่างนั้น ก็เท่ากับบริมาตรทรายหินที่อ่านได้จากถังที่ 1 บวกด้วยบริมาตรของดินอันเป็นส่วนที่เหลือนี้

ขอยกตัวอย่างการคิดนี้

เอาทรายและหินลงตวงถังที่ 1 น้ำขึ้นมาถึงขีดที่ 8 เอาไม้วัดดูมีน้ำอยู่เหนือระดับทราย 2.5 ขีด แสดงว่า

— บริมาตรของทรายปนหินมี 5.5 ขีดหรือ 5.5 ลิตร (8—2.5)

— มีช่องว่างในเม็ดทรายและหิน 0.5 ขีด หรือเท่ากับ ½ ลิตร (3—2.5)

ที่นี้ดินขี้เลนที่เอามาชั่งตวง เมื่อแตกกลับมาเป็นบริมาตรแล้ว สมมุติว่าได้ 5 ลิตร ดินนี้จะต้องใช้ไปเติมในช่องว่างของทรายและหินเสีย ½ ลิตร จึงเหลือเนื้อดินอยู่ 4.5 ลิตร

ดังนั้นบริมาตรของตัวอย่างดินชั้นนี้ จะเท่ากับ 5.5 + 4.5 = 10.0 ลิตร

เมื่อพิจารณาจาก 6 วิธีที่กล่าวมานี้ จะเห็นว่าวิธีที่ 6 นี้เป็นวิธีที่ใกล้เคียงความเป็นจริงที่สุด และสะดวกในการปฏิบัติด้วย เป็นแต่ว่าเราจะต้องรู้ว่าดินสีอะไร มีความแน่นเท่าใด

เท่านั้น ดังนั้นในการจดรายการจึงจำเป็นต้องบอกสีของดินให้ถูกต้อง เพื่อใช้ตารางสำเร็จตามชนิดและสีของดินนั้น

7. วิธีตวงแบบคิดง่าย ๆ ปกติเปลือกดินจะหนักประมาณลิตรละ 1.7—1.8 กก. กระสะจะหนักประมาณลิตรละ 2 กก. มีเศษบ้างนิดหน่อย ในวิธีนี้ก็ถือถัวเฉลี่ยไปเลยได้ว่าดินของหลุมนั้นหนักลิตรละ 2 กก. เรามาทำสูตรสำเร็จอย่างวิธีที่ 5 เหมือนกันแต่เพราะน้ำ 1 ลิตร หนัก 1 กก. ดิน 1 ลิตร หนัก 2 กก. ทำให้คิดได้ง่าย

ใช้ถังตวง 10 ลิตรแบบวิธีที่ 5 สมมุติว่าถังหนัก 1.8 กก. เมื่อได้ดินมา เอาใส่น้ำให้เต็ม ชั่งสมมุติว่าได้หนัก 16.5 ลิตร วิธีคิดก็คือเอา 11.8 (10+1.8) ลบ, 10 เป็นขนาดจุของถังตวง 1.8 เป็นน้ำหนักของถังตวง เราจะได้บริมาตรของดินนั้นทันที คือดินนั้นจะ = (16.5—11.8) = 4.7 ลิตร

จะใช้วิธีวัดบริมาตรดินวิธีไหนก็ตาม สำหรับดินอย่างนั้น สำหรับคนไชถ้าได้ค่าตามที่ตัวคิดออกมาเท่านั้น แล้วทำเหมืองได้ ก็ใช้วิธีนั้นของตัวเรื่อยไปก็ได้ เช่นทำที่ดินเหนียวใช้ท่อปาก ϕ 4½" ถัวแล้วได้แร่ต่อท่อ 1 ท่อน $\frac{1}{8}$ กลักไม้ขีดไฟทำแล้วมีกำไรได้ 100 หาบต่อเดือน ก็ทำโดยใช้วิธีนั้นเรื่อยไปสำหรับที่ดินเหนียวแบบนั้น ถ้าไชได้ถ้าเกิดเป็นท่อหนึ่งได้ $\frac{1}{3}$ กลักไม้ขีดไฟ เดือนหนึ่งก็ได้ 200 หาบ ไม่ผิดเหมือนกัน

วิธีที่ดีที่สุด ไชแล้วควรขุดหลุมเช็คดู ขุดให้รูเสมอลงไป เอาดินทั้งหมดมาล้าง ถัวเฉลี่ยแร่ทั้งหลุมดูว่าตรงกับที่ไชหรือไม่ เช็คเป็นบางหลุม นอกจากเช็คดูแล้ว จะเห็นว่าชั้นดินชั้นหินจริง ๆ เรียงตัวกันอย่างไร กระสะมีหินใหญ่มาก เท่าใด ขนาดใด ถ้าผลจากบอริ่งกับขุดหลุมลองผิดกันมาก เพราะมีหินใหญ่ในกระสะมาก หินนี้แทนที่ทราย เวลาที่ปั๊มขึ้นมาเราได้แต่ทรายและหินเล็กมาถัวเฉลี่ยค่า และคิดบริมาตรของกระสะตามความลึก เวลาทำจริงมีหินใหญ่แทนที่ทรายไป 50—60% ได้ทรายน้อยลงไปครึ่งหนึ่ง ซึ่งทำให้ได้แร่น้อยลงไปกว่าที่คำนวณตั้งครึ่งเหมือนกัน ผลจากบอริ่งที่ผิดไปจากขุดลองทั้งหลุม ผิดไปเพราะหินมาแทนที่เท่าใด ก็ต้องตัด% ที่ผิดของหินออก

อีกประการหนึ่ง สำหรับที่ราบกว้าง เมื่อเอาค่าลงมาในบอริ่งแปลนแล้ว ได้ค่าเสมอ ๆ กันไป แต่มีหลุมใดหลุมหนึ่งกระโดดสูงผิดเพื่อน เขามักไชดักว่าติดไปกว้างเท่าใด เพราะกลัวแร่ไปตกหลุมอยู่ตรงนั้น ถ้าเป็นอย่างนั้นเอาค่าของหลุมนั้นมาคิดไม่ได้ แต่ถ้าเป็นที่ในลำห้วยบางหลุมบทจะติดก็ติด บางหลุมบทจะไม่ติดก็ไม่ติด เพราะเกิดจากน้ำเซาะไปเซาะมา ในที่นี้คิดรวมกันไปเลยไม่ตัด ถือว่าผลมีกับไม่มีถัวกันไปแล้ว

ซ. การจดรายการและคำนวณ

ขอลอกตารางแสดงรายการไชแร่ที่จดมาเป็นตัวอย่างดังข้างล่างนี้:-

หลุมที่ 89 แถว L 18
สถานที่ ตะวันออกของเป็ก 1 วา ริมทางเดินไปหมู่บ้าน
วันที่ 15 มกราคม 2504 จาก 7.50—9.30 น. = 1.40 ช.ม.
ชื่อผู้ควบคุม เกียรติ

ตัวอย่างที่	ชนิดของดิน	ลึกฟุต	บริมาตร ลิตร	แร่หนัก กรัม	$\frac{RG}{M^3}$	$\frac{KG}{M^3} \times FT.$
1	ดินสีเทาปนทรายละเอียด (ขี้ตม)	6′	11.5	0.75	—	—
2	ดินเทาปนทรายละเอียด%ทราย สูงขึ้น	2′	2.6	0.75	—	—
3	ดินเหนียวอ่อนสีดำ	1′	1.2	—	—	—
4	ดินเหนียวอ่อนสีดำปนทราย หยาบ	4′	7.9	0.75	—	—
5	กระสะร่วน น้ำสีดำ ทรายและหิน เป็น Qtz. สีขาว กลม	6′	40.9	153.0	3.74	22.44
	ดาน Dec. Granite ขาว อ่อน ผ่าดานเลยไป 1′ ความลึกทั้งหลุม 19′ ค่าถัวเฉลี่ย 1.18 กก./ลบ. เมตร	19′				22.44

แบบนี้ก็แสดงว่า เราเก็บตัวอย่างตามชั้นของดิน เวลาทำงานเราจดมาได้มี :— ชนิดของดิน ความลึกของชั้นนั้น และบริมาตรที่ปั๊มขึ้นมาได้ ช่อง แร่หนัก หมายถึงน้ำหนักของแร่จากดินตัวอย่างที่ได้เป็นน้ำหนักที่ล้างสะอาดและเอาแม่เหล็กดูดขี้เหล็กตื้นปั๊ม และดูดขี้แร่ออกหมดแล้ว รายการนี้เอามาทำที่บ้าน สำหรับค่า $\frac{KG}{M^3}$ หมายถึงความสมบูรณ์ของแร่ เป็นกิโลกรัมต่อ 1 ลูกบาศก์เมตร

(a) การคำนวณค่าถัวเฉลี่ย

$$\text{ความสมบูรณ์ } \frac{KG}{M^3} = \frac{\text{แร่หนัก กรัม}}{\text{บริมาตร ลิตร}}$$

$$\text{ช่อง } \frac{KG}{M^3} \times FT. = \frac{\text{แร่หนัก กรัม}}{\text{ปริมาตร ลิตร}} \times \text{ลึก ฟุต}$$

$$\text{ค่าถัวเฉลี่ยหรือความสมบูรณ์ถัวเฉลี่ย} = \frac{\text{ผลบวกของ } \frac{KG}{M^3} \times FT, \text{ แต่ละชั้น}}{\text{ความลึกทั้งหลุม}}$$

ยกตัวอย่าง

ตัวอย่างที่ 6 หมายถึงชั้นกระสะ มีความหนาของชั้นนี้ 6 ฟุต ในการไชนี้ได้บริมาตรของดินขึ้นมา 40.9 ลิตร และจากตัวอย่างนี้ เอามาล้างได้แร่สะอาด 153.0 กรัม

$\therefore$ ความสมบูรณ์ของชั้นกระสะนี้ $= \frac{153.0}{40.9} = 3.74$ กรัม / ลิตร

ซึ่ง $= 3.74$ กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

$\frac{MG}{M^3} \times FT. = 3.74 \times 6 = 22.44$

ผลบวกของ $\frac{MG}{M^3} \times FT.$ ทั้งหลุม $= 22.44$ (ชั้นอื่นถือไม่มีแร่)

ความลึกของทั้งหลุม $= 19$ ฟุต

$\therefore$ ความสมบูรณ์ถัวเฉลี่ย $= \frac{22.44}{19} \frac{\text{กิโลกรัม}}{\text{ลบ. เมตร}}$

$= 1.18$ กิโลกรัม / ลบ. เมตร

ความลึกของทั้งหลุม หมายถึงความลึกของดินที่เราจะต้องทำเหมืองเอาแร่ เช่นหลุมนี้เราผ่าดานลงไปอีก 1 ฟุต ถ้าเป็นลึกจริง ๆ ที่ไชลงไปจะ = 20 ฟุต ไม่ใช่ 19 ฟุต แต่เวลาทำงานเราฉีดกระสะหมดถึงหน้าดาน ไม่ผ่าดานลงไปด้วย จึงคิดความลึกเพียง 19 ฟุต อนึ่งสมมุติว่าในการไชแร่ลึก 60 ฟุต แล้วยังไม่ถึงดาน มีกระสะเรียงกันตั้งประมาณ 5 ชั้น มีแร่อยู่ชั้นบนชั้นเดียว กระสะชั้นบนลึกประมาณ 12 ฟุตเศษ ถ้าเราเอาความลึก 60 ฟุตมาคิดก็ทำเหมืองไม่ได้ แต่ถ้าเราทำเฉพาะกระสะชั้นบนชั้นเดียว ทำลึกเพียง 12 ฟุต จะทำเหมืองได้อย่างนี้เราคิดความลึกของทั้งหลุมเป็นเพียง 12 ฟุต

ในที่นี้ใช้ยูนิตลึกเป็นฟุต แต่เวลาตวงดินกลับไปใช้มาตราเมตริก คือเป็นลิตรและกรัม แต่รายการคำนวณที่กล่าวแล้วใช้กันได้ เป็นแต่เมื่อไปคิดเนื้อดินเท่านั้นที่จะต้องแตกลึกเป็นฟุตมาเป็นเมตรก่อน เนื้อดินที่ได้จึงเป็น 40 × 40 × ลึกเป็นเมตร ลบ. เมตรต่อ 1 ไร่

เพื่อสะดวกในการแตกมาตราที่เกี่ยวข้องในการคำนวณ จึงได้ให้มาตราไว้เสียด้วย

มาตราน้ำหนักจีน (มลายู) น้ำหนักเทียบ

10 ตี๋	= 1 หุน
10 หุน	= 1 จี๋
10 จี๋	= 1 ตำลึง
1 ตำลึง	= 2.50 บาท (จีน)
16 ตำลึง	= 1 ชั่ง

100 ชั่ง	=	1 หาบจีน
	=	$113\frac{1}{3}$ ปอนด์
1 ลองตัน	=	2,240 ปอนด์
	=	16.80 หาบจีน
1 หาบจีน	=	60.48 กก.
1 บาทจีน	=	15.12 กรัม
	=	1.008 บาทไทย
1 หาบจีน	=	1.008 หาบหลวง
1 บาทไทย	=	15.00 กรัม
	=	0.992 บาทจีน
1 หาบหลวง	=	0.992 หาบจีน
1 เอาซ์	=	1.875 บาท (จีน)
1 บาทจีน	=	0.533 เอาซ์
1 กิโลกรัม	=	1.653 ชั่ง

หน่วยความยาวเปรียบเทียบมีดังนี้:—

อังกฤษ เป็น เมตริก

1 นิ้ว	=	2.540 ซม.
1 ฟุต	=	0.3048 เมตร
1 หลา	=	0.9144 เมตร
1 ไมล์	=	1.609 กิโลเมตร
1 ตารางนิ้ว	=	6.452 ตารางเซนติเมตร
1 ตารางฟุต	=	0.0929 ตารางเมตร
1 ตารางหลา	=	0.8361 ตารางเมตร
1 ตารางไมล์	=	2.590 ตารางกิโลเมตร
1 ลูกบาศก์นิ้ว	=	16.39 ลูกบาศก์เซนติเมตร
1 ลูกบาศก์ฟุต	=	0.02832 ลูกบาศก์เมตร
1 ลูกบาศก์หลา	=	0.7646 ลูกบาศก์เมตร
1 ลูกบาศก์นิ้ว	=	0.01639 ลิตร

เมตริก เป็น อังกฤษ

1 เซนติเมตร	=	0.3937 นิ้ว
1 เมตร	=	3.281 ฟุต
1 เมตร	=	1.094 หลา

1 กิโลเมตร	=	0.6214 ไมล์
1 ตารางเซนติเมตร	=	0.1550 ตารางนิ้ว
1 ตารางเมตร	=	10.76 ตารางฟุต
1 ตารางเมตร	=	1.196 ตารางหลา
1 ตารางกิโลเมตร	=	0.3861 ตารางไมล์
1 ลูกบาศก์เซนติเมตร	=	0.06102 ลูกบาศก์นิ้ว
1 ลูกบาศก์เมตร	=	35.31 ลูกบาศก์ฟุต
1 ลูกบาศก์เมตร	=	1.308 ลูกบาศก์หลา
1 ลิตร	=	61.03 ลูกบาศก์นิ้ว

ไทยเป็นเมตริกและอังกฤษ

1 เส้น	=	40.00 เมตร
1 เส้น	=	2 เชน = 132 ฟุต
1 เชน	=	66 ฟุต

ทำชั่งต่อ ลบ. หลา เป็น กิโลกรัมต่อ ลบ. เมตร คูณด้วย 0.791 ทำกิโลกรัมต่อ ลบ. เมตร เป็นชั่งต่อ ลบ. หลา คูณด้วย 1.264

(b) การทำ SELECTED AREA และการคำนวณปริมาณแร่และเนื้อดิน

ก่อนที่จะ select ที่ จะต้องดูประสิทธิภาพของวิธีการทำเหมืองของเราก่อน เช่นจะทำเหมืองสูบ 8″ ถ้าดินอ่อน เราอาจจะทำได้เดือนละ 20,000 ลบ. เมตร ที่มีความสมบูรณ์ประมาณ 0.3 KG/M^3 ก็พอจะได้แร่เดือนละประมาณ 6 ตัน จึงถ้าหลุมใดได้ค่ามากกว่า 0.3 กก./ม^3 ขึ้นไป เราก็จัดให้อยู่ในเนื้อที่ทำการ แต่การมีแร่บางหลุมอยู่ห่างกระจัดกระจายไป มีเนื้อที่รวมแล้วน้อยกว่าที่เราจะลงทุนตั้งรางครั้งหนึ่ง ๆ ก็ใช้ไม่ได้ จะทำได้ก็เมื่อมีแร่จุดหนึ่ง ๆ ที่ติดต่อกันพอจะทำได้สัก 1,000 หาบ เราจึงจะทำ ในบางกรณีอาจจะมีหลุมมีค่าไม่ถึง 0.3 กก./ม^3 อยู่ในบริเวณหลุมดี แต่ในการทำเหมืองเราจำเป็นต้องทำเข้าไปตรงหลุมไม่ดีด้วย ก็จะเป็นต้องเอาหลุมนั้นรวมเข้าในบริเวณเนื้อที่ทำการด้วย

ถือว่าค่าของหลุมหนึ่ง ๆ มีแร่กินไปจนถึงครึ่งทางของหลุมข้างเคียงรอบตัว ดังนั้นในการแบ่งเขตที่จะทำออกจากที่ที่ไม่ทำแร่ จึงแบ่งเขตกันตรงกลางระหว่างหลุมทั้ง 2 การทำ selected area ของจุด ๆ หนึ่ง ได้แสดงอยู่ในเอกสารประกอบหมายเลข 4 แล้ว พร้อมทั้งวิธีคิดหาค่าถัวเฉลี่ยความลึก คิดเนื้อดิน คิดปริมาณแร่ทั้งหมดในดิน ราคาของแร่ทั้งหมด เวลาทำงานและทุนที่จะคืน

สำหรับการ select ที่ในลำห้วย ซึ่งมีแร่เฉพาะในที่ราบระหว่างตื่นเนิน 2 ข้าง ไม่มีแร่กินขึ้นมา เนื้อที่ที่จะ select เราไม่คิดกินออกไปถึงครึ่งทางระหว่างหลุม ถ้าทำได้จะต้องทำแผนที่คลุมบริเวณที่ราบที่จะมีแร่เพียงแค่ตื่นเนิน แล้วเอาเนื้อที่นี้มาคิด เอาค่าของทุกหลุมที่อยู่ในเนื้อที่นี้ เฉพาะที่อยู่ในตารางมาคิดเฉลี่ย

(c) การทำระดับผิวดินและการทำระดับดาน

หลังจากตรวจลองและเห็นว่าได้ผลแล้วจะทำงาน นอกจากทำแผนที่บริเวณทั้งหมดควรหาระดับพื้นที่ตรงเปิกหลุมบอริ่งทุกหลุมให้รู้ว่าแต่ละจุดที่ทำการบอริ่งสูงต่ำกว่ากันเพียงใด โดยการปักจุก DATUM ขึ้น 1 จุด สมมุติว่าระดับของ DATUM นั้นเป็น 100 เมตร ไล่ระดับจากหลุมนี้ไปยังทุกหลุม เราก็จะได้ระดับเปรียบเทียบทั้งหมด เมื่อเอาความลึกของแต่ละหลุมที่ตรวจไชได้ ไปลบออกจากระดับของผิวดินของมัน เราก็จะได้ระดับเปรียบเทียบของดานทั้งหมด จากนี้เราก็จะรู้ว่าดานหลุมไหนต่ำหลุมไหนสูง เมื่อเบิกเปลือกดินออกทำเหมืองไปแล้ว จุดไหนบนดานจะเป็นจุดลึกที่สุด ถ้าทำได้เราก็ตั้งเครื่องและเอาหัวดูดลงที่จุดนั้น ก็จะช่วยในการต้องผ่ารางนำแร่น้อยลงเป็นต้น

		1	2	3	4											
ว.ค.ป. ที่ ทดลอง	ชนิดของตัวอย่าง	ขนาดของหลุมทดลอง เมตร	ปริมาตรของหลุมทดลอง ม.^{3}	น้ำหนักของตัวอย่าง กก.	ตวงอัดแน่นได้ปริมาตร	ทรายหยาบที่ปนมาในตัวอย่าง กก.	ทรายหยาบที่ปนมาในตัวอย่าง ม.^{3}	ความแน่นของตัวอย่างเมื่ออยู่ในที่ กก./ม.^{3}	ความแน่นของตัวอย่างเมื่ออยู่ในที่ กก./ม.^{3}	ตวงอัดแน่นมากกว่าเมื่ออยู่ในที่ %	ทรายหยาบปนโดยปริมาตร %	ทรายหยาบปนโดยน้ำหนัก %	ทรายหยาบมีความแน่น กก./ม.^{3}	ดินปนโดยปริมาตร %	ดินปนโดยน้ำหนัก %	เฉพาะดินมีความแน่น กก./ม.^{3}	
10/10/04	ดินสีแดงอ่อนปนเหลืองและขาว	0.35×0.525×0.33	0.060637	100.25	0.068669	1.70	0.00060	1653.281	1459.901	13.246	9.894	1.695	3529.411	90.010	98.324	1641.487	1/
12/10/04	ดินสีดำปนทรายหยาบ	0.33×0.52×0.315	0.054051	105.55	0.056369	34.85	0.01315	1952.676	1872.483	4.282	24.327	33.017	3773.313	75.672	66.982	1728.437	2/
14/10/04	ดินสีแดงปนทรายหยาบ	0.39×0.505×0.335	0.065978	122.40	0.074305	28.70	0.01060	1855.163	1647.264	11.262	16.065	2.344	3693.379	83.934	97.655	1692.007	3/

จากนี้เราจะได้ตัวเลขว่า

(1) เฉพาะดินจากแกรหนิตผุอยู่กับที่ หนักลิตรละ 1.64 กก.

(2) ,, ดำเปลือกดิน ,, 1.73 กก.

(3) ,, แดง ,, 1.69 กก.

1/ เป็นดินจากหินแกรหนิตที่ผุอยู่กับที่ปนเปลือกดิน

2/ เป็นดินดำเปลือกดิน

3/ เป็นดินแดงแบบดินแดงทั่ว ๆ ไป เช่นเดียวกับแถวระนอง เป็นต้น

เอาตัวเลขทั้ง 3 นี้มาทำตารางสำเร็จดังเช่นวิธีที่ 5 ตามเอกสารประกอบหมายเลข 3 เมื่อดินตัวอย่างที่เก็บได้เป็นดินแดงแบบที่ได้ทดลองมา ก็ใช้ตารางสำเร็จที่ถือว่าดินหนักลิตรละ 1.69 กก. ถ้าได้ดินมาเป็นดินดำ ก็ใช้ตารางสำเร็จที่ถือว่าดินหนัก 1.73 กก./ลิตร เป็นต้น

เอกสารประกอบหมายเลข 3

วิธีหาสูตรทำตารางสำเร็จในการแตกน้ำหนักของดินที่ชั่งตวงกลับมาเป็นบริมาตร

ถังตวงบรรจุได้ 10 ลิตร

เรามาลองตั้งสูตรเลขดังนี้ :—

ถ้าดินมีความแน่น A กก./ลิตร. น้ำมีความแน่น B กก./ลิตร ถังตวงหนัก D กก. ถ้าดินปนน้ำมีบริมาตรรวม 10 ลิตร หนัก C กก. จะมีดินกี่ลิตร

วิธีทำ

ให้มีดิน X ลิตร ดินจะหนัก AX กก.

ถังจุ 10 ลิตร เมื่อดินเสีย X ลิตร จะต้องมีน้ำอยู่ (10—X) ลิตร ซึ่งจะต้องหนัก B(10—X)

∴ เมื่อรวมน้ำกับดินจะหนัก AX + B(10—X) กก.

ถังตวงหนัก D กก.

∴ รวมน้ำหนักถังด้วยจะหนัก AX + B(10—X) + D กก.

นั่นคือ $C = AX + 10B - BX + D = X(A-B) + 10B + D$

หรือ $X(A-B) = C - 10B - D$

∴ $X = \frac{C-10B-D}{A-B}$ ลิตร

ตัวอย่าง

ในที่นี้ถ้าถังหนัก 1.8 กก. D = 1.8 กก. ถ้าใช้น้ำจืด ความแน่นของน้ำ = 1 กก./ลิตร B = 1.0 กก./ลิตร ความแน่นของดินที่เราหามาโดยขุดลอง พบว่า 2.06 กก./ลิตร ซึ่ง A = 2.06 กก./ลิตร

ถ้าอ่านได้หนัก 12.0 กก. C = 12.0 กก.

∴ $X = \frac{12.0-10-1.8}{2.06-1.0}$ ลิตร

$= \frac{0.2}{1.06} = 0.19$ ลิตร

นั่นคือถ้าอ่านได้หนัก 12 กก. จะมีดิน 0.19 ลิตร

เอาสูตร $X = \frac{C-10B-D}{A-B}$ นี้มาทำตารางสำเร็จเพื่อไปใช้เวลาแตกน้ำหนักกลับมาเป็นบริมาตรในเวลาชั่งตวง อย่างนี้ :—

ตารางนี้ใช้เมื่อดินหนัก 2.06 กก./ลิตร

น้ำหนัก 1.00 กก./ลิตร

กระป๋องตวงบรรจุได้ 10 ลิตร และหนัก 1.80 กก.

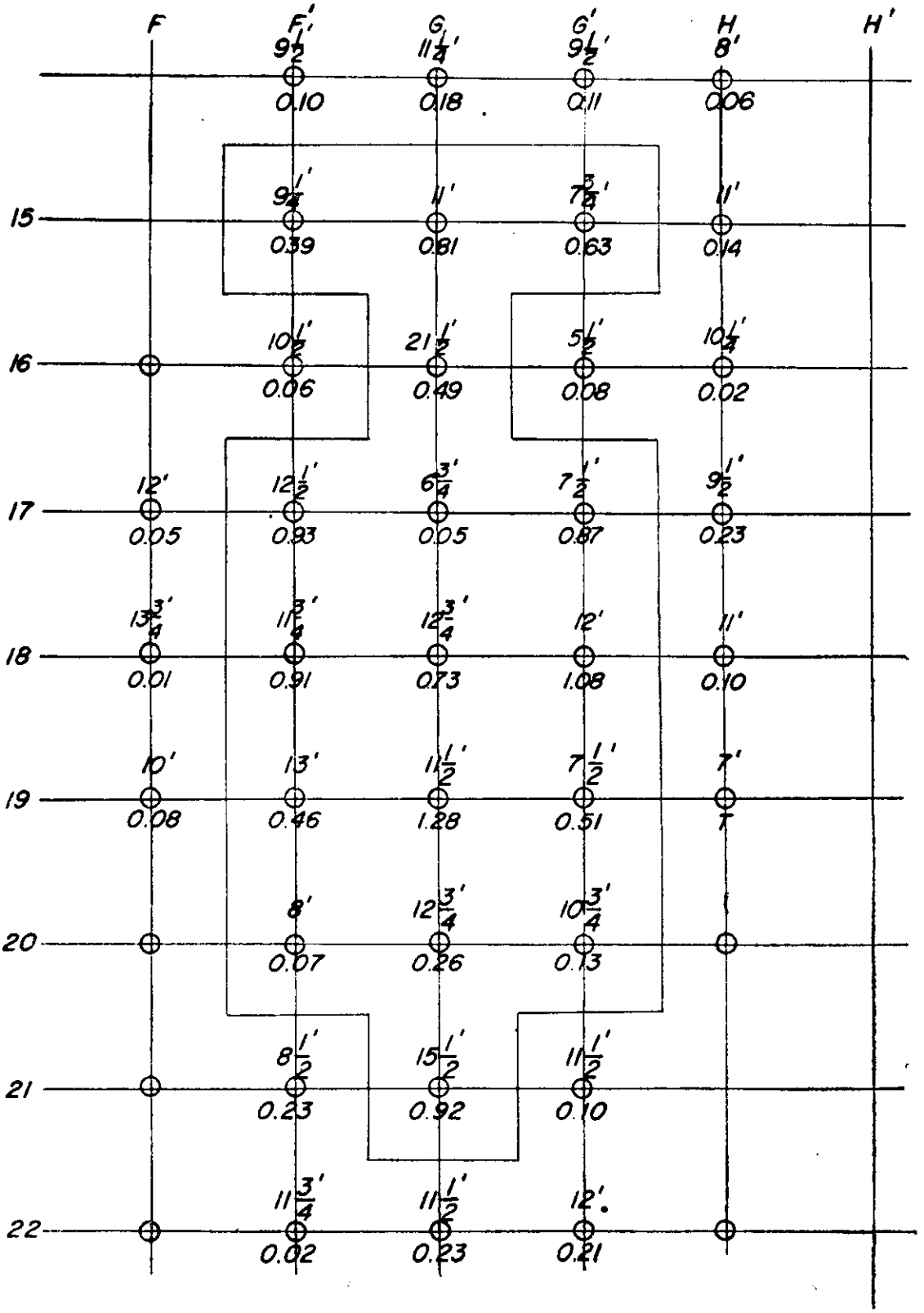
น้ำหนักที่อ่านได้ เป็น กก.	เป็นบริมาตรของดิน ลิตร
12.0	0.19
12.1	0.28
12.2	0.38
12.3	0.47
12.4	0.57
12.5	0.66
12.6	0.75
12.7	0.85
12.8	0.94
12.9	1.04
13.0	1.13
13.1	1.22
13.2	1.32
13.3	1.42
13.4	1.51
13.5	1.61
13.6	1.69
13.7	1.79
13.8	1.89
13.9	1.98
14.0	2.08
14.1	2.17
14.2	2.26
14.3	2.26
14.4	2.36
14.5	2.45
14.6	2.55
14.7	2.64
14.8	2.73
14.9	2.83

น้ำหนักที่อ่านได้ เป็น กก.	เป็นบริมาตรของดิน ลิตร
15.0	2.93
15.1	3.02
15.2	3.11
15.3	3.21
15.4	3.31
15.5	3.40
15.6	3.50
15.7	3.59
15.8	3.69
15.9	3.78
16.0	3.88
16.1	3.97
16.2	4.07
16.3	4.16
16.4	4.26
16.5	4.35
16.6	4.45
16.7	4.54
16.8	4.64
16.9	4.73
17.0	4.83
17.1	4.92
17.2	5.02
17.3	5.11
17.4	5.21
17.5	5.30
17.6	5.40
17.7	5.49
17.8	5.59
17.9	5.68

น้ำหนักที่อ่านได้ เป็น กก.	เป็นบริมาตรของดิน ลิตร
18.0	5.78
18.1	5.87
18.2	5.97
18.3	6.06
18.4	6.16
18.5	6.25
18.6	6.35
18.7	6.44
18.8	6.54
18.9	6.63
19.0	6.73
19.1	6.82
19.2	6.92
19.3	7.01
19.4	7.11
19.5	7.20
19.6	7.30
19.7	7.39
19.8	7.49
19.9	7.58
20.0	7.68
20.1	7.77
20.2	7.87
20.3	7.96
20.4	8.06
20.5	8.15
20.6	8.25
20.7	8.34
20.8	8.44
20.9	8.53

น้ำหนักที่อ่านได้ เป็น กก.	เป็นบริมาตรของดิน ลิตร
21.0	8.63
21.1	8.72
21.2	8.82
21.3	8.91
21.4	9.01
21.5	9.10
21.6	9.20
21.7	9.29
21.8	9.39
21.9	9.48
22.0	9.58
22.1	9.67
22.2	9.77
22.3	9.86
22.4	9.96

ที่จริงเมื่อชั่งได้หนัก 22.4 กก. บริมาตรของดินจะเท่ากับ 10 ลิตรพอดี แต่ตามตารางนี้ได้ 9.96 ลิตร ผิดไป 0.04 ลิตร เพราะทศนิยมหลายตำแหน่งตัดออกจึงขาดไป.


F
F'
G
G'
H
H'
9½'
11¼'
9½'
8'
0.10
0.18
0.11
0.06
9¼'
11'
7¾'
11'
15
0.39
0.81
0.63
0.14
10½'
21½'
5½'
10¼'
16
0.06
0.49
0.08
0.02
12'
12½'
6¾'
7½'
9½'
17
0.05
0.93
0.05
0.87
0.23
13¾'
11¾'
12¾'
12'
11'
18
0.01
0.91
0.73
1.08
0.10
10'
13'
11½'
7½'
7'
19
0.08
0.46
1.28
0.51
7
8'
12¾'
10¾'
20
0.07
0.26
0.13
8½'
15½'
11½'
21
0.23
0.92
0.10
11¾'
11½'
12'
22
0.02
0.23
0.21

เอกสารประกอบหมายเลข 4 (2)

รายการการคำนวณ

หลุมที่	ลึก ฟุต	ค่าของหลุม กก./ม.^{3}	ผลคูณ กก/ม.^{3} × ฟุต
1	$9\frac{1}{4}$	0.39	3.61
2	11	0.86	8.91
3	$7\frac{3}{4}$	0.63	4.88
4	$21\frac{1}{2}$	0.49	10.53
5	$12\frac{1}{2}$	0.93	11.62
6	$6\frac{3}{4}$	0.50	0.34
7	$7\frac{1}{2}$	0.87	6.52
8	$11\frac{3}{4}$	0.91	10.69
9	$12\frac{3}{4}$	0.73	9.31
10	12	1.08	12.96
11	13	0.46	5.98
12	11	1.28	14.08
13	$7\frac{1}{2}$	0.51	3.82
14	$21\frac{3}{4}$	0.26	3.31
15	$15\frac{1}{2}$	0.95	14.26
รวม 15	$172\frac{1}{2}$		120.82

ถัวเฉลี่ยความลึกต่อหลุม = $11\frac{1'}{2}$ = 3.50 เมตร

ค่าถัวเฉลี่ย = 0.70 กก./ม^3

ทำด้วยสูบ 8″

ถัวว่า 1 เดือนทำงานได้ 20,000 ลบ. หลา

หรือประมาณ = 15,292 ลบ. เมตร

จะกินเวลา = 81,316 ÷ 15,292 เดือน

= 5 เดือน 10 วัน

ประมาณ = 6 เดือน.

เอกสารประกอบหมายเลข 4 (3)

นับตามตารางใน SELECTED AREA ที่มี	$14\frac{1}{2}$	ไร่
มีดินถัวเฉลี่ย	= 40 × 40 × 3.505	ลบ. เมตร/ไร่
	= 5,608	ลบ. เมตร/ไร่
มีแร่ถัวเฉลี่ย	= 0.70 × 5,608	กก./ไร่
	= 3,925.6	กก./ไร่
$14\frac{1}{2}$ ไร่ มีดิน	= 5,608 × $14\frac{1}{2}$	
	= 81,316	ลบ. เมตร
$14\frac{1}{2}$ ไร่ มีแร่	= 3,925.6 × $14\frac{1}{2}$	
	= 56.9212	ตัน
	= 9,562.76	หาบ
ถัวขายได้หาบละ	1,600.00	บาท
จะมีแร่เป็นเงิน	= 9,562.76 × 1,600.00	บาท
	= 1,529,920.00	บาท
ลงทุนเดือนละ	= 120,000.00	บาท
ถัวให้ทำ 6 เดือน	= 120,000.00 × 6	บาท
	= 720,000.00	บาท
ถัวค่าติดตั้ง	= 150,000.00	บาท
∴ เฉพาะแปลงนี้ลงทุน	= 720,000.00 + 150,000.00	บาท
	= 870,000.00	บาท
คิดว่าทำ 6 เดือน ย้ายรางตั้งเครื่องใหม่ 2 เดือน		
รวมเวลาที่เสียไป	= 8	เดือน
ใน 8 เดือนจะได้ทุนคืน	= 1,529,920.00 — 870,000.00	บาท
	= 659,920.00	บาท

การทำเหมืองแร่ดีบุกในประเทศไทย

เหมืองแร่ดีบุกในประเทศไทย ส่วนมากเป็นเหมืองที่เปิดทำในแหล่งลานแร่และแหล่งแร่เปลือกดิน และเปิดทำเหมืองกันมากในทางภาคใต้ การทำเหมืองแร่ดีบุกได้เริ่มต้นมาตั้งแต่ปีใด สมัยใดไม่มีหลักฐานปรากฏชัด ที่พอจะสืบสาวเรื่องได้ก็เป็นสมัยที่ชาวจีนได้เข้ามาค้นหาแหล่งแร่ดีบุกและเปิดทำกันแถวเมืองภูเก็ต เมืองตะกั่วป่า และเมืองระนอง ซึ่งคิดเป็นระยะเวลาไม่น้อยกว่าสองร้อยปีมาแล้ว ในสมัยนั้นมีการถลุงแร่กันที่เหมือง ดีบุกที่ส่งไปจำหน่าย เป็นโลหะดีบุก การทำเหมืองแร่ในแหล่งทางแร่ซึ่งแร่ดีบุกอยู่ในหินแข็ง ก็มีทำกันบ้างเหมือนกัน โดยชาวจีนที่จังหวัดนครศรีธรรมราช จังหวัดสงขลา ต่อมาฝรั่งชาวออสเตรเลียและอังกฤษได้นำเรือขุดเข้ามาขุดแร่ในลานแร่ได้ผลดี ทำให้การทำเหมืองเปลี่ยนแปลงมาใช้กำลังเครื่องยนต์เครื่องจักรแทนแรงคนงานกันมากขึ้น เช่น วิธีเหมืองสูบ เหมืองเรือขุด และเหมืองสูบเป็นเหมืองที่ผลิตแร่ได้ประมาณ 90 เปอร์เซนต์ของแร่ดีบุกที่ผลิตได้ทั้งหมด

การทำเหมืองแร่ดีบุกในแหล่งลานแร่และแหล่งแร่เปลือกดิน เป็นงานที่ไม่ยากหรือต้องใช้วิชาความรู้ในทางวิศวกรรมเหมืองแร่มากนักในการที่จะตั้งต้น ทั้งโอกาสที่จะค้นพบแหล่งแร่ดีบุกในภาคใต้และภาคเหนือของประเทศไทยยังมีอยู่มาก ดังที่จะเห็นว่า มีเหมืองแร่ดีบุกเปิดใหม่อยู่เสมอทุกปี ถึงอย่างไรก็ดี การทำเหมืองแร่ในแหล่งลานแร่ก็เป็นงานที่ต้องใช้ความรอบคอบและระมัดระวังในการที่จะตัดสินใจลงทุน เพราะการทำเหมืองแร่มีปัญหาอุปสรรคและการเสี่ยงอยู่ไม่น้อย ดังนั้นถ้าหากผู้ที่สนใจได้ศึกษาและพิจารณา คิดเลขบวกลบคูณหารในเรื่องที่สำคัญดังที่จะกล่าวต่อไปนี้เสียก่อนแล้ว การตัดสินใจในการทำเหมืองแร่หรือไม่ทำเหมืองแร่ที่แหล่งนั้น จะไม่ผิดพลาดหรือทำให้ผู้ลงทุนต้องล้มละลายภายหลัง

ตลาดแร่ สำหรับแร่ดีบุก เรื่องตลาดแร่ ไม่เป็นสิ่งที่น่าวิตก เพราะเป็นแร่ที่ซื้อขายได้ง่าย ในจังหวัดที่มีการทำเหมืองแร่ดีบุก มีร้านรับซื้อแร่แทบทุกแห่ง หรือจะส่งไปจำหน่ายยังต่างประเทศ เช่นที่ในสหพันธรัฐมลายูได้โดยตรง และจะซื้อขายได้โดยไม่จำกัดปริมาณ เว้นแต่เวลาที่มีการควบคุมแร่ดีบุก อาจจำกัดปริมาณแร่ส่งออกต่างประเทศ ซึ่งทางกรมโลหะกิจจะแจ้งให้ทราบ ราคาแร่ดีบุกอาจจะถือได้ว่าเป็นแร่ที่มีราคาดี ค่อนข้างจะแน่นอน เมื่อเทียบกับแร่ชนิดอื่น ราคาแร่ดีบุก (72 % Sn) ในเวลานี้ (ตุลาคม 2505) ประมาณ 1,800 บาท ต่อหนึ่งหาบจีน (60.48 กิโลกรัม) แร่ดีบุกเป็นแร่ที่รัฐบาลเก็บค่าภาคหลวง โดยถือเกณฑ์คิดค่าภาคหลวงตามราคาที่ประกาศในตลาดแร่สิงคโปร์ประเทศมลายู ซึ่งเป็นประเทศที่ผลิตแร่ดีบุกได้มากเป็นอันดับหนึ่งของโลกและเป็นตลาดแร่ดีบุกที่สำคัญแห่งหนึ่ง สำหรับแร่ดีบุกราคาหาบละ 1,800 บาท ผู้ขายจะต้องเสียค่าภาคหลวงและค่าธรรมเนียมประมาณ 285

บาท ดังนั้นเมื่อทราบราคาแร่ดีบุกจากหนังสือพิมพ์ หรือร้านรับซื้อแร่ อย่าลืมคิดค่าภาคหลวง หักออกเสียก่อน จึงจะเหลือเป็นรายได้จากการขายแร่หนึ่งหาบ

ลักษณะและความสมบูรณ์ของแหล่งแร่ เรื่องนี้มีความสำคัญต่อการทำเหมืองมาก จำเป็นจะต้องศึกษาให้ละเอียดทุกแง่ทุกมุม โดยยึดถือรายงานผลการตรวจลองแร่เป็นหลัก สำหรับแหล่งลานแร่หรือแหล่งแร่เปลือกดิน วิธีที่ใช้ในการตรวจลองแร่ในลานแร่ นิยมใช้วิธีเจาะสำรวจด้วยเครื่องบังกา ซึ่งทำการสำรวจได้รวดเร็ว และได้ผลแน่นอนกว่าวิธีอื่น แต่หลักสำคัญอยู่ที่ผู้ตรวจลองแร่ จะต้องเป็นผู้ที่ชำนาญงานและไว้ใจได้ สำหรับแหล่งแร่ที่เป็นเส้นเป็นทาง หรือเป็นกลุ่มก้อนอยู่ในหินแข็ง การตรวจสอบทำให้ยากกว่าการเจาะตรวจแหล่งลานแร่ แหล่งแร่ชนิดนี้ต้องอาศัยความรู้ในทางธรณีวิทยาแหล่งแร่มากพอ ๆ กับการเจาะสำรวจด้วยเครื่องเจาะหัวเพชร การตรวจลองแร่ในแหล่งแร่เช่นนี้ต้องใช้เวลานานและค่าใช้จ่ายสูงกว่าแหล่งลานแร่มาก และสิ่งที่ขาดเสียไม่ได้คือนักธรณีวิทยาที่มีความชำนาญ การตรวจสอบหรือตรวจลองแร่จะให้ข้อมูลสำคัญต่าง ๆ คือปริมาณแร่ดีบุกที่มีอยู่ในแหล่งแร่ ลักษณะดินหินและสินแร่ ซึ่งถ้าเป็นลานแร่ก็จะทราบว่าชั้นกระสะคือชั้นดินกรวดทรายที่มีแร่อยู่ลึกจากผิวดินมากน้อยเท่าใด ในชั้นเหนือขึ้นมาจนถึงผิวดินมีแร่หรือไม่ แร่เม็ดละเอียดหรือหยาบ มีแร่ชนิดอื่นปนอยู่หรือไม่ พื้นหินดานเป็นอย่างไร มีดินเหนียว หินก้อนใหญ่หินก้อนเล็กมากหรือไม่ เพราะเป็นสิ่งที่ทำให้การพังดินหน้าเหมืองไม่สะดวกและเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ก็จะทราบอาณาเขตที่มีแร่ สำหรับแหล่งแร่ในหินแข็ง การเจาะสำรวจจะบอกให้ทราบถึงรูปร่างของแหล่งสินแร่โดยประมาณ ความสมบูรณ์ขั้นต่ำของสินแร่ ปริมาณแร่สำรอง เป็นการให้ความคิดเห็นในการพัฒนาการแหล่งแร่ซึ่งจะต้องทำการเจาะปล่อง ขุดอุโมงค์สำรวจ ผลจากการพัฒนาแหล่งแร่เป็นหลักในการวางแผนการทำเหมืองแร่ต่อไป บางแห่งอาจจะตั้งต้นทำเหมืองพร้อมไปกับการพัฒนาการเลยทีเดียว

น้ำ การทำเหมืองแร่ต้องใช้น้ำมาก ปัญหาเรื่องน้ำเป็นปัญหาที่สำคัญมากอย่างหนึ่งในการทำเหมืองแร่ เพราะบางแห่งที่พบว่ามีแร่ดีบุกพอที่จะเปิดการทำเหมืองแร่ได้ แต่ปรากฏว่ามีน้ำไม่เพียงพอ หรือมีมากในฤดูฝน การทำเหมืองจะทำไม่ได้ตลอดปี ทำได้ชั่วระยะเวลาที่มีน้ำมากพอ บางแห่งอาจจำเป็นต้องไปเสาะหาน้ำจากที่ไกลห่างจากที่จะทำเหมืองนับเป็นกิโลเมตรต้องขุดคู ทำลำรางหรือวางท่อน้ำ หรืออาจจะต้องใช้เครื่องสูบสูบน้ำจากที่ต่ำส่งขึ้นมายังที่ทำเหมือง เป็นการสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายมาก ฉะนั้นเมื่อพบแหล่งแร่จะต้องสำรวจดูทางน้ำสถานที่ที่มีน้ำ ปริมาณน้ำไว้ด้วย ซึ่งมีวิธีที่จะพิจารณาดังนี้:—

ก. **การวัดน้ำ** การที่จะทราบว่าน้ำในลำธาร ลำคลอง มีปริมาณมากเท่าใด พอจะมีวิธีวัดได้ไม่ยาก กล่าวคือ ผู้วัดต้องพยายามเลือกส่วนของลำธารหรือลำคลองที่ยาวและตรงพอสมควร แล้ววัดระยะระหว่างจุดหมายสองจุดที่เลือกไว้ จากจุดต้นน้ำปล่อยใบไม้แห้งหรือเศษไม้เบา ๆ ให้ลอยตามน้ำ และจับเวลาเมื่อถึงจุดปลายทาง ว่ากินเวลากี่นาทีหรือวินาที

ถือเป็นความเร็วของกระแสน้ำในลำห้วยหรือลำคลองนั้น การวัดความลึกเฉลี่ยของลำห้วยหรือลำคลอง เลือกตอนใดตอนหนึ่งที่ประมาณเป็นความกว้างเฉลี่ยของลำน้ำช่วงที่วัดความเร็วของกระแสน้ำ แล้วทำการหยั่งวัดความลึก ตั้งแต่ใกล้ตลิ่งข้างหนึ่งตรงไปยังฝั่งตลิ่งตรงข้าม วัดสัก 5—6 จุด ระยะระหว่างจุดต้องห่างเท่ากัน เอาความลึกที่วัดได้มาเฉลี่ยเป็นความลึกเฉลี่ยของลำน้ำ การคิดปริมาณน้ำใช้สูตร

$$ป = ร \times ก \times ล \times 0.64$$

ป = ปริมาณน้ำ หน่วยเป็นลูกบาศก์ฟุตต่อนาที

ร = ความเร็วของกระแสน้ำ วัดเป็นฟุตต่อนาที

ล = ความลึกเฉลี่ยของลำน้ำ วัดเป็นฟุต

ก = ความกว้างเฉลี่ย วัดเป็นฟุต

ตัวอย่าง ลำห้วยจันดี เป็นลำห้วยคดเคี้ยวไหลวกไปมา มีน้ำตกหลายแห่ง เพราะไหลลงมาจากภูเขา ผู้สำรวจพยายามเดินตามลำห้วย เสาะหาที่ค่อนข้างตรงได้ตอนที่ราบตอนไหลผ่านที่ราบหุบเขา กะเลือกจุดสองจุดปักไม้เป็นเครื่องหมายห่างกัน 100 ฟุต จากจุดต้นน้ำปล่อยใบไม้แห้งกลางลำห้วย เวลา 13 นาฬิกา 22 นาที เมื่อใบไม้ลอยไปถึงหลักปลายน้ำ เป็นเวลา 13 นาฬิกา 24 นาที 12 วินาที ใช้เวลา 2 นาที 12 วินาที ฉะนั้นความเร็วของกระแสน้ำเป็น $\frac{100 \times 60}{132}$ ฟุตต่อนาที ต่อไปเลือกหาความกว้างเฉลี่ยของลำน้ำที่มีสภาพท้องน้ำสม่ำเสมอ ทำการวัดด้วยเชือกหรือลวด ขึงตึงขวางตั้งฉากกับทิศทางน้ำไหล วัดความกว้างจากขอบน้ำถึงขอบน้ำได้ 16 ฟุต แบ่งความกว้างเป็น 6 ช่วงเท่า ๆ กัน แล้วทำการหยั่งน้ำทุกจุดได้ $3\frac{1}{2}$ ฟุต 4 ฟุต 5 ฟุต 2 ฟุต $1\frac{1}{2}$ ฟุต เฉลี่ยเป็นความลึกได้ $\frac{3\frac{1}{2} + 4 + 5 + 2 + 1\frac{1}{2}}{5} = 3.2$ ฟุต

จากตัวเลขเหล่านี้ นำไปแทนค่าในสูตร $ป = ร \times ก \times ล \times 0.64$

$$ป = \frac{100 \times 60}{132} \times 16 \times 3.2 \times 0.64$$

$$= 1489 \text{ ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที}$$

ตัวเลขนี้แสดงว่าปริมาณน้ำไหลในลำห้วยมากพอใช้ แต่ในการวัดน้ำจะต้องคำนึงถึงฤดูกาลด้วย ในฤดูฝนน้ำมาก ฤดูแล้งอาจจะแห้งหรือเหลือเป็นเกลียวน้ำเล็ก ๆ ก็ได้ ความแตกต่างของปริมาณน้ำในลำห้วยลำธารในประเทศไทยมีมากเช่นนี้แทบทั้งสิ้น ดังนั้นถ้าสามารถจะทำได้ ควรจะวัดปริมาณน้ำทั้ง 2 ฤดู และควรจะมองหาสถานที่สำหรับทำเป็นอ่างเก็บน้ำไว้ใช้ด้วย

ข. **น้ำจากที่สูง** บางแห่งลำธารที่จะชักน้ำมาใช้ในการทำเหมืองไหลอยู่บนเขาซึ่งมีระดับสูงกว่าที่ทำเหมืองมาก อาจจะต่อท่อชักน้ำมาใช้ประโยชน์ในการฉีดพังดินได้ด้วย น้ำจากที่สูงมีกำลังแรงดันมากน้อยขึ้นอยู่กับความสูงของน้ำที่ไหลเข้าท่อ ถ้าระยะความสูงมีมาก

แรงดันของน้ำที่เหมืองก็มาก น้ำจากที่สูงนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายประการ เช่น การฉีดพังดิน ใช้เป็นตัวสูบไฮดรอลิก เอลิเวเตอร์ หมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ส่งน้ำไปใช้ได้ทั่วบริเวณโดยไม่ต้องใช้สูบเป็นต้น แรงน้ำวัดเป็นหน่วยปอนด์ต่อหนึ่งตารางนิ้ว และอาจจะประมาณได้โดยถือว่าความสูงของน้ำหนึ่งฟุต จะมีความดันเท่ากับ 0.43 ปอนด์ต่อหนึ่งตารางนิ้ว ถ้าทำการวัดได้ว่าความสูงของเหมืองเท่ากับ 200 ฟุต ความสูงของระดับน้ำที่ไหลเข้าท่อเท่ากับ 400 ฟุต ความดันของน้ำที่เหมืองจะเป็น $(400-200) \times .43 = 86$ ปอนด์ต่อตารางนิ้ว การวัดความสูงจะทำได้โดยการรังวัดระดับ หรือใช้เครื่องวัดความสูงแบบแอเนอรอย (Aneroid) ชนิดอ่านได้ละเอียดถึง 5 ฟุต ทำการวัดก็เพียงพอ เครื่องวัดความสูงชนิดนี้ราคาประมาณ 3,000 บาท แต่ต้องพยายามวัดหลายครั้งในเวลาและสภาพอากาศไม่แตกต่างกันมากนัก เมื่อทราบความสูงหรือแรงดันของน้ำ ปริมาณน้ำไหลในลำห้วย เราอาจจะนำมาคิดหาว่าจะนำไปใช้อะไรได้บ้าง สมมุติว่าใช้กับกระบอกฉีดขนาด 2 นิ้ว จะใช้กระบอกฉีดได้กี่กระบอก การคิดหาว่ากระบอกฉีดต้องการน้ำเป็นบริมาตรเท่าใด อาจจะใช้สูตร $ป = ศ^2 \times 3.6 \sqrt{ด}$ เมื่อ ป = บริมาตรของน้ำไหลออกจากปากกระบอกฉีดเป็นลูกบาศก์ฟุตต่อนาที ศ = เส้นผ่าศูนย์กลางของปลายกระบอกฉีดเป็นนิ้ว และ ด = ความดันหรือแรงน้ำที่ปลายกระบอกฉีด เป็นปอนด์ต่อตารางนิ้ว

ฉะนั้น $ป = 2^2 \times 3.6 \sqrt{86}$

$= 14.4 \times 9.27$

$= 133.49$ ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที

ถ้าปริมาณน้ำในลำห้วยที่จะปิดกั้นมาใช้มีปริมาณน้ำ 145 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที น้ำจำนวนนี้ก็จะใช้กระบอกฉีด 2 นิ้ว ได้เพียงกระบอกเดียว ถ้าใช้กระบอกฉีดขนาดเล็กลง เช่น ขนาดปลายกระบอกฉีด $1\frac{1}{2}$ นิ้ว จะมีกระบอกฉีดได้ถึง 2 กระบอก น้ำที่เหลืออาจจะนำไปใช้หมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กได้อีก

แรงน้ำที่พุ่งออกจากกระบอกฉีดอาจคิดเทียบเป็นแรงม้าได้โดยใช้สูตร

$$\text{แรงม้า} = ศ^2 \times ด \sqrt{ด} \times 0.017$$

ดังนั้นสำหรับกระบอกฉีด 2 นิ้ว ความดันน้ำ 86 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

จะมีแรงม้า $= 2^2 \times 86 \times 9.27 \times 0.017 = 54.39$ แรงม้า

ค. **น้ำจากที่ต่ำ** ถ้าทางน้ำอยู่ต่ำจากที่ทำเหมือง การชักน้ำโดยปล่อยไหลเข้าคูหรือลำรางมาตามธรรมชาติย่อมไม่ได้ จะต้องใช้เครื่องสูบสูบขึ้นมาใช้ อาจจะเป็นการสูบส่งไปตามท่อจนถึงที่ทำเหมือง หรือสูบส่งให้คูหรือลำรางรับน้ำไปยังเหมืองอีกที่หนึ่ง ถ้าสถานที่มีน้ำอยู่ต่ำและห่างไกลมาก เช่นเปิดทำเหมืองบนยอดเขาซึ่งกันดานน้ำ แหล่งที่มีน้ำอยู่ต่ำลงไป 2,000 ฟุต ที่เชิงเขา เช่นนี้ ถ้าแหล่งแร่สมบูรณ์ก็อาจจะต้องขุดเอาแร่ส่งลงไปล้างยังที่ใกล้น้ำ

ง. **กระแสน้ำในคูหรือลำราง** คูหรือลำรางชักน้ำที่ทำขึ้น ควรจะทำขนาดให้พอเหมาะกับบริมาตรน้ำที่ต้องการใช้ แต่ควรจะคำนึงถึงน้ำที่สูญหายไปในคูหรือลำราง เพราะการซึมการระเหยด้วย กล่าวกันว่าน้ำจะซึมหายไปประมาณตั้งแต่ 0.25 ลูกบาศก์ฟุตต่อเนื้อที่หนึ่งตารางฟุตของคูที่เป็นดินแน่นน้ำไม่ค่อยซึมไปจนถึง 6 ลูกบาศก์ฟุต สำหรับคูที่เป็นดินปนกรวดน้ำซึมได้ง่ายในเวลา 24 ชั่วโมง กระแสน้ำในคูหรือลำรางจะไหลเร็วหรือช้าขึ้นอยู่กับความลาดของพื้นท้องคูกระแสน้ำถ้าไหลเร็วมากไป ก็จะกัดเซาะคูหรือลำรางสำหรับลำรางหรือคูดินกระแสน้ำไม่ควรเกิน 3 ฟุตต่อวินาที ถ้าพื้นคูเป็นหินแข็ง กระแสน้ำขนาด 15 ฟุตต่อวินาทีก็ไม่ทำให้คูเสียหาย แต่กระแสน้ำที่ไหลช้าเกินไปก็ไม่ช่วยรักษาให้คูดีขึ้น ถ้ากระแสไหลช้ากว่า 1 ฟุตต่อวินาที ตะกอนที่มากับน้ำจะตกสะสมอยู่ในคูและจะมีพวกพืชไม้น้ำและตะไคร่น้ำ สามารถเกาะงอกขึ้นได้ คูที่ขุดอาจมีความลาดตั้งแต่ 3 ฟุต ใน 1 ไมล์ (ในระยะราบ 1 ไมล์ จะต่ำลง 3 ฟุต) ไปจนถึง 30 ฟุตใน 1 ไมล์ ในเรื่องความลาดกับกระแสน้ำนี้ไม่อาจจะหาวิธีคิดคำนวณอย่างง่ายมาคิดหาได้ถูกต้อง ต้องอาศัยความชำนาญประกอบด้วยจึงจะกะประมาณได้ใกล้เคียง

การขนส่ง เนื่องจากแหล่งแร่มักจะพบอยู่ในที่ที่ห่างไกลคมนาคมเป็นส่วนมาก เหมืองที่เปิดขึ้นใหม่มักจะประสบปัญหาและอุปสรรคในเรื่องการขนส่ง ต้องลงทุนอีกเป็นจำนวนมากในการทำถนน สะพาน หรือวางรางรถไฟขนาดเล็ก เหมืองที่ไม่อาจจะก่อสร้างถนนก็ต้องใช้สัตว์ต่าง แต่อาศัยที่แร่ดีบุกเป็นแร่มีราคาสูง ถึงการคมนาคมจะยากลำบากสักเพียงใดเหมืองแร่ดีบุกก็สามารถจะเปิดได้ในที่ทุรกันดาร มีตัวอย่างหลายเหมืองในท้องที่จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งเปิดอยู่ในที่ทุรกันดาร ห่างจากถนนเข้าไปในป่า ในเขาไม่น้อยกว่า 40 กิโลเมตร การขนส่งต้องใช้ม้าต่าง และต้องเสียค่าบรรทุกถึงกิโลกรัมละหนึ่งบาท บางเหมืองลงทุนทำถนนและสะพานเอง และที่ปฏิบัติกัน ก็ใช้รถบูลโดสเซอร์ (ที่เรียกว่า รถแทร็กเตอร์) ทำการกรุยทางปากทาง และรวมทั้งใช้โค่นต้นไม้ รถบูลโดสเซอร์จะทำถนนดินได้รวดเร็ว ราคาของรถชนิดนี้ประมาณ 3 แสนบาท สำหรับขนาดที่ทำงานหนักดังกล่าวมา แหล่งแร่ที่ดีและมีแผนการที่จะเปิดทำเหมืองขนาดใหญ่ การทำถนน สะพาน เป็นสิ่งจำเป็น การทำถนนดินชั่วคราวโดยใช้รถบูลโดสเซอร์นั้น ในฤดูแล้งใช้ได้ดี แต่พอถึงหน้าฝน ถนนชั่วคราวนั้นจะใช้ไม่ได้ เพราะดินพื้นถนนจะอ่อนเพราะอมน้ำไว้จนเปียกแฉะเป็นโคลน ทำให้รถติดหล่ม รถที่พยายามใช้ถนนที่มีสภาพเป็นหลุมเป็นโคลน จะต้องใช้วินช์ไปตลอดทางระยะทางที่รถวิ่งได้ในฤดูแล้งเพียง 2 ชั่วโมง อาจจะต้องใช้เวลาในหน้าฝนนานเป็น 5—10 เท่า นอกจากนั้นส่วนของถนนที่ผ่านที่ลุ่มจะถูกน้ำท่วม สะพานชั่วคราวมักจะพังเพราะกระแสน้ำและขอนไม้ที่ลอยมากับน้ำมากระแทก ทำให้ถนนขาดใช้การไม่ได้จนกว่าน้ำจะลด สภาพเช่นนี้เป็นแก่ถนนชั่วคราวที่สร้างขึ้นในประเทศไทยแทบทุกสาย การทำถนนถาวรแบบมาตรฐานถมหินต้องสิ้นเปลืองมาก ประมาณว่าต้องใช้เงิน 3—5 แสนบาทต่อระยะถนน 1 กิโลเมตร

บางท้องที่มีสภาพเป็นหุบเหวและภูเขาสูงชันมาก การทำถนนอาจจะทำไม่ได้ เขามักแก้ปัญหาโดยใช้แอเรียลโรปเวย์ (Aerial ropeways) คือขนส่งทางสายลวดสลิงซึ่งขึงต่อๆกันจากเหมืองไปยังจุดปลายทาง และมีโครงสร้างรับเป็นตอนๆ กระเช้าเหล็กที่ใช้บรรทุกสิ่งของจะเกาะเคลื่อนไปตามสายลวดสลิงที่ขึงเป็นเส้นทาง

ทุน การทำเหมืองแร่ดีบุก ต้องการทุนทรัพย์ในการดำเนินงานแตกต่างกันตามขนาดและวิธีการทำเหมืองแร่ การทำเหมืองแล่นต้องการทุนน้อยที่สุด การทำเหมืองเรือขุด การทำเหมืองใต้ดินขนาดใหญ่ ต้องการทุนมากนับเป็นสิบๆ ล้านบาท ในระยะที่เริ่มเปิดการทำเหมือง จำเป็นจะต้องมีเงินค่าดำเนินการด้วยจนกว่าจะสามารถผลิตแร่จำหน่ายได้ การลงทุนทำเหมืองจำเป็นจะต้องคิดให้รอบคอบถึงผลตอบแทนที่จะได้รับจากการลงทุน ถ้าหากไม่ได้คิดถึงเรื่องตลาดแร่ ลักษณะและความสมบูรณ์ของแหล่งแร่ น้ำ การขนส่ง ความสามารถในการผลิตแร่ และค่าใช้จ่ายให้ละเอียดรอบคอบแล้ว ผู้ลงทุนอาจจะเสี่ยงต่อการขาดทุนได้ง่าย งานการทำเหมืองแร่แม้ว่าจะเป็นงานที่เสี่ยงกว่าประกอบอาชีพชนิดอื่น แต่ถ้าหากได้ใช้ความพินิจพิจารณาโดยละเอียดรอบคอบดังที่กล่าวมาแต่ต้น กับใช้ความระมัดระวังในการคิดเห็นแต่ในส่วนที่ดีไว้บ้างแล้ว การลงทุนดำเนินงานเหมืองแร่จะปลอดภัยและจะได้รับผลตอบแทนเป็นอย่างดี การคิดพิจารณาถึงค่าใช้จ่าย เช่น ค่าซื้อเครื่องมือ เครื่องจักร ค่าดำเนินงานทำเหมืองและแยกแร่ และอื่นๆ อันจำเป็นในการทำเหมืองแร่นั้น ถ้าหากว่าแหล่งแร่นั้นยังมิได้เคยเปิดการทำเหมืองมาก่อน ผู้ลงทุนยังไม่คุ้นเคยกับอุตสาหกรรมเหมืองแร่ อาจจะคิดไม่ถูกต้อง หรือขาดตกบกพร่องในส่วนสำคัญไปได้ ทางที่ดีที่สุด ก่อนที่จะลงทุนหรือซื้อกิจการเหมืองแร่ ควรจะได้ปรึกษาหารือหานายช่างเหมืองแร่ที่มีความชำนาญทำการพิจารณา คิดคำนวณให้

ตามที่ได้กล่าวถึงสิ่งสำคัญที่จำเป็นจะต้องพิจารณาอย่างรอบคอบมาข้างต้นแล้วนี้ ยังมีปัญหาปลีกย่อยที่ควรจะได้สอบสวนและเก็บไว้เป็นข้อพิจารณาประกอบด้วย เช่น เรื่องโรคภัยไข้เจ็บในแหล่งที่จะเปิดทำเหมือง เรื่องโจรผู้ร้าย หรือความไม่สะดวกจากผู้มีอิทธิพลในท้องที่ เรื่องคนงาน เพราะบางท้องที่หาคนงานได้ยาก ต้องไปจ้างมาจากต่างจังหวัดที่อยู่ห่างไกล เหล่านี้เป็นเรื่องที่ผู้จะทำเหมืองจะต้องแก้ไขและต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นอีก

วิธีทำเหมืองแร่

การทำเหมืองแร่ดีบุกในประเทศไทย อาจแบ่งเรียกชื่อเป็นวิธีต่างๆ ได้ 8 วิธี คือ วิธีเหมืองแล่น เหมืองสูบ เหมืองฉีด เหมืองเรือขุด เหมืองปล่อง เหมืองหาบ เหมืองเจาะงัน และเหมืองอุโมงค์ ชื่อวิธีทำเหมืองเหล่านี้เป็นที่ทราบกันทั่วไปในวงการผู้ประกอบอาชีพทางเหมืองแร่ และกรมโลหะกิจได้มีคำอธิบายไว้เป็นบรรทัดฐานเพื่อป้องกันการเข้าใจผิด การอธิบายต่อไปนี้จะพยายามอธิบายพอให้เป็นที่เข้าใจว่าวิธีทำเหมืองชนิดนั้นเป็นอย่างไร ใน

สาระสำคัญ อันจะทำให้ผู้สนใจในเรื่องเหมืองแร่ได้ใช้เป็นหลักในการพิจารณาจะลงทุนทำเหมืองแร่ เพราะการอธิบายวิธีทำเหมืองโดยการเขียนคำบรรยายและรูปภาพประกอบนั้น ผู้อ่านจะเข้าใจไม่ได้แจ่มแจ้ง นอกจากจะได้ไปดูกิจการทำเหมืองชนิดต่าง ๆ ด้วยตนเอง

ในแหล่งลานแร่และแหล่งแร่เปลือกดิน ผู้ทำเหมืองใช้วิธีเหมืองแล่น เหมืองสูบ เหมืองฉีด การทำตามวิธีที่สามนี้ ต้องใช้น้ำเป็นจำนวนมากในการขุดพังดินและล้างแร่ วิธีเหมืองปล่องและเหมืองหาบ ใช้ทำในแหล่งลานแร่เหมือนกัน แต่เวลานี้วิธีเหมืองปล่องได้เลิกทำหมดสิ้นแล้ว ส่วนวิธีเหมืองหาบยังคงมีทำกันอยู่บ้าง แต่เปิดทำในแหล่งแร่ที่ไม่ใช่เป็นลานแร่ หรือแหล่งแร่เปลือกดิน วิธีเหมืองเรือขุดเป็นวิธีทำเหมืองในแหล่งลานแร่ที่ใหญ่ที่สุด ส่วนวิธีเหมืองเจาะงันและวิธีเหมืองอุโมงค์ เป็นวิธีทำเหมืองใต้ดินสำหรับแหล่งแร่ที่มิใช่ลานแร่ หรือแหล่งแร่เปลือกดิน อันได้แก่ แหล่งแร่สัมผัสแหล่งแร่ที่เป็นทาง เป็นลำ เป็นเส้น อยู่ในหินแข็งแหล่งแร่ที่เป็นชั้นอยู่ลึกใต้หินใต้ดินแข็ง หรือแหล่งแร่ที่มีแร่เป็นส่วนประกอบของเนื้อหิน วิธีเหมืองหาบใช้ทำในแหล่งแร่เหล่านี้ได้เมื่อเหมาะสม

การทำเหมืองแร่แบ่งงานที่สำคัญออกเป็น 2 ส่วน คือ งานการขุดเอาสินแร่ กับงานการแต่งหรือล้างแยกแร่ให้เป็นแร่สะอาดเพื่อจำหน่าย

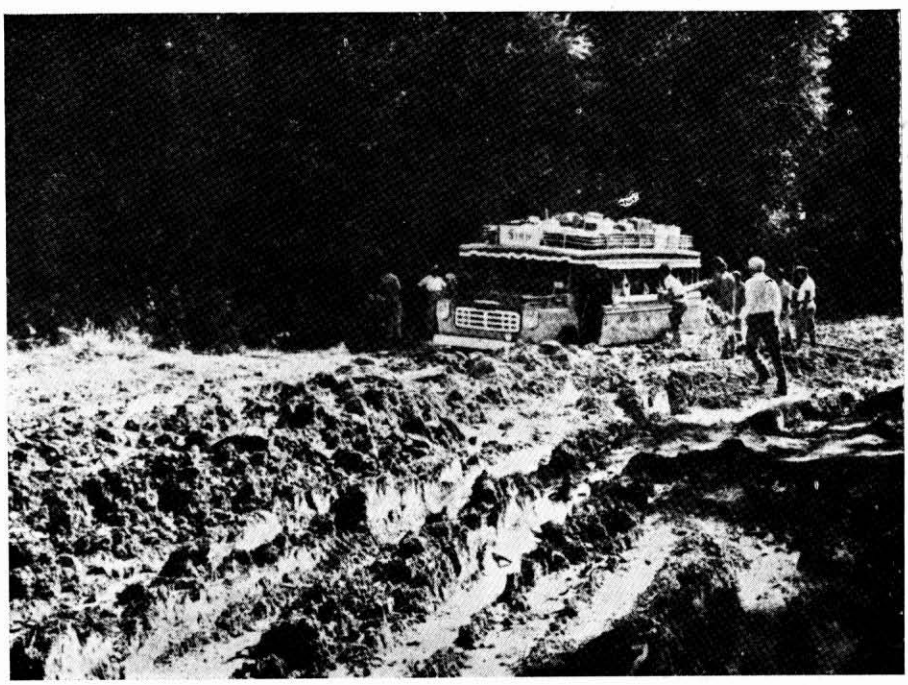
การขุดเอาสินแร่ สินแร่หมายถึงส่วนที่มีแร่ดีบุกซึ่งอาจมีหินแข็งหรือแร่ชนิดอื่นปนอยู่ หรือถ้าในแหล่งลานแร่ก็มีพวกดินกรวดทรายปนอยู่เป็นส่วนใหญ่ หิน ดินกรวดทรายและแร่อื่น ๆ ที่ปนอยู่ด้วยก็เพราะในการขุดไม่อาจจะขุดเอาแต่เฉพาะแร่ที่ต้องการได้ และส่วนใดที่จะถือเป็นสินแร่ได้ก็ต่อเมื่อส่วนนั้นมีปริมาณแร่ที่ต้องการ ในที่นี้ก็คือแร่ดีบุก (cassiterite) อยู่เพียงพอที่อาจจะนำไปล้างแต่งหรือแยกออกเป็นแร่สะอาดและจำหน่ายได้กำไร

ในแหล่งแร่เปลือกดินหรือแหล่งลานแร่ โดยการผุพังตามธรรมชาติ แร่ดีบุกได้แตกแยกออกจากหินหรือแร่ชนิดอื่น ๆ และถูกน้ำชะพามาสะสมอยู่รวมกับพวกดินกรวดทรายและแร่ชนิดอื่นๆ ซึ่งส่วนใหญ่ที่พบเป็นแร่เหล็กอิลเมไน้ท์ แร่เซอร์ค่อน แร่การ์เนท์ แร่โมนาไซ้ด์ การสะสมตัวของพวกแร่และกรวดทรายเหล่านี้ทับถมเป็นชั้นหนา ความหนาอาจมีตั้งแต่ 2 ฟุต —120 ฟุต หรือกว่านั้น แต่ที่เปิดทำเหมืองแร่ดีบุกกันในเวลานี้ ความลึกของลานแร่ไม่เกิน 100 ฟุต การขุดพังดินของแหล่งลานแร่หรือแหล่งแร่เปลือกดินทำได้หลายวิธี กล่าวคือ ใช้แรงคนขุดโดยใช้ชะแลง จอบแทงและขุดดิน ใช้เครื่องจักรขุด เช่นใช้รถขุด (excavator, dragline) เรือขุด (dredge) ใช้แรงน้ำโดยชักน้ำมาจากที่สูงเข้ากระบอกฉีดหรือใช้เครื่องสูบสูบน้ำส่งเข้ากระบอกฉีด ฉีดพังดินหน้าเหมือง

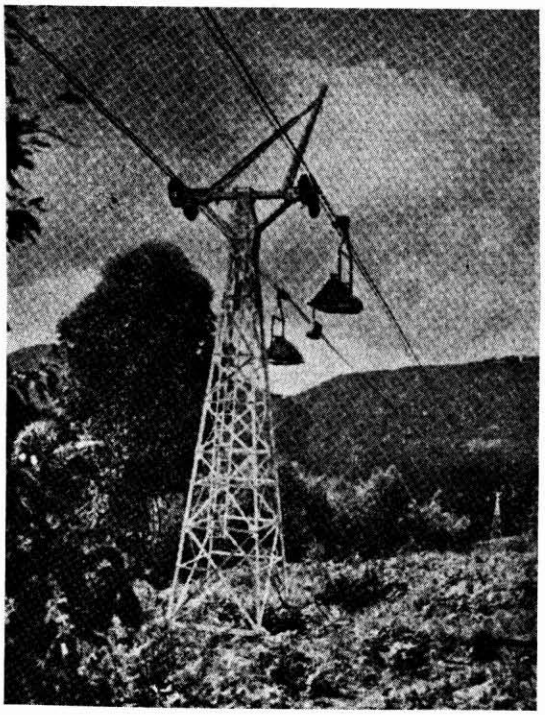
แหล่งแร่ที่เป็นทาง เป็นลำ เป็นสาย แหล่งแร่สัมผัส แหล่งแร่ที่มีแร่เป็นส่วนประกอบของเนื้อหิน ส่วนมากเป็นแร่ที่อยู่ในหินแข็ง การที่จะขุดด้วยแรงคน แรงเครื่องจักร หรือแรงน้ำ ย่อมทำไม่ได้ ต้องใช้วิธีเจาะและระเบิดออกมาให้แตกเป็นก้อนเล็ก การระเบิดหินและแร่มีวิธีการเจาะ การใช้ดินระเบิด การจุดระเบิด ต่าง ๆ กันตามชนิดของหินและแร่กับ



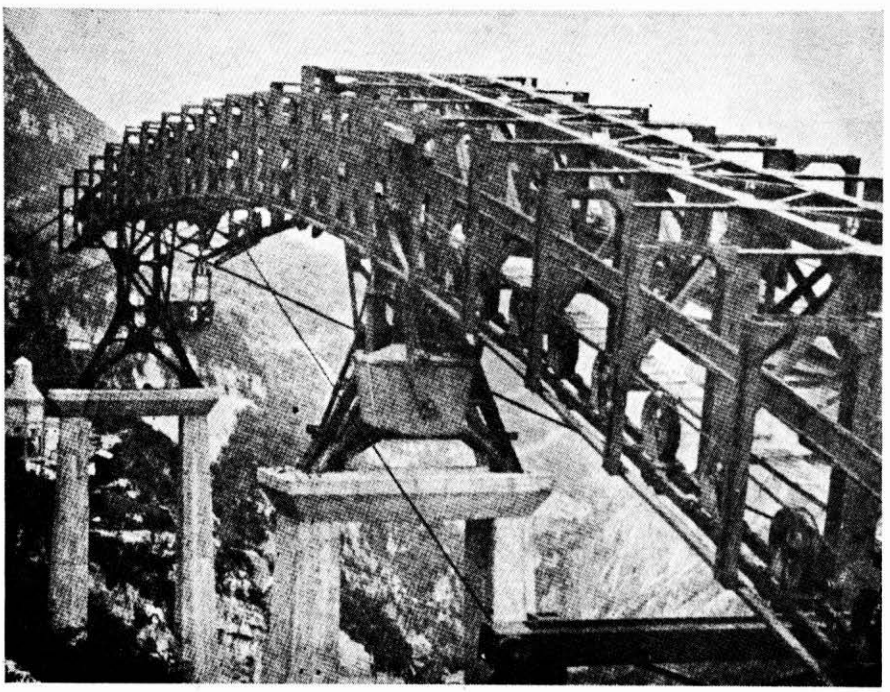
รูปที่ 6 การใช้ม้าต่างในการขนสิ่งของและแร่



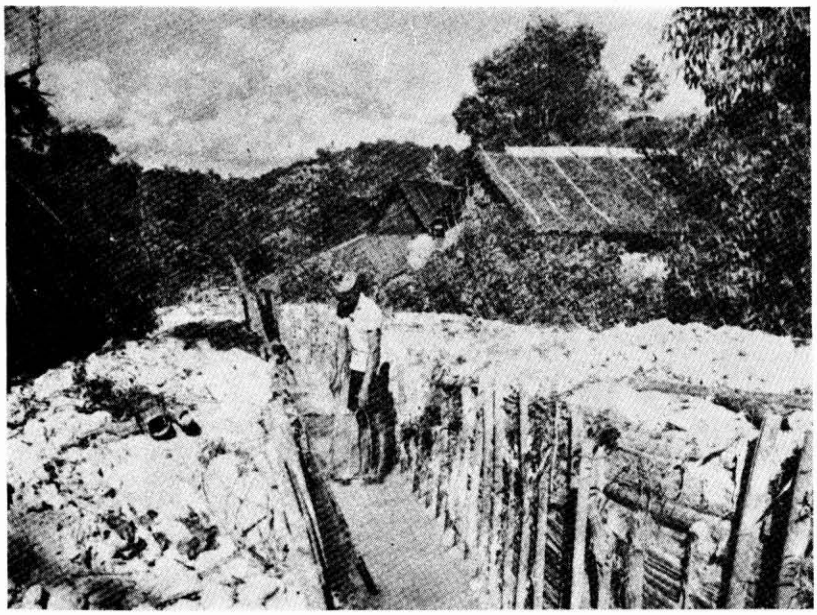
รูปที่ 7 สภาพของถนนชั่วคราวในหน้าฝน



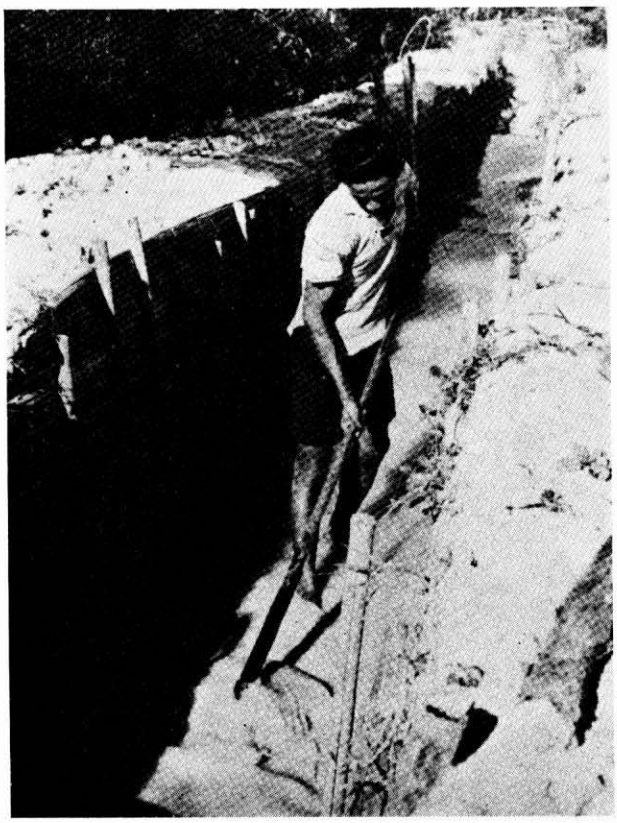
รูปที่ 8 การขนส่งโดยใช้แอเรียลโรปเวย์
Aerial ropeways



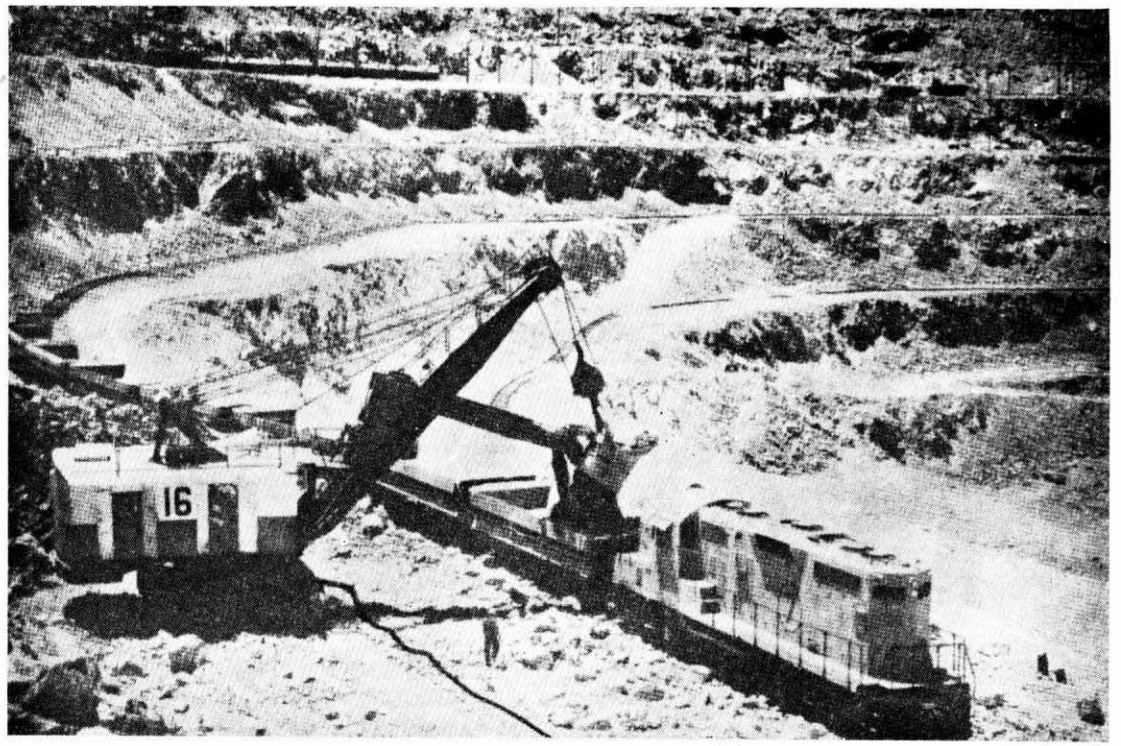
รูปที่ 9 การขนส่งโดยใช้ แอเรียลโรปเวย์



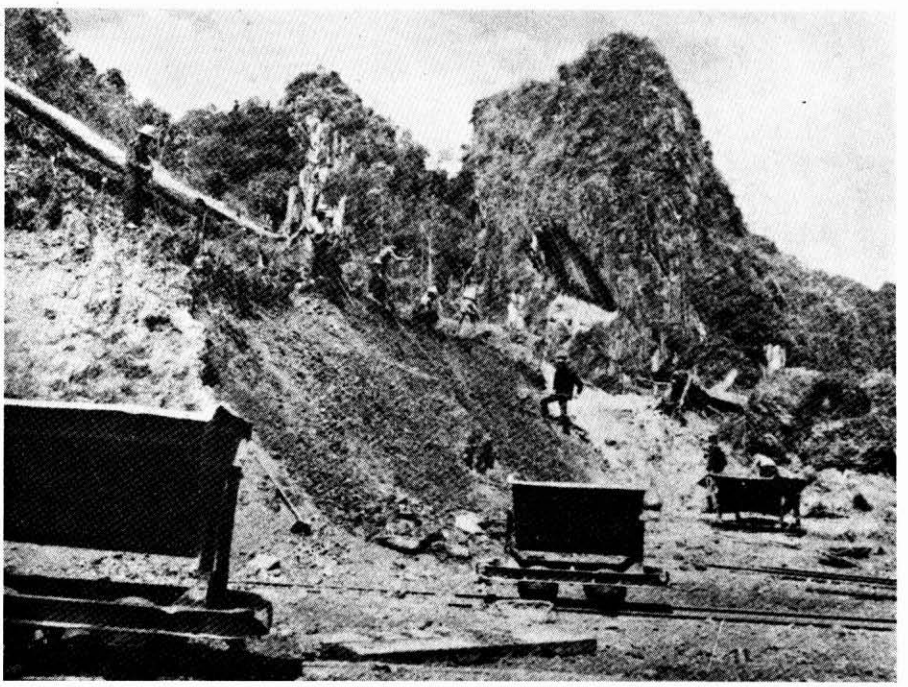
รูปที่ 10 การเก็บกรวดหินขึ้นจากคูล้างแร่ของเหมืองแล่น



รูปที่ 11 การใช้จอบคุ้ยดิน กรวด ทรายในคูล้างแร่ของเหมืองแล่น



รูปที่ 12 เหมืองหาบขนาดใหญ่



รูปที่ 13 หน้าเหมืองหาบขนาดเล็ก

ความต้องการในเรื่องปริมาณและขนาดของก้อนสินแร่และในเรื่องความปลอดภัย การปฏิบัติเกี่ยวกับการระเบิดแร่จำเป็นจะต้องจ้างผู้ชำนาญงานและจะต้องระมัดระวังในเรื่องความปลอดภัยอย่างเคร่งครัด แต่ถ้าเป็นแหล่งแร่ที่หินผุมาก ก็อาจจะใช้วิธีขุดด้วยแรงคน เครื่องจักร หรือแรงน้ำ เช่นการทำเหมืองใน "คลา" ซึ่งเป็นหินแกรนิต หินเปิ๊กมาไต้ท์ และมีแร่ดีบุกอยู่ในเนื้อหิน หิน "คลา" ผุมากจนใช้น้ำฉีดหรือแรงคนขุดพังลงได้ง่ายเช่นเดียวกับการฉีดพังดินในแหล่งลานแร่

การแต่งหรือล้างแยกแร่ การล้างแร่หรือแยกแร่ของเหมืองที่เปิดทำในลานแร่หรือแหล่งแร่เปลือกดิน ไม่ยุ่งยากหรือต้องใช้เครื่องมือเครื่องจักรในการล้างหรือแยกแร่มาก เพราะดังที่ได้ทราบมาแล้ว ว่าเม็ดแร่ดีบุกได้แยกออกจากหินและแร่อื่นๆ อยู่แล้วตามธรรมชาติเพียงแต่ใช้แรงน้ำช่วยให้แยกหรือหลุดออกจากพวกดินกรวดทราย กับอาศัยความแตกต่างในเรื่องน้ำหนักของวัตถุที่อยู่ปนด้วยกัน ก็จะแยกเก็บเอาแร่ดีบุกได้โดยไม่ยาก แร่ดีบุกหนักประมาณ 6—7 เท่าของน้ำที่มีบริมาตรเท่ากัน และหนักกว่าทรายหรือหินประมาณ 2 เท่า วิธีการทำเหมืองดีบุกในลานแร่ส่วนใหญ่เป็นการล้างและแยกแร่

สำหรับเหมืองแร่ที่เปิดทำในแหล่งแร่ที่เป็นทาง เป็นสาย หรือแหล่งแร่สัมผัส แร่ดีบุกมักพบอยู่ในหินแข็งและมีแร่ชนิดต่างๆ ปนอยู่ด้วย การที่จะทำให้เม็ดแร่ดีบุกหลุดออกจากหินหรือแยกออกจากแร่ชนิดอื่น จำเป็นต้องตำหรือบดจนละเอียด จนแร่ดีบุกแยกออกหรือหลุดออกเป็นเม็ดแร่ดีบุกโดยเฉพาะไม่มีหินหรือแร่อย่างอื่นติดอยู่ แล้วนำไปล้างหรือแยกโดยอาศัยแรงน้ำ และหลักความแตกต่างของน้ำหนักของเม็ดแร่ดีบุกกับแร่และหินชนิดอื่นๆ แหล่งแร่บางแห่งจำเป็นต้องใช้น้ำยาเคมี น้ำกรดช่วย หรือใช้วิธีที่เรียกว่าการลอยแร่ เพราะมีแร่ที่มีน้ำหนักเท่ากันหรือหนักกว่าแร่ดีบุกปนอยู่ด้วยซึ่งจะแยกโดยอาศัยหลักที่ว่าแร่ดีบุกหนักกว่าหรือความแตกต่างของน้ำหนักอย่างเดียวไม่ได้ผล

เหมืองแล่น

วิธีทำเหมืองแล่นเป็นการทำเหมืองที่ค่อนข้างง่าย และใช้เงินลงทุนน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีทำเหมืองอื่นๆ วิธีทำเหมืองแล่นเหมาะที่จะใช้เปิดทำในแหล่งแร่เปลือกดิน ซึ่งมักจะพบอยู่ตามลานเนินเขา หุบเขา กับในลำห้วย ที่มีความลาดพอที่จะให้มูลดินทรายอันเกิดจากการทำเหมืองพ้นออกไปจากรางหรือคูล้างแร่ได้

การทำเหมืองแล่น อาจจะตั้งต้นทำขนาดเล็กๆ โดยใช้สมาชิกภายในครอบครัว เพียง 3—4 คน เครื่องมือที่ใช้ในการทำเหมืองที่สำคัญก็มีชะแลง จอบ การเลือกบริเวณที่จะตั้งต้นทำเหมืองแล่น จะเริ่มทำจากระดับต่ำขึ้นไปสู่ระดับสูง ทั้งนี้พอจะตรวจดูได้โดยสังเกตดูสภาพภูมิประเทศของบริเวณที่มีแร่และทดลองขุดหลุมตรวจดูพื้นหินดานซึ่งส่วนมากก็จะทราบดีแล้วตั้งแต่ได้ทำการตรวจลองแร่

การทำเหมืองแล่นต้องใช้น้ำมาก บางแหล่งไม่มีน้ำต้องทำคูน้ำหรือลำรางรับน้ำมาจากที่ไกล ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการนี้มาก การทำเหมืองแล่นที่มีทุนน้อยไม่อาจจะทำได้ เหมืองแล่นเล็ก ๆ มักจะต้องอาศัยน้ำฝน ท้องถิ่นฝนตกชุก เช่นทางภาคใต้ของประเทศไทย มีระยะฝนตกนาน 6—8 เดือนในหนึ่งปี พอถึงหน้าแล้งน้ำน้อยหรือแห้งหมด การทำเหมืองต้องหยุดชั่วคราว บางแห่งอาจจะมีที่เหมาะทำอ่างเก็บน้ำไว้เก็บน้ำ การทำเหมืองอาจจะทำได้วันละ 4 ชั่วโมง หรือทำวันเว้นวัน เหมืองแล่นหลายเหมืองได้ชักน้ำจากที่สูงมาใช้โดยต่อท่อรับน้ำมาตลอดระยะทาง ได้กำลังน้ำใช้ในการฉีดพังดินหน้าเหมืองด้วย ส่วนการทำเหมืองแล่นในทางน้ำ เช่น ลำห้วยหรือลำคลอง ถ้าเป็นลำน้ำที่มีน้ำไหลอยู่ตลอดปีและดูเหมือนน้ำจะมีมากเกินต้องการเสียอีก เหมืองแล่นต้องการน้ำใช้มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณของดินกรวดทรายที่ต้องการจะขุดพังลงมาล้าง และลักษณะของดิน มีอัตราใช้ประมาณบริมาตรน้ำใช้ในการทำเหมืองโดยคิดประมาณการใช้น้ำเป็น 25—50 เท่า ของบริมาตรดินหินกรวดทรายที่ต้องการขุดพังลงมาล้างเอาแร่ ชนิดดินที่ขุดพังง่าย เช่นดินปนทรายหรือกรวดไม่มีดินเหนียวและทับถมกันอยู่ไม่แน่น จะใช้น้ำประมาณ 25 เท่าของบริมาตรดินที่ขุดพังลง ถ้าเป็นดินที่มีลักษณะเกาะกันแน่นและมีดินเหนียวแทรกอยู่ทั่วไป อาจจะใช้น้ำมากถึง 50 เท่าของบริมาตร สมมุติว่าเหมืองแล่นประสงค์จะขุดพังดินให้ได้ 100 ลูกบาศก์หลาในเวลา 8 ชั่วโมง ถ้าน้ำที่ชักพามาตามคูไม่เพียงพอ ผู้ทำเหมืองจะขุดสระเก็บน้ำขึ้น เพื่อเก็บสะสมน้ำในเวลาที่ไม่ได้ทำเหมือง เพราะเหมืองนี้ต้องใช้น้ำประมาณ 2,500 ลูกบาศก์หลาในเวลา 8 ชั่วโมง หรือประมาณชั่วโมงละ 312 ลูกบาศก์หลา การล้างแร่โดยแลงชูท (Lanchute) หรือจะเรียกว่ารางล้างแร่สะอาด จะต้องใช้น้ำประมาณ 10 เท่าของบริมาตรแร่ที่นำไปล้าง

การขุดพังดินหน้าเหมืองของเหมืองแล่น ทำกันสองวิธี คือ ใช้คนแทงดินร่วมกับปล่อยน้ำไหลพาดหน้าเหมืองช่วยกัดเซาะให้ดินพังลงด้วย กับการใช้กระบอกฉีด ฉีดพังดินหน้าเหมือง การใช้กระบอกฉีดฉีดพังดินได้จำนวนดินมากหลายสิบเท่าของการใช้แรงคนขุดแทงดิน ดินที่ถูกพังลงมาจะแตกและกระจายออก และถูกน้ำพัดพาไปพร้อมกับแร่ดีบุกไปสู่คูหรือรางล้างแร่ ในระหว่างที่ไหลไปตามร่องก่อนถึงรางล้างแร่ มีคนงานคอยใช้จอบฟันดินที่ยังเป็นก้อนและต้องคอยเก็บก้อนกรวดขนาดโต หินใหญ่ รากไม้ ตอไม้ขึ้นวางกองไว้เป็นแห่ง โดยไม่ให้กีดขวางทางที่น้ำพาดินกรวดทราย และแร่ไปสู่คูล้างแร่

คูหรือรางล้างแร่ จะต้องทำให้มีขนาดกว้าง (พื้นท้องรางหรือคู) และยาว และลาดพอสมควรที่จะทำการคัดเก็บแร่จากดินกรวดทรายที่น้ำพาไหลเข้ามาได้ดี ถ้าหากว่าไม่ต้องการจะขุดเป็นคูลงไปในพื้นหินดาน อาจจะทำเป็นรางไม้แทนก็ได้ ความยาวของคูหรือรางล้างแร่ไม่แน่นอน อาจจะมีตั้งแต่ 30 ฟุต ถึง 60 ฟุต หรือยาวกว่า ทั้งนี้แล้วแต่ขนาดของเม็ดแร่ดีบุกและลักษณะของดินทราย รางที่ยาวย่อมจะช่วยในการเก็บแร่ดีขึ้น ความลาดของคูหรือรางล้างแร่ประมาณ 4—8 องศา ลาดมากเกินไปกระแสน้ำที่ไหลผ่านจะเร็วไป อาจจะทำให้

เม็ดแร่ขนาดเล็กไม่มีโอกาสฝังตัวลงบนพื้นท้องราง หรือถูกน้ำพัดพาข้ามวัตถุที่เอามาวางกั้นเป็นระยะตามพื้นท้องคูไปได้ สิ่งที่ใช้วางกั้นนี้อาจจะเป็นไม้หรือหินก้อนวางเรียงกันก็ได้ ระยะที่วางสิ่งขวางกั้นประมาณ 8—10 ฟุต ในเริ่มแรก ผู้ทำเหมืองจะวางให้สูงกว่าพื้นท้องคูหรือรางล้างแร่ประมาณ 1—2 นิ้ว เมื่อเวลาปล่อยน้ำและดินกรวดทรายผ่านส่วนหนึ่งรวมทั้งแร่จะตกอยู่ตามพื้นท้องคูหรือรางจนเต็มเสมอระดับไม้หรือหินที่วางกั้น ผู้ทำเหมืองจะวางไม้ขวางกั้นเพิ่มขึ้นอีกเป็นลำดับ นอกจากนั้น คนงานจะต้องคอยใช้จอบคุ้ยให้ดินกรวดทรายหยุ่นตัวขึ้นเพื่อให้เม็ดแร่ดีบุกได้มีโอกาสแทรกตัวลงข้างล่าง และดินกรวดทรายจะถูกน้ำพัดพาออกไปทางท้ายคูหรือราง ข้อสำคัญของรางหรือคูล้างแร่เหมืองแล่น จะต้องเลือกสถานที่ปลายหรือท้ายรางหรือคูสามารถปล่อยดินกรวดทรายออกได้สะดวกตลอดเวลา ถ้าไม่สามารถปล่อยออกได้สะดากแล้ว จะเกิดผลทำให้มีมูลดินทรายกองทับถมขึ้นทางท้ายราง และในที่สุดทำให้รางหรือคูล้างแร่นั้นใช้ไม่ได้ สถานที่ที่เหมาะแก่การป้องกันท้ายรางตัน หรือที่เรียกว่า "ท้ายตาย" นั้นได้แก่ลาดเขาหรือหุบเขา มีเหมืองแล่นหลายแห่งที่ภูมิประเทศบังคับ ต้องปล่อยให้ท้ายรางลงสู่ทางน้ำลำธาร ซึ่งไม่ควรจะเป็นเช่นนั้น เพราะมูลดินทรายที่เก็บขังอยู่ในบริเวณทางน้ำจะไม่สามารถเก็บขังไว้ได้ตลอดไป ในฤดูฝนน้ำในลำธารมีมากและไหลเชี่ยวจะพัดเอาทำนบที่ทำขวางกั้นเก็บขังมูลดินทรายพังทลาย และพาเอามูลดินทรายไปลงทางน้ำตอนล่างได้ บริมาตรของดินกรวดทรายและน้ำที่ไหลผ่านรางหรือคูขึ้นอยู่กับความกว้างของคูหรือรางด้วย ซึ่งมีหลักโดยประมาณว่า ความกว้างของรางหรือคู 1 ฟุต เหมาะสำหรับจำนวนดินกรวดทรายที่มากับน้ำเป็นบริมาตร 2 ลูกบาศก์หลา ในเวลา 1 ชั่วโมง เช่นการขุดแทงดินเหมืองแล่นสามารถพังดินได้ชั่วโมงละ 8 ลูกบาศก์หลา ตามกว้างของคูหรือรางล้างแร่ควรจะเป็น 4 ฟุต เป็นต้น

การเก็บเอาแร่ในคูหรือรางล้างแร่ ซึ่งเรียกว่า "การกู้แร่" ผู้ทำเหมืองจะทำการกู้เอาแร่เมื่อสังเกตดูว่ามีแร่สะสมอยู่มากพอสมควรแล้ว ซึ่งอาจกินเวลา 7—30 วัน ตามความสมบูรณ์ของแหล่งแร่ เวลาจะทำการกู้แร่จะหยุดการฉีดหรือแทงดินพังหน้าเหมืองหมดสิ้น ปล่อยแต่น้ำใสให้ไหลมาตามคูหรือรางกู้แร่ สิ่งที่ขวางกั้นคูรางแร่จะถูกเก็บขึ้นเป็นตอน ๆ ตั้งแต่ตอนต้นรางหรือคู ลงมาทางปลายราง และคนงานจะต้องมาช่วยกันเอาจอบคุ้ยและลากขึ้นลงพร้อมกับเก็บกรวดเป็นก้อนขึ้นจากคูหรือรางด้วย เมื่อประมาณว่ามูลดินทรายและหินกรวดออกไปส่วนมากและแร่สะอาดตามสมควรแล้ว ปิดน้ำตักเอาแร่ส่งไปล้างอย่างละเอียดอีกครั้งในรางไม้ขนาดสั้น ซึ่งเรียกตามภาษามลายู ? ว่า แลงชูท (Lanchute) การล้างครั้งนี้จะได้แร่ที่ปราศจากทรายหรือแร่อื่นที่เบากว่า แต่มีแร่บางชนิดที่เบากว่าดีบุกเล็กน้อยทำการล้างแยกออกไม่ได้โดยใช้แลงชูท ก็จำเป็นจะต้องใช้วิธี "ไถ้" แล้วนำไปทำให้แห้งและแยกเอาแร่เหล็กออกถ้ามี ด้วยแม่เหล็กเกือกม้าธรรมดาที่วางซ้อน ๆ กันหลายสิบตัว

การทำเหมืองแล่นนี้จะเห็นว่าใช้เงินลงทุนในการทำเหมืองน้อย (ไม่รวมกับการที่ต้องใช้จ่ายในการขอประทานบัตร) ส่วนใหญ่ที่ใช้เงินได้แก่ค่าจ้างแรงงานในการตรวจลองแร่ทำคูชักน้ำ อ่างเก็บน้ำ ถางป่าบริเวณที่จะเปิดเหมืองและขุดหรือทำคูรางล้างแร่ แต่ถ้าจำเป็นต้องใช้กระบอกฉีดที่นำน้ำจากที่สูง จะต้องลงทุนมาก เพราะต้องทำที่ขังน้ำ ซื้อท่อน้ำ ถ้าเป็นน้ำที่ต้องใช้เครื่องสูบสูบส่ง ก็ต้องเสียค่าซื้อเครื่องสูบเพิ่มขึ้น ในการดำเนินทำเหมือง ค่าใช้จ่ายส่วนใหญ่ก็คือค่าแรง กับค่าขนส่ง เพราะเหมืองแล่นส่วนมากมักจะตั้งอยู่ในท้องที่ทุรกันดารห่างไกลทางคมนาคม การขนส่งต้องใช้สัตว์ต่าง แต่อาจจะกล่าวได้ว่าเป็นวิธีทำเหมืองแร่ดีบุกวิธีเดียวเท่านั้นที่สามารถจะเปิดทำเหมืองในแหล่งแร่ขนาดเล็ก ในท้องที่ทุรกันดารได้ การทำเหมืองแล่นมีข้อเสียอยู่เหมือนกันในด้านการเก็บขังมูลดินทราย และมีแร่สูญหายไปกับมูลดินทรายมาก กล่าวกันว่าคูล้างแร่จะเก็บได้ไม่เกิน 60 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งหมายความว่าถ้าดินหน้าเหมืองที่ถูกพังลงมายังรางล้างแร่ มีแร่ดีบุกอยู่ 10 กิโลกรัม แร่ดีบุกนี้จะตกอยู่ในคูล้างแร่ไม่เกิน 6 กิโลกรัม ส่วนที่เหลือออกไปกับมูลดินทรายทางท้ายรางหรือคูล้างแร่

เหมืองหาบ

ในสมัยก่อนเมื่อประมาณ 40 ปีล่วงมาแล้ว การทำเหมืองในลานแร่ต้องใช้วิธีเปิดลอกเปลือกดินแบบขุดสระใหญ่ลงไปเป็นชั้น ๆ จนกระทั่งถึงชั้นที่กระสะแร่ ซึ่งมักจะเป็นชั้นที่มีกรวดหินและทรายปนอยู่กับแร่มาก และเป็นชั้นที่ผู้ทำเหมืองประสงค์จะขุดเอาไปล้างเอาแร่ การขุดสมัยนั้นไม่มีเครื่องมืออะไรอื่นนอกจากจอบ ชะแลง และสิ่งที่ใช้ในการขนส่งคือบุ้งกี๋ คนจะใช้ไม้คานหาบขึ้นมาจากบ่อที่ขุด การใช้แรงคนขุดเปิดเปลือกดินต้องใช้คนงานเป็นจำนวนมาก ร้อยกว่าคน ถ้านึกดูภาพแล้วจะเห็นพื้นดินถูกขุดเป็นบ่อกว้างเป็นชั้นลงไปยังก้นบ่อและมีคนงานหาบดินขึ้นลงติดต่อกันเป็นแถว เมื่อขุดจนถึงชั้นกระสะแล้ว ก็ทำการขุดลอกเอากระสะขึ้นมากองไว้ข้างรางไม้ซึ่งทำขึ้นสำหรับทำการล้างแร่ ถ้าปรากฏว่ามีน้ำในขุมเหมืองก็ทำการวิดออกโดยใช้ระหัดซึ่งหมุนด้วยแรงคนวิดเอาน้ำขึ้นไปเป็นทอด ๆ เพื่อให้ออกพ้นปากขุม ดังนั้นคำว่าเหมืองหาบในสมัยนั้นก็เป็นคำที่ใช้เรียกอย่างถูกต้อง แต่วิธีการทำเหมืองหาบในลานแร่ค่อย ๆ เลิกกันไปจนหมดสิ้น เพราะต้องเสียค่าแรงงานมาก ทำการขุดแร่ได้ช้า และใช้วิธีอื่น เช่นวิธีเหมืองสูบได้ผลดีกว่า

การทำเหมืองหาบต่อมาได้มีความหมายถึงการทำเหมืองบนดินโดยวิธีการที่ต้องขุดพังดินหรือหิน ด้วยวิธีการใช้แรงคนหรือแรงเครื่องจักร แรงระเบิดและขนส่งไปยังที่ล้างแร่ โดยไม่ใช้แรงน้ำ ถ้าท่านเคยเห็นการระเบิดหินมาทำถนนหรือการก่อสร้าง นั่นก็คือวิธีทำเหมืองหาบในเมื่อหินนั้นเป็นสินแร่ สำหรับการระเบิดเอาหินมาย่อยทำถนนหรือในการก่อสร้างต่าง ๆ เราเรียกว่าเหมืองหิน เพื่อให้แตกต่างไปจากเหมืองหาบ เพราะหินไม่ใช่แร่

แหล่งแร่ที่เหมาะสมที่จะเปิดเป็นเหมืองหาบ ได้แก่แหล่งแร่ที่มีแร่ดีบุกอยู่กระจัดกระจายหรือเป็นหย่อมอยู่ในหิน เช่นแหล่งแร่สัมผัส แหล่งแร่ที่มีแร่อยู่เป็นส่วนประกอบของ

เนื้อหินหรือแหล่งแร่ที่มีสินแร่เกาะกันแข็งหรือเกิดเป็นชั้นแข็งอยู่ใต้พื้นดิน เหมืองหาบที่เปิดทำในแหล่งแร่ดีบุกในประเทศยังไม่มีเหมืองขนาดกลางหรือขนาดใหญ่ มีเปิดทำอยู่หลายเหมืองในแหล่งแร่สัมผัสซึ่งมีเนื้อหินและแร่ค่อนข้างผุ หน้าเหมืองเป็นส่วนหนึ่งของภูเขา ถูกขุดตัดเป็นชั้นแบบขั้นบันได และวางรางรถเข็นสำหรับบรรทุกแร่ ตรงที่มีสินแร่จะถูกระเบิดออกและโกยใส่รถเข็นส่งไปยังโรงบดและแยกแร่ เนื่องจากสินแร่ดีบุกในแหล่งแร่สัมผัสมีแร่ชนิดอื่นปนอยู่หลายชนิด การแยกและล้างแร่ต้องใช้เครื่องมือเครื่องจักรหลายชนิดและมูลค่าของโรงบดและแยกแร่เช่นนี้สูงมาก เช่นขนาดทำการบดและแยกแร่สำหรับสินแร่ 100 ตันต่อ 24 ชั่วโมง จะมีราคาร่วม 3 ล้านบาท

เครื่องมือเครื่องจักรที่ใช้ในการขุดแร่ มีแตกต่างกันหลายชนิด ซึ่งสามารถจะเลือกใช้ให้เหมาะสมกับสภาพภูมิประเทศและลักษณะของหินและแร่ และปริมาณของสินแร่ที่จะผลิต เครื่องมือเครื่องจักรที่สำคัญในการขุดแร่ได้แก่รถขุด รถแทร็กเตอร์สำหรับโกยแร่ใส่รถบรรทุก รถเข็น เครื่องเจาะรูระเบิด เครื่องอัดลม ความสามารถในการผลิตแร่ของเหมืองหาบสูงมาก เหมืองหาบขนาดใหญ่ในต่างประเทศเปิดทำในแหล่งแร่ทองแดง สามารถขุดสินแร่ได้วันหนึ่ง ๆ ไม่น้อยกว่า 100,000 ตันหรือประมาณ 40,000 ลูกบาศก์หลา บริเวณที่เปิดเหมืองกว้างขวางตามชั้นต่าง ๆ ใช้ขบวนรถไฟวิ่งขนแร่

ในแหล่งสัมผัสของจังหวัดยะลา มีการเปิดเหมืองหาบกันสองสามราย แต่เป็นเหมืองขนาดเล็ก เฉลี่ยแล้วผลิตสินแร่ประมาณ 50 ตันต่อวัน แต่การทำเหมืองยังเป็นแบบเก่า การขุดเอาสินแร่ใช้แรงคนขุดด้วยจอบชะแลง เพราะสินแร่ค่อนข้างผุ ทำการเลือกขุดตามหน้าเหมืองเป็นหย่อม ๆ ที่มีแร่ดีบุกไม่น้อยกว่า 0.5 เปอร์เซ็นต์ (สินแร่ 1,000 กิโลกรัม จะมีแร่ดีบุก 5 กิโลกรัม) ขุดใส่รถเข็นหรือรถยนต์บรรทุกส่งไปยังโรงตำและล้างแร่ ซึ่งมีสากสำหรับตำแร่ 10—20 สาก เครื่องยนต์ดีเซล 20—30 แรงม้า สำหรับเดินสากตำแร่และเครื่องกำเนิดไฟฟ้ารางล้างแร่ทำด้วยไม้ขนาดกว้าง 3 ฟุต ลึก 1 ฟุต ยาว 30 ฟุต มีความลาดประมาณ 3 องศา แลงชูทสำหรับล้างแร่สะอาด 3—5 ราง เตาย่างแร่ เตาเผาแร่สำหรับไล่กำมะถันออกจากแร่ที่ปนอยู่และเป็นสารประกอบกำมะถัน แม่เหล็กเกือกม้า โรงตำและล้างแร่ขนาดเช่นนี้จะใช้น้ำในการตำและล้างแร่ประมาณ 10 ลูกบาศก์หลาต่อแร่ 1 ตัน

การดำเนินงานตำและล้างแร่เป็นไปดังนี้ สินแร่ที่ถูกตำโดยสากตำแร่จนละเอียดประมาณ 30—40 เมช ถูกน้ำพาไหลลงสู่รางล้างแร่ซึ่งมีคนงานคอยใช้จอบลากคุ้ยตลอดรางและคอยเสริมไม้ขวางกั้นให้สูงขึ้นตามลำดับ เมื่อมีแร่เติมขึ้นมาประมาณ 2/3 ของรางกู้แร่ปิดน้ำ ทำการตักแร่ขึ้นไปล้างด้วยแลงชูท แล้วนำไปเผาในเตาอบเพื่อไล่กำมะถันหรือสารหนูออก การเผาใช้ไม้ฟืนเป็นเชื้อเพลิง ความร้อนในเตาประมาณ 600°—1,000°C ในระหว่างที่เผาต้องใช้คราดเหล็กทำการเกลี่ยให้แร่ได้รับความร้อนทั่วถึงอยู่เสมอ ทำการเผาอยู่ประมาณ 8—12 ชั่วโมง แล้วทิ้งให้เย็นเอาแร่ไปล้างในแลงชูทอีกครั้งได้เป็นแร่สะอาด ทำให้แห้งและ

แยกเหล็กออกโดยใช้แม่เหล็กเกือกม้า แร่จากแหล่งแร่นี้มีเปอร์เซ็นต์ดีบุกต่ำประมาณ 65—68 เปอร์เซ็นต์และมีแร่ชนิดอื่นปนอยู่บ้างเล็กน้อย เพราะไม่สามารถจะล้างแยกออกได้หมด

เหมืองหาบขนาดเล็กผลิตแร่ดีบุกโดยวิธีการที่กล่าวมานี้ จะเสียค่าใช้จ่ายในการทำเหมืองผลิตแร่ประมาณเดือนละ 50,000 — 60,000 บาท การลงทุนส่วนใหญ่เป็นค่ารถบรรทุก เครื่องตำแร่ เครื่องยนต์ โรงเรือนต่าง ๆ และเตาเผาแร่ ซึ่งจะต้องใช้เงินประมาณ 400,000—500,000 บาท สำหรับเหมืองที่มีถนนเข้าไปถึง

เหมืองปล่อง

ในแหล่งลานแร่ที่ปรากฏว่ามีชั้นกระสะอยู่ลึกจากผิวดินมาก และจะเปิดเป็นเหมืองหาบแบบขุดดินเปิดเป็นบ่อหรือหลุมกว้างเพื่อเอาแร่ในชั้นกระสะไม่ได้ เพราะปริมาณดินที่จะต้องขุดและหาบมากเกินไป ทำให้เสียค่าใช้จ่ายในการเปิดหน้าดินสูง ทำเหมืองไม่ได้กำไร ในครั้งก่อนผู้ทำเหมืองหันไปใช้วิธีขุดปล่องสี่เหลี่ยมขนาดกว้างยาว 1 หลา ลงไปจนถึงชั้นกระสะและหินดาน แล้วทำการขุดเจาะอุโมงค์ไปบนชั้นกระสะไปจนจดปลายปล่องที่ขุดเอาไว้ จากอุโมงค์จะขุดแยกออกไปเป็นระยะโดยเริ่มขุดตั้งแต่ระยะที่อยู่ใกล้ปล่องระบายน้ำและปล่องขนแร่ก่อน แล้วค่อยขยับใกล้เข้ามา ดินกระสะขุดได้จะถูกส่งขึ้นมาทางปล่องโดยการกว้านแบบกว้านไม้ (Windlass) ส่วนการระบายน้ำนั้นมักใช้สูบ สูบขึ้นทางปล่องที่ทำไว้พิเศษสำหรับการนี้ กระสะที่กว้านขึ้นมาก็นำไปล้างในรางล้างแร่ตามธรรมดา การทำเหมืองโดยวิธีขุดปล่องและอุโมงค์ในแหล่งลานแร่นี้ มีอันตรายจากการพังของดิน เพราะดินในลานแร่ไม่เกาะกันแน่นแข็ง และมักจะมีน้ำใต้ดินมากซึ่งเป็นการช่วยให้ดินยุบพังได้ง่ายยิ่งขึ้น การขุดปล่องและอุโมงค์จึงต้องมีการใช้ไม้กรุและค้ำยันให้แข็งแรง ในเวลานี้ การทำเหมืองปล่องได้เลิกกันหมดสิ้นแล้ว เพราะสามารถเปิดเป็นเหมืองสูบได้เอง และเป็นการทำเหมืองที่สะดวกและปลอดภัยกว่า

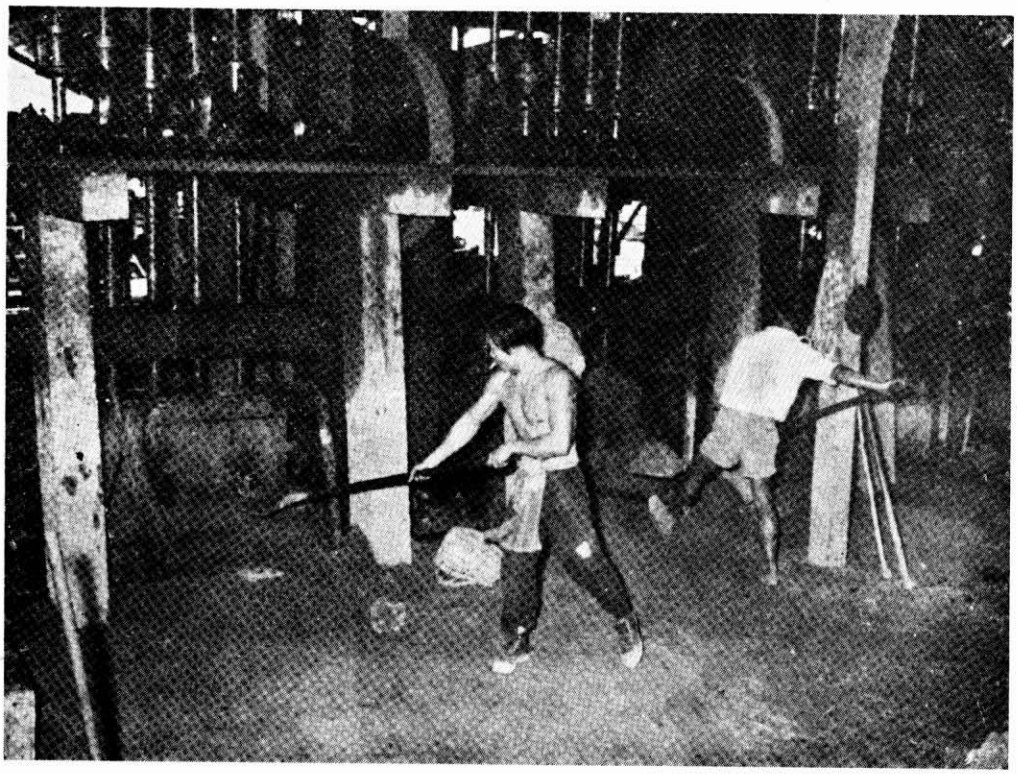
เหมืองสูบ

เหมืองสูบเป็นวิธีทำเหมืองในลานแร่ที่สำคัญมากวิธีหนึ่ง เป็นวิธีที่นิยมทำกันแพร่หลายในประเทศไทยและประเทศสหพันธรัฐมลายูซึ่งผลิตแร่ดีบุกได้มากที่สุดของโลก เมื่อพูดถึงส่วนสำคัญของวิธีการทำเหมืองแล้วก็ไม่แตกต่างไปจากการทำเหมืองแล่น วิธีเหมืองแล่นดังได้กล่าวมาแล้ว ต้องอาศัยสภาพภูมิประเทศตามธรรมชาติมากที่สุด แต่วิธีเหมืองสูบเป็นวิธีการทำเหมืองแล่นที่ดัดแปลงเพื่อทำเหมืองแร่ในที่ที่สภาพภูมิประเทศไม่อำนวยให้ ดังเช่นในแหล่งลานแร่ที่ต้องเปิดทำโดยวิธีเหมืองหาบและเหมืองปล่องมาแล้วในครั้งก่อน

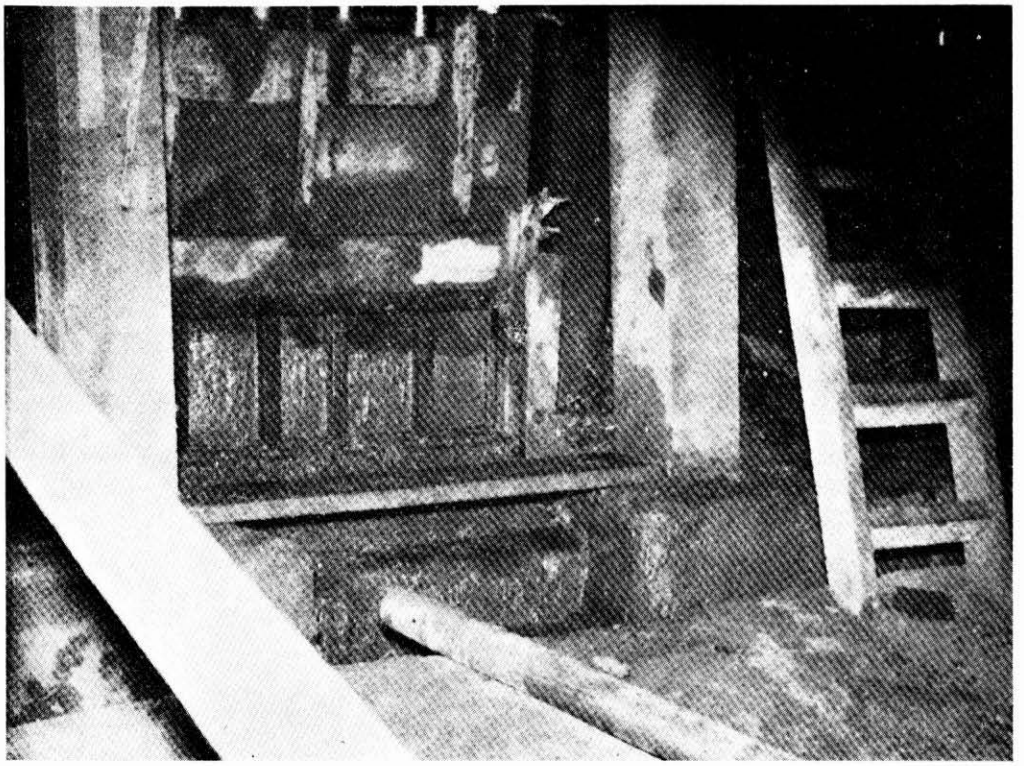
ก่อนที่จะลงมือทำเหมืองสูบ ผู้ทำเหมืองจะต้องตรวจลองแร่ให้ละเอียด เพื่อทราบระดับของหินดาน ความลึกของหินดานหรือชั้นกระสะจากผิวดิน ลักษณะดินมีหินใหญ่ ดิน



รูปที่ 14 การขุดสินแร่ใส่รถเข็นไปยังโรงตำและล้างแร่



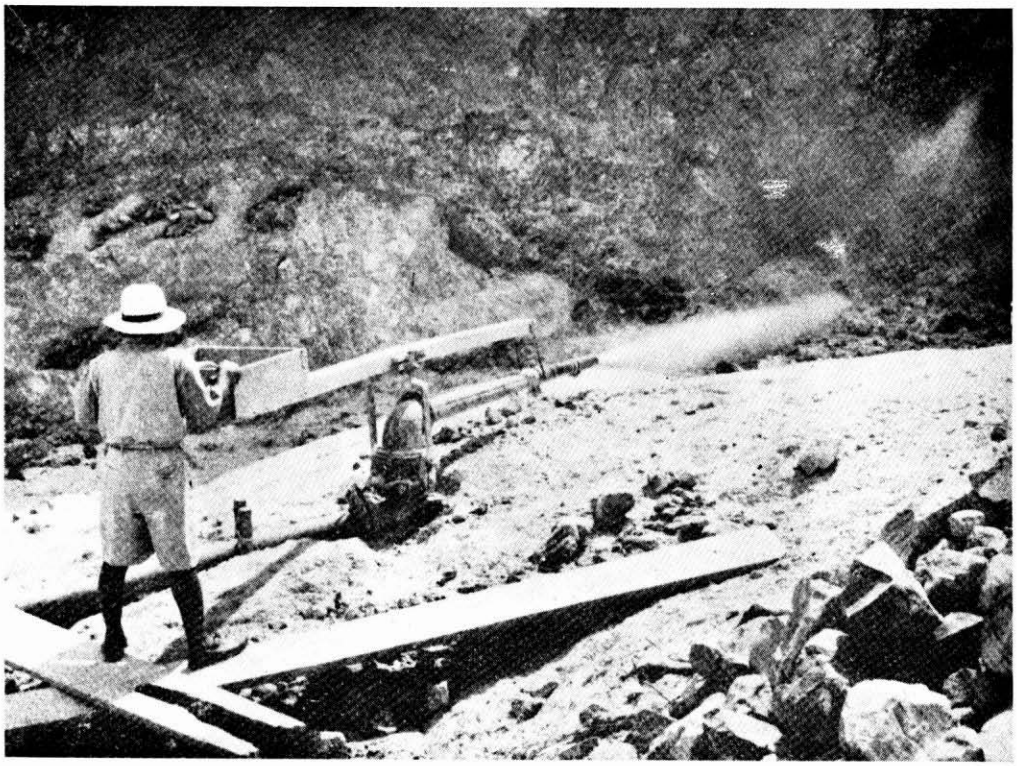
รูปที่ 15 การป้อนสินแร่เข้าเครื่องตำ



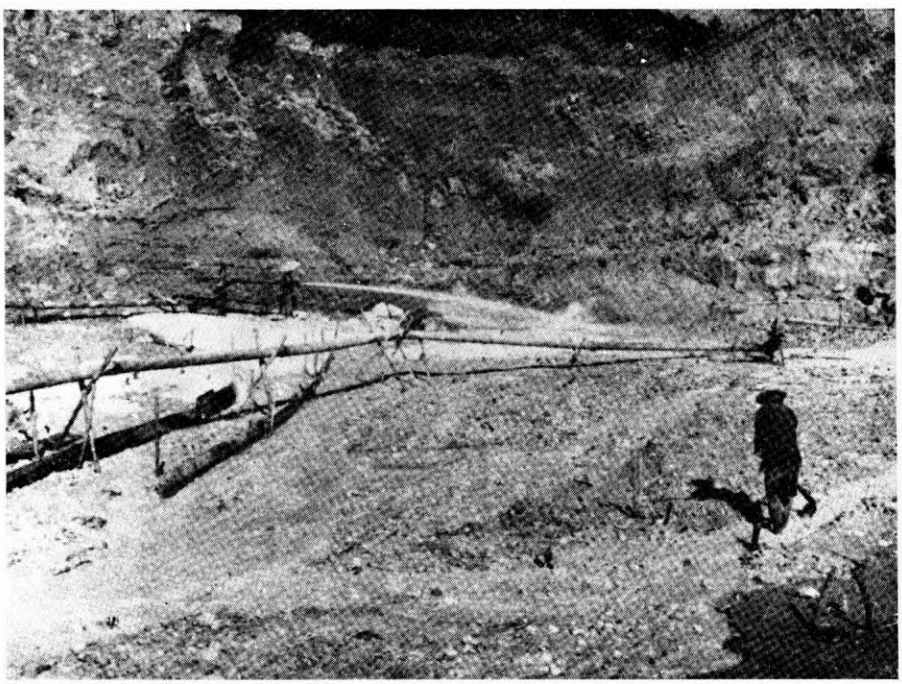
รูปที่ 16 แร่ที่ถูกตำละเอียดแล้วไหลผ่านตะแกรงไปสู่รางล้างแร่



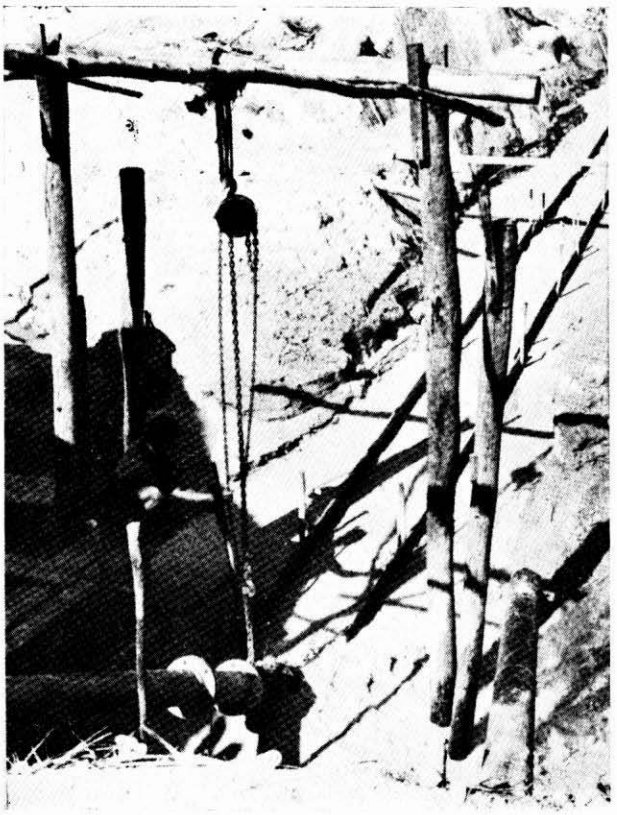
รูปที่ 17 เตานอนสำหรับย่างแร่ไล่กำมะถันและสารหนู



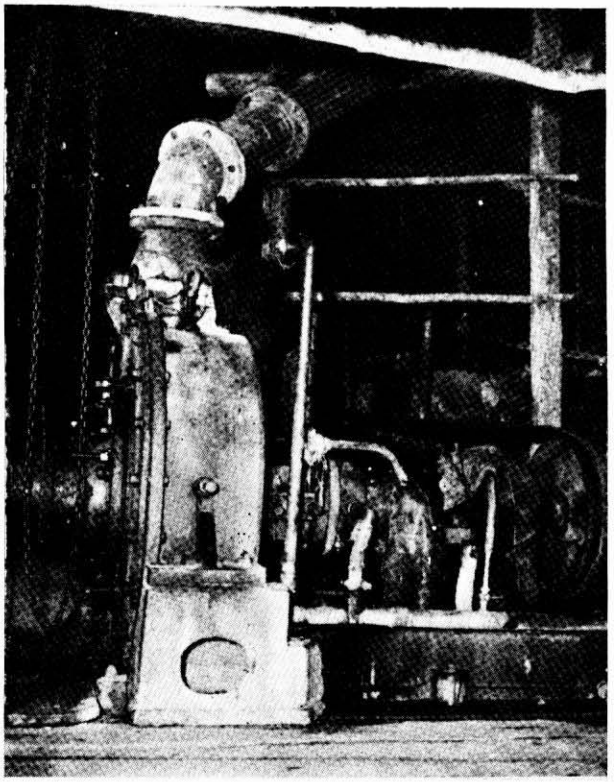
รูปที่ 18 ฉีดพังหน้าเหมืองด้วยกระบอกฉีด



รูปที่ 19 หน้าเหมืองสูบ กำลังใช้กระบอกฉีดฉีดหน้าเหมือง และแสดงให้เห็นแนวทางที่ดินกรวดทรายและน้ำไหลไปสู่ขุมสูบ



รูปที่ 20 ขุมสูบ ท่อดูดของเครื่องสูบกรวด ทราย กำลังสูบน้ำและดิน กรวด ทราย



รูปที่ 21 เครื่องสูบกรวด ทราย ซึ่งหมุนด้วยสายพาน

เหนียวมากหรือไม่ และสามารถจะฉีดพังได้สะดวกหรือไม่ และสิ่งที่สำคัญที่สุดมีแร่ดีบุกอยู่เป็นปริมาณเท่าใด และจะทำเหมืองได้กี่ปีจะได้ผลตอบแทนจากการลงทุนดีหรือไม่ เมื่อเลือกเนื้อที่ที่จะทำเหมืองได้แล้ว ขั้นต่อไปจะต้องพยายามหาที่ตั้งต้นเริ่มทำเหมือง โดยพยายามเลือกตั้งต้นที่จุดซึ่งมีหินดานอยู่ลึกที่สุดและไม่ห่างจากที่ที่จะใช้เป็นที่เก็บขังมูลดินทรายจากการทำเหมือง แล้วทำการสร้างรางล้างแร่ (Palong) ขึ้น ตั้งเครื่องยนต์และสูบ (gravel pump) ขุดหลุมตรงปลายท่อดูดขึ้นก่อนพอเป็นบ่อสำหรับสูบดินกรวดทรายขึ้น ใช้กระบอกฉีด ฉีดพังดินขยายบ่อให้กว้างออกและลึกลง จนถึงพื้นดินดาน ซึ่งในระยะนั้นบ่อก็ขยายออกเป็นขุมเหมืองกว้าง ปฏิบัติการฉีดพังหน้าเหมืองมาลงบ่อสูบ เป็นการดำเนินงานเต็มที่ เครื่องยนต์สำหรับเดินสูบนั้นอาจจะต้องเลื่อนลงมาตั้งต่ำลงมาในขุมตามเครื่องสูบ

หน้าเหมืองสูบ การพังดินหน้าเหมืองของเหมืองสูบ ใช้แรงน้ำจากกระบอกฉีด ฉีดพังดินและทำการกวาดให้ไหลไปตามล่องไปสู่บ่อสูบ ขนาดของปลายกระบอกฉีด (Nozzle) ใช้ขนาด $1\frac{1}{2}-3$ นิ้ว แรงดันน้ำประมาณ 30—100 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว สำหรับดินกรวดทรายที่ไม่แน่นหรือเกาะกันแข็งมาก แรงน้ำขนาด 30 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว จะฉีดได้ดี สำหรับดินกรวดทรายที่มีเชื้อประสานติดกันแน่นหรือมีดินเหนียวปนอยู่มาก จะต้องใช้แรงน้ำสูงขนาด 80-90 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว จึงจะได้ผล น้ำที่ส่งเข้ากระบอกฉีดอาจจะมาจากน้ำในที่สูงต่อท่อลงยังเหมือง ในกรณีเช่นนี้พอจะคิดความดันน้ำได้จากการวัดความสูง ดังที่ได้กล่าวมาแล้วแต่ต้น แต่เหมืองสูบส่วนมากไม่มีโอกาสที่จะใช้น้ำจากที่สูง ต้องอาศัยตั้งเครื่องสูบหอยโข่ง สูบน้ำจากขุมเก็บน้ำหรือลำคลองส่งไปยังกระบอกฉีด แรงน้ำจะสูงหรือต่ำขึ้นอยู่กับกำลังของเครื่องสูบ กระบอกฉีดจะมีรูปร่างคล้ายปืนใหญ่ ลำกระบอกยาวประมาณ 3-7 ฟุต ตรงปลายมีเกลียวสำหรับเอาปลายกระบอกฉีด (Nozzle) ขนาดต่าง ๆ ใส่ ส่วนที่ต่อกับท่อน้ำเป็นเหล็กหล่อทำเป็นท่อข้องอ เพื่อให้กระบอกฉีดตั้งขึ้นสูงจากพื้นดินประมาณ 2-3 ฟุต ตัวกระบอกฉีดสามารถหมุนในแนวราบได้รอบตัว ขยับปลายกระบอกฉีดขึ้นได้ประมาณ 50 องศา และกดต่ำลงได้ประมาณ 10 องศากับระดับราบของกระบอกฉีด กระบอกฉีดที่ใช้ฉีดกัดเซาะเข้าไปในเนื้อดิน เช่นเวลา "ฉีดตัดตีน" ซึ่งเป็นการฉีดตัดส่วนล่างของหน้าเหมืองให้เว้าเข้าไป เพื่อให้ดินตอนบนพังลงมาเอง ควรจะใช้กระบอกฉีดที่มีปลายกระบอกฉีดขนาดเล็ก $1\frac{1}{2}-2$นิ้ว ส่วนการผลักดันและกวาดดินกรวดทรายลงไปสู่บ่อสูบนั้น มักจะใช้กระบอกฉีดที่มีปลายขนาดใหญ่กว่าเช่น 3 นิ้ว 4 นิ้ว 5 นิ้ว ดังนั้นในการฉีดพังดินหน้าเหมืองควรจะมีกระบอกฉีด2กระบอก การตั้งกระบอกฉีดจะต้องตั้งให้ห่างหน้าเหมืองพอสมควร และเพื่อความปลอดภัย กระบอกฉีดควรห่างจากหน้าเหมืองประมาณระยะเท่ากับความสูงของหน้าเหมือง สำหรับหน้าเหมืองที่สูงมากขนาด 50 ฟุตขึ้นไป มักจะทำการฉีดเป็นชั้น

ปัญหาที่มักจะประสบบ่อยครั้งในการฉีดหน้าเหมืองได้แก่หินก้อนทั้งเล็กและใหญ่มีอยู่ในแหล่งลานแร่ บางแห่งมีหินมากทำให้การฉีดพังดินหน้าเหมืองได้น้อย และต้องเสียเวลาใน

การเก็บก้อนหิน หินก้อนที่ใช้คนงานเก็บ ก็จะถูกเก็บกองไว้เป็นแห่งไม่ให้กีดขวางการทำงานที่หน้าเหมืองและร่องทางน้ำของดินกรวดทรายไปยังบ่อสูบ บางครั้งหินก้อนใหญ่มากไม่สามารถจะขยับเขยื้อนโดยแรงคนงานได้ ก็ต้องปล่อยทิ้งไว้และใช้น้ำฉีดรอบ ๆ ก้อนหินนั้นเพื่อกวาดแร่ออกไม่ให้ติดค้างอยู่ใต้หิน บางเหมืองมีหินก้อนใหญ่ก้อนน้อยมากมาย จนเกินที่จะใช้คนงานเก็บกองและเกะกะหน้าเหมือง ผู้ทำเหมืองใช้ลวดสลิงขึงบนเสาไม้แข็งแรงและแขวนรอกเดินสายลวดหย่อนตะกร้าทำด้วยลวดเหล็กขึ้นลงในขุมเหมืองช่วยคนงานในการขนเอาหินขึ้นจากขุมเหมือง หรือขนย้ายหินไปกองไว้ยังที่อื่นภายในขุม

การฉีดพังดิน ต้องพยายามฉีดให้ดินพังลงและกวาดดันลงร่องให้ไหลไปยังบ่อสูบให้มีปริมาณพอดีกับสมรรถภาพของเครื่องสูบ และให้มีส่วนผสมของดินกรวดทรายกับน้ำให้พอเหมาะสำหรับรางล้างแร่ แต่สภาพเช่นนี้ทำได้ไม่ตลอดเวลาที่ฉีดพังดินหน้าเหมือง เพราะลักษณะของดินหน้าเหมืองไม่เป็นดินชนิดเดียวกัน อาจจะแข็งและมีหินมาก ซึ่งทำให้ส่วนผสมที่ไหลไปยังบ่อสูบมีน้ำมากกว่าอัตราส่วนที่พอเหมาะ ถ้าเป็นดินทรายร่วน จะพังทลายลงมาง่าย และเป็นจำนวนมาก ทำให้อัตราส่วนที่เป็นดินกรวดทรายสูงกว่าที่ต้องการ และถ้าหากมีอัตราส่วนเป็นดินกรวดทรายมากเกินไป เครื่องสูบจะทำงานไม่ไหว แต่โดยปกติในขุมเหมืองมีน้ำใต้ดินซึมออกมาตลอดเวลา บางเหมืองน้ำไหลเข้าขุมเหมืองมากจนท่วมพื้นหินดานต้องสูบทิ้ง หรือใช้เครื่องสูบขนาดใหญ่สูบให้ทันกับบริมาตรน้ำไหลเข้าและดินกรวดทรายจากหน้าเหมือง ถ้าเป็นเหมืองที่มีน้ำไม่พอ ก็จำเป็นต้องต่อท่อน้ำมาคอยเพิ่มเติมให้แก่บ่อสูบ หน้าเหมืองไม่ควรจะห่างจากบ่อสูบมาก เพราะยิ่งไกลออกไปจะต้องรักษาความลาดของร่องน้ำที่พาดินกรวดทรายจากหน้าเหมืองให้เท่าเดิมหรือมากขึ้น มิฉะนั้นจะส่งดินกรวดทรายมายังบ่อสูบไม่สะดวก และเป็นผลให้ต้องขุดบ่อสูบให้ลึกตามลงไปมากด้วย เป็นการเพิ่มระยะที่ต้องสูบดินกรวดทรายสูงขึ้นอีก

การสูบดินกรวดทราย เครื่องสูบในเวลานี้นิยมใช้ขนาด 8 นิ้ว ซึ่งเป็นขนาดของท่อดูดของเครื่องสูบ ตัวเครื่องสูบจะตั้งอยู่สูงจากพื้นหินดานของขุมเหมือง ประมาณ 10 ฟุต ปลายท่อดูดจะจุ่มอยู่ในบ่อสูบ ส่วนท่อส่งวางเอียงบนโครงไม้ขึ้นไปสู่รางล้างแร่ เครื่องสูบกรวดทรายนี้ขับด้วยเครื่องยนต์ดีเซล ถ้าขุมเหมืองไม่ลึกเกินไป เครื่องยนต์ดีเซลจะมีแท่นเครื่องอยู่ที่ขอบขุมเหมือง และใช้สายพานหมุนเครื่องสูบ กำลังเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้ขึ้นอยู่กับระยะความสูง จากปลายท่อสูบถึงปลายท่อส่ง ถ้าจะประมาณกำลังแรงม้าที่ต้องใช้ในการเดินเครื่องสูบเพื่อสูบดินกรวดทรายขึ้นสู่รางล้างแร่ อาจคิดประมาณได้ดังนี้ สำหรับสูบขนาด 6 นิ้ว ใช้ 0.8 แรงม้าต่อความสูง 1 ฟุต สูบขนาด 8 นิ้ว ใช้ 1.2 แรงม้าต่อความสูง 1ฟุต สูบ 10 นิ้ว ใช้ 2.0 แรงม้าต่อความสูง 1 ฟุต แต่ในการคิดหากำลังเครื่องยนต์สำหรับขับเครื่องสูบจะต้องคิดกำลังเผื่อเหลือเผื่อขาด สำหรับความสูงที่อาจจะเปลี่ยนแปลงสูงเพิ่มขึ้น ในกรณีที่ต้องทำขุมสูบลึกลงกว่าที่กะไว้ หรือในกรณีที่ต้องต่อรางรับดินกรวดทรายไปสู่รางล้างแร่ออก

ไป เพราะหน้าเหมืองห่างออกไปเช่น จากระดับก้นบ่อขุมสูบถึงหัวรางที่จะสร้างรับปลายท่อส่ง วัดได้ 83 ฟุต (ระยะทางดิ่ง) คิดเผื่อให้อีก 15% เป็นความสูง 95.5 ฟุต แรงม้าที่ต้องการ เท่ากับ 95.5×1.2 หรือ 114. แรงม้าเพลา ดังนั้นควรเลือกซื้อเครื่องยนต์ที่มีแรงม้าใกล้เคียง ที่บริษัทผู้ผลิตทำขาย เช่น 120 หรือ 125 แรงม้าเพลา ราคาของเครื่องยนต์ดีเซลประมาณแรงม้าละ 1,000 บาท

นอกจากเครื่องสูบที่ใช้เครื่องดีเซลขับแล้ว ยังมีเครื่องสูบที่ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขับแทนเครื่องดีเซล และที่ใช้ต่อโดยตรงกับตัวสูบเป็นแบบสูบแบบตั้ง (Vertical pump แกนใบพัดเครื่องสูบและมอเตอร์ต่อกันในแนวดิ่ง) เครื่องสูบแบบตั้งใช้มอเตอร์นี้นำไปแขวนไว้ตรงบ่อสูบเลยที่เดียว โดยให้ตัวสูบจมอยู่ปริ่มน้ำ ปรากฏว่าใช้ได้ผลดีมาก และประหยัดเวลาในการไปถอดสับเปลี่ยนตัวสูบหรือเคลื่อนย้ายเครื่องสูบ

ความสึกหรอของชิ้นส่วนที่เป็นใบพัด (impeller) และ "กระเพาะหมู" liner ของสูบไม่แน่นอน ขึ้นอยู่กับลักษณะดินกรวดทรายที่สูบขึ้นมา ถ้ามีกรวดหินมาก ความสึกหรอมีมาก อาจจะต้องเปลี่ยนใบพัดและกระเพาะหมูในระยะ 3-7 วัน ถ้าเป็นดินปนทราย มีกรวดเพียงเล็กน้อย อาจจะทนได้ 20-30 วัน สำหรับท่อดูดและท่อส่ง ควรทำการหมุน $\frac{1}{4}$ รอบทุกระยะ 3—6 เดือน เพื่อให้ท่อสึกหรอไปโดยรอบ ซึ่งทำให้ใช้ท่อส่งได้นานขึ้น

เหมืองสูบมักจะเปิดการทำเหมืองตลอด 24 ชั่วโมงในหนึ่งวัน เครื่องสูบจะทำงานสูบดินกรวดทรายอยู่ตลอดเวลา เพราะในขุมเหมืองสูบมีน้ำใต้ดินไหลซึมเข้าอยู่เสมอ ถ้าเป็นฤดูฝนจะมีน้ำฝน และซึมมากขึ้น และเคยมีตัวอย่างที่น้ำจะท่วมถึงที่ตั้งเครื่องสูบภายใน 24 ชั่วโมง ขุมเหมืองที่มีน้ำมากในฤดูฝนเช่นนี้ จำเป็นจะต้องตั้งเครื่องสูบน้ำช่วยสูบน้ำในขุมออกด้วย มิฉะนั้นการทำเหมืองและสูบดินกรวดทรายจะทำไม่ได้

รายละเอียดในเรื่องสูบ และคิดคำนวณในเรื่องบริมาตรน้ำที่จะต้องสูบขึ้น โปรดพลิกไปดูเรื่องที่เกี่ยวกับอุปกรณ์การทำเหมืองแร่ดีบุกบางชนิด

รางกู้แร่ รางกู้แร่หรือรางล้างแร่ หรือที่เรียกตามภาษาจีนว่า "กาว" หรือ พาลอง (Palong) ตามภาษามลายู เป็นรางทำด้วยไม้กระดานหนาตั้งอยู่บนเสาหรือโครงไม้ การที่ต้องทำรางกู้แร่ให้ตั้งอยู่สูงกว่าระดับพื้นดินนี้ เป็นการดัดแปลงและแก้ปัญหาในเรื่องท้ายรางกู้แร่ถ่ายดินกรวดทรายออกไม่ได้หรือที่เรียกว่า "ท้ายตาย" ในเมื่อทำการกู้แร่บนพื้นดิน ท้ายรางของรางกู้แร่เหมืองสูบที่จะสร้างขึ้นจะต้องสูงจากระดับพื้นดินให้พอเหมาะสำหรับการปล่อยมูลดินทรายลงมาเก็บขังได้อย่างน้อย 2 ปี ถ้าหากท้ายรางไม่ปล่อยมูลดินทรายลงที่ลุ่มหรือขุมเหมืองเก่าผู้ทำเหมืองจะสร้างให้ท้ายรางสูงกว่าระดับพื้นที่จะเก็บขังมูลดินทรายประมาณ14—15ฟุต ขนาดความกว้าง และยาวของรางกู้แร่ขึ้นอยู่กับปริมาณของดินกรวดทรายที่สูบขึ้นมาหรือขนาดของสูบ รางกู้แร่ของเหมืองสูบขนาด 8 นิ้วที่ทำกันอยู่ในเวลานี้ มีขนาดกว้าง 8—10 ฟุต ยาว 160—240 ฟุต บางเหมืองทำเป็นรางกู้แร่ 2 รางติดกัน เรียกว่ารางคู่ จะมีความกว้างเป็น 2 เท่า คือ

16–20 ฟุต ความลาดของรางประมาณ3–5องศา ตอนหัวรางจะทำเป็นสามเหลี่ยมสำหรับรับน้ำและดิน กรวดทราย จากรางซึ่ง ต่อมาจากที่รับน้ำ และดินกรวดทรายจาก ปลายท่อส่งของเครื่องสูบน้ำ และดินกรวดทรายจากปลายท่อส่งผ่านตะแกรงเหล็กทำเอาไว้สำหรับคัดหินกรวดที่เป็นก้อนโตกว่า $\frac{1}{2}$ นิ้วออก ส่วนที่ลอดตะแกรงก็ลงรางไปสู่หัวรางกู้แร่ รางรับน้ำและดินกรวดทรายนี้มีขนาดกว้างประมาณ 3 ฟุต และลาดกว่ารางกู้แร่เล็กน้อย ประมาณ $\frac{1}{2}-1$ องศา สามเหลี่ยมตอนหัวรางกู้แร่ที่ลาดกว่ารางกู้แร่ ประมาณ $\frac{1}{4}-\frac{1}{2}$ องศา ตอนที่สามเหลี่ยมหัวรางต่อกับรางกู้แร่มีไม้กระดานกั้นสูงกว่าขอบของรางกู้แร่ และมีทางระบายน้ำลงรางน้ำซึ่งทำไว้ข้างรางกู้แร่ หรือตรงกลางรางกู้แร่ที่เป็นรางคู่ รางน้ำมีไว้สำหรับระบายน้ำที่ไม่ต้องการออกโดยที่ไม่ให้ผ่านรางกู้แร่ น้ำและดินกรวดทรายจะลงมาสะสมอยู่ในตอนสามเหลี่ยมหัวรางพอมีดินกรวดทรายสะสมอยู่เป็นปริมาณพอสมควร เปิดไม้กระดานประตูให้ไหลลงรางกู้แร่ และคนงานจะคอยเกลี่ยและดูแลให้น้ำพาดินกรวดทรายแผ่สม่ำเสมอไปตลอดความกว้างของราง ในเวลาที่น้ำและดินกรวดทรายไหลผ่านราง คนงานจะใช้กระบอกฉีดขนาดเล็กทำการฉีดลงไปในดินกรวดทรายที่อยู่บนรางกู้แร่ เพื่อให้ดินกรวดทรายหยุ่นตัวไม่ทับถมกันแน่น เม็ดแร่ดีบุกจะมีโอกาสแทรกตัวลงอยู่ข้างใต้ทราย รางกู้แร่มีไม้ขนาด 2 นิ้ว × 3 นิ้ว วางกั้นขวางรางเป็นตอน ๆ ห่างกันประมาณ 8 ฟุต ไม้ขวางกั้นนี้วางทับสูงเพิ่มขึ้นตามปริมาณดินทรายและแร่ในราง ช่วงที่กั้นด้วยไม้ (Riffle) เป็นตอน ๆ นี้ ช่วงที่อยู่ใกล้หัวรางจะมีแร่ดีบุกตกอยู่มาก และค่อยลดน้อยไปจนถึงตอนปลายรางกู้แร่ซึ่งมีแร่อยู่เพียงเล็กน้อย กล่าวกันว่ารางกู้แร่เหมืองสูบจะเก็บแร่ดีบุกไว้ได้ประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ แร่ดีบุกที่ไปกับมูลดินทรายคงมีเป็นจำนวนไม่น้อย

การกู้แร่ เมื่อประมาณว่ามีดินทรายและแร่บนรางกู้แร่พอสมควร ก็จัดการกู้เอาแร่เสียครั้งหนึ่ง ระยะเวลาที่จะทำการกู้อาจจะเป็น 3–7 วัน 15 วัน หรือ 20 วันครั้ง แล้วแต่แหล่งแร่ส่วนที่เปิดฉีดหน้าเหมืองสมบูรณ์เพียงใด ถ้ามีแร่มากอาจต้องทำการกู้ 3–4 วันครั้ง เมื่อจะทำการกู้แร่ ทางหน้าเหมืองจะต้องหยุดฉีดพังดิน ปล่อยให้เครื่องสูบสูบแต่น้ำขึ้นมาปล่อยล้างแร่บนรางกู้แร่ คนงานจะต้องมาช่วยกันใช้จอบหรือกระบอกฉีดขนาดเล็กฉีดคุ้ยให้ดินทรายออกไปเมื่อเห็นว่าเหลือดินทรายอยู่ไม่มากซึ่งในเวลานั้นอาจจะมีแร่ดีบุก (Cassiterite) อยู่ประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ ถึง 80 เปอร์เซ็นต์ บางแหล่งมีแร่ชนิดอิลเมไนท์มาก แร่ที่กู้ได้อาจมีแร่ดีบุกไม่ถึง 25 เปอร์เซ็นต์ เพราะแร่อิลเมไนท์หนักกว่าทรายและส่วนมากจะตกค้างอยู่บนรางกู้แร่ปนกับแร่ดีบุก

การล้างแร่สะอาด แร่ที่กู้จากรางกู้แร่ จะถูกนำมาล้างที่โรงล้างแร่เพื่อให้ได้เป็นแร่ดีบุกสะอาดส่งไปจำหน่ายได้ ในโรงล้างแร่จะมีเครื่องมือในล้างและแยกแร่ คือ **วิลลัพบี้** (Willoughby) เป็นถังไม้สี่เหลี่ยมปล่อยให้น้ำดันพุ่งผ่านรูตะแกรงที่ปิดไว้ตอนล่างและล้น

ออกไปทางปากถัง แร่ที่ตักใส่ลงปากถังจะถูกแรงน้ำดันให้ส่วนที่เบาคือแร่และทรายละเอียดออกไปทางปากถังที่น้ำไหลออก ส่วนที่หนักซึ่งเป็นแร่ดีบุกเม็ดหนาจะตกอยู่บนตะแกรงซึ่งมีรูสำหรับไขเอาแร่ส่วนนี้ออก **แลงชูท** (Lanchute) มีรูปร่างเป็นรางไม้ยาวประมาณ 12 ฟุต หัวรางกว้าง 4 ฟุต แล้วสอบมาทางปลายราง ตอนหัวรางมีที่ขังน้ำใสมีแผ่นกระดานปิดกั้นให้น้ำไหลลงมาในรางได้มากน้อยตามต้องการ ความลาดของรางประมาณ 4 องศา ตอนปลายรางอาจใช้ไม้ปิดกั้นได้เพื่อขังน้ำเวลาล้างแร่ แร่จากวิลลัพบี้ นำมาล้างในแลงชูท โดยตักใส่ลงในรางครั้งละประมาณ $\frac{1}{8}$ ลูกบาศก์หลา ใช้จอบคุ้ยขวางกระแสน้ำและทวนน้ำ ส่วนที่เป็นทรายหรือหางแร่จะไปอยู่ทางปลายรางซึ่งจะต้องเก็บเอาไว้ล้างต่อไปอีก แร่ดีบุกที่เม็ดค่อนข้างละเอียดและมีแร่อื่นที่เบากว่าแร่ดีบุกเพียงเล็กน้อยปนอยู่ด้วย อาจจะต้องล้างประณีตกว่าที่กล่าวมา เขาจะล้างโดยจัดให้น้ำไหลล้นไม้กระดานปิดประตูน้ำให้พอเหมาะแล้วกอบหรือกำเอาแร่มาค่อย ๆ โปรยตรงน้ำไหลข้ามประตูน้ำ ส่วนที่เป็นแร่ดีบุกจะตกอยู่ใกล้กับประตูน้ำ ส่วนที่เบากว่าก็จะตกอยู่ห่างออกไป การล้างด้วยแลงชูทจะต้องใช้น้ำประมาณ 10 เท่าของบริมาตรของแร่ที่ล้าง **ไล้(Sieve)** ไล้มีรูปร่างเป็นตะแกรงมีขอบสูงและกลมเหมือนตะแกรงร่อนแป้งในการล้างแร่บางครั้งการล้างโดยแลงชูทยังไม่สะอาดพอ ต้องเอามาล้างด้วยไล้อีกครั้งซึ่งเรียกว่า "ไล้แร่" การล้างด้วยไล้จะล้างได้สะอาดมาก ถ้าผู้ล้างมีความชำนาญ เวลาล้างใส่แร่ลงในไล้และเอาลงขยับในน้ำให้น้ำดันข้างใต้ตะแกรงและหมุนวนในไล้ **เตายางแร่** รูปร่างเป็นเตาเหล็กรูปกรวยคว่ำมีปล่องตรงกลาง ใช้เหล็กตะแกรงห่างๆกั้นรอบนอกกรวยเป็นที่ใส่แร่ แร่ที่ถูกย่างแห้งแล้วจะร่วงลงมาทางรูตะแกรง **แม่เหล็กแยกแร่** เป็นแม่เหล็กไฟฟ้าสำหรับแยกเอาแร่เหล็กและแร่อื่นที่มีแร่เหล็กอย่างแรงดูดติดออก เช่น แรโมนาไซท์ โคลัมไบท์ แทนตาไลท์ แม่เหล็กแยกแร่มีหลายแบบ เช่นแบบใช้จานแก้ว แบบใช้สายพาน แร่สะอาดที่ผ่านการแยกด้วยแม่เหล็กแล้ว ตามปกติก็เป็นแร่ที่ส่งจำหน่ายได้ แร่จากแหล่งลานแร่ของประเทศไทยที่ส่งออกจำหน่ายต่างประเทศปรากฏว่ามีเปอร์เซ็นต์โลหะดีบุกระหว่าง 72—74

การลงทุน การลงทุนทำเหมืองสูบขนาด 8 นิ้ว ในแหล่งที่มีคมนาคมสะดวก จะใช้เงินประมาณ 1 ล้านบาท ทั้งนี้ไม่รวมค่าซื้อที่ดินแหล่งแร่ รายจ่ายส่วนสำคัญได้แก่ค่าสร้างรางกู้แร่รวมทั้งค่าไม้ประมาณหนึ่งแสนบาทต่อหนึ่งราง ค่าเครื่องสูบ และค่าเครื่องยนต์ ค่าแม่เหล็กแยกแร่ ค่าใช้จ่ายในการทำเหมืองสูบจะตกประมาณ 5—10 บาทต่อดินหนึ่งลูกบาศก์หลา

การใช้เครื่องแยกแร่แทนรางกู้แร่ มีเหมืองสูบหลายเหมืองที่ได้ดัดแปลงวิธีการทำเหมืองสูบในส่วนที่เกี่ยวกับรางกู้แร่ โดยใช้ไฮโดรไซโคลนกับจิ๊กแทนปรากฏว่าได้ผลดี ต่อไปเมื่อมีคนเข้าใจในการใช้จิ๊กและไฮโดรไซโคลนมากขึ้น การใช้รางกู้แร่เหมืองสูบก็คงจะหมดไป

การเก็บขังมูลดินทราย การทำเหมืองสูบมีมูลดินทรายจากการทำเหมืองมาก จำเป็นจะต้องสร้างที่เก็บขัง ถ้าหากไม่ใช้ขุมเหมืองเก่าเป็นที่เก็บขังก็จำเป็นจะต้องสร้างทำนบกั้นรอบบริเวณที่ราบที่จะใช้เป็นที่เก็บขังมูลดินทราย มูลดินทรายส่วนใหญ่จะกองสูงตอนท้ายราง กู้แร่แล้วค่อยลาดลงไปสู่บริเวณที่เก็บขังน้ำขุ่นข้น น้ำที่ไหลออกจากที่เก็บขังมูลดินทรายจะต้องเป็นน้ำใสพอสมควรไม่มีตะกอนเกิน 800 เกรนต่อน้ำ 1 ควอต ทั้งนี้เป็นการป้องกันไม่ให้มูลดินทรายไหลลงทางน้ำซึ่งจะทำให้ทางน้ำตื้นเขิน และขุ่นข้นจนเป็นที่เดือดร้อนแก่ผู้ใช้น้ำ

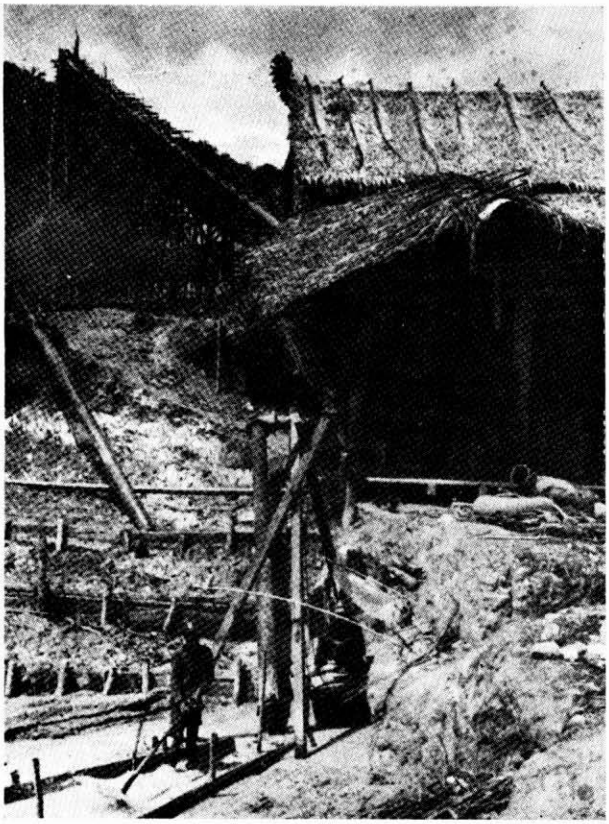
เหมืองฉีด

การทำเหมืองฉีดนี้ลักษณะการทำเหมืองเหมือนกับการทำเหมืองสูบ เว้นแต่ใช้เครื่องดูดกรวดทราย ซึ่งเรียกตามภาษาอังกฤษว่า ไฮดรอลิก อิลิเวเตอร์ (Hydraulic elevator) แทนเครื่องสูบกรวดทราย (Gravel pump) ของวิธีเหมืองสูบ เหมืองฉีดต้องการน้ำที่มีปริมาณมากและมีกำลังแรงดันหรือความสูงของน้ำ (Water head) สูง ความสูงของน้ำนี้เป็นสิ่งที่บังคับระยะความสูงที่เครื่องดูดกรวดทรายจะสามารถดูดเอากรวดทรายและแร่ส่งไปตามท่อส่งไปลงรางกู้แร่ได้ ระยะความสูงที่เครื่องดูดกรวดทรายสามารถจะดูดและส่งขึ้นตามท่อได้ไม่เกินหนึ่งในห้าของความสูงของน้ำ เช่นจากระดับท่อรับน้ำมาถึงหัวฉีดของเครื่องดูดกรวดทราย 200 ฟุต ระยะที่เครื่องดูดกรวดทรายจะส่งกรวดทรายและแร่ขึ้นไปได้ไม่เกิน 40 ฟุต

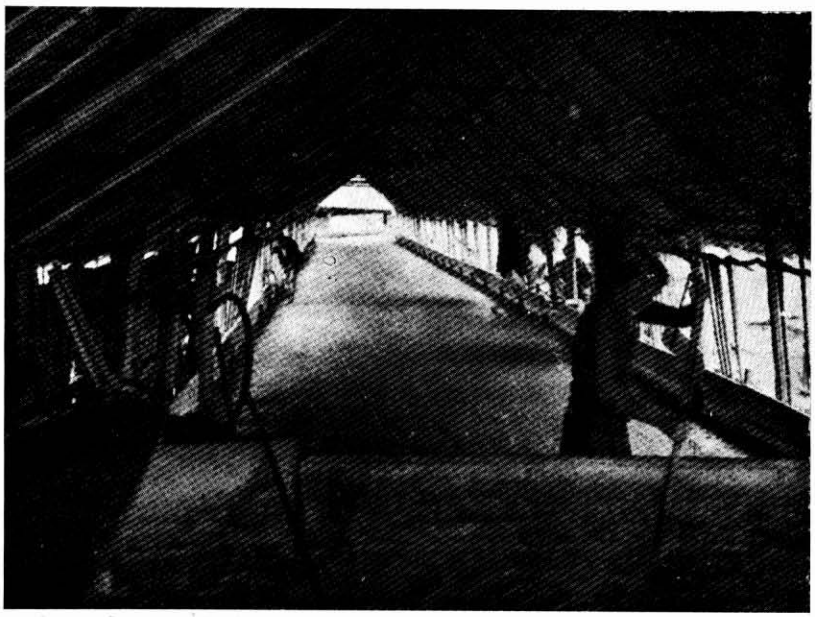
เครื่องดูดกรวดทราย มีลักษณะรูปร่างเป็นท่อสามทาง ปลายข้างหนึ่งเป็นท่อดูด อีกปลายหนึ่งสำหรับต่อกับท่อน้ำกำลังดันสูง ปล่อยท่อที่เหลือเป็นท่อส่ง ภายในท่อที่รับน้ำมีหัวฉีดซึ่งจะรีดน้ำฉีดพุ่งขึ้นไปด้วยความแรงผ่านช่องแคบในส่วนที่เป็นท่อส่ง ช่องแคบนี้เรียกว่า "คอหอย" ท่อดูดจะดูดน้ำและกรวดทรายจากมุมเข้ามาตรงหัวฉีด แรงน้ำพุ่งจากหัวฉีดดังกล่าว แล้วจะดันกรวดทรายผ่านคอหอยไปออกยังปลายท่อส่งลงสู่รางกู้แร่ ขนาดของหินกรวดที่จะดูดส่งขึ้นไปได้จะมีขนาดโตไม่เกินช่องคอหอย ดังนั้นจะต้องจดคนคอยระวังเก็บหินขึ้น หรือทำตะแกรงกั้นดินกรวดทรายก่อนที่จะลงขุมสำหรับดูดเข้าเครื่องดูดกรวดทราย

โดยที่เครื่องดูดนี้จะใช้น้ำในการส่งดินกรวดทรายขึ้นสู่รางกู้แร่ ทำให้อัตราส่วนของกรวดทรายและแร่ต่อบริมาตรน้ำต่ำมาก ประมาณว่าจะมีดินกรวดทรายและแร่ปนอยู่ประมาณ 1.5—2.5 ส่วนใน 100 คือในจำนวนน้ำปนดินกรวดทรายและแร่ที่ไหลออกจากท่อส่งหนัก 100 ปอนด์ จะเป็นดินกรวดทรายและแร่ 1.5—2.5 ปอนด์ หรือคิดเป็นบริมาตรจะได้ดินกรวดทรายประมาณ 0.6—1 ลูกบาศก์หลา ต่อบริมาตรน้ำ 100 ลูกบาศก์หลา

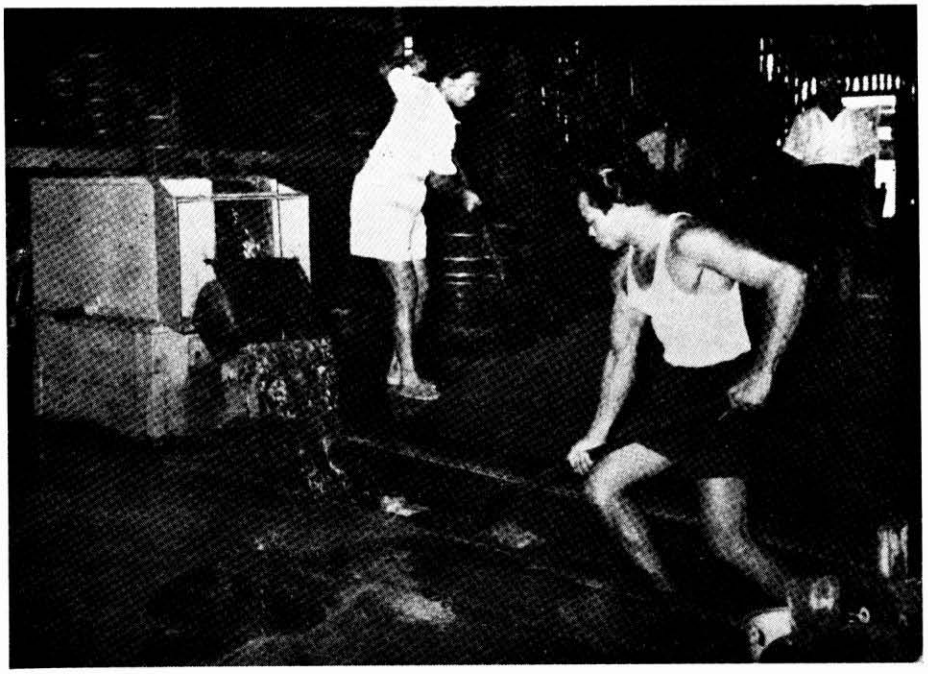
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานเหมืองฉีดสิ้นเปลืองน้อยมาก เมื่อเทียบเท่ากับค่าใช้จ่ายของเหมืองสูบ เพราะไม่ต้องเสียค่าเชื้อเพลิง แต่ในการลงทุน เหมืองฉีดมักจะต้องลงทุนสูงกว่า เพราะต้องใช้ท่อน้ำมาก เว้นเสียแต่ระยะทางที่ต้องต่อท่อรับน้ำไม่ไกล การทำที่เก็บน้ำ การต่อท่อเป็นระยะทางนับเป็นกิโลเมตร ผู้ทำเหมืองอาจจะต้องลงทุน 3—5 เท่าของเหมืองสูบ



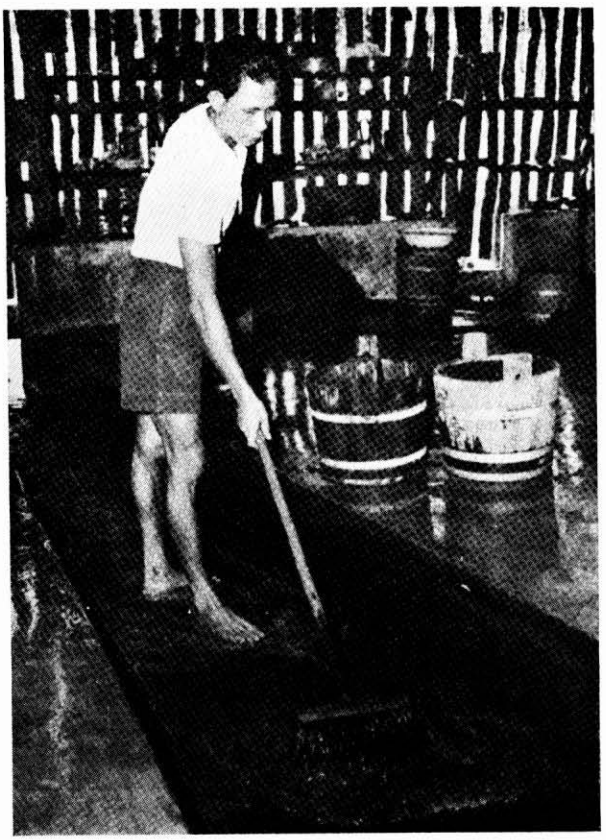
รูปที่ 22 แนวท่อส่งของเครื่องสูบกรวด ทราย ที่ขึ้นไปสู่รางล้างแร่ คนงานกำลังคุ้ยดิน กรวด ทรายให้ไหลไปสู่ขุมสูบ



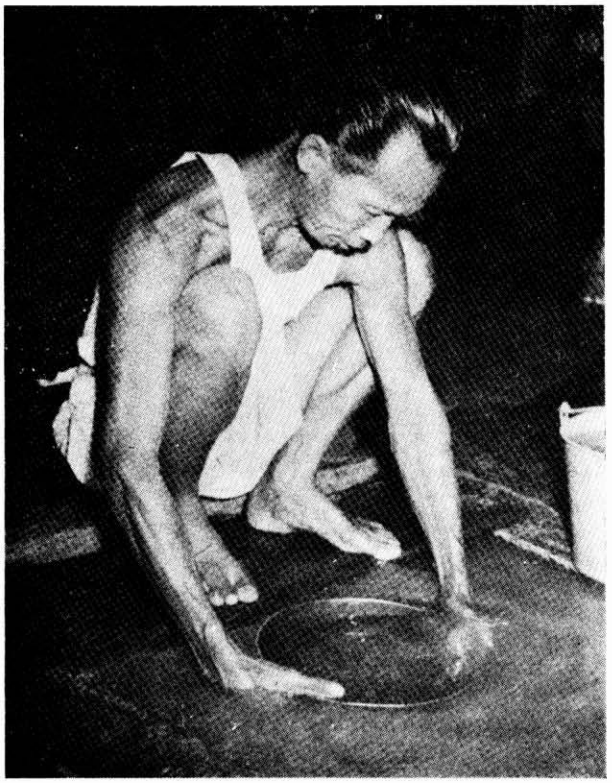
รูปที่ 23 พาลอง หรือรางล้างแร่ของเหมืองสูบ



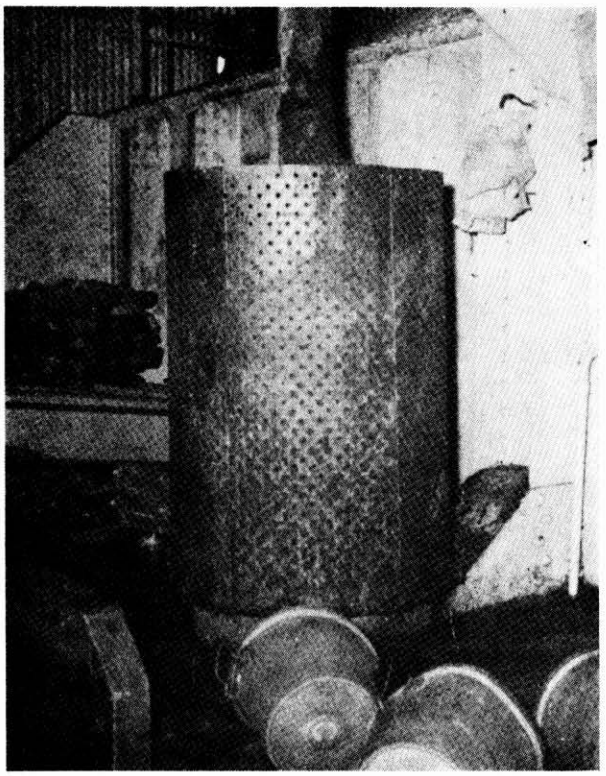
รูปที่ 24 วิลลัพบี้ (Willoughby) ใช้สำหรับแยกขนาดแร่หยาบและแร่ละเอียดภายในโรงล้างแร่



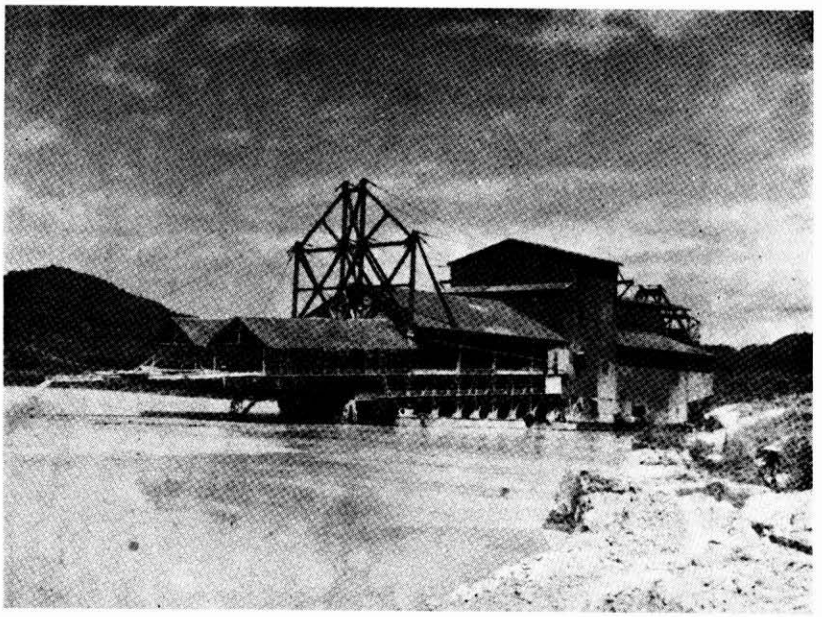
รูปที่ 25 การล้างแร่ด้วยแลงชูท (Lanchute) ในโรงล้างแร่



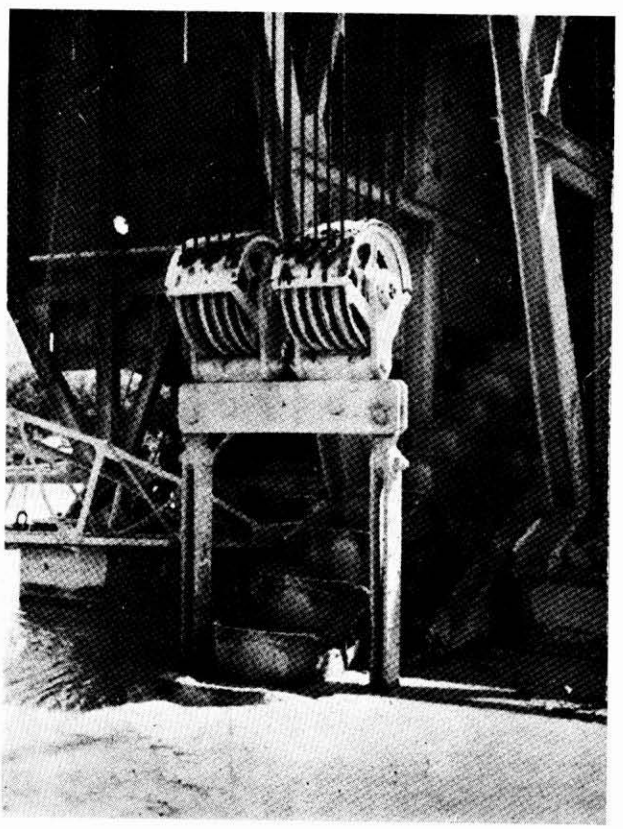
รูปที่ 26 การไล้แร่



รูปที่ 27 เตาย่างแร่ให้แห้ง



รูปที่ 28 ส่วนท้ายเรือขุดที่ใช้พาลอง หรือรางล้างแร่ในการล้างแร่ขั้นต้น



รูปที่ 29 ลูกกระเชอของเรือขุดกำลังขุดดิน กรวด ทราย และแร่ขึ้นมา

การต่อท่อ เหมืองอยู่ในที่ห่างไกล คมนาคมไม่สะดวก ผู้ทำเหมืองมักจะซื้อแผ่นเหล็กกล้าไปโค้งย้ำรีเว็ด หรือเชื่อมทำเป็นท่อ ซึ่งต้องเสียค่าใช้จ่ายสูงกว่าการซื้อท่อสำเร็จรูป แต่การขนส่งท่อสำเร็จรูปทำได้ยากในที่คมนาคมไม่สะดวก และเมื่อคิดค่าขนส่งในการเอาท่อเข้าไปยังที่จะต่อรับน้ำด้วยแล้ว ท่อจะมีราคาแพงยิ่งกว่าทำท่อจากแผ่นเหล็กกล้า การต่อท่อนิยมต่อกัน 2 อย่างคือ ท่อที่มีบ่า (flange) ต่อกันโดยใช้สกรูและน็อตขันให้แน่น และต้องมีแผ่นปะเก็นระหว่างท่อด้วย ส่วนท่อไม่มีบ่า มักใช้วิธีสวมเข้ากัน โดยเผาปลายข้างหนึ่งของท่อที่จะต่อให้ขยายตัวออกโดยใช้เตาฟู่ แล้วเอาไม้ตอกสวมเข้ากับปลายของท่อที่จะต่อน้ำมันดินที่ใช้ทาท่อจะช่วยให้ท่อต่อกันสนิทไม่รั่ว ถ้ายังรั่ว อาจใช้ลิ่มไม้ตอกอัดรูหรือทำสายรัดเหล็กรัดให้แน่น แนวทางที่จะวางท่อตั้งแต่สระรับน้ำลงไปถึงเหมือง พยายามเลือกเส้นทางที่ตรงที่สุดที่จะเลือกได้ การวางท่อโค้งขึ้นในแนวตั้ง เช่น ต่อท่อลงมาแล้วโค้งขึ้นข้ามเนินเขา ควรพยายามหลีกเลี่ยง เพราะมักจะเกิดช่วงอากาศ (air pocket) ขึ้นในท่อ แนวที่ท่อโค้งในทางราบจะช่วยในเรื่องการยืดหดของท่อ ท่อนี้ต่อเป็นระยะยาว ๆ จะมีการยืดหดมากเมื่ออุณหภูมิแตกต่าง แต่ถ้าพยายามให้มีน้ำเต็มท่ออยู่เสมอการยืดหดจะไม่เกิดขึ้น ตรงที่ท่อโค้ง หรือหักเลี้ยวเป็นข้อศอกจะต้องทำที่ยึดท่อให้แข็งแรง เช่นก่อคอนกรีตรองรับและยึดไว้ด้วยลวดหรือสายรัดเหล็ก ท่อถ้าวางบนพื้นดินก็ต้องพยายามปรับพื้นที่วางท่อให้เรียบและรับน้ำหนักท่อโดยตลอด ไม่ควรให้มีหลุมบ่อรับน้ำหนักท่อเป็นบางจุด ถ้ามีช่วงต้องข้ามหุบเขา หรือทางน้ำ จะต้องทำสะพานรับท่อ ตรงปากท่อรับน้ำจะต้องมีตะแกรงกั้นให้ห่างพอสมควรสำหรับกั้นกรวดหินหรือเศษไม้เข้าไปในท่อ ขนาดของท่อที่รับน้ำจะใหญ่ที่สุด แล้วขนาดค่อย ๆ ลดลงไปจนถึงขนาดที่ต้องการใช้ในเหมือง เช่นเริ่มต้นด้วยขนาดท่อเส้นผ่าศูนย์กลาง 24 นิ้ว ไปถึงเหมืองเป็นขนาด 10 นิ้ว หรือ 8 นิ้ว วาว (Valve) สำหรับปิดเปิดน้ำจะต้องมีที่ท่อตอนรับน้ำ 1 อัน กับตามท่อแยกเอาน้ำไปใช้ในเหมือง เมื่อเริ่มเปิดวาวให้น้ำเข้าท่อต้องเปิดช้า ๆ และหยุดรอเป็นครั้งคราวเพื่อให้น้ำค่อย ๆ เต็มท่อเป็นการป้องกันมิให้มีลมเข้าไปอยู่ในท่อ แต่ในท่อมักมีอากาศอยู่เสมอ จึงจำเป็นต้องจัดทำช่องระบายลมไว้ที่ท่อเป็นระยะ ๆ ห่างกันประมาณ 100—200 ฟุต และตรงที่เป็นยอดของท่อโค้ง เพื่อป้องกันอากาศติดอยู่ในท่อ และป้องกันบางตอนเกิดมีสูญญากาศซึ่งจะทำให้ท่อเสียหายได้ ช่องระบายลมมีขนาดประมาณกว้าง 1 นิ้ว ยาว 2—3 นิ้ว มีลิ้นซึ่งเป็นเหล็กกับแผ่นหนังคอยปิดเปิดช่อง กล่าวคือเมื่อน้ำไหลไม่เต็มท่อลิ้นจะเปิด เมื่อมีน้ำเต็มท่อ น้ำจะดันลิ้นปิดช่องระบายลม

เหมืองเรือขุด

การทำเหมืองเรือขุด เป็นการทำเหมืองที่ต้องลงทุนสูงมากสำหรับเหมืองที่เปิดทำในแหล่งลานแร่ เฉพาะเรือขุดหนึ่งลำขนาดที่ขุดดินกรวดทรายได้ 150,000 ลูกบาศก์หลาต่อเดือนขุดได้ลึก 60 ฟุต จะมีราคาร่วม 30 ล้านบาท ดังนั้นก่อนที่จะลงมือเตรียมการเพื่อเปิด

ทำเหมืองเรือขุด จำเป็นจะต้องมีแหล่งแร่ดีบุกในลานแร่ใหญ่พอสมควรพอที่จะเปิดทำเหมืองขุดแร่ด้วยเรือขุดได้ 25 ปีเป็นอย่างน้อย แต่อาจจะลงทุนได้ต่ำกว่า ถ้าหากซื้อเรือขุดที่ใช้แล้ว

โดยที่เรือขุดสามารถขุดดินกรวดทรายได้ปริมาณสูง แหล่งแร่ดีบุกที่มีความสมบูรณ์ค่อนข้างต่ำ เช่นมีแร่ดีบุกประมาณ 0.25 ชั่ง ต่อดินกรวดทรายหนึ่งลูกบาศก์หลา ก็สามารถจะเปิดดำเนินการมีกำไรได้ แต่ทั้งนี้ต้องอาศัยราคาแร่ดีบุกที่ไม่ตกต่ำไปกว่าราคาในปัจจุบัน (หาบจีนละ 1,800 บาท) ค่าใช้จ่ายในการทำเหมืองเรือขุดคิดเฉลี่ยแล้ว ประมาณ 2—5 บาทต่อดินกรวดทรายที่ขุดหนึ่งลูกบาศก์หลา

เรือขุดโดยมากจะต้องมาสร้างหรือประกอบขึ้น ณ ที่จะเปิดทำเหมือง เว้นแต่แหล่งลานแร่ที่อยู่ติดทะเล อาจจะสั่งซื้อเป็นเรือขุดที่ต่อสำเร็จเรียบร้อยแล้ว และใช้เรือลากจูงมาทำการขุดได้เลย ลักษณะเรือขุดเป็นโรงงานมากกว่าเรือ แต่เป็นโรงงานที่ลอยอยู่ในน้ำในอู่ที่ขุดขึ้น ส่วนสำคัญของเรือขุดได้แก่เครื่องขุดแร่อันได้แก่บันได (ladder) ซึ่งมีพวงลูกกระเชอเคลื่อนที่วางอยู่ ตะแกรงหมุน (Trommel) สำหรับคัดขนาดดินกรวดทราย เครื่องล้างแร่ได้แก่ จิ๊ก (Jigs) หรือรางกู้แร่ (Palongs) และรางปล่อยมูลดินทรายทิ้ง เรือตามที่กล่าวมานี้เป็นเรือขุดชนิดที่เรียกกันว่า เรือขุดใช้ลูกกระเชอ (Bucket Dredge) ซึ่งนิยมใช้ขุดแร่ดีบุกในลานแร่ เรือขุดชนิดอื่น เช่น เรือขุดใช้ท่อดูด (Suction Cutter Dredge) เรือขุดใช้ก้ามปู (Grab Dredge) เรือขุดใช้ดิปเปอร์ (Dipper Dredge) ก็เคยนำมาใช้ขุดแร่ดีบุกแต่ได้ผลไม่สู้ดีเท่าเรือขุดใช้ลูกกระเชอ

วิธีการทำงานของเรือขุดใช้ลูกกระเชอไม่ยุ่งยากหรือซับซ้อน บันไดพวงลูกกระเชอทางหัวเรือขยับขึ้นลงได้ เพื่อให้ลูกกระเชอขุดดินกรวดทรายในสระหรืออู่เรือขุดได้ตามระดับที่ต้องการ ดินกรวดทรายที่ลูกกระเชอขุดขึ้นมาแต่ละลูกจะถูกเทลงที่รับทางปลายด้านบนของบันได ซึ่งเป็นที่ลูกกระเชอพลิกคว่ำเคลื่อนที่ไปใต้บันไดแบบสายพานไม่รู้จักจบ ดินกรวดทรายจากที่รองรับ (chute) ไหลเข้าไปยังตะแกรงหมุน ซึ่งหมุนรอบช้า และมีน้ำฉีดภายในให้ดินทรายที่จับเป็นก้อนแตกออกจากกัน รูตะแกรงขนาดไม่เกิน ½ นิ้ว ส่วนที่ลอดรูตะแกรงหมุนจะลงไปสู่จิ๊ก (jigs) ชุดแรก ซึ่งมีอยู่หลายสิบตัวทำการแยกเอาแร่ดีบุกออกจากน้ำและดินกรวดทรายที่ผ่านมาจากตะแกรงหมุน ส่วนที่ผ่านจิ๊กชุดที่จะไหลไปลงรางมูลดินทรายไปทิ้งทางท้ายเรือเช่นเดียวกับดินหินที่ไม่ลอดตะแกรงหมุน แร่และทรายที่จิ๊กชุดแรกแยกเอาไว้นี้จะถูกส่งไปแยกที่จิ๊กชุดที่ 2 และผลของจิ๊กชุดที่ 2 จะถูกแยกเป็นครั้งสุดท้ายด้วยจิ๊กอีกชุดหนึ่ง ได้เป็นแร่สะอาดของเรือขุด ซึ่งจะมีแร่ดีบุกอยู่ประมาณ 25 เปอร์เซ็นต์ ถึง 80 เปอร์เซ็นต์ ส่งไปล้างยังโรงล้างแร่ต่อไป

การเคลื่อนไหวของเรือขุดอาศัยสายลวดสลิงซึ่งมีอยู่ห้าสาย เป็นสายหัวสำหรับดึงให้เรือเดินหน้าหนึ่งสาย เป็นสายข้างขวาและซ้ายข้างละสองสาย สำหรับเคลื่อนลำเรือขุดไปทางขวาและซ้าย

การล้างแร่ภายในโรงล้างแร่ของเหมืองเรือขุด เป็นไปอย่างเดียวกับการล้างแร่ในโรงล้างแร่ของเหมืองสูบ

แหล่งแร่ดีบุกในทะเลบริเวณอ่าวหรือชายฝั่งที่น้ำไม่ลึก เรือขุดใช้ลูกกระเชอทำการขุดได้ผลดี ที่จังหวัดภูเก็ตมีเรือขุดใช้กระเชอ และเรือขุดใช้ก้ามปูทำการขุดอยู่ในทะเล 2 ลำ ในระดับน้ำลึกประมาณ 80—100 ฟุต ปรากฏว่าทำการขุดแร่ดีบุกได้ดีทั้งสองลำ สำหรับเรือขุดก้ามปูลำนี้ได้สร้างขึ้นเป็นแบบใหม่ ไม่เหมือนเรือขุดทั่ว ๆ ไป รูปร่างเป็นเรือเดินทะเล เพราะเอาเรือบันทุกน้ำมันมาดัดแปลง ตอนหัวเรือมีก้ามปูขนาด 4 ลูกบาศก์หลา 2 ตัว สำหรับปล่อยลงไปงับเอาดินท้องทะเลขึ้นมา ส่วนเครื่องมือแยกแร่และการทำงานภายในเรือเป็นไปเช่นเดียวกับเรือขุดใช้ลูกกระเชอ เรือขุดใช้ก้ามปูชนิดนี้ใช้ทำการขุดแร่ในระดับน้ำลึกมากได้ และเข้าใจว่าในระดับน้ำลึกที่เรือขุดใช้ลูกกระเชอไม่สามารถขุดได้ เรือขุดลำนี้คงยังขุดได้ดี

เหมืองเจาะงัน

แหล่งแร่ที่เป็นเส้น เป็นทาง เป็นกลุ่มก้อนในหินแข็ง การทำเหมืองขุดเอาแร่จะต้องทำการเจาะสกัด และระเบิดให้แตกหลุดออกมาจากที่อยู่ในหิน แหล่งแร่ดีบุกที่เป็นเส้น เป็นทาง หรือเป็นกลุ่มก้อนอยู่ในหินแข็ง ถือเป็นแหล่งแร่ดั้งเดิม โดยกาลเวลาและการผุพังตามธรรมชาติของหินที่มีแร่ดีบุกเช่นนี้ แร่ดีบุกจะหลุดออกและน้ำจะช่วยให้ไหลไปสู่ที่ต่ำ และสะสมอยู่ในที่ราบเป็นแหล่งแร่ดีบุกในลานแร่ ที่พลัดกลิ้งมาไม่ไกลจากแหล่งแร่เดิม ก็เป็นแหล่งแร่เปลือกดิน การทำเหมืองในแหล่งลานแร่และแหล่งแร่เปลือกดินที่ได้กล่าวมาแล้วแต่ต้น เป็นวิธีการทำเหมืองแร่ดีบุกที่ผลิตแร่ได้มากที่สุด แหล่งแร่ที่เป็นเส้นเป็นทางหรือกลุ่มก้อนในหินแข็ง มีการทำเหมืองน้อยมาก เพราะไม่ค่อยจะมีแหล่งแร่ดังกล่าวที่สมบูรณ์พอ และการขุดแร่ทำได้โดยลำบาก ไม่ค่อยจะคุ้มกับการลงทุนลงแรงขุด นอกเสียจากจะมีแร่ดีบุกสมบูรณ์ และมีปริมาณแร่สำรองมากพอ แหล่งแร่เล็ก ๆ ที่สมบูรณ์มากเป็นพิเศษก็อาจจะเปิดทำได้โดยวิธีที่ชาวพื้นเมืองในจังหวัดบางจังหวัดเรียกว่าวิธีเหมืองเจาะงัน "งัน" มีความหมายถึงสายหินที่มีแร่สมบูรณ์

การทำเหมืองเจาะงัน เป็นการทำเหมืองใต้ดินแบบพื้นเมือง ซึ่งไม่จำเป็นต้องอาศัยเครื่องจักรเครื่องยนต์ใช้เลย และไม่มีการตรวจสอบสำรวจความสมบูรณ์และปริมาณของแหล่งแร่ เมื่อพบเส้นสาย หรือทางแร่ที่โผล่ให้เห็นบนพื้นดินว่ามีความสมบูรณ์สูง ก็ทำการเจาะสะกัดและใช้ดินปืนอัดจุดระเบิดให้ส่วนที่มีแร่สมบูรณ์แตกออก เลือกเก็บเอาแต่ก้อนที่มี

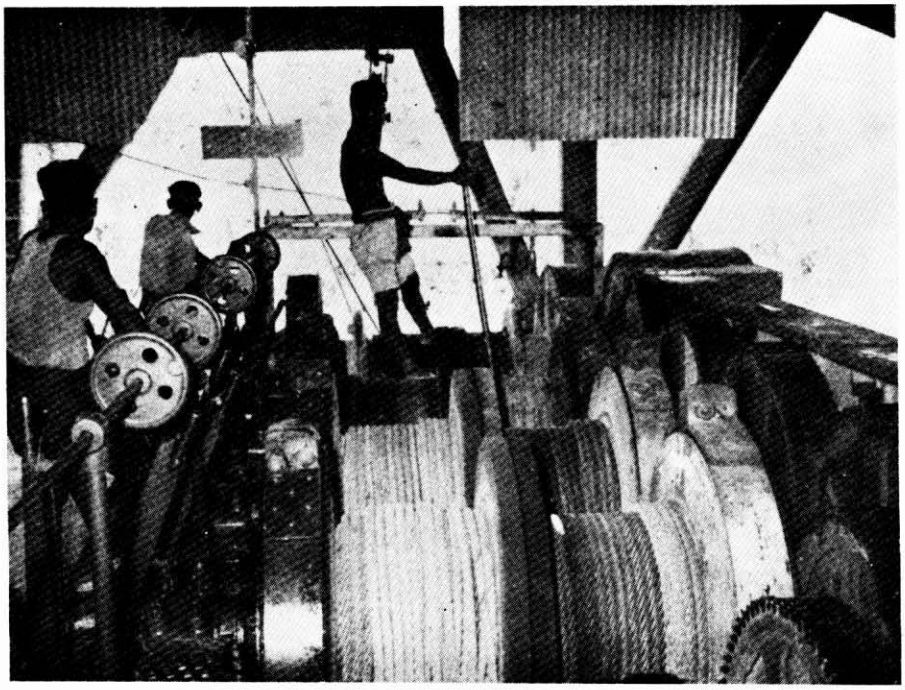
แร่ดีบุก ก้อนที่ยังมีหินติดอยู่ เก็บไปตำด้วยครกกระเดื่องหรือใช้ค้อนทุบให้แตกย่อยลงอีก การเจาะระเบิดเอาแร่ตามสายงันไปนั้น จะเกิดเป็นอุโมงค์เล็กแคบ ๆ หรือหลุม หรือปล่องลึกเข้าไปใต้พื้นดินหรือหินเท่าที่ยังจะมีลมเข้าไปถึง ดังนั้นการทำเหมืองเจาะงัน จะทำลึกเข้าไปใต้ดินไม่มากนัก เพราะจะไม่มีอากาศหายใจ การตามไฟเพื่อแสงสว่าง ใช้เทียนไขหรือตะเกียงแก๊ซคาไบด์ การทำงานใช้คนงานน้อย คนงานเพียง 2 คน ก็ทำเหมืองเจาะงันได้ การขนแร่ขนหินใช้แบกขนทางอุโมงค์ และกว้านขึ้นทางปล่อง การทำเหมืองเจาะงันเป็นวิธีทำเหมืองที่ไม่จำเป็นต้องใช้น้ำเลย เว้นแต่ประสงค์จะทำการล้างเศษแร่หินที่แตกปนในเวลาตำด้วยครกกระเดื่อง

การทำเหมืองเจาะงัน เป็นการทำเหมืองที่เสี่ยงต่ออันตราย และไม่ค่อยจะแน่นอน เมื่อเส้นแร่ขาดหายหรือลงลึกเกินไป ผู้ทำเหมืองก็อาจจะต้องหยุดการทำเหมือง หรือจะต้องเสียเวลาเจาะระเบิดตาม หรือค้นหาส่วนที่มีแร่สมบูรณ์ ผู้ทำเหมืองจึงมักจะนิยมเหมางานให้คนงานทำ หรือรับซื้อแร่ที่คนงานขุดมาได้

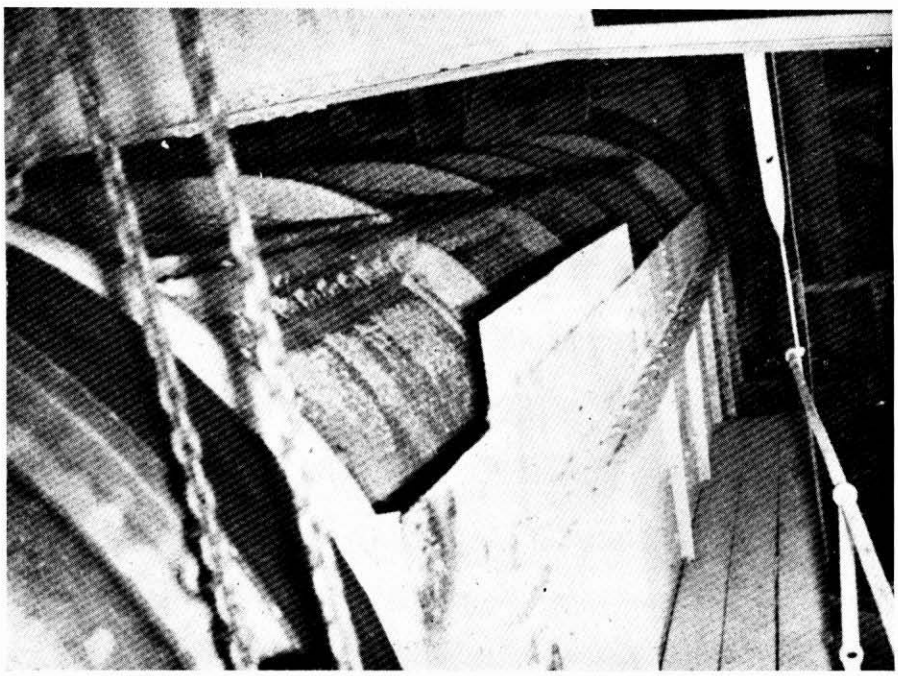
เหมืองอุโมงค์

เหมืองอุโมงค์ เป็นวิธีการทำเหมืองใต้ดินขนาดใหญ่ ต้องใช้เครื่องมือเครื่องจักรในการทำเหมืองหลายชนิด ต้องมีโรงบดและแยกแร่ การลงทุนทำเหมืองอุโมงค์จนถึงขั้นดำเนินงานได้เต็มที่ ต้องใช้เงินเป็นจำนวนหลายสิบล้านบาท แหล่งแร่ที่จะเปิดเป็นเหมืองอุโมงค์จะต้องทำการสำรวจและตรวจสอบอย่างละเอียดถี่ถ้วนถึงชนิดแร่ต่าง ๆ ที่มีอยู่ปนกับแร่ดีบุก ชนิดหินปริมาณของแร่สำรอง ความสมบูรณ์ของแร่ และรูปร่างลักษณะของแหล่งสินแร่ (ore bodies) เมื่อทราบสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้มาแล้ว จึงพิจารณาวางโครงการเจาะปล่องอุโมงค์ และวิธีที่จะระเบิดเอาแร่ ทดลองวิธีบดและแยกแร่เพื่อออกแบบสร้างโรงบดและแยกแร่ ดังนั้นจะเห็นว่าการทำเหมืองอุโมงค์เสียเวลาในการเตรียมการมาก อาจจะเป็นเวลา 2—3 ปี จึงจะทำการขุดและผลิตแร่ได้เต็มที่

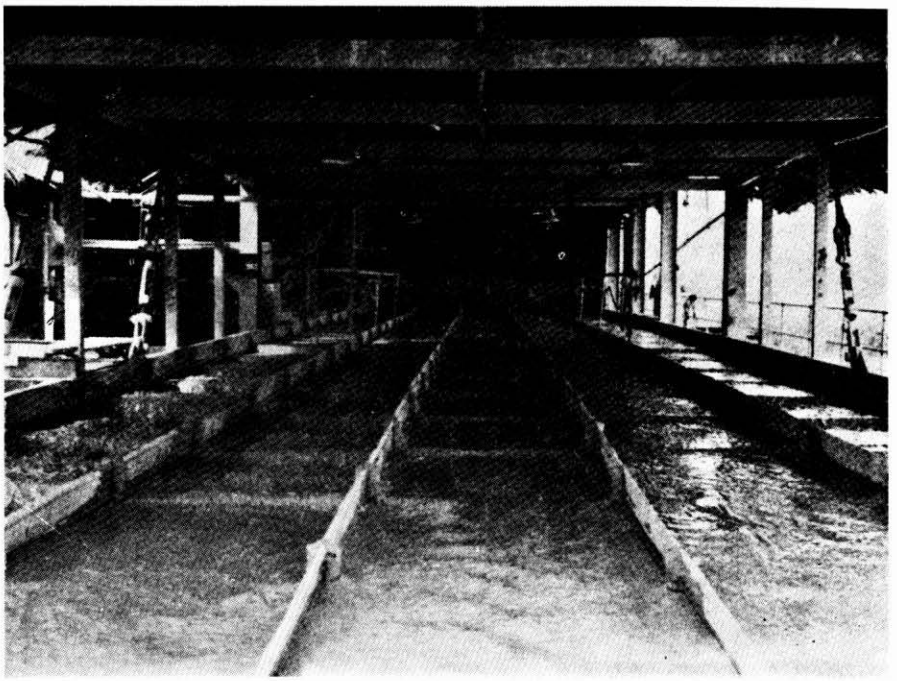
แหล่งแร่ที่อยู่ในภูเขา อาจไม่ต้องมีการเจาะปล่อง ทำการเจาะอุโมงค์ไปตามระดับชั้นต่าง ๆ เข้าไปสู่แหล่งสินแร่ และมีช่องติดต่อกันระหว่างอุโมงค์ ทำการแบ่งช่องและระยะที่จะทำการระเบิดเอาสินแร่ การระเบิดเอาสินแร่มีหลายวิธี ซึ่งแต่ละวิธีมีความเหมาะสมกับขนาดลักษณะของสินแร่และหินที่ขนาบทางแร่ ภายในอุโมงค์และช่องติดต่อระหว่างอุโมงค์ถ้าหินไม่แข็งแรงเช่นแตกร้าวหรือหลุดพังง่าย จะต้องทำการค้ำจุนอย่างแข็งแรง การขนส่งแร่ภายในอุโมงค์ใช้รถไฟฟ้าหรือดีเซลลากรถขนแร่ไปส่งยังโรงบดและแยกแร่ การตามไฟภายในอุโมงค์ หรือตามช่องติดต่อมักใช้ไฟฟ้า คนงานทำงานใต้ดินในเหมืองอุโมงค์มีไฟฟ้าติดกับหมวกกันภัยใช้ประจำตัวทุกคน การระบายลมมีเครื่องพัดลมขนาดใหญ่ดูดลมจากภายนอกส่งเข้าไปตามท่อไปตามจุดที่ทำงานและอุโมงค์ต่าง ๆ



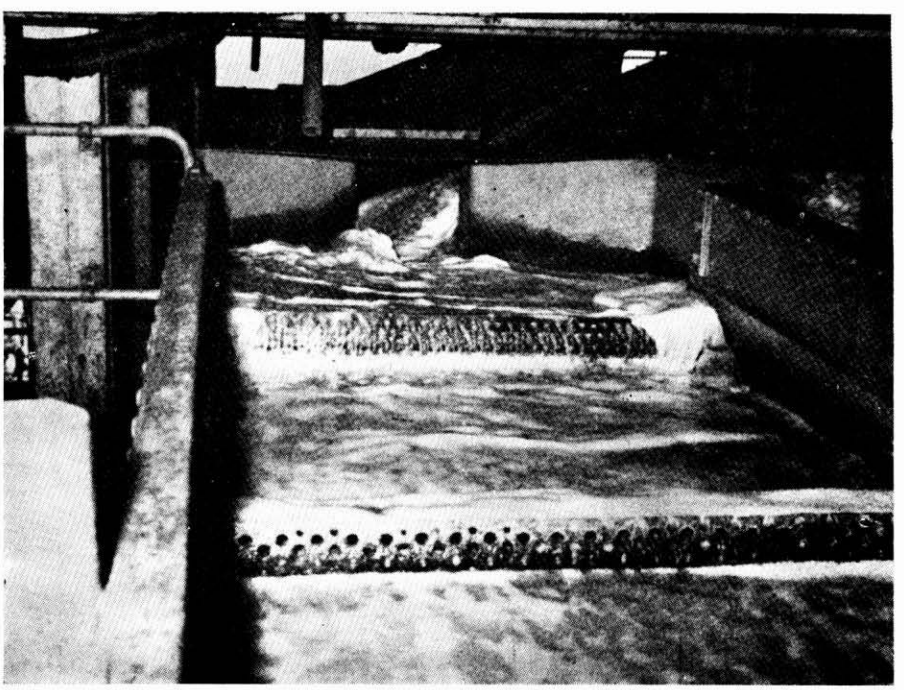
รูปที่ 30 เครื่องกว้านในเรือขุดสำหรับดึงหรือผ่อนสายข้างละสายหัว ตลอดจนการยกและหย่อนบันไดเรือขุด (ในภาพนี้ คนงานกำลังซ่อมเครื่องกว้าน)



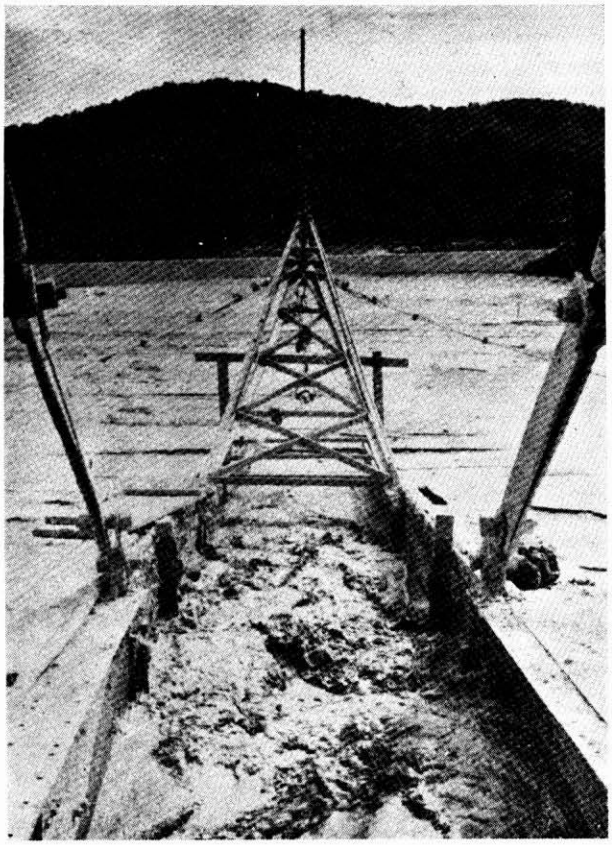
รูปที่ 31 ตะแกรงหมุนสำหรับแยกขนาดดิน กรวด ทราย และแร่



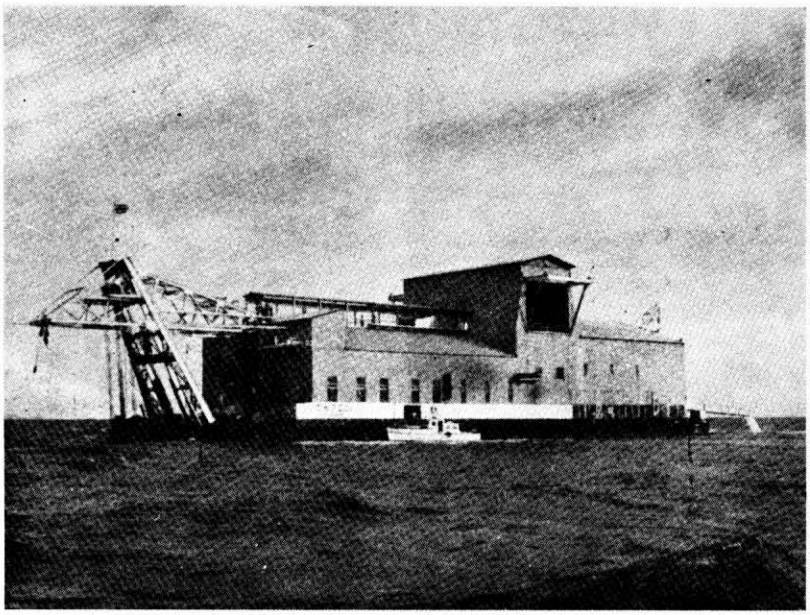
รูปที่ 32 พาลอง หรือรางล้างแร่ในเรือขุด



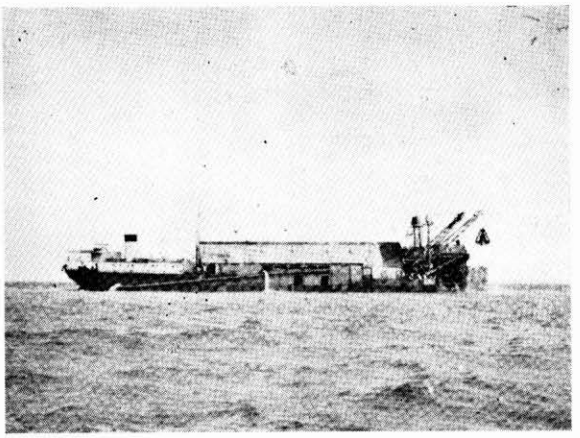
รูปที่ 33 การล้างแร่ด้วยจิ๊กในเรือขุด



รูปที่ 34 รางมูลดินทรายปล่อยลงท้ายเรือขุด



รูปที่ 35 เรือขุดในทะเล ชนิดใช้ลูกกระเชอ



รูปที่ 36 เรือขุดในทะเล ชนิดใช้ก้ามปู



รูปที่ 37 โครงสร้างสำหรับกว้านแร่
และคนงานขึ้นลงทางปล่องของเหมืองอุโมงค์



รูปที่ 38 การเข็นรถบรรทุกสินแร่
ออกจากอุโมงค์ของเหมืองอุโมงค์



รูปที่ 39 การเจาะรูสำหรับใส่ดินระเบิด
ภายในอุโมงค์

สำหรับแหล่งแร่ที่อยู่ใต้พื้นดิน จำเป็นต้องเจาะปล่องใหญ่ลงไปแล้วเจาะอุโมงค์แยกจากปล่องตามระดับต่าง ๆ เข้าสู่แหล่งสินแร่ การขนส่งสินแร่ขึ้นมายังปากปล่อง ใช้เครื่องจักรกว้าน

เหมืองอุโมงค์มีขนาดใหญ่เล็กแตกต่างกันตามปริมาณสินแร่ที่ผลิตได้ในวันหนึ่ง ๆ เช่นวันละ 100 ตัน 500 ตัน 1,000 ตัน 3,000 ตัน เหมืองที่ได้เปิดทำมาเป็นเวลานาน ความยาวของอุโมงค์จะเพิ่มขึ้นนับระยะเป็นไมล์ ปล่องอาจจะลึกต่อกันถึง 7,000–8,000 ฟุต

เหมืองแร่ดีบุกที่เปิดทำโดยวิธีเหมืองอุโมงค์ขนาดใหญ่ยังไม่มี มีบางเหมืองที่ใช้วิธีเหมืองอุโมงค์รวมกับวิธีเหมืองหาบ แต่การทำเหมืองส่วนมากหนักไปในทางเหมืองหาบ

โรงบดและแยกแร่ เป็นโรงงานที่ใช้เครื่องมือเครื่องจักรในการบดแร่ แยกแร่ชนิดต่าง ๆ และมีวิธีดำเนินงานที่เหมาะสมกับชนิดของสินแร่ที่ถูกส่งมาแยก ก่อนการสร้างโรงบดและแยกแร่ จำเป็นจะต้องทำการทดลองวิธีการที่จะใช้ในการบดและแยกแร่ชนิดที่จะเปิดการทำเหมืองเสียก่อนเมื่อได้วิธีการที่เหมาะสมแล้ว จึงสร้างโรงบดและแยกแร่ขนาดเล็กขึ้นทดลองดำเนินงานจนได้ผลดี แล้วจึงออกแบบสร้างโรงบดและแยกแร่ขนาดใหญ่ขึ้นที่เหมืองต่อไป

อุปกรณ์การทำเหมืองแร่ดีบุกบางชนิด

อุปกรณ์การเจาะในการทำเหมือง

การเจาะเป็นองค์ประกอบที่มีส่วนสำคัญยิ่งในการสำรวจ ตรวจลอง และการทำเหมือง วัตถุประสงค์ในการเจาะนั้นก็เพื่อตรวจหาความยาว ตื้น ลึก หนาบาง ของแหล่งแร่ หาความสมบูรณ์ของแหล่งแร่ นอกจากนั้นก็เพื่อการระบายอากาศ การระบายน้ำ การวางสายไฟ และตรวจสอบรากฐานในการสร้างสะพาน เขื่อน และอาคาร เหล่านี้เป็นต้น

ชนิดของเครื่องเจาะ

เครื่องเจาะมีหลายแบบด้วยกัน คือ

1. เครื่องเจาะแบบบิดหล่า (Auger drills)
2. เครื่องเจาะเอมไพร์ (Empire drills)
3. เครื่องเจาะแบบกระแทก (Churn drills)
4. เครื่องเจาะแบบหมุน (Hydraulic rotary drills)
5. เครื่องเจาะหัวเพชร (Diamond drills)
6. เครื่องเจาะลูกปราย (Chilled-shot drills)
7. เครื่องเจาะแบบสับ (Jetting drills)

รูเจาะส่วนใหญ่เป็นรูตั้ง (นอกจากการเจาะด้วยเครื่องเจาะหัวเพชร) แต่รูเจาะดังกล่าวนี้จะไม่อยู่ในแนวดิ่งที่เดียว นอกจากในช่องบน ๆ เท่านั้น เครื่องเจาะหัวเพชรจะเจาะได้ทุกทิศทาง เครื่องเจาะแบบหมุนบางทีก็เจาะเอียงได้บ้างเล็กน้อย จากการเจาะทุกวิธียกเว้นการเจาะด้วยเครื่องเจาะลูกปรายและเครื่องเจาะหัวเพชร วัตถุที่เจาะจะแตกออกเป็นชิ้นละเอียด หรือที่เรียกว่า "โคลนตัวอย่าง (sludge)" ในการเจาะด้วยเครื่องเจาะแบบหมุน น้ำโคลนจะพาโคลนตัวอย่างลอยขึ้นมาข้างบน แต่ถ้าเป็นการเจาะด้วยเครื่องเจาะแบบกระแทก เบลเล่อร์ (bailer) จะทำหน้าที่นำโคลนตัวอย่างขึ้นมา การเจาะด้วยเครื่องเจาะหัวเพชรหรือเครื่องเจาะลูกปรายจะเก็บตัวอย่างได้ทั้งที่เป็นแท่ง คือ "แท่งตัวอย่าง (core)" และที่เป็นชิ้น "โคลนตัวอย่าง (sludge)" โคลนตัวอย่างดังกล่าวนี้จะนำขึ้นมาได้ด้วยกำลังน้ำที่อัดผ่านลงทางก้านเจาะ (drill rods)

เครื่องเจาะแบบบิดหล่า ใช้สำหรับตรวจลองในลานแร่ตื้น ๆ มีอยู่ด้วยกัน 4 แบบ Post hole auger และ Ivan auger เหมาะสำหรับการเจาะในที่ดินทรายหรือวัตถุที่คล้ายคลึงกัน ส่วนอีก 2 แบบใช้กับเครื่องเจาะเอมไพร์ แบบหนึ่งใช้สำหรับเจาะในดินเหนียว อีกแบบหนึ่งใช้ในดินธรรมดา ก้านเจาะใช้ขนาด $\frac{3}{4}$" หรือ 1" มีทั้งเหล็กกลวงและเหล็กตัน เมื่อเจาะรูลึกต้องมีปั้นจั่น (derrick) สูงประมาณ 15—25 ฟุต

เครื่องเจาะเอมไพร์ เป็นเครื่องเจาะที่ใช้ตรวจลองในแหล่งลานแร่ ประกอบด้วยท่อเหล็ก (casing) โดยมีหัวรองท่อรูปฟัน (toothed cutting shoe) รองปลายล่างสุดของท่อตอนบนมีแป้นไม้สำหรับคนงานยืนเจาะ ในการเจาะต้องมีคนงานหรือม้าหมุนแป้นดังกล่าวนี้ไปรอบ ๆ การหมุนจะทำให้ท่อเหล็กที่ลงไว้หลวมตัว การเจาะในดินอ่อนใช้บิดหล่า ส่วนในดินแข็งต้องใช้หัวเจาะ (bits) ต่อเข้ากับก้านเจาะซึ่งแต่ละอันยาว 5 ฟุต นอกจากนั้นก็ต้องมีท่อเก็บตัวอย่าง (sand pumps) ทำหน้าที่เก็บตัวอย่าง

เครื่องเจาะที่ใช้ตรวจลองแร่ในลานแร่ดีบุก เรียกกันว่า เครื่องเจาะบังกา (Banka drills) ส่วนประกอบและวิธีใช้เครื่องเจาะดังกล่าวนี้ ได้บรรยายไว้โดยละเอียดแล้วในตอน ("การตรวจลองแร่ดีบุกด้วยเครื่องเจาะบังกา")

เครื่องเจาะแบบกระแทก แบบที่ใช้ในการตรวจลองแร่เรียกว่า เครื่องเจาะสำรวจ (prospecting drills) ส่วนอีกแบบหนึ่งมีขนาดใหญ่กว่าคงใช้ในการเจาะตรวจลองแร่บ้างเหมือนกัน แต่ส่วนใหญ่ใช้เพื่อการเจาะระเบิดในเหมืองเปิดและเหมืองหิน ใช้ได้ทั้งในการเจาะดินลานแร่ หรือในหินที่แข็งปานกลาง ไม่เหมาะสำหรับการเจาะหินแปรที่แข็งแน่นและเหนียว อุปกรณ์ประกอบการเจาะก็มีหัวเจาะ (steel bit) ซึ่งหนักประมาณ 150–200 ปอนด์ ติดกับก้านเจาะ (drill stem) ขนาดยาว 12 ฟุต หน้าตัดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4.25 นิ้ว โดยมีหัวต่อแบบหมุนได้ (wire-rope swivel socket) ทำหน้าที่หมุนหัวเจาะทุก ๆ คราวที่ปล่อยให้หัวเจาะกระแทกวัตถุที่เจาะ ทั้งตัวหัวเจาะ ก้าน และหัวต่อต่อกันด้วยข้อต่อแบบเกลียว หัวเจาะที่ใช้มี 2 ชนิดด้วยกัน ชนิดหนึ่งใช้สำหรับลานแร่ อีกชนิดหนึ่งใช้ในการเจาะหินแข็ง กำลังงานในการเจาะใช้เครื่องจักร เพื่อยกส่วนประกอบในการเจาะขึ้นและปล่อยทิ้งลง ให้กระแทกตามจังหวะ อัตราเร็วในการกระแทกตามปรกติประมาณนาทีละ 48 ครั้ง ความสูงของช่วงกระแทก (stroke) ประมาณ 30, 24 และ 18 นิ้ว นอกจากนี้ก็มี jar bump, drive head, drive shoe และส่วนประกอบอื่น ๆ อีกหลายอย่าง "jar bump" เป็นส่วนประกอบที่ใช้สำหรับลงท่อเหล็กและใช้แก้ไขเมื่อก้านเจาะติด "drive head" ใช้สำหรับสวมหุ้มหัวท่อเหล็กเมื่อทำการกระแทกตีท่อเหล็กลง ส่วน "drive shoe" เป็นส่วนประกอบที่ใช้สวมโคนท่อเหล็กขนาดตั้งแต่ 6 นิ้วขึ้นไป ในหินแข็งบางทีต้องใช้หัวคว้าน (reamers) คว้านรูเจาะก่อนที่จะลงท่อเหล็ก

เครื่องเจาะแบบหมุน เครื่องเจาะชนิดนี้ส่วนมากใช้ในการเจาะน้ำมัน น้ำหรือแก๊ซใช้ในการเจาะรูระเบิดบ้าง แต่เป็นส่วนน้อย เครื่องชนิดใหม่ ๆ ประกอบด้วยก้านเจาะที่ต่อด้วยข้อต่อที่มีเกลียวแบบเรียว (taper) ปลายบนของก้านเจาะต่อกับ kelly bar ซึ่งมีหน้าตัดรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ข้างในกลวง ส่วนปลายล่างมีหัวเจาะตัด (cutting bit) แบบต่าง ๆ เป็นต้นว่าแบบหางปลา (fishtail) แบบหัวเพชร (diamond point) และแบบคราด (drag bit) ในการเจาะหินแข็งต้องใช้หัวเจาะอีกชนิดหนึ่ง ตอนปลายบนของ kelley bar มีหัวต่อแบบที่หมุนได้ ซึ่งแขวนไว้ด้วยลวดเหล็กจากบล๊อค (block) ที่ติดไว้บนปั้นจั่น (derrick) ในการเจาะต้อง

มีเครื่องสูบ ๆ น้ำโคลน (mud fluid) หมุนเวียนผ่านสายยางที่ต่อเข้ากับข้อต่อแบบที่หมุนได้ (swivel joint) เพื่อช่วยให้กำแพงรูเจาะเกาะตัวแน่นไม่พังง่าย การเจาะวิธีนี้น้ำหนักตัวของส่วนประกอบในการเจาะจะทำหน้าที่บีบอนกดหัวเจาะลงไปได้เอง "turn table" จะทำหน้าที่หมุน kelley bar ด้วยความเร็วประมาณนาทีละ 26—143 รอบ เครื่องแบบนี้จะเจาะได้ลึกอย่างมากวันละ 200 ฟุต

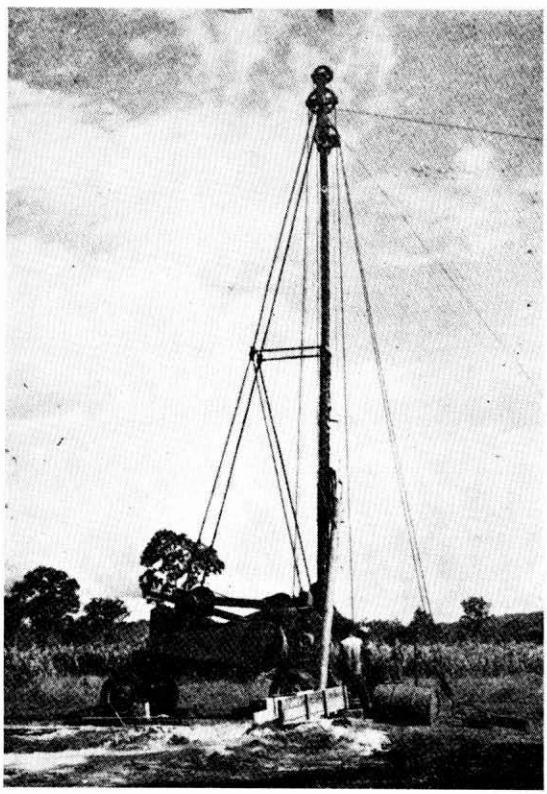
เครื่องเจาะแบบสับ ใช้ในการเจาะผ่านดิน กรวด หรือในสินแร่เหล็กประกอบด้วยก้านเจาะข้างในกลวง ปลายล่างของก้านเจาะประกอบด้วยหัวเจาะสับรูปสิ่ว (Chopping bit) ปลายบนมีข้อต่อที่หมุนได้ (swivel hose connection) อปกรณ์ประกอบการเจาะเหล่านี้จะยกขึ้นและปล่อยลงได้โดยเส้นลวดเหล็กและกว้านมือ ในขณะที่ทำการเจาะ เครื่องสูบน้ำจะสูบน้ำอัดผ่านก้านเจาะพุ่งออกทางหัวเจาะ การเจาะคงต้องลงท่อเหล็กเช่นกัน และตอนหัวท่อเหล็กดังกล่าวต้องต่อข้อต่อรูปตัว T เพื่อปล่อยสิ่งที่เจาะออกมาให้ผสมกับน้ำ ในการกระแทกนั้นใช้ช่วงกระแทกสูงประมาณ 5—8 นิ้ว (โดยใช้มือหมุน) เครื่องแบบนี้ใช้ปั่นจั่นเตี้ย ๆ ในการเจาะในช่วงความลึก 100 ฟุต ตามปรกติจะเจาะได้ประมาณกะละ 25—40 ฟุต แต่เมื่อลึกกว่านั้นได้เพียงประมาณกะละ 20 ฟุต

เครื่องเจาะหัวเพชร เครื่องแบบนี้ใช้เฉพาะการตรวจลองแร่ ไม่ใช้ในการเจาะระเบิด ประกอบด้วยส่วนที่หมุนคือ แป้นจับก้านเจาะ (chuck) ซึ่งจะทำหน้าที่จับก้านเจาะหมุนตามไปด้วยกำลังงานที่ใช้มีทั้งชนิดเครื่องลมอัด เครื่องจักรไอน้ำ มอเตอร์ไฟฟ้า เครื่องยนต์เบนซิน เครื่องยนต์ดีเซล เครื่องเล็ก ๆ คงบ้อนด้วยเฟือง เครื่องใหญ่บ้อนด้วยไฮดรอลิค มีเครื่องกว้านเล็ก ๆ เพื่อใช้ดึงก้านเจาะ ก้านเจาะตอนกลางมีรูเพื่อให้น้ำไหลผ่านได้ ในขณะทำการเจาะก้านเจาะจะหมุนด้วยอัตราเร็วสูง ความดันในการกดบ้อนหัวเจาะลงย่อมแล้วแต่สภาพของหินหัวเจาะที่ใช้เป็นหัวเจาะฝังเพชรหรือเรียกสั้น ๆ ว่า "หัวเพชร" ซึ่งมีเพชรดำวางเรียงฝังไว้ตอนหน้าของหัวเจาะ หัวเพชรมีขนาดต่าง ๆ กัน แบ่งออกได้เป็น 2 ชุด คือ ชุดอักษร X ซึ่งเป็นขนาดเล็กกับชุดอักษร L ซึ่งเป็นขนาดใหญ่ ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะชุด X เท่านั้น หัวเพชรชุดหมายอักษร X นี้จัดแบ่งขนาดเป็น 4 ขนาดตามรายละเอียดในตารางข้างล่างนี้

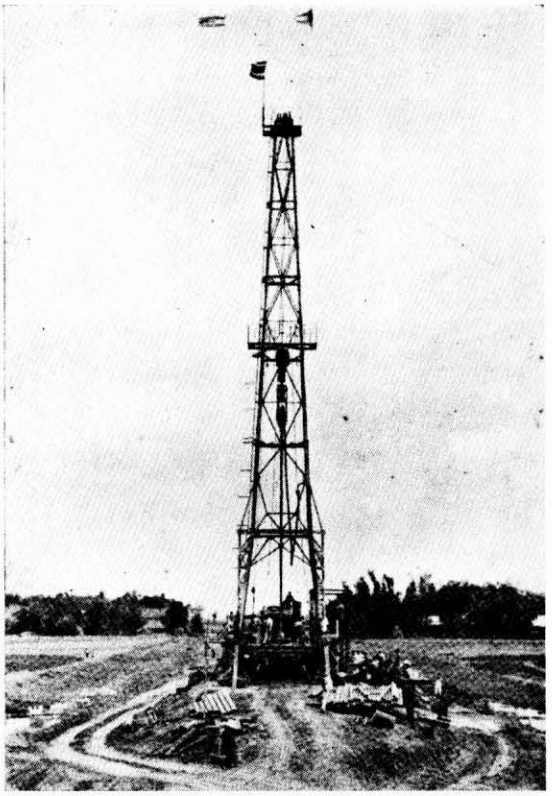
อักษร	ขนาดรู	ขนาดแท่งตัวอย่าง	เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก	เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน	น้ำหนักเพชร (ต่ำที่สุด) กะรัต	น้ำหนักปอนด์
EX	$1\frac{1}{2}''$	$\frac{7}{8}''$	1.460	0.845	6.75	0.5
AX	$1\frac{7}{8}''$	$1\frac{1}{8}''$	1.865	1.185	10.00	0.75
BX	$2\frac{3}{8}''$	$1\frac{5}{8}''$	2.330	1.655	14.00	1.00
NX	$3''$	$2\frac{1}{8}''$	2.945	2.155	18.00	2.00



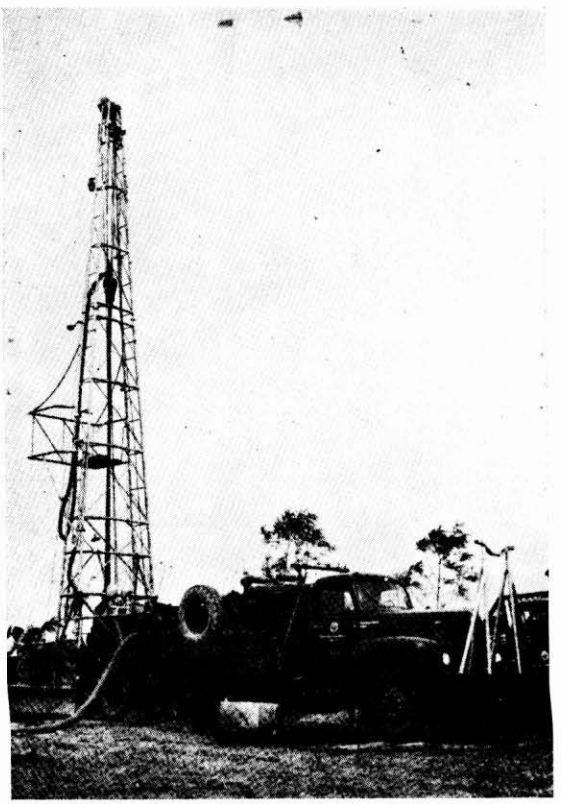
รูปที่ 40 เครื่องเจาะบังกา



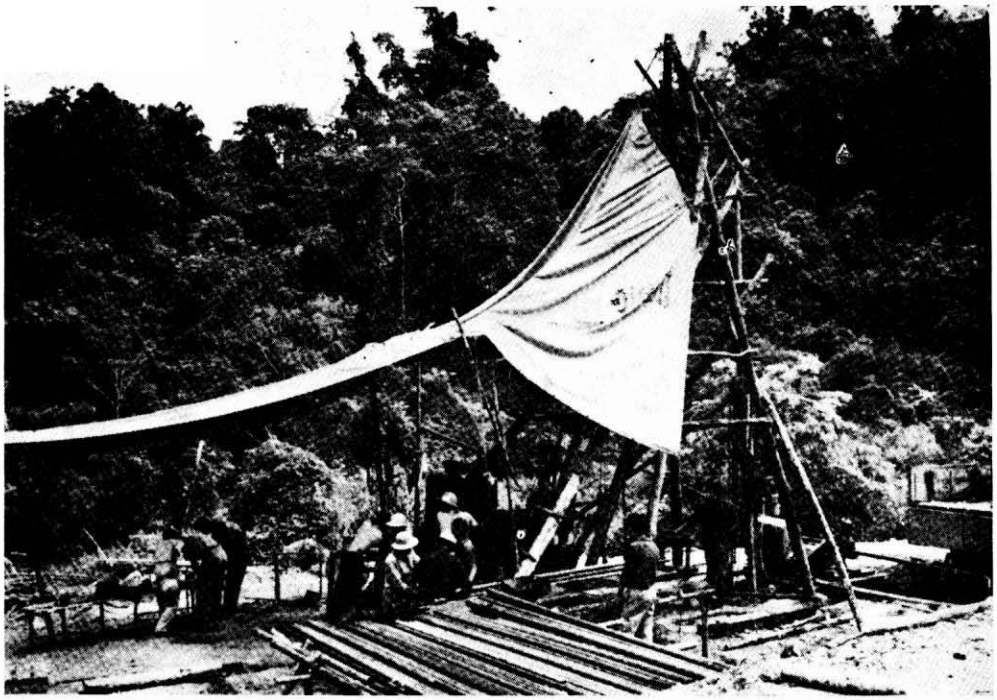
รูปที่ 41 เครื่องเจาะแบบกระแทก (เจาะได้ลึก 1,400 ฟุต)
ของโครงการสำรวจและพัฒนาการน้ำบาดาล กรมโลหกิจ



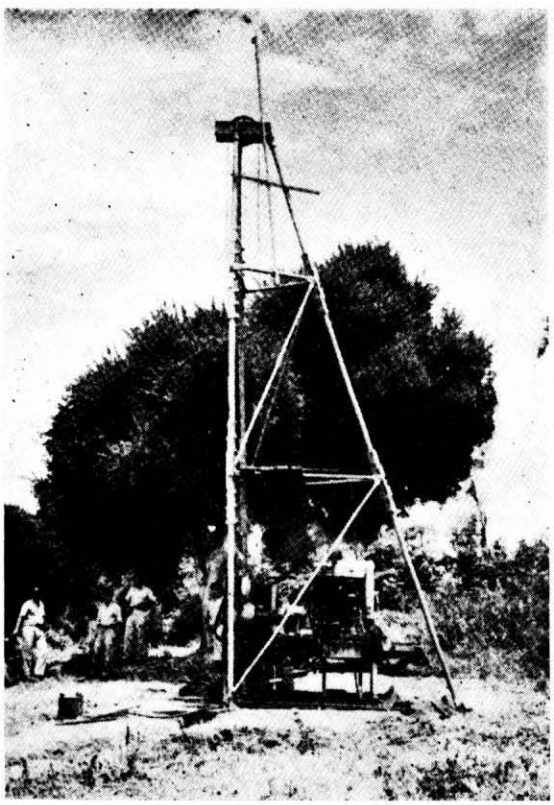
รูปที่ 42 เครื่องเจาะแบบหมุน (เจาะได้ลึก 1,500 เมตร) ของกรมโลหกิจ



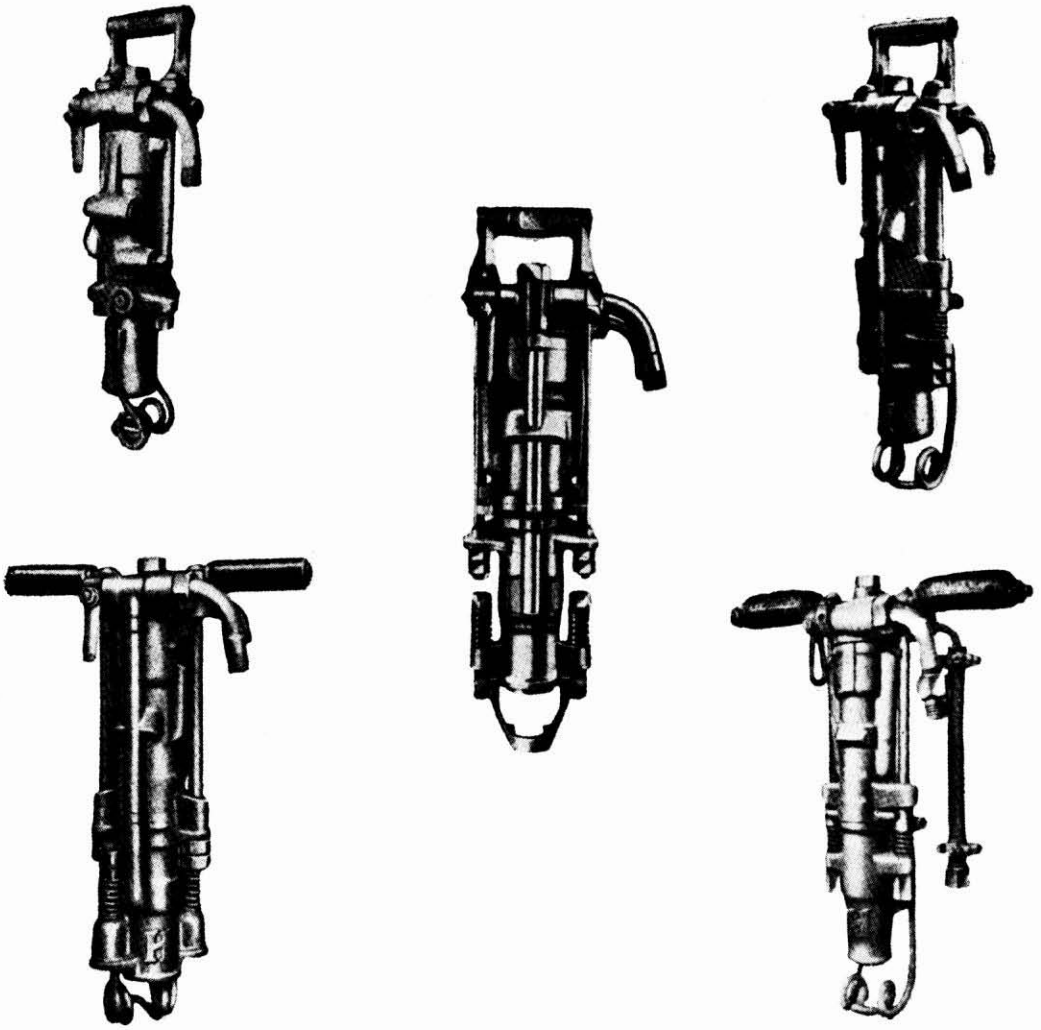
รูปที่ 43 เครื่องเจาะแบบหมุน (เจาะได้ลึก 2,000 ฟุต)
ของโครงการสำรวจและพัฒนาการน้ำบาดาล กรมโลหกิจ



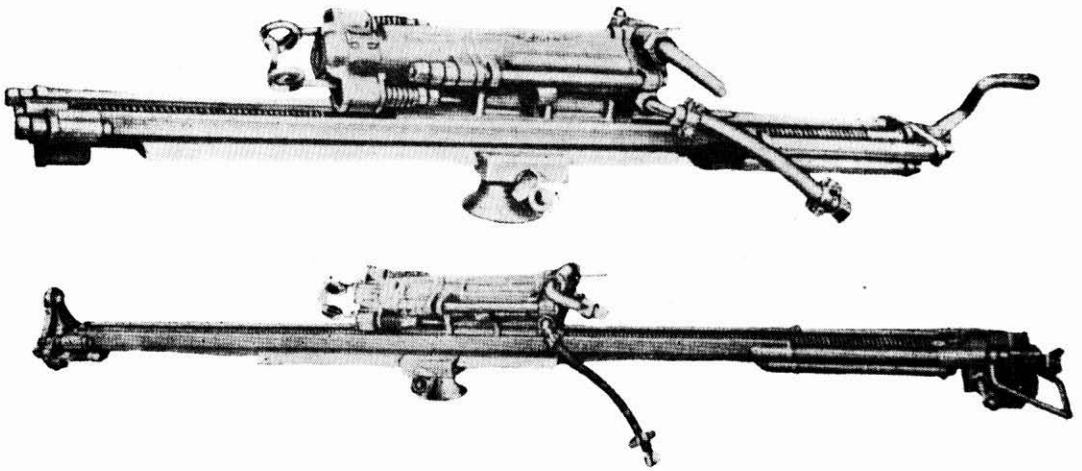
รูปที่ 44 เครื่องเจาะหัวเพชร ของกรมโลหกิจ



รูปที่ 45 เครื่องเจาะหัวเพชร (เจาะได้ลึก 2,000 ฟุต)
ของโครงการสำรวจและพัฒนาการน้ำบาดาล กรมโลหกิจ



รูปที่ 46 เครื่องเจาะแจ๊คแฮมเมอร์ ขนาดต่าง ๆ



รูปที่ 47 เครื่องเจาะดริฟเตอร์

หัวเพชรขนาด EX ใช้สำหรับการเจาะรูตื้น ๆ จนถึงลึก 1,500 ฟุตหรือมากกว่านั้น รูที่ลึกตั้งแต่ 1,000 ฟุตขึ้นไป ควรใช้ขนาดใหญ่กว่า นอกจากหัวเพชรก็มีส่วนประกอบอื่น ๆ อีกเป็นต้นว่า หัวคว้าน (reaming shell) ที่หักแท่งตัวอย่าง (core lifter) ท่อเก็บแท่งตัวอย่าง (core barrel) และก้านเจาะตามขนาดของหัวเจาะ หัวเพชรมีอยู่ด้วยกัน 2 แบบ คือ แบบ bevel wall กับแบบ straight wall แบบแรกต้องใช้ core lifter แต่แบบหลังไม่ต้องใช้ หัวคว้าน (reaming shell) เป็นส่วนประกอบสำหรับต่อเข้ากับหัวเจาะ เพื่อทำหน้าที่คว้านรูเจาะให้มีขนาดสม่ำเสมอ หัวคว้าน (reaming shell) นี้มีเพชรฝังเรียงไว้ตามด้านข้าง core lifter ทำหน้าที่หักแท่งตัวอย่างเมื่อยกก้านเจาะขึ้นแท่งตัวอย่างจะอยู่ในท่อเก็บแท่งตัวอย่าง (core barrel) ซึ่งมีความยาวประมาณ 5–10 ฟุต ท่อเก็บแท่งตัวอย่าง (core barrel) มีอยู่ด้วยกันรวม 3 แบบ แบบ single tube แบบ rigid double tube และแบบ swiveled double tube แบบ single tube น้ำผ่านแท่งตัวอย่างไปที่หัวเจาะ แบบ rigid double tube น้ำผ่านระหว่างท่อในกับท่อนอกผ่านรูเล็ก ๆ ที่หัวคว้าน (reaming shell) ไปสู่หัวเจาะแบบนี้กันไม่ให้น้ำชะแท่งตัวอย่าง ฉะนั้น เมื่อใช้ในการเจาะหินอ่อน ๆ ย่อมเก็บแท่งตัวอย่างได้มากขึ้น ใช้ได้โดยไม่ต้องมี core lifter ส่วนแบบ swiveled double tube นั้นท่อเก็บตัวอย่างท่อในหมุนทำให้เก็บแท่งตัวอย่างได้มากขึ้น

การเจาะในตอนที่พังง่ายจำเป็นต้องลงท่อเหล็ก (casing) เสียก่อน ก่อนที่จะลงท่อต้องนำด้วยหัวเจาะลงท่อ (casing bit) คว้านรูให้ได้ขนาดเสียก่อน แต่บางกรณีก็อัดซีเมนต์ลงไปอุดรูตามกำแพงรูเจาะ (grounting) แทนการลงท่อเหล็ก การเจาะในหินแข็งขนาด 3.4–4.0 ขึ้นไปให้หัวเพชรขนาด EX หรือ AX หินที่อ่อนกว่านี้ใช้หัวขนาดใหญ่ขึ้น (ถ้าในการเจาะต้องการเก็บแท่งตัวอย่างให้ได้ปริมาณสูง) การเจาะรูใหญ่ย่อมมีค่าใช้จ่ายสูงขึ้น ฉะนั้น หากไม่เป็นการจำเป็นแล้วก็ต้องเลือกใช้ขนาดเล็ก

เครื่องเจาะลูกปราย ในการเจาะด้วยเครื่องเจาะแบบนี้ การหมุนตลอดจนการวางก้านเจาะคงคล้ายคลึงกับการเจาะด้วยเครื่องเจาะหัวเพชร แต่เป็นรูเจาะขนาดใหญ่ขนาดของแท่งตัวอย่างที่เก็บใหญ่กว่า หัวเจาะทำด้วยเหล็ก soft steel และคงต่อเข้ากับ core barrel และก้านเจาะ ในขณะที่ทำการเจาะต้องป้อนลูกปรายผ่านลงทาง Teeswivel ด้วยกำลังน้ำเป็นระยะ ๆ โดยสม่ำเสมอ ต้องระวังปริมาณน้ำที่ป้อนเข้าเครื่อง เพราะถ้ามีปริมาณมากเกินไปจะพาให้ลูกปรายที่ป้อนลงไปหนีขึ้นจากก้นรูเจาะ การเก็บแท่งตัวอย่างไม่ใช้ที่หักแท่งตัวอย่าง (core lifter) เป็นแต่เพียงป้อนก้อนกรวดเม็ดเล็ก ๆ ลงไปกับน้ำ ก้อนกรวดจะเข้าไปขัดระหว่างแท่งตัวอย่างกับหัวเจาะ จากการหมุนของหัวเจาะจะทำให้แท่งตัวอย่างหักได้เอง ขนาดของเครื่องเจาะแบบนี้มีตั้งแต่ขนาดรูเจาะ $2\frac{5}{8}$ นิ้ว (แท่งตัวอย่างขนาด $1\frac{5}{8}$ นิ้ว) จนถึงขนาด 20.5 นิ้ว (แท่งตัวอย่างขนาด $18\frac{5}{8}$ นิ้ว) แต่ขนาดใหญ่ ๆ ใช้ในการเจาะปล่อง (shaft หรือ

winze) นั้นขนาดใหญ่ถึง 72 นิ้ว ขนาดที่ใช้กันมาก เจาะปล่องขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 48 นิ้ว กะหนึ่ง ๆ จะเจาะได้ลึกเพียง 2.75 ฟุตเท่านั้น

เฉพาะในการเจาะสำรวจเพื่อการทำเหมืองดีบุกคงใช้เครื่องเจาะแบบบังกาในที่ลานแร่ และเครื่องเจาะหัวเพชรในที่ทางแร่ เครื่องเจาะบังกาใช้กันอย่างกว้างขวางในการทำเหมืองดีบุกในประเทศไทย แต่เครื่องเจาะหัวเพชรนั้นขณะนี้มีไม่กี่เครื่องและเป็นของทางราชการทั้งสิ้น

อุปกรณ์การเจาะระเบิด

ในการเจาะรูระเบิดเกี่ยวกับกิจการทำเหมืองแร่นั้น มีเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้หลายชนิดด้วยกัน มีทั้งชนิดที่เจาะด้วยมือและที่เจาะด้วยกำลังเครื่องจักรกล

เครื่องเจาะที่เจาะด้วยมือ (Hand drills) มีหลายแบบด้วยกันเป็นต้นว่า แบบบิดหล่า (auger) แบบเจาะหิน (hammer drills หรือ rock drills) แบบกระแทก (churn drills) เหล่านี้เป็นต้น

เครื่องเจาะแบบที่ใช้กำลังเครื่องจักรกล (Power drills) มีแบบต่าง ๆ ดังนี้ คือ

1. **เครื่องเจาะกระแทก** (Churn drills) ส่วนประกอบและวิธีการเจาะของเครื่องเจาะนี้ก็คงคล้ายคลึงกับเครื่องเจาะกระแทกแบบที่ใช้ในการเจาะสำรวจดังที่ได้บรรยายมาแล้ว เครื่องเจาะแบบนี้ประกอบติดตั้งไว้บนรถตีนตะขาบ หรือรถแบบล้อยาง เพื่อสะดวกแก่การเคลื่อนย้าย ตามธรรมดาใช้เจาะรูระเบิดขนาด 6—12 นิ้ว ขนาดของรูเจาะโดยใช้เครื่องเจาะแบบนี้จะมีขนาดใหญ่กว่าขนาดของหัวเจาะไม่ต่ำกว่า 1 นิ้ว โดยมากใช้ในงานเหมืองเปิดและเหมืองหิน เจาะลึกประมาณ 30—200 ฟุต เหมาะสำหรับหินที่อ่อนจนถึงหินแข็งปานกลาง

2. **เครื่องเจาะระเบิดเพื่อการสำรวจ** เครื่องเจาะชนิดนี้เป็นเครื่องเจาะแบบหมุน (Rotary drills) ที่ใช้เฉพาะการเจาะรูเพื่อทำการสำรวจด้วยเครื่อง seismograph เป็นแบบที่ติดตั้งประกอบในรถล้อยาง (4 ล้อ) เจาะได้ลึกประมาณ 50—250 ฟุต

3. **เครื่องเจาะแจ็คแฮมเมอร์** (Hammer drills) **เครื่องเจาะดริฟเตอร์** (Drifters) **และสโต๊ปเปอร์** (Stopers) เครื่องเจาะเหล่านี้เดินด้วยลมอัด ส่วนประกอบที่สำคัญมีกระบอกสูบ วาว rachet, riffle bar ที่จับก้านเจาะ (chuck) ท่อน้ำและท่อลม เป็นเครื่องสำหรับเจาะรูขนาดเล็ก ใช้เพื่อการระเบิด ใต้ดินเป็นส่วนใหญ่ เฉพาะแจ็คแฮมเมอร์นั้นใช้ในการทำเหมืองเปิดและเหมืองหินบ้างเหมือนกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศไทยไม่ว่าจะเป็นการทำเหมืองหิน เหมืองเปิด หรือเหมืองใต้ดิน ใช้แจ็คแฮมเมอร์เกือบทั้งสิ้น

เครื่องเจาะแจ็คแฮมเมอร์ใช้ในการเจาะอุโมงค์เป็นส่วนใหญ่ ใช้ในการ stope เอาแร่ออกจากแหล่งบ้างเหมือนกัน ในการเจาะต้องมีขาเจาะ (air leg หรือ jack leg) ประกอบ

ส่วนเครื่องเจาะดริฟเตอร์ (drifters) นั้นคงใช้แต่เฉพาะในการเจาะอุโมงค์ หรือใน stope เฉพาะที่เจาะรูในแนวราบ ในขณะเจาะต้องประกอบเครื่องเจาะเข้ากับแขน (arm) ที่จับอยู่กับท่อค้ำยัน (column) ซึ่งยันแน่นระหว่างพื้นกับหลังคาหรือข้างอุโมงค์ เครื่องเจาะดริฟเตอร์นั้นมีทั้งชนิดป้อนด้วยสกร (screw feed) หมุนด้วยมือ และชนิดที่ป้อนโดยใช้กำลังเครื่องจักรกล (power feed) การเจาะด้วยเครื่องเจาะแบบเจาะอุโมงค์นี้เจาะรูได้สะดวกทุกมุม ส่วนเครื่องเจาะแบบสโต๊ปเปอร์นั้นใช้เฉพาะการ stope เพื่อระเบิดเอาแร่ออกจากแหล่งโดยตรง ซึ่งสะดวกกว่าการใช้เครื่องเจาะแบบเจาะอุโมงค์ประกอบกับขาเจาะในกรณีที่เจาะรเหนือศีรษะ สโต๊ปเปอร์เป็นเครื่องเจาะแบบที่วางอยู่ในแนวเดียวกับเสื้อสูบที่ป้อนลม ใช้ส่วนใหญ่ในการเจาะรูเหนือศีรษะหรือที่มีมุมสูงเกิน 20—30 องศาจากระดับราบ เฉพาะอย่างยิ่งในการเจาะปล่องขึ้นจากอุโมงค์ระดับหนึ่งไปหาอุโมงค์อีกระดับหนึ่งเหนือขึ้นไป และการเอาแร่ออกแหล่งโดยวิธี "back stoping"

ขนาดของเครื่องเจาะแจ๊คแฮมเมอร์ถือตามน้ำหนัก แจ๊คแฮมเมอร์เบากว่าเครื่องเจาะแบบเจาะอุโมงค์มาก ขนาดเบาหนักประมาณ 28.5—32 ปอนด์ ยาว 17—21½ นิ้ว ก้านเจาะขนาด $\frac{7}{8}$ นิ้ว ขนาดกลางหนัก 35—50 ปอนด์ ยาว 18½—22 นิ้ว ก้านเจาะขนาด $\frac{7}{8}$ นิ้ว ขนาดใหญ่หนัก 55—58 ปอนด์ ยาว 21½—24 นิ้ว ก้านเจาะขนาด 1 นิ้ว ส่วนเครื่องเจาะแบบเจาะอุโมงค์ขนาดเบาหนัก 117—130 ปอนด์ ขนาดกลางหนัก 140—156 ปอนด์ ขนาดใหญ่หนัก 190—298 ปอนด์ สำหรับสโต๊ปเปอร์นั้นโดยทั่วไปขนาด 77—125 ปอนด์ ยาว 51½—65 $\frac{3}{4}$ นิ้ว

เครื่องเจาะแบบแจ๊คแฮมเมอร์เจาะในหินชนวน (shales) หรือหินปูนได้ประมาณกะละ 150—200 ฟุต ในหินแข็งประมาณกะละ 60—120 ฟุต เครื่องเจาะดริฟเตอร์เจาะในหินซัลไฟด์ ได้ประมาณกะละ 9 ฟุต ในหินชีสต์ (schist) ได้ประมาณกะละ 37 ฟุต ในหินพอร์ฟีรี (porphyry) ประมาณกะละ 44 ฟุต เครื่องเจาะสโต๊ปเปอร์เจาะในหินซัลไฟด์ (massive sulphides) ได้กะละประมาณ 11 ฟุต ในหินชีสต์ (schist) ได้ประมาณกะละ 28 ฟุต ในหินขวอทซ์พอร์ฟีรี (quartz porphyry) ได้ประมาณกะละ 48 ฟุต

4. **เครื่องเจาะแบบหมุน** เครื่องเจาะแบบหมุนจำแนกออกได้เป็น 4 ชนิด คือเครื่องเจาะชนิดมือถือ (hand held drills) เครื่องเจาะชนิดที่ติดตั้งบนรถ (car-mounted drills) เครื่องเจาะชนิดที่ใช้ในเหมืองเปิด (horizontal strip borer) และเครื่องเจาะหัวเพชร

เครื่องเจาะชนิดมือถือ เป็นชนิดที่เดินเจาะด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า หรือมอเตอร์ที่เดินด้วยลมอัด ทำการเจาะด้วยแรงดัน ประกอบกับการหมุนของหัวเจาะในอัตราเร็วสูง หนักเพียง 40 ปอนด์ มอเตอร์ขนาด 1½—3 แรงม้า

เครื่องเจาะชนิดที่ติดตั้งบนรถ รถที่ใช้ติดตั้งเครื่องเจาะเป็นรถในแบบ 4 ล้อ ตัวเครื่องเจาะติดอยู่กับคานยื่น (booms) ซึ่งส่ายทำมุมได้เกิน 90 องศา เฉพาะตัวเครื่องเจาะเองส่ายได้เกิน 180 องศา

เครื่องเจาะชนิดที่ใช้ในเหมืองเปิด ส่วนใหญ่ใช้ในการผลิตถ่านหิน โดยปรกติเดินด้วยเครื่องเบนซิน แต่บางเครื่องก็เดินด้วยกำลังไฟฟ้า เครื่องเจาะชนิดนี้ติดตั้งอยู่ในรถตีนตะขาบ เจาะได้ลึกประมาณ 75 — 100 ฟุต

เครื่องเจาะหัวเพชร เครื่องเจาะทั้ง 3 ชนิดที่กล่าวมาแล้วไม่ใช้น้ำในการเจาะ แต่ชนิดหัวเพชรต้องมีน้ำผ่านก้านเจาะลงไปสู่หัวเจาะ ใช้เจาะรูระเบิดลึก ๆ ในการระเบิดเอาแร่ออกจากแหล่ง (stoping) และในงานระเบิดเอาแร่จากส่วนที่ทิ้งเหลือไว้เพื่อการค้ำจุน (pillar work)

เครื่องเจาะแบบหมุนทั้ง 4 ชนิดนี้ใช้ส่วนใหญ่ในเหมืองถ่านหิน และเหมืองแร่อุตสาหกรรมที่หินไม่แข็งจนเกินไป เช่น ในการผลิตเกลือ โปแตช (potash) และยิบซั่มเหล่านี้เป็นต้น ในถ่านหินเจาะรูในระดับราบขนาด 2 — 4 นิ้ว ลึกประมาณ 6 — 10 ฟุต ส่วนในแหล่งแร่ชนิดอื่นเจาะรูขนาด $2\frac{1}{4}$ นิ้ว เครื่องเจาะแบบหมุนนี้เป็นแบบที่เจาะได้เร็วกว่าแบบอื่น ๆ

ปัจจุบันการเจาะรูระเบิดเพื่อการทำเหมืองแร่ในประเทศไทยทั้งใต้ดิน บนดิน ตลอดจนการทำเหมืองหินคงใช้เครื่องเจาะแบบแจ็คแฮมเมอร์ประกอบกับขาเจาะเป็นส่วนใหญ่ในการเจาะด้วยเครื่องเจาะดังกล่าวนี้ ลูกสูบจะกระแทกหัวก้านเจาะซึ่งเป็นการกระแทกให้หัวเจาะกดลงที่ก้นรูเจาะ ทำให้เจาะกัดหินลึกลงไป และเมื่อลูกสูบถอยกลับจะมีเฟืองทำให้หัวเจาะหมุนขยับไปจากที่เดิมเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องเจาะแบบกระแทก (churn drills) น้ำหนักที่กระแทกเจาะแต่ละครั้งย่อมน้อยกว่ากันมาก แต่จำนวนครั้งที่กระแทกเจาะนั้นอาจสูงถึงนาทีละ 3,000 ครั้ง การเจาะด้วยเครื่องเจาะกระแทกนั้นขนาดของรูเจาะค่อนข้างสม่ำเสมอ และมีขนาดโตกว่าขนาดของหัวเจาะประมาณ 1 นิ้วขึ้นไป แต่การเจาะด้วยเครื่องเจาะแบบแจ็คแฮมเมอร์รูเจาะจะเรียวมีขนาดเล็กลง ๆ ตามความลึก ฉะนั้นเพื่อให้ได้ผลดีควรเปลี่ยนก้านเจาะทุก ๆ ระยะลึก 12 — 24 นิ้ว และต้องเปลี่ยนหัวเจาะให้มีขนาดเล็กลงประมาณ $\frac{1}{16}$ — $\frac{1}{8}$ นิ้ว ทุก ๆ คราวที่เปลี่ยนก้านเจาะ

ตามธรรมดาเครื่องเจาะแบบแจ็คแฮมเมอร์เดินด้วยลมอัดขนาดความดัน 80 — 90 ปอนด์/ตารางนิ้ว ความดันที่เครื่องอัดลมประมาณ 90 — 100 ปอนด์/ตารางนิ้ว การเจาะควรระวังในการหล่อลื่น มิฉะนั้นเครื่องจะสึกหรอเร็วเกินควร ในปัจจุบันนิยมใช้เครื่องหล่อลื่น (line oilers) ต่อเข้ากับสายลมก่อนเข้าเครื่องเจาะ ซึ่งจะทำหน้าที่หยอดน้ำมันเครื่องเข้าเครื่องเจาะขณะทำการเจาะโดยอัตโนมัติ

การเจาะทำได้ 2 แบบ คือ แบบแห้ง (dry drilling) กับแบบที่ใช้น้ำ (wet drilling) การเจาะแบบแห้งไม่มีน้ำหล่อเครื่องเจาะ ทำให้ฝุ่นหินจากการเจาะลอยฟุ้งในบรรยากาศรอบ

บริเวณที่ทำการเจาะ หินดังกล่าวนี้จะปนเข้าไปกับอากาศที่คนงานสูดเข้าไป และเป็นอันตรายอย่างร้ายแรง เพราะจะเข้าไปจับปอดทำให้เป็นโรคซิลิโคซิส แต่ในปัจจุบันมีอุปกรณ์เก็บฝุ่น (dust collector) หรือเรียกว่า "Dryductor" ซึ่งใช้ได้ผลดีมาก เครื่อง "Dryductor" นี้เมื่อใช้ประกอบเข้ากับเครื่องเจาะแบบแห้งจะทำหน้าที่ดูดฝุ่นไปเก็บไว้ในหม้อเก็บฝุ่น ส่วนการเจาะวิธีที่ใช้น้ำมีน้ำผ่านเข้าทางท่อน้ำของเครื่องเจาะลงไปสู่หัวเจาะผ่านเข้าก้นรูเจาะ ทำให้ฝุ่นหินไม่ลอยฟุ้งในบรรยากาศ และยังมีการพ่นละอองน้ำช่วยภายนอกด้วย วิธีการเจาะแบบที่ใช้น้ำจึงปลอดภัยกว่า

ในการเจาะอุโมงค์หรือปล่องเล็ก ๆ คงใช้เครื่องเจาะแบบแฮมเมอร์เพียงเครื่องเดียว แต่ในอุโมงใหญ่ ๆ อาจจะมีไม่น้อยกว่า 4 เครื่อง โดยติดตั้งประกอบไว้บน "Jumbo" ซึ่งเป็นอุปกรณ์อีกส่วนหนึ่งที่เพิ่มความสะดวกให้หลายประการ ทำการเจาะได้ในทุกทิศทาง และเคลื่อนย้ายได้ง่ายและรวดเร็วทันใจ

ก้านเจาะ (Drill steel)

ก้านเจาะมีทั้งชนิดกลมและชนิดเหลี่ยม ชนิดเหลี่ยมที่ใช้กันทั่วไปมีแบบ 6 เหลี่ยม และ 8 เหลี่ยม (quarter-octagon) ประกอบด้วย shank แบบต่าง ๆ รวม 3 แบบ คือ 1. แบบกลม (lugged-shank), 2. แบบตรง (straight shank) ซึ่งหน้าตัดเป็นรูป 8 เหลี่ยม (quarter octagon) หรือ 6 เหลี่ยม และ 3. แบบปลอก (collared shank) สำหรับก้านเจาะ 6 เหลี่ยม และ 8 เหลี่ยม ก้านเจาะมีขนาดตั้งแต่ $\frac{7}{8}$ นิ้ว จนถึงขนาด $1\frac{1}{2}$ นิ้ว แบบที่ใช้กับหัวเจาะชนิดสวมมีเป็นชุด ขนาดความยาวต่างกันตั้งแต่ 18 นิ้ว ถึง 24 นิ้ว เริ่มแต่ขนาด 30 ถึง 38 นิ้ว เพื่อให้ใช้ได้ทนไม่หักง่าย ก้านเจาะต้องชุบในน้ำมันทั้งหัวท้าย โดยเฉลี่ยแล้วก้านเจาะแต่ละก้านจะเจาะได้รวมความลึกไม่เกิน 138 ฟุต การเจาะรูลึก ๆ ต้องใช้ก้านเจาะแบบที่ต่อกันเป็นท่อน ๆ (sectional steel) ซึ่งเมื่อประกอบกันเข้าแล้วจะได้ยาวถึง 18 — 24 ฟุต

หัวเจาะ (Drill bits)

หัวเจาะมี 2 แบบ คือ แบบที่ติดกับก้านเจาะ และแบบที่สวมกับก้านเจาะ แบบที่สวมกับก้านเจาะมี 2 ชนิด คือ ชนิดเกลียว กับชนิดเรียว (taper) ในการทำเหมืองส่วนใหญ่นิยมใช้แบบที่สวมกับก้านเจาะ รูปลักษณะของหัวเจาะมีต่าง ๆ กัน แต่ที่นิยมใช้กันทั่วไปมีด้วยกัน 3 แบบ คือ 1. แบบกากบาท (four point หรือ cross bit), 2. แบบดอกจันทน์ (six point หรือ rose bit), และ 3. แบบสิ่ว (chisel หรือ carn bit) หัวเจาะที่นิยมกันอยู่ในปัจจุบันเป็นหัวเจาะประเภท tungsten-carbide มีขนาด $1\frac{1}{8}$ นิ้วถึง $2\frac{1}{8}$ นิ้ว แต่ละขนาดต่างกันประมาณ $\frac{1}{16} - \frac{1}{8}$ นิ้ว

การเจาะในหินแข็งและเหนียวควรเปลี่ยนก้านเจาะทุก 1 ฟุต หินขนาดปานกลางเปลี่ยนทุก 2 ฟุต แต่บางทีในการรับเหมาช่างเจาะไม่ค่อยเปลี่ยนก้าน เพราะเสียเวลา ส่วนขนาดของ

รูเจาะนั้นเริ่มด้วยขนาด 1 $\frac{7}{8}$ – 2 นิ้ว และสิ้นสุดเพียง 1 $\frac{3}{8}$ นิ้ว แต่ในการเจาะรูลึกเพียง 4–6 ฟุต เริ่มด้วยหัวเจาะขนาด 1 $\frac{1}{4}$ นิ้วก็พอแล้ว และเปลี่ยนหัวอีกเพียง 2 ขนาด คือขนาด 1 $\frac{3}{16}$ นิ้ว และขนาด 1 $\frac{1}{8}$ นิ้ว รวมเป็น 3 ขนาดทั้งหัวนำ ส่วนในการเจาะแบบกระแทก (churn drilling) ใช้หัวเจาะขนาด 3, 4, 6, 6 $\frac{5}{8}$, 8, 9 และ 12 นิ้ว จะเห็นได้ว่า ในการทำเหมืองดีบุกนั้นส่วนใหญ่ไม่ว่าจะเป็นการเดินอุโมงค์ เจาะปล่อง หรือระเบิดเอาแร่ลงจากแหล่งมักทำการระเบิดด้วยรูขนาดลึกไม่เกิน 6 ฟุต หัวเจาะส่วนใหญ่จึงใช้เพียง 3 ขนาด คือ ขนาด 1 $\frac{1}{4}$, 1 $\frac{3}{16}$ และ 1 $\frac{1}{8}$ นิ้ว เท่านั้น

อุปกรณ์ติดตั้งเครื่องเจาะ (Drill Mountings)

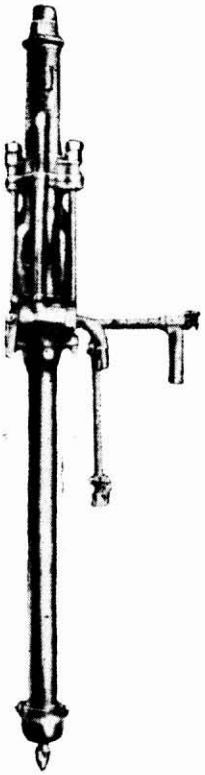
เครื่องเจาะแบบดริฟเตอร์ใช้โดยติดตั้งบนแขนที่ยื่นจากท่อเหล็กค้ำยัน (column) ซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 $\frac{1}{2}$,3, 3 $\frac{1}{2}$ และ 4 นิ้ว ที่ปลายล่างของท่อเหล็กค้ำยัน (column) ดังกล่าวมีสกรูแจ็ค (screw jack) เพื่อใช้ปรับให้ท่อเหล็กค้ำยัน (column) ยันแน่นระหว่างพื้นกับหลังคาหรือข้างอุโมงค์ แขนที่ยื่นจากท่อเหล็กค้ำยัน (column) ยาวประมาณ 18–22 นิ้ว แต่บางชนิดยาวกว่านี้ก็มี ส่วนเครื่องเจาะแบบแจ็คแฮมเมอร์ใช้ขาเจาะ (jack leg) ซึ่งหนักประมาณ 35 ปอนด์

เหล็กสามขา (stell tripod) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้เครื่องเจาะแบบแจ็คแฮมเมอร์ โดยมีน้ำหนักถ่วงรวมน้ำหนักประมาณ 220–560 ปอนด์ ใช้ในการทำเหมืองเปิด หรือใน (Open stopes) ในเหมืองใต้ดิน

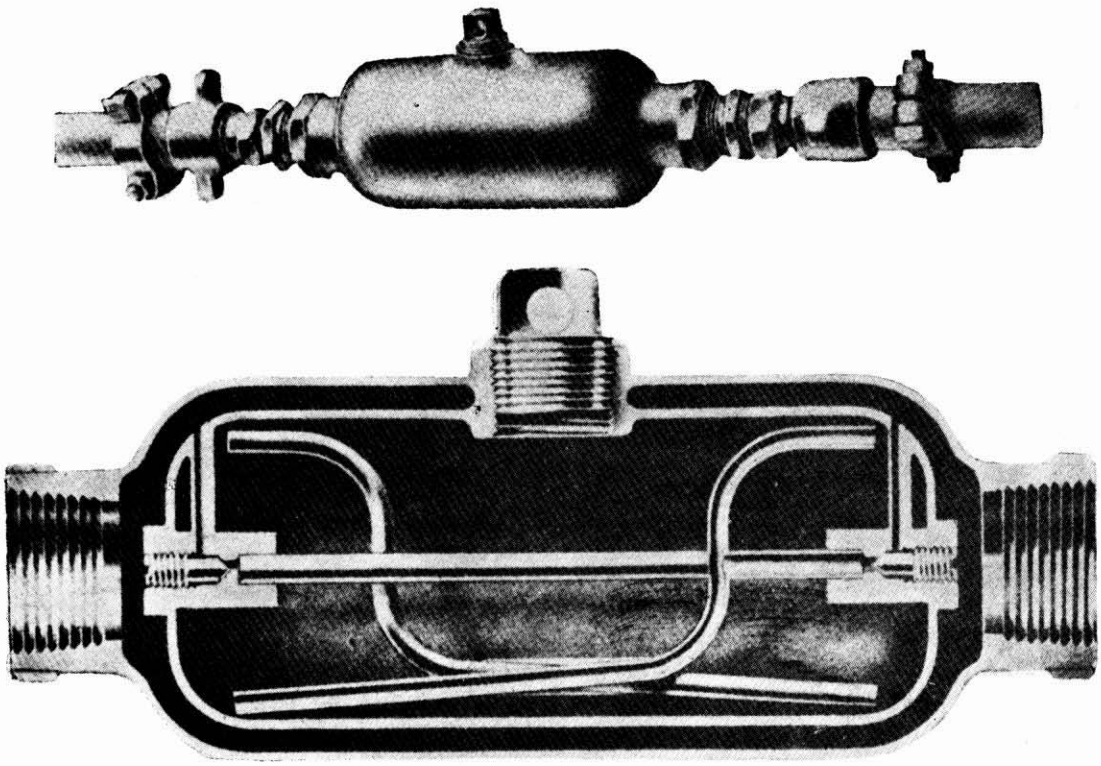
จัมโบส์ (Jumbos) ในการเจาะอุโมงค์ขนาดใหญ่ต้องทำการเจาะด้วยเครื่องเจาะหลายตัว ซึ่งติดตั้งไว้บนรถที่เคลื่อนย้ายได้โดยสะดวก เครื่องเจาะทุกตัวประกอบอยู่ในลักษณะที่จะทำการเจาะได้ทุกทิศทาง อุปกรณ์ดังกล่าวนี้เรียกว่า จัมโบส์ (Jumbos) จัมโบส์ขนาดเล็กสุดมีเครื่องเจาะ 2 ตัว ขนาดใหญ่มีตั้งแต่ 5–8 ตัวขึ้นไป

เครื่องเจาะแบบติดล้อ (Wagon Drills) เครื่องเจาะชนิดนี้เป็นเครื่องเจาะหัวเดี่ยวที่มีล้อยางประกอบ 2 หรือ 3 ล้อ ลากเคลื่อนย้ายได้ ตัวเครื่องเจาะประกอบอยู่ในแนวเดียวกับท่อเหล็กสมอ (steel anchor points) เครื่องเจาะแบบติดล้อนี้ใช้เฉพาะในการทำเหมืองเปิดและเหมืองหินเท่านั้นมีขนาดตั้งแต่ 375 ปอนด์จนถึง 1,475 ปอนด์

อุปกรณ์การเตรียมและตกแต่งก้านและหัวเจาะ นอกจากอุปกรณ์ที่ได้กล่าวมาแล้วในการเจาะควรมีเครื่องมืออุปกรณ์ในการเตรียม การทำ และตกแต่งก้านเจาะและหัวเจาะ เป็นต้นว่า เครื่องลับ (grinders) เครื่องตัดก้านเจาะ (cutter) เตาน้ำมัน และเครื่องทำก้านเจาะ (drill sharpener) เพื่อใช้ในการลับหัวเจาะ ตัดก้านเจาะ และทำก้านเจาะ อันเป็นงานที่จำเป็นต้องทำเป็นประจำในการเจาะ



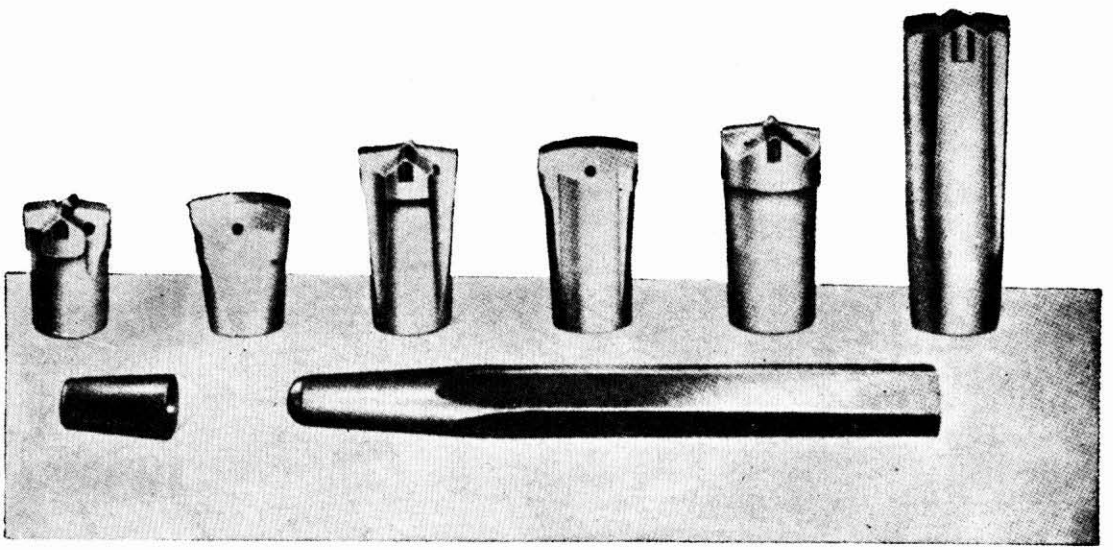
รูปที่ 48 เครื่องเจาะสโต๊ปเปอร์



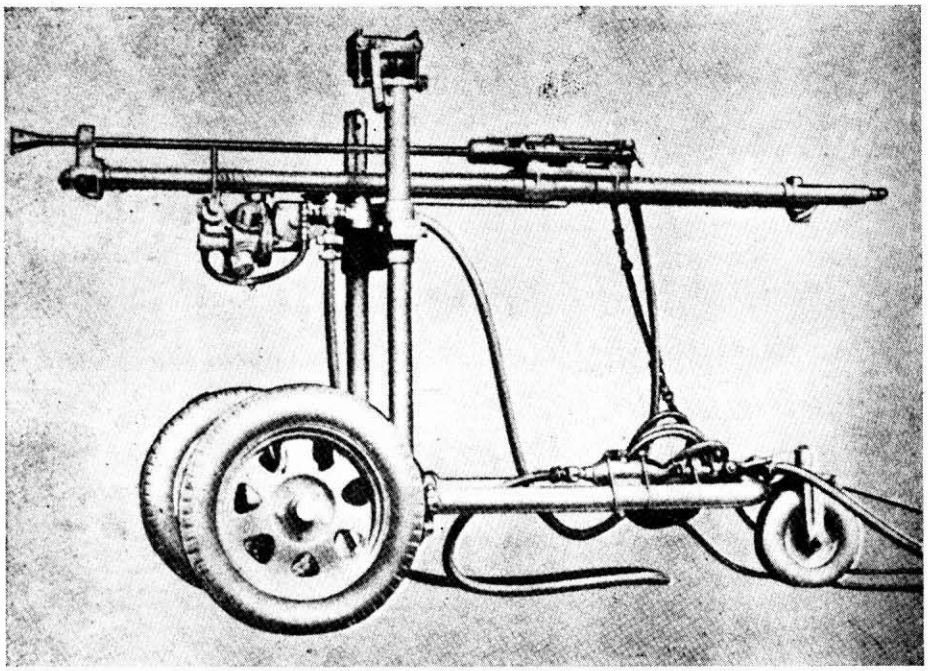
รูปที่ 49 เครื่องหล่อลื่น (Line Oiler)



รูปที่ 50 หัวเจาะแบบติดกับก้านเจาะ



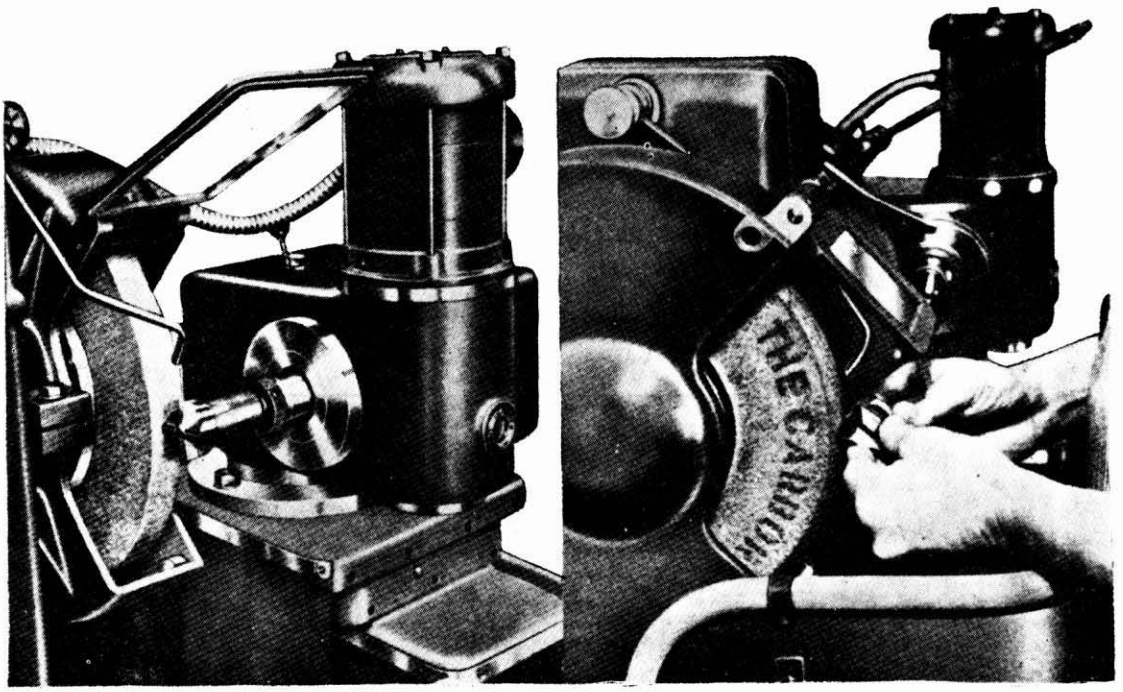
รูปที่ 51 หัวเจาะแบบต่าง ๆ



รูปที่ 52 เครื่องเจาะแบบติดล้อ
(Wagon Drills)



รูปที่ 53 เครื่องเจาะแจ๊คแฮมเมอร์
ประกอบกับขาเจาะ



รูปที่ 54 เครื่องลับหัวเจาะ

อุปกรณ์ระเบิดในการทำเหมือง

วัตถุระเบิด (Explosives)

วัตถุระเบิดเป็นสารประกอบหรือสารผสมเคมีที่พร้อมที่จะสลายตัวเป็นแก๊ซอุณภูมิสูงในปริมาณมากได้ในทันทีทันใดที่มีการจุดระเบิด วัตถุระเบิดที่ใช้ในการทำเหมืองโดยทั่วไปนั้นมีมากมายหลายชนิด หลายประเภท เป็นต้นว่า ดินดำ (black powder)ดินระเบิด (dynamites) อ๊อกซิเย่นเหลว (liquid oxygen) คาร์ด๊อคซ์ (cardox) และแอร์ด๊อคซ์ (airdox) เหล่านี้เป็นต้น แต่ละชนิดแต่ละประเภทก็มีขนาดและคุณสมบัติแตกต่างกันออกไป ในที่นี้จะได้กล่าวเฉพาะดินดำและดินระเบิด ซึ่งใช้ในการทำเหมืองแร่โลหะและเหมืองหินเป็นส่วนใหญ่เท่านั้น

ดินดำ (Black Powder)

ดินดำประกอบด้วยส่วนผสมรวม 3 อย่างด้วยกัน คือ ดินประสิว (potassium nitrate) หรือ (sodium nitrate) กับถ่านไม้ และกำมะถัน มีผลิตออกจำหน่าย 2 ชนิด คือชนิดเม็ด (black blasting powder) และชนิดแท่ง (pellet powder) ชนิดเม็ดยังแบ่งออกเป็น 2 อย่าง คือ "A" และ "B" ชนิด "A" เป็นดินดำที่มีส่วนผสมของ potassium nitrate ส่วนชนิด "B" มีส่วนผสมของ (sodium nitrate) ชนิดแรกเร็วกว่ามาก แต่แรงกว่าเล็กน้อย และชื้นช้ากว่า อัตราเร็วในการเผาไหม้ของดินดำชนิดเม็ดขึ้นอยู่กับขนาดเม็ด เม็ดยิ่งละเอียดยิ่งเร็ว ชนิด "A" บางชนิดมีขนาด 4 FA, 5 FA, และ 7 FA ส่วน "B" บางชนิดมีขนาด 2 C ถึง 4 F ส่วนชนิดแท่งนั้นอัดเป็นแท่งกลมยาว 2 นิ้ว เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก $1\frac{1}{4}$"—2" มีรูกลวงขนาด $\frac{3}{8}$" เพื่อสอดสายชนวน (safety fuse) หรือหลอดชนวนไฟฟ้า (electric squib) ตัวดินดำคงเหมือนกับดินดำชนิดเม็ด แบบ "B" และแบ่ง grade ตามเบอร์ เช่น เบอร์2 เบอร์ 4 และเบอร์ 5 ดินดำเป็นดินระเบิดที่มีอัตราเร็วในการเผาไหม้ต่ำ การระเบิดจำเป็นต้องจุดด้วยเปลวไฟ เดิมเคยใช้ใต้ดินเหมือนกัน แต่ในปัจจุบันใช้กันแต่เฉพาะบนดินเท่านั้น ไม่ควรใช้ในการทำเหมืองใต้ดิน การทำเหมืองดีบุกซึ่งส่วนใหญ่เป็นการระเบิดแร่ในหินแกรนิตควรใช้ดินดำชนิด "B"

ดินระเบิด (Dynamites)

ในการเลือกใช้ดินระเบิดให้เหมาะกับงานแต่ละประเภทนั้น จำเป็นต้องคำนึงถึงองค์ประกอบหลายประการด้วยกัน ลักษณะของวัตถุที่จะทำการระเบิดเป็นปัจจัยสำคัญที่สุดที่จะต้องนำเข้ามาพิจารณา แต่คุณสมบัติของดินระเบิดก็มีส่วนสำคัญอยู่เป็นอย่างมาก ฉะนั้นก่อนที่จะได้กล่าวถึงชนิดของดินระเบิดจึงใคร่ขอกล่าวถึงคุณสมบัติของดินระเบิดเสียก่อน

คุณสมบัติของดินระเบิดประกอบด้วยความแรง (strength) ความแน่น (density) อัตราเร็ว (velocity) ความไว (sensitiveness) ความคงทนต่อน้ำ (water resistance) ความคงทนต่อการแข็งตัวเนื่องจากอากาศเย็นจัด คุณสมบัติในการติดไฟ (inftammability) ลักษณะของควันระเบิด (fumes)

ความแรง (Stength) หมายถึงพลังงาน (energy content) ของวัตถุระเบิดที่จะให้แรงหรือพลังในการระเบิด ดินระเบิดไนโทรกลีเซอริน (nitroglycerine หรือ straight dynamites) นั้น แบ่งขนาดความแรงตามเปอร์เซ็นต์ของไนโทรกลีเซอรีน (nitroglycerine) ที่ผสมอยู่โดยน้ำหนัก เช่น 40 % ก็มีไนโทรกลีเซอรีนอยู่หนัก 40 % ของน้ำหนักของเนื้อดินระเบิดชนิดนี้ทั้งสิ้น พลังจากการระเบิดจะเป็นอัตราส่วนตามเปอร์เซ็นต์ของความแรงของวัตถุระเบิด เช่นดินระเบิด 60 % ย่อมมีพลังในการระเบิดมากกว่าชนิด20 % แต่โดยที่มีส่วนผสมของสารอื่นปนอยู่ด้วยจึงไม่เป็น 3 เท่าพอดี (คงได้เพียงประมาณ 1½ เท่า เท่านั้น) สำหรับดินระเบิดชนิดอื่นเปอร์เซ็นต์ของไนโทรกลีเซอรีนลดน้อยลงไปมาก โดยมีสารอื่นเข้าไปแทนเป็นต้นว่า ammonium nitrate การแบ่งขนาดความแรงจึงเทียบกับดินระเบิดไนโทรกลีเซอรีน ถ้าเป็นการเทียบกันตามน้ำหนัก เช่น ดินระเบิดแอมโมเนีย (ammonia dynamites) 40 % จำนวน 1 ปอนด์ ก็จะมีความแรงเท่ากันกับดินระเบิดไนโทรกลีเซอรีน 40% หนัก 1 ปอนด์เท่ากัน แต่ถ้าเป็นการเปรียบเทียบกันตามบริมาตร เช่น ดินระเบิดแอมโมเนีย 60% ก็มีความแรงเท่ากันกับดินระเบิดไนโทรกลีเซอรีน 60% ที่มีบริมารตรเท่ากัน ดังนี้เป็นต้น การวัดความแรงบางแห่งก็ใช้เปรียบเทียบกับ Blasting Gelatine ซึ่งเป็นดินระเบิดที่แรงที่สุดที่ผลิตออกจำหน่าย และมีความแน่นประมาณ 1.5 กรัม / ลูกบาศก์เซนติเมตร โดยถือว่าทั้งความแรงโดยน้ำหนักและโดยบริมาตรของดินระเบิดชนิดนี้เท่ากับ 100 เปอร์เซนต์

ความแน่น (Density) ความแน่นของดินระเบิดนั้นนับกันตามจำนวนนัดขนาด 1¼″ × 8″ ที่จะจุได้ในหีบขนาดความจุ 50 ปอนด์ ซึ่งจะตกประมาณ 80 ถึง 120 นัด ในกรณีที่ทำการระเบิดในตัวสินแร่ที่แข็งหรือเจาะอุโมงค์ในหินแข็งควรใช้ดินระเบิดที่มีความแน่นสูง หรือที่นับจำนวนนัดได้น้อย แต่ในการระเบิดวัตถุที่ไม่สู้จะแข็งให้แตกออกเป็นก้อนโต ๆ ต้องใช้ชนิดที่มีความแน่นต่ำหรือที่นับจำนวนนัดได้มาก และในการทำเหมืองหิน หากต้องการแรงระเบิดสูง บางทีก็ใช้ชนิดที่มีความแน่นสูงยัดไว้เฉพาะตอนก้นรู

อัตราเร็ว (Velocity) อัตราเร็วในการระเบิดคืออัตราเร็วของคลื่นระเบิดซึ่งวิ่งจากจุดเริ่มต้นผ่านแท่งดินระเบิด โดยปรกติจะวัดจากแท่งดินระเบิดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1¼ นิ้ว อัตราเร็วของดินระเบิดมีตั้งแต่ 4,000 ถึง 23,000 ฟุต / วินาที คุณลักษณะดังกล่าวนี้เป็นคุณลักษณะที่มีความสำคัญอย่างยิ่ง เพราะพลังงานในการระเบิดมีส่วนเกี่ยวพันโดยตรงกับอัตราเร็วในการระเบิด และพลังงานสะเทือนดังกล่าวนี้จะเป็นส่วนสำคัญในการก่อให้เกิดรอยแตกร้าวในมวลหิน เมื่ออัตราเร็วสูงขึ้นดินระเบิดจะมีคุณสมบัติในทางที่จะทำให้เกิดอำนาจระเบิดในทางที่จะให้แตกแยกออกเป็นชิ้นเล็กชิ้นน้อยได้มากขึ้น แต่ความแรงและความแน่นก็มีส่วนอยู่ด้วยเหมือนกัน ฉะนั้น ทั้งความแน่น ความแรง และอัตราเร็วจึงเป็นส่วนสำคัญยิ่งในการเลือกใช้ดินระเบิด



ละเอียด กลาง หยาบ

รูปที่ 55 ดินดำชนิดเม็ด



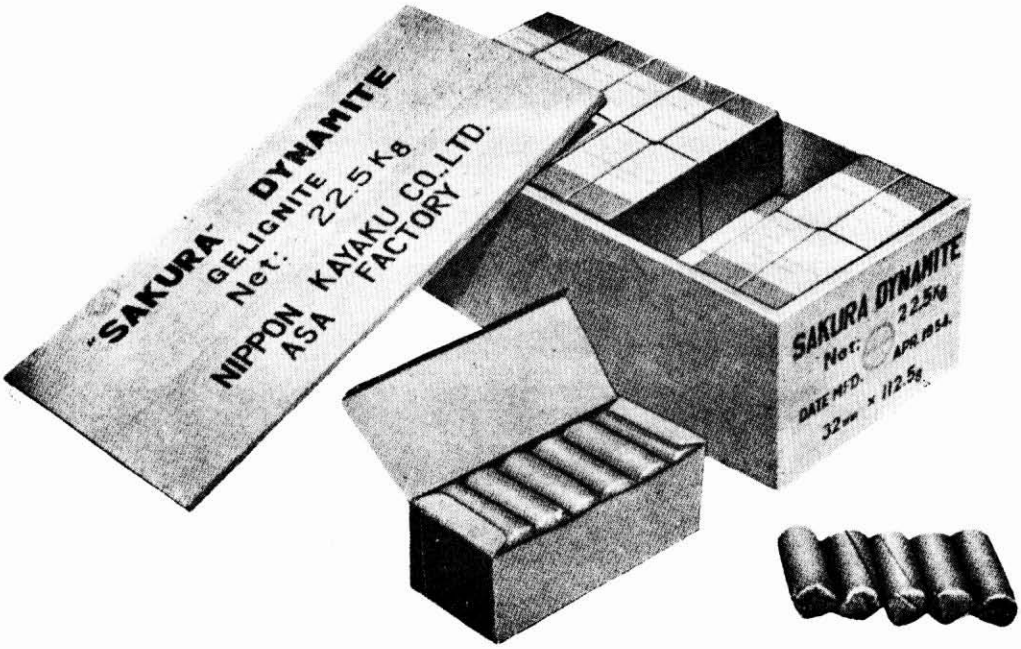
รูปที่ 56 ดินดำชนิดแท่ง



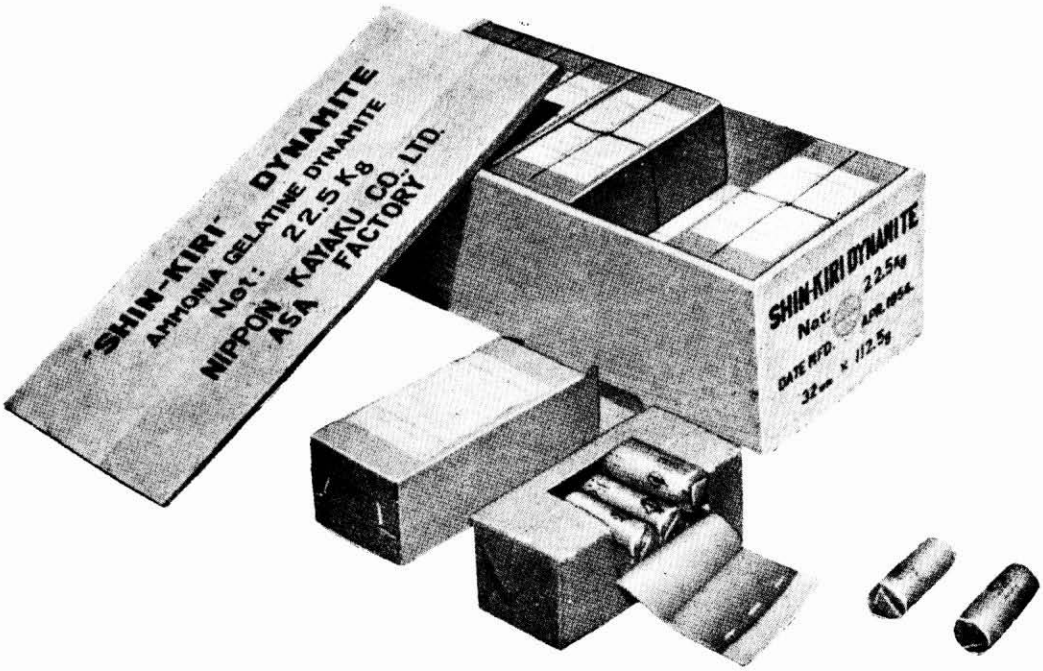
รูปที่ 57 เยลิกไนท์



รูปที่ 58 เยลาตินชนิดพิเศษ



รูปที่ 59 เยลิกไน้ท์



รูปที่ 60 ดินระเบิดแอมโมเนีย เยลาติน



รูปที่ 61 ดินระเบิดกึ่งเยลาติน



รปที่ 62 สายชนวน

ความไว (Sensitiveness) ดินระเบิดทุกชนิดที่ผลิตออกจำหน่ายจะต้องมีความไวเป็นไปตามกฎข้อบังคับที่ได้วางไว้ และก่อนที่ดินระเบิดแต่ละชนิดจะได้รับอนุญาตให้ทำการผลิตออกจำหน่ายจะต้องผ่านการทดสอบจนเป็นที่พอใจของทางการเกี่ยวกับคุณสมบัติในการเก็บและเกี่ยวกับความปลอดภัยในการใช้เสียก่อน นั่นก็หมายความว่าดินระเบิดจะต้องมีความไวไม่สูงพอที่จะเกิดการระเบิดขึ้นได้จากแรงสะเทือนอันอาจจะเกิดขึ้นได้จากการนำไปใช้ หรือการขนส่ง แต่ในขณะเดียวกันผู้ผลิตก็จะต้องผลิตดินระเบิดให้มีคุณสมบัติที่จะระเบิดขึ้นได้เมื่อจุดระเบิดด้วยเชื้อปะทุ ทั้งจะต้องถ่ายทอดคลื่นระเบิดจากนัดหนึ่งไปยังอีกนัดหนึ่ง ซึ่งอยู่ในรูระเบิดเดียวกัน และภายหลังที่ได้เก็บไว้ในระยะเวลาอันสมควร ดินระเบิดจะต้องคงรักษาคุณสมบัติเหล่านี้ไว้ได้อีกด้วย

ความคงทนต่อน้ำและความชื้น (Water and moisture resistance) ดินระเบิดที่ใช้ในการเจาะอุโมงค์นั้นจะต้องผลิตให้ใช้ในสภาพงานที่เปียกชื้น ซึ่งมักจะเกี่ยวข้องกับงานนี้ ความคงทนต่อความชื้นจะวัดได้โดยการเก็บดินระเบิดไว้ในสภาพที่ชื้นและอบอ้าว ซึ่งสร้างขึ้นโดยเฉพาะและทำการวัดความเสื่อมของคุณลักษณะด้านอื่น ๆ เป็นต้นว่าลักษณะคงรูป (stability) อัตราเร็วในการระเบิด และความไวในการระเบิด ส่วนความคงทนต่อน้ำวัดได้โดยการจุดระเบิดภายใต้เสียน้ำระดับต่าง ๆ หลังจากที่ได้แช่ดินระเบิดนั้นไว้ในระยะเวลาหนึ่ง ดินระเบิดเยลาติน (gelatine dynamites) เป็นดินระเบิดชนิดที่ต้านทานน้ำได้ดีที่สุด ดินระเบิดแอมโมเนียชนิดความแน่นสูงบางชนิดทนน้ำได้ดี แต่ดินระเบิดแอมโมเนียชนิดความแน่นต่ำทนน้ำได้น้อยหรือเกือบไม่ได้เลย ฉะนั้นเมื่อทำการระเบิดในที่ที่มีน้ำจะต้องเลือกชนิดที่พอจะทนน้ำได้แต่ถ้าเป็นการระเบิดในที่ไม่มีน้ำ คุณสมบัติดังกล่าวนี้ไม่มีความสำคัญแต่อย่างใด

ความคงทนต่อการแข็งตัว (Freezing Resistance) การแข็งตัวนี้จะเกิดขึ้นได้เฉพาะในท้องที่ที่มีอากาศเย็นจัดเท่านั้น ในเมืองไทยไม่ต้องกังวลในเรื่องนี้ เพราะไม่มีดินระเบิดชนิดใดที่จะแข็งตัวได้ไม่ว่าอากาศจะหนาวสักเพียงใด

คุณสมบัติในการติดไฟ (Inflammability) ดินระเบิดบางชนิดก็จะติดไฟได้ทันที แต่บางชนิดจะติดไฟก็ต่อเมื่อมีเชื้อเพลิงจ่อไว้เป็นเวลานานพอสมควรเท่านั้น

ลักษณะของควันระเบิด (Fumes) แก๊ซที่เกิดจากการระเบิดของดินระเบิดนั้น ส่วนใหญ่ก็มี carbon dioxide, nitrogen และไอน้ำ ซึ่งไม่เป็นพิษ และบางทีก็มีจำพวกที่เป็นพิษเจือปนอยู่บ้าง คือ carbon monoxide และ nitrogen oxides จำพวกแก๊ซพิษเหล่านี้เกี่ยวกับการระเบิดเรียกกันว่า fumes ในการทำเหมืองบนดินไม่จำเป็นต้องพิถีพิถันกันนัก แต่ในการทำเหมืองใต้ดินแล้วจะต้องพิจารณาเลือกดินระเบิดที่ใช้ให้ดี

ดินระเบิดมีหลายชนิดเป็นต้นว่า ดินระเบิดไนโทรกลีเซอรีน (nitroglycerine dynamites) ดินระเบิดแอมโมเนีย (ammonia dynamites) ดินระเบิดเยลาติน (gelatine dynamites) ดิน-

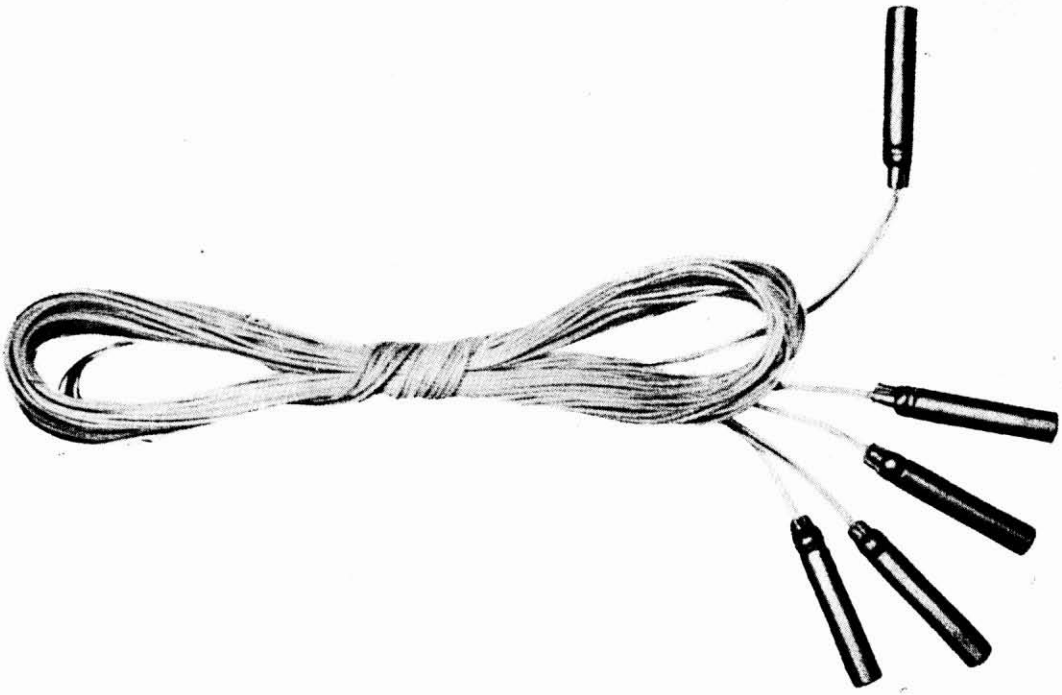
ระเบิดแอมโมเนีย–เยลาติน (ammonia-gelatine dynamites) ดินระเบิดกึ่งเยลาติน (semi-gelatine dynamites) เหล่านี้เป็นต้น

ดินระเบิดไนโทรกลีเซอรีน ประกอบด้วยไนโทรกลีเซอรีนเป็นส่วนประกอบที่สำคัญ มี sodium nitrate เป็นส่วนผสม และมีสารจำพวกถ่าน (carbonaceous material) อยู่ด้วย ไนโทรกลีเซอรีน มีลักษณะเหลวเป็นมัน รสหวาน ไม่มีสี ทำได้จากการผ่าน superheated steam เข้าไปในไขมัน และจากผลพลอยได้จากน้ำมันแร่หรือจากไขมันผสมกับด่าง ส่วนสารจำพวกถ่านนี้ก็มีแป้งผงจากพืชต้มให้เป็นถ่าน หรือไม้ป่นละเอียดแล้วย่างให้เป็นถ่านเช่นกัน ดินระเบิดชนิดนี้เป็นชนิดความเร็วสูง แต่เนื่องจากมีคุณสมบัติทางควันระเบิด (fumes) ต่ำจึงไม่เหมาะที่จะนำไปใช้ใต้ดิน หรือในบริเวณล้อมรอบขอบชิด ขณะนี้ไม่เป็นที่นิยม เพราะแพงทั้งไวต่อการระเบิด แรงสะเทือน และความฝืด และตัดไฟได้ง่ายมาก

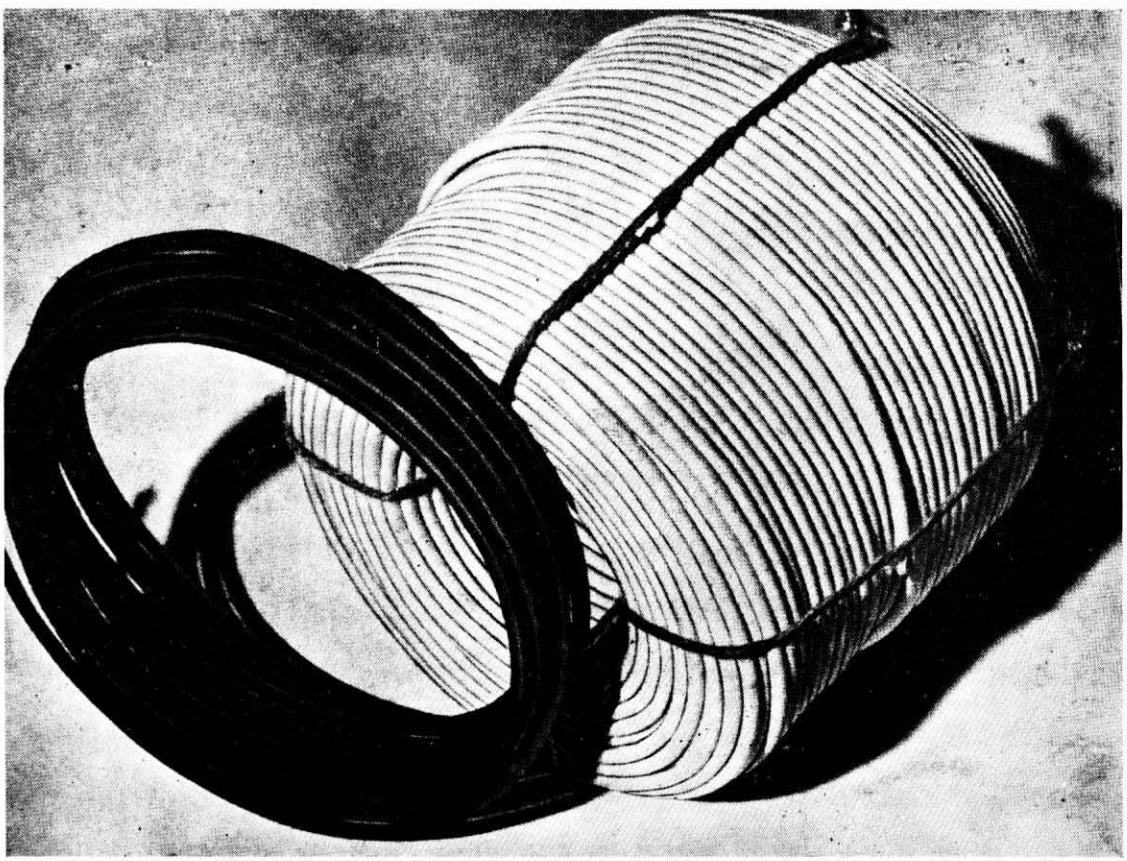
ดินระเบิดแอมโมเนีย (Ammonia Dynamites) ดินระเบิดชนิดนี้ใช้ ammonium nitrate แทนไนโทรกลีเซอรีนเป็นส่วนใหญ่ คงมีไนโทรกลีเซอรีนเหลืออยู่บ้างเพียงเล็กน้อยมีความแรง 15–60 เปอร์เซ็นต์ ไม่เหมาะในการระเบิดที่มีน้ำ ความเร็วต่ำกว่าดินระเบิดไนโทรกลีเซอรีน ความไวต่อการระเบิดจากแรงสะเทือน หรือความฝืดน้อยลง ติดไฟได้ยากกว่า เหมาะในการทำเหมืองบนดิน ที่หินแข็งปานกลาง

ดินระเบิดเยลาติน (Gelatine Dynamites) เป็นดินระเบิดที่มีส่วนผสมของไนโทรกลีเซอรีน กับ nitrocotton คงมี sodium nitrate เล็กน้อย พร้อมด้วยสารจำพวกถ่าน ความแรงขนาดต่าง ๆ ตั้งแต่ 20 จนถึง 90 เปอร์เซ็นต์ nitrocotton หรือ gun cotton เป็นส่วนผสมของกรด nitric กับ sulphuric ในปุยฝ้าย Blasting Gelatine เป็น gelatine ที่มี nitrocotton 7–10 % ผสมกับไนโทรกลีเซอรีน ถือเป็นประเภทความแรง 100 เปอร์เซ็นต์แต่เพียงชนิดเดียวมีลักษณะเหนียวยืดหยุ่นคล้ายวุ้น ในการผลิตดินระเบิดเยลาตินชนิดความแรงต่าง ๆ นั้นก็เพียงแต่เติม sodium nitrate กับสารจำพวกถ่านเข้าไปเท่านั้น ดินระเบิดชนิดนี้เป็นชนิดกันน้ำ ทนน้ำได้ดีที่สุด ชนิด 20–60 % มีคุณสมบัติทางควันระเบิดยอดเยี่ยม แต่แรงเกิน 60 % ขึ้นไปอยู่ในชั้นเลว เมื่อทำการบรรจุรูระเบิดให้ดีจะให้ความเร็วสูงเป็นชนิดความแน่นสูง เหมาะสำหรับงานที่ต้องการระเบิดออกเป็นชิ้นเล็กชิ้นน้อย และในหินค่อนข้างแข็ง และโดยเฉพาะอย่างยิ่งในการระเบิดในที่ที่มีน้ำ ทั้งใต้ดินบนดิน แต่ค่อนข้างแพง

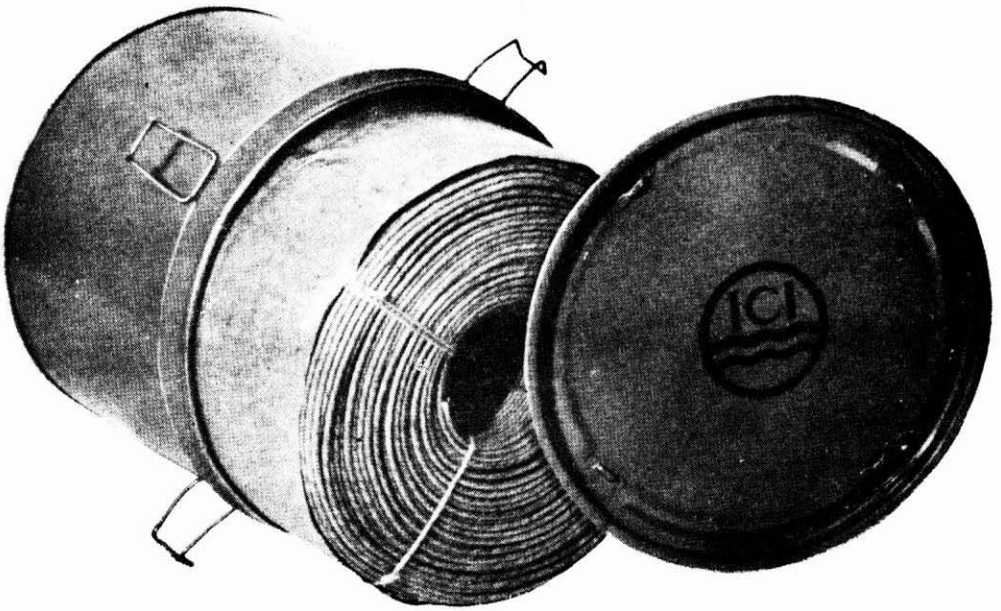
ดินระเบิดแอมโมเนียเยลาติน (Ammonia gelatine dynamites) เป็นชนิดที่ใช้ ammonium nitrate แทนไนโทรกลีเซอรีนบางส่วน คงมี nitrocotton, sodium nitrate กับสารจำพวกถ่าน ความแรงมีตั้งแต่ 30 จนถึง 90 เปอร์เซ็นต์ ดินระเบิดชนิดนี้คงเหมือนกับดินระเบิดเยลาตินเกือบทุกประการ แต่ความเร็วต่ำกว่า ทนน้ำได้น้อยลงเพียงเล็กน้อย แต่ก็ยังใช้บรรจุในรูระเบิดที่มีน้ำได้เป็นอย่างดี เป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เพราะราคาถูกกว่า คุณสมบัติในทางควันระเบิดก็จะอยู่ในขั้นดีมาก เหมาะกับงานเหมืองหิน เหมืองแร่โลหะ



รูปที่ 63 แก๊ปไฟฟ้า



รูปที่ 64 สายชนวน



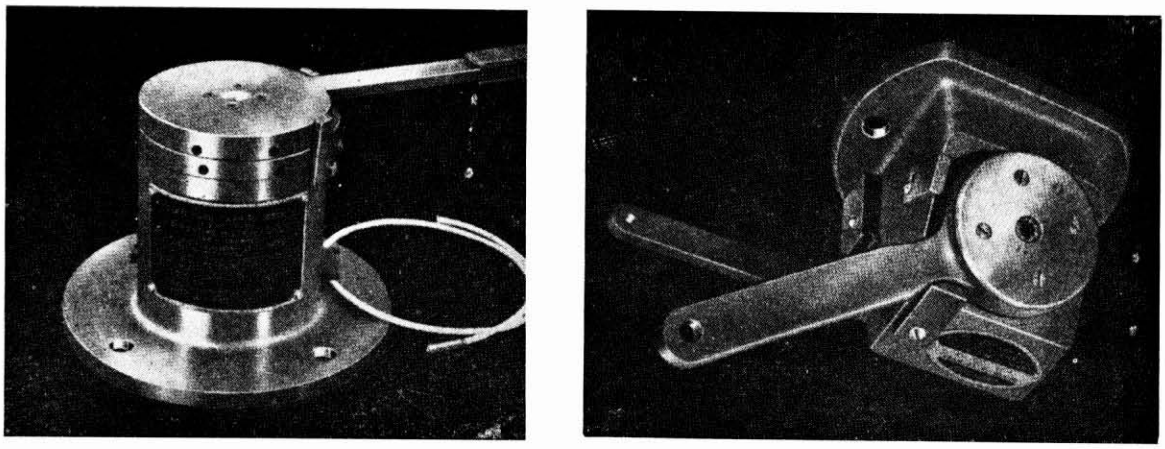
รูปที่ 65 สายชนวน



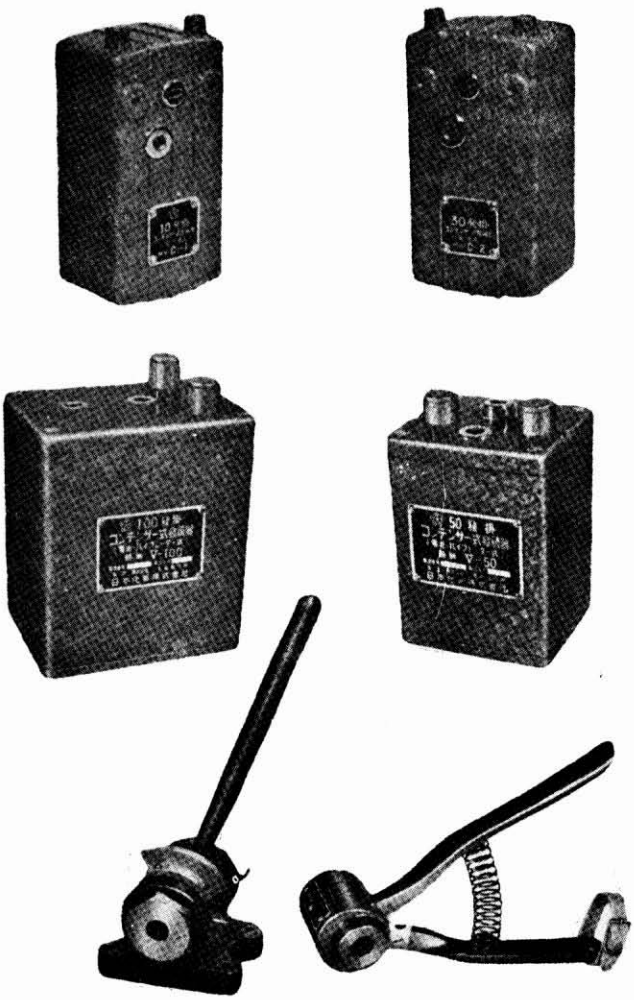
แก๊ปไฟฟ้าจังหวะถ่วง

แก๊ปไฟฟ้าจังหวะถ่วงช่วงสั้น

รูปที่ 66 แก๊ปไฟฟ้า



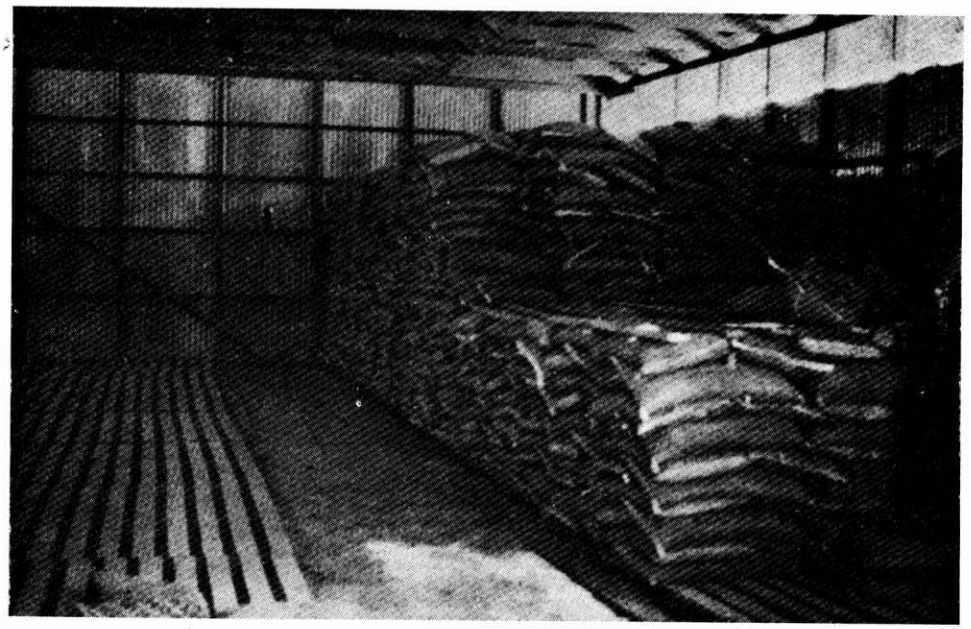
รูปที่ 67 คีมหนีบแก๊ประเบิดชนิดพิเศษ



รูปที่ 68 อุปกรณ์ประกอบการระเบิด



รูปที่ 69 อุปกรณ์ประกอบการระเบิดและเครื่องมือทดสอบ



รูปที่ 70 แสดงถุงบรรจุแอมโมเนียมไนเตรท ผสมน้ำมันดีเซลหนึ่งแกลลอน
กับแอมโมเนียมไนเตรท 100 ปอนด์
เป็น "Ammonium Nitrate–Fuel Oil Mixture" หรือ "AN–FO"

งานก่อสร้าง ใช้ในการเจาะปล่องและอุโมงค์ได้ตั้งแต่หินที่อ่อนไปจนถึงหินแข็ง แต่โดยที่ ammonium nitrate เป็นสารที่ดูดความชื้น ฉะนั้น ดินระเบิดชนิดนี้ทุกนัดจึงต้องหุ้มด้วยไขและหีบห่อต้องทำเป็นพิเศษ เพื่อกันการดูดความชื้น เมื่อเปิดหีบห่อออกใช้แล้วต้องระวังอย่าทิ้งไว้ในบรรยากาศที่ชื้นนานเกินควร

ดินระเบิดกึ่งเยลาติน (Semi-gelatine dynamites) ดินระเบิดชนิดนี้มีส่วนผสมอยู่ในระหว่างแอมโมเนียเยลาติน กับดินดำ มีความแรงเทียบโดยปริมาตรหลายขนาด มากพอที่จะเลือกใช้ได้ในการระเบิดทุกสภาพ บางกรณีใช้แทนเยลาตินได้เป็นอย่างดี ชนิดที่ความแน่นต่ำกว่าจะทำให้ระเบิดแตกเป็นชิ้นได้ดีกว่า ใช้ได้ทั้งในการทำเหมืองหิน การเจาะอุโมงค์ การระเบิดนำแร่ออกจากแหล่งในเหมืองแร่โลหะ ตลอดจนการเดินอุโมงค์เพื่อการก่อสร้าง มีชนิดตั้งแต่ที่ใช้สำหรับหินที่อ่อนไปจนกระทั่งหินแข็ง ดินระเบิดกึ่งเยลาตินนี้แม้จะทนน้ำได้ไม่เท่าเยลาติน ก็ยังทนน้ำได้อยู่ในขั้นดีที่เดียว และในการผลิตนั้นทุก ๆ นัดได้ห่อไว้ด้วยกระดาษไขและชุบด้วยไขพาราฟฟินอีกชั้นหนึ่ง เพื่อป้องกันความชื้น

เยลิกไนท์ (Gelignites) ซึ่งเกือบจะกล่าวได้ว่าเป็นเพียงชนิดเดียว ที่นิยมใช้กันอยู่ในการทำเหมืองแร่ และเหมืองหินในประเทศไทยอย่างกว้างขวางในขณะนี้ ก็เป็นพวกเยลาตินที่มีความแน่นสูง เก็บไว้ได้ดีมาก ทนน้ำได้สูง และควันระเบิดไม่มีแก๊สที่เป็นพิษ เยลิกไนท์แบ่งเปอร์เซ็นต์ตามปริมาณของไนโทรกลีเซอรีนที่มีอยู่ไม่ได้แบ่งตามความแรง มีด้วยกัน 4 ขนาด คือ 62 % N.G. (ความแรง 75 %), 51 % N.G. (ความแรง 60 %), 42 % N.G. (ความแรง 55 %) และ 34 % N.G. (ความแรง 50 %) ดินระเบิดชนิดนี้คงเหมาะสำหรับการทำเหมืองโลหะ (metal mining) การเจาะอุโมงค์ และการทำเหมืองหิน ชนิด 62 % N.G. เป็นชนิดที่ใช้ในการระเบิดหินแข็งอย่างแพร่หลาย

เยลาตินชนิดพิเศษ (Special gelatines) เป็นดินระเบิดอีกชนิดหนึ่งที่มีจำหน่ายในประเทศไทย แต่ไม่เป็นที่นิยมกันนัก ดินระเบิดชนิดนี้ก็คือดินระเบิดแอมโมเนียเยลาตินนั่นเอง มีความแรง 30%, 35%, 40%, 45%, 50%, 60%, 75%, 80 % และ 90 % อันที่จริงเยลาตินชนิดพิเศษนี้ทนน้ำได้เป็นอย่างดี แม้จะไม่เท่าเยลาตินก็ตาม ขนาดความแรงก็มีให้เลือกได้โดยกว้างขวาง คือตั้งแต่ 30 % จนถึง 90 % รวมถึง 9 ขนาดด้วยกัน คุณสมบัติอย่างอื่นก็เหมาะที่จะใช้ในการทำเหมืองโดยทั่วไป รวมทั้งเหมืองดีบุกด้วย ราคาก็ถูกกว่า จะมีข้อเสียอยู่บ้างก็ตรงที่ดูดความชื้น เมื่อเปิดห่อออกแล้วจะทิ้งไว้ในที่อากาศชื้นไม่ได้นานนัก แต่ก็ไม่เป็นปัญหาสำคัญอันใด เพราะถ้าได้เก็บรักษาไว้ในหีบห่อโดยเรียบร้อย เปิดห่อออกใช้เฉพาะที่จำเป็นแล้ว ก็ไม่น่าจะมีข้อเสียหายแต่อย่างใด เพราะแต่ละนัดก็หุ้มด้วยไขและหีบห่อก็อยู่ในลักษณะที่กันการดูดความชื้นอยู่แล้ว

อุปกรณ์ในการจุดระเบิด

อุปกรณ์จุดระเบิดมีหลอดชนวนระเบิด (squib) สายชนวน (fuse) หลอดชนวนไฟฟ้า (electric squib) แก๊ประเบิด (blasting cap) แก๊ปไฟฟ้า (electric detonators) หลอดชนวนไฟฟ้าจังหวะถ่วง (delay electric squibs) แก๊ปไฟฟ้าจังหวะถ่วง (delay electric detonators) สายชนวนไฟฟ้าจังหวะถ่วง (delay electric igniters) และชนวนระเบิด (primacord) เหล่านี้เป็นต้น

หลอดชนวนระเบิด (Squib) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการจุดระเบิดดินดำ ประกอบด้วยหลอดกระดาษบาง ๆ บรรจุดินดำ ปลายข้างหนึ่งปิดด้วยจุกที่ทำด้วยไข ปลายอีกข้างหนึ่งปิดพันเข้ากับกระดาษชนวน ซึ่งทำหน้าที่คล้ายสายชนวน ก่อนใช้ต้องถอดจุกที่ทำด้วยไขออกเสียก่อนในการจุดระเบิดใช้ไม้ขีดหรือเปลวไฟอย่างอื่นจุดกระดาษชนวน เมื่อไฟลามไปถึงดินดำในหลอดชนวน หลอดชนวนจะพุ่งถอยหลังพร้อมกับพ่นเปลวไฟจุดดินดำในรูระเบิด

สายชนวน (Fuse หรือ Safety fuse) เป็นสายชนวนชนิดธรรมดา ที่ใช้กันมากในการทำเหมืองในประเทศไทย มีด้ายเป็นไส้ใน ล้อมรอบด้วยดินชนวน หุ้มด้วยผ้าด้ายและชุบด้วยสารกันน้ำ สายชนวนเป็นสื่อที่จะนำเปลวไฟไปสู่ดินดำหรือแก๊ประเบิด

หลอดชนวนไฟฟ้า (Electric squib) เป็นอุปกรณ์ที่ปลอดภัยที่สุดที่ใช้สำหรับการจุดระเบิดดินดำชนิดเม็ด ประกอบด้วยหลอดเล็ก ๆ บรรจุสารระเบิดและจุดโดยผ่านกระแสไฟฟ้าไปตามสายไฟ หลอดดังกล่าวที่ทำด้วยกระดาษหรืออลูมิเนียม ยาว $1\frac{1}{2}$ นิ้ว ปลายข้างหนึ่งปิดสายไฟมีทั้งชนิดทองแดงและเหล็กยาวประมาณ 4—12 ฟุต และเป็นชนิดสายหุ้ม มีเส้นลวดทองคำขาวเป็นสะพานระหว่างปลายทั้งสองที่อยู่ภายในหลอดดังกล่าว เมื่อกระแสไฟฟ้าผ่านจะจุดระเบิดสารระเบิดที่อยู่ภายในทำให้เกิดเปลวไฟ การใช้หลอดชนวนไฟฟ้าทำให้การอัดรูระเบิดสะดวกขึ้น ทั้งได้ผลเต็มที่และลดอันตรายในการใช้ดินดำลงได้เป็นอย่างมาก

แก๊ประเบิด (Blasting caps) การจุดระเบิดจำพวกดินระเบิด (dynamites) ไม่อาจจะทำได้ด้วยเปลวไฟเช่นกับดินดำ จำเป็นต้องจุดระเบิดด้วยเชื้อปะทุ (detonators) เช่น แก๊ประเบิดหรือแก๊ปไฟฟ้า (electric detonators) แก๊ประเบิดเป็นเชื้อปะทุที่ต้องจุดด้วยสายชนวน ประกอบด้วยหลอดโลหะเล็ก ๆ โดยมากทำด้วยทองแดง ขนาด $\frac{1}{4}$" ϕ × $1\frac{1}{2}$" ปลายข้างหนึ่งปิด ภายในหลอดบรรจุสารระเบิดอย่างแรงไว้ประมาณ $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{2}$ ส่วนของความยาวของหลอด ส่วนที่เหลือสำหรับสวมสายชนวนแก๊ประเบิดมีขนาดเบอร์ 6 กับเบอร์ 8

แก๊ปไฟฟ้า (Electric detonators) เป็นแก๊ปพิเศษที่จุดด้วยกระแสไฟฟ้า ประกอบด้วยหลอดทองแดงขนาด $\frac{1}{4}$" ϕ × $1\frac{1}{2}$" มีสารเชื้อปะทุอัดไว้ตอนก้นหลอด ภายในหลอดมีสารจุดไฟ ซึ่งประกอบด้วยสายไฟฟ้าต่อไว้รวม 2 สาย โดยมีสารที่มีส่วนผสมของกำมะถันทำเป็น

จุกอุดจับยึดสายทั้ง 2 ไว้ มีเส้นลวดความต้านทานเส้นเล็ก ๆ ต่อระหว่างปลายสายทั้ง 2 ต่ำจากจุกก้ามะถันลงมาประมาณ $\frac{3}{16}$" โดยมีสารกันน้ำกับก้ามะถันปิดไว้อีกชั้นหนึ่ง เมื่อกระแสผ่านสะพานไฟจะจุดเชื้อปะทุ สายไฟทั้ง 2 นั้นจะทำด้วยทองแดงหรือเหล็กก็ได้ แต่ต้องหุ้มด้วยฉนวนไฟฟ้า ในกรณีที่จุดพร้อมกันหลาย ๆ นัดควรใช้ชนิดทองแดง เพราะเหล็กมีความต้านทานถึง 6 เท่าของทองแดง อาจจะเกิดความยุ่งยากขึ้นได้

หลอดชนวนไฟฟ้าจังหวะถ่วง (Delay electric squibs) หลอดชนวนชนิดมีมีจังหวะถ่วงให้ระเบิดช้าเร็ว โดยใช้หลอดโลหะขนาดสั้นยาวต่างกัน หลอดที่สั้นที่สุดจะเร็วกว่า และจะช้าลงเมื่อความยาวเพิ่มขึ้น จังหวะถ่วงนั้นแต่ละจังหวะประมาณ 1—2 วินาที

แก๊ปไฟฟ้าจังหวะถ่วง (Delay electric detonators) ในบางกรณีเป็นต้นว่าการเจาะอุโมงค์ หรือปล่องจะต้องทำการระเบิดเป็นชุด ๆ ต่อเนื่องกันโดยทิ้งระยะห่างกันเพียง 1—2 วินาที หรือเร็วกว่านั้นมาก จำเป็นต้องใช้แก๊ประเบิดชนิดนี้ ซึ่งประกอบด้วยสารถ่วงเวลาคั่นไว้ระหว่างสารจุดไฟกับสารเชื้อปะทุ ในการผลิตออกจำหน่ายมีจังหวะถ่วงช้าเร็วกว่ากันถึงประมาณ 14 จังหวะ เมื่อรวมชนิดธรรมดาเข้าด้วยก็รวมเป็น 15 จังหวะด้วยกัน การจุดจะใช้เครื่องจุดระเบิด (blasting machines) หรือใช้กระแสไฟฟ้าจากวงจรไฟฟ้ากำลังก็ได้ ถ้าจุดจากกระแสไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้ากำลังควรต่อแบบขนาน ถ้าระเบิดคราวละไม่มากรูนักจะจุดด้วยเครื่องจุดระเบิดก็ได้ โดยต่อแก๊ประเบิดในแบบอันดับ แก๊ปไฟฟ้าจังหวะถ่วงนี้ชนิดที่มีจังหวะถ่วงเร็วมากเรียกว่า แก๊ปไฟฟ้าจังหวะถ่วงช่วงสั้น (millisecond delay หรือ short delay)

สายชนวนไฟฟ้าจังหวะถ่วง (Delay electric igniters) เป็นชนิดที่ใช้จุดสายชนวนด้วยไฟฟ้า ประกอบด้วยหลอดทองแดง มีสารจุดไฟด้วยไฟฟ้าและสายไฟปิด (sealed) ไว้ทางปลายข้างหนึ่ง และมีสายชนวนย้ำติดปลายอีกข้างหนึ่ง ความยาวของสายชนวนตั้งแต่ 3 นิ้วขึ้นไปโดยเพิ่มความยาวขึ้นทีละ 2 นิ้ว เพื่อทำให้มีจังหวะถ่วง ปลายสายชนวนหุ้มด้วยสารกันน้ำก่อนใช้ต้องตัดออกเสีย 1 นิ้ว

อุปกรณ์ประกอบการระเบิด (Blasting Accessories)

คีมหนีบแก๊ป (Cap crimpers) ในการจุดระเบิดดินระเบิดด้วยสายชนวนและแก๊ป จะต้องขบแก๊ปเข้ากับสายชนวนให้แน่น โดยใช้คีมหนีบแก๊ป ซึ่งทำขึ้นใช้ในการนี้โดยเฉพาะ มีอยู่ด้วยกัน 2 แบบ คือ แบบธรรมดา (hand type) กับแบบพิเศษ (bench type) แบบแรกใช้ในการเตรียมสายชนวนกับแก๊ประเบิดจำนวนน้อย ในการเตรียมสายชนวนจำนวนมาก ๆ ควรใช้แบบหลัง

เครื่องจุดระเบิด (Blasting machines) เป็นเครื่องจ่ายกระแสเข้าวงจรเพื่อจุดระเบิดด้วยไฟฟ้า มีอยู่ด้วยกัน 2 แบบ คือ แบบคอนเดนเซอร์ (condenser discharge type) กับแบบเครื่องทำไฟ (generator type) การใช้แบบแรกต้องต่อวงจรแก๊ประเบิดทุกนัดเป็นอันดับ นอก

จากเครื่องใหญ่ๆ เท่านั้นที่อาจจะต่อเป็นขนานได้ เครื่องแบบนี้ไม่มีส่วนประกอบที่เคลื่อนไหว ประกอบด้วยสวิทช์ประจุไฟกับสวิทช์จุดระเบิด เมื่อเปิดสวิทช์ประจุไฟฟ้าจากแบตเตอรี่แห้งเข้าคอนเดนเซอร์เต็มแล้วก็พร้อมที่จะทำการจุดระเบิดได้ ส่วนแบบหลังคือแบบเครื่องทำไฟนั้นมีเป็น 2 แบบ คือ แบบบิด (twist type) กับแบบกดกระแทก (push down type) เครื่องจุดระเบิดแบบบิดจะจุดระเบิดแก๊ปไฟฟ้าที่ต่อกันเป็นวงจรอันดับได้คราวละประมาณ 10 นัด ส่วนแบบกดกระแทกนั้นถ้าเป็นวงจรอันดับจะจุดได้คราวละประมาณ 50 นัด แต่ถ้าต่อแบบอันดับขนานก็จุดได้มากกว่านั้น เป็นต้นว่าเมื่อต่อเป็นวงจรขนานรวม 5 แถว แต่ละแถวเป็นวงจรอันดับประกอบด้วยแก๊ประเบิด 40 นัด ก็จุดได้รวมในคราวเดียวกันถึง 200 นัด

สวิทช์ไฟฟ้ากำลัง (Power switches) การใช้สวิทช์ไฟฟ้ากำลังเป็นการจุดระเบิดที่ปลอดภัยและได้ผลที่สุด หลังจากที่เปิดสวิทช์ผ่านกระแสไฟจากวงจรไฟฟ้ากำลังเข้าวงจรแก๊ปไฟฟ้า เพื่อทำการจุดระเบิดแล้ว เมื่อปล่อยมือสวิทช์จะหมุนกลับปิดได้เองโดยสปริง

เครื่องระเบิดเวลา (Blasting timer) เป็นเครื่องจุดระเบิดแก๊ปไฟฟ้าหรือชนวนระเบิด (primacord) กับแก๊ปไฟฟ้าธรรมดา จากวงจรไฟฟ้ากำลังในคราวเดียวกันโดยมีจังหวะถ่วงให้ช้าเร็วเป็นชุดๆ การใช้เครื่องระเบิดเวลาควรนำไปให้ใกล้จุดที่จะทำการระเบิดเพื่อลดจำนวนสายไฟที่จะใช้ เครื่องแบบนี้มีหม้อแปลงๆ ไฟให้ใช้ได้กับวงจรไฟฟ้ากำลังแรงเคลื่อนไฟฟ้าขนาด 110, 220, 440 และ 550 โวลท์ ทำไว้ให้จุดระเบิดตามจังหวะช้าเร็วถึง 15 จังหวะ ระยะถ่วงประมาณ 0.010, 0.015, 0.020 และ 0.025 วินาที

เครื่องมือทดสอบ

เครื่องตรวจวงจร (Blasting galvanometer) เป็นเครื่องมือที่สำคัญยิ่งในการระเบิดด้วยไฟฟ้า เครื่องมือดังกล่าวนี้ใช้ตรวจวงจรแก๊ประเบิดไฟฟ้า หรือหลอดชนวนไฟฟ้า เพื่อทราบว่าวงจรจะปิดหรือไม่ และตรวจหาช่วงสายไฟที่ขาด การต่อวงจรผิดหรือลงดินและการลัดวงจร และใช้วัดความต้านทานของวงจรโดยใกล้เคียง ประกอบด้วยเซลล์ซิลเวอร์คลอไรด์ (Silver chloride cell) ชนิดพิเศษซึ่งจะจ่ายกระแสไฟฟ้าทำให้เข็มกระดิกหมุนไปตามหน้าปัด เมื่อไฟหมดจะต้องเปลี่ยนด้วยเซลล์ซิลเวอร์คลอไรด์ แบบเดียวกัน จะใช้ถ่านไฟฉายธรรมดาไม่ได้เพราะถ่านไฟฉายธรรมดามีกระแสไฟพอที่จะจุดแก๊ประเบิดได้ แต่เซลล์ชนิดที่ใช้นี้มีกระแสเพียง 1 ใน 10 ของกำลังที่จะระเบิดแก๊ปเท่านั้น การใช้เครื่องตรวจวงจรไม่เพียงแต่เป็นการประหยัดเวลาเท่านั้น ยังเป็นการเพิ่มความปลอดภัยและลดการระเบิดด้านไปได้เป็นอย่างมาก

เครื่องวัดศักย์ไฟฟ้า (blasting voltmeter) ประกอบด้วยเครื่องวัดศักย์ไฟฟ้าและความต้านทาน เพื่อใช้วัดสอบศักย์ไฟฟ้าในสาย และความต้านทานของวงจรที่จะระเบิด วัดได้ทั้งกระแสตรงและกระแสสลับ เครื่องดังกล่าวนี้ต้องใช้เซลล์ชนิดซิลเวอร์คลอไรด์เช่นเดียวกับเครื่องตรวจวงจร

เครื่องทอนกระแสไฟฟ้า (Rheostat) เป็นเครื่องมือเพื่อใช้ทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องจุดระเบิด ประกอบด้วยขดลวดความต้านทานที่มีความต้านทานต่าง ๆ กัน โดยแต่ละขดมีความต้านทานเท่ากับแก๊ประเบิดจำนวนหนึ่ง และทำเครื่องหมายประทับจำนวนดังกล่าวกำกับไว้ในการใช้ต่อแก๊ปจำนวน 2—4 หัวเป็นอันดับกับขดลวดตามจำนวนแก๊ปที่จะทำการระเบิด และลองใช้เครื่องจุดระเบิดแก๊ปดังกล่าวที่ต่อไว้กับขดลวดในเครื่องทอนกระแสไฟฟ้า เพื่อเป็นการทดสอบเครื่องจุดระเบิด

ดินระเบิดและอุปกรณ์การระเบิดมีจำหน่ายในประเทศไทยเพียงไม่กี่แห่ง เท่าที่ทราบก็มีบริษัทเอื้อวิทยาพาณิชย์ จำกัด (45 ถนนจักรพรรดิพงษ์ ตรงข้ามวัดสระเกษ อำเภอป้อมปราบ พระนคร) บริษัท เติมเอนยิเนียริ่ง จำกัด (208/1—6 ถนนหลานหลวง ตรงข้ามที่ว่าการอำเภอป้อมปราบ) ห้างหุ้นส่วนจำกัดลมูลและเพื่อน (เลขที่ 8/1 ซอยทหารเรือวังบูรพา พระนคร) และที่บริษัทพิทักษ์สามัคคี จำกัด (ถนนเพชรบุรี อำเภอดุสิต พระนคร) บริษัท เติมเอนจิเนียริ่ง จำกัด จำหน่ายดินระเบิดของบริษัทญี่ปุ่น ส่วนนอกนั้นจำหน่ายดินระเบิดที่ทำในประเทศอังกฤษเป็นส่วนมาก ดินระเบิดและอุปกรณ์เพื่อการจุดระเบิดที่มีจำหน่ายในท้องตลาดเท่าที่ได้ทำการสำรวจเมื่อวันที่ 20 กรกฎาคม 2505 มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ดินระเบิดเยลาติน (เยลิกไนท์) 62 % N.G. ขนาดนัด $\frac{7}{8}$″ × 4″, 1″ × 8″, 1 $\frac{1}{4}$″ × 4″ หีบ 50 ปอนด์หีบละ 700—800 บาท

2. ดินระเบิดเยลาติน (เยลิกไนท์) 42 % N.G. ขนาดนัด $\frac{7}{8}$″ × 4″, 1″ × 4″, 1″ × 8″, 2 $\frac{1}{2}$″ × 10″ หีบละ 50 ปอนด์ ราคาหีบละ 575—750 บาท

3. ดินระเบิดเยลาตินพิเศษ ความแรง 60 % ขนาดนัด $\frac{7}{8}$″ × 4″, 1″, × 8″, 1 $\frac{1}{4}$″ × 4″ หีบละ 50 ปอนด์ หีบละ 675 บาท

4. ดินระเบิดเยลาตินพิเศษ ความแรง 40 % ขนาดนัด 1″ × 8″, 2 $\frac{1}{2}$″ × 10″ หีบละ 50 ปอนด์ หีบละ 575 บาท

5. สายชนวนธรรมดาเมตรละ 1 บาท

6. แก๊ประเบิดชนิดธรรมดาเบอร์ 6 ทั้งอลูมิเนียมและทองแดงดอกละ 50 สตางค์

7. แก๊ปไฟฟ้าทองแดงเบอร์ 6 สายยาว 72″ ดอกละ 2.50 บาท

8. แก๊ประเบิดไฟฟ้าทองแดงเบอร์ 6 สายยาว 144″ ดอกละ 3.50 บาท

9. แก๊ปไฟฟ้าจังหวะถ่วงสายยาว 12 ฟุต ดอกละ 5.00 บาท

10. เครื่องจุดระเบิดแบบเครื่องทำไฟจุดได้ 100 นัด เครื่องละ 4,500 บาท

11. เครื่องจุดระเบิดแบบเครื่องทำไฟจุดได้ 30 นัด เครื่องละ 3,500 บาท

12. เครื่องวัดความต้านทาน (ตรวจสอบวงจร) เครื่องละ 1,200 บาท
13. คีมหนีบแก๊ปอันละ 75—100 บาท

ในการระเบิดนั้นการเลือกชนิดดินระเบิดเป็นองค์ประกอบที่สำคัญอย่างยิ่ง หากเลือกใช้ดินระเบิดได้โดยถูกต้อง วางรูเจาะถูกทิศทาง ถูกขนาดและตำแหน่ง ยัดรูระเบิด อัดรูระเบิดและจุดระเบิดเป็นไปตามหลักวิชาแล้ว ควรจะได้ผลเต็มที่ไม่ว่าวัตถุที่ทำการระเบิดนั้นจะเป็นดินหรือเป็นหินที่อ่อนหรือจะแข็งเพียงใด เมื่อ "ระเบิดไม่ออก" ขอให้แน่ใจได้ว่า "ระเบิดไม่ถูก" ควรพยายามหาทางแก้ไข การเลือกชนิดดินระเบิดที่ใช้ได้โดยถูกต้องเหมาะสมนี้จะประหยัดค่าใช้จ่ายในการระเบิดลงได้เป็นอย่างมาก อาทิเช่น ในกรณีที่ทำการระเบิดในที่ที่มีน้ำก็มีดินระเบิดที่พอจะเลือกได้อย่างน้อยถึง 3 ชนิดด้วยกัน คือ เยลาติน แอมโมเนียเยลาติน และดินระเบิดกึ่งเยลาติน ชนิดแรกนั้นกันน้ำได้ดีที่สุด แต่ราคาแพงที่สุด ส่วนอีก 2 ชนิดนั้นแม้จะคงทนต่อน้ำไม่ได้เท่ากับเยลาติน ก็ต้านทานน้ำได้เป็นอย่างดี พอที่จะระเบิดในรูระเบิดที่มีน้ำได้อยู่ และราคาก็ถูกกว่า แต่ละนัดก็ได้ผลิตออกจำหน่ายโดยหุ้มด้วยไขหรือไขพาราฟฟินเพื่อกันการดูดความชื้นไว้แล้ว หากระวังรักษาให้ดี ไม่เปิดหีบห่อทิ้งไว้ในที่ที่มีความชื้นนานเกินควรก็คงไม่มีปัญหาอะไร ฉะนั้นในการทำเหมืองควรจะได้พิถีพิถันกันในเรื่องที่กล่าวมานี้ให้มาก

นอกจากดินระเบิดชนิดต่าง ๆ ที่ได้กล่าวมาแล้ว ปัจจุบันการทำเหมืองหินและเหมืองเปิดในต่างประเทศยังนิยมใช้ปุ๋ยบางชนิดผสมกับน้ำมันดีเซลกันโดยกว้างขวาง เป็นต้นว่า "AN-FO" หรือ "Ammonium Nitrate/Fuel Oil Mixture" ซึ่งราคาถูกกว่าดินระเบิดที่กล่าวมาแล้วข้างต้นไม่น้อยกว่าเท่าตัว แอมโมเนียมไนเตรทที่ผลิตออกจำหน่ายทางบริษัทผู้ผลิตได้ผลิตขึ้นในรูปเม็ดเล็ก ๆ สีขาว โดยบรรจุในถุงไนลอนอาบน้ำมันผนึกปากถุงปิดสนิท เพื่อป้องกันความชื้น (เนื่องจากแอมโมเนียมไนเตรทเป็นสารที่ดูดความชื้น) ขณะนี้ก็มีจำหน่ายในประเทศไทยแล้ว โดยบริษัทเวอร์นัตอิสเตินเอเยนซี่ส์ จำกัด (283 ถนนสุริวงศ์ โทร.30240) เป็นผู้แทนจำหน่าย น่าจะได้พิจารณาทดลองใช้ในเหมืองเปิด และเหมืองหินกันต่อไป

เครื่องสูบน้ำและเครื่องสูบทรายในการทำเหมือง

เครื่องสูบน้ำ

การทำเหมืองแร่ดีบุกจำเป็นต้องเกี่ยวข้องกับปัญหาการระบายน้ำ สูบน้ำ และการฉีดอยู่มาก เครื่องสูบน้ำเท่าที่มีจำหน่ายอยู่จำแนกออกได้เป็นหลายชนิดหลายประเภท มีทั้งชนิดที่ใช้เครื่องยนต์แยกจากตัวเครื่องสูบน้ำ โดยใช้สายพาน โซ่ หรือฟันเฟืองต่อเข้าอีกทอดหนึ่ง หรือชนิดที่เครื่องสูบน้ำกับเครื่องยนต์ต่อเข้าด้วยกันเลย โดยมีเสื้อสูบของเครื่องทั้ง 2 และก้านสูบร่วมกัน และแบ่งชนิดตามแบบที่สร้างได้หลายแบบด้วยกัน เป็นต้นว่า

1. **แบบ** Single, duplex **และ** triplex ซึ่งแบ่งตามจำนวนก้านสูบและเสื้อสูบ เครื่องสูบน้ำแบบ single เป็นเครื่องสูบน้ำที่มีก้านสูบก้านเดียว แบบ duplex มีก้านสูบ 2 ก้าน ส่วนแบบ triplex มีเสื้อสูบ 3 ตัว

2. **แบบ** Reciprocating **และ** rotary ซึ่งแบ่งตามลักษณะเคลื่อนตัวของลูกสูบหรือใบพัด เครื่องสูบน้ำแบบ reciprocating นั้น ในการทำงานลูกสูบเคลื่อนกลับไปกลับมาส่วนในแบบ rotary ประกอบด้วยใบพัดหมุนรอบแกน

3. **แบบ** Single-acting **และ** double-acting ซึ่งแบ่งตามลักษณะการทำงานของลูกสูบในแบบแรกทำการสูบน้ำเข้าเครื่องจังหวะหนึ่งและส่งน้ำออกในจังหวะถัดไป ส่วนในแบบหลังเครื่องจะทำการสูบและส่งน้ำไปพร้อม ๆ กันในแต่ละจังหวะที่ลูกสูบเคลื่อนที่

4. **แบบ** Centrifugal **และ** Turbine เครื่องสูบน้ำชนิดนี้คล้ายกับเครื่องกังหันน้ำที่มีกำลังฉุดทำให้หมุนกลับทางนั่นเอง เครื่องกันหันน้ำ (water turbines) มีกำลังน้ำหมุนใบพัดจึงทำให้เกิดพลังงาน แต่เครื่องสูบน้ำแบบนี้ใช้กำลังหมุนใบพัดเพื่อสูบน้ำ

5. **แบบ** Piston **และ** plunger เครื่องสูบน้ำแบบ piston เป็นเครื่องสูบน้ำที่ประกอบด้วยลูกสูบ แต่แบบ plunger ใช้ plunger แทนลูกสูบ ซึ่ง plunger จะเคลื่อนเข้า ๆ ออก ๆ จากเสื้อสูบ

เครื่องสูบน้ำที่ใช้ในการทำเหมืองดีบุกในประเทศไทย ส่วนใหญ่เป็นเครื่องสูบน้ำแบบ centrifugal สภาพการทำงานของเครื่องสูบน้ำชนิดนี้แตกต่างไปจากเครื่องสูบน้ำแบบ plunger โดยสิ้นเชิง กล่าวคือ เมื่อความดันทางท่อส่งของเครื่องสูบน้ำในแบบ plunger ลดลง กำลังแรงม้าที่ใช้ต่ำลง แต่ตรงกันข้ามเครื่องสูบน้ำแบบ centrifugal เมื่อ head ต่ำลง กำลังแรงม้าที่ใช้ในการฉุดกลับมากขึ้น ถ้าเดินเครื่องด้วยอัตราเร็วคงที่เครื่องแบบ plunger จะสูบน้ำได้คงเดิมไม่เปลี่ยนแปลง ไม่ว่าจะสูบสูงขึ้นหรือต่ำลง แต่เครื่องแบบ centrifugal นั้น เมื่อสูบสูงขึ้นจะได้ปริมาณน้ำน้อยลง

ในกรณีที่ใช้เครื่องสูบน้ำแบบ centrifugal นั้น ปริมาณน้ำที่สูบได้จะเป็นปฏิภาคกับกำลังสองของอัตราเร็วที่หมุนใบพัด ระยะที่สูบขึ้นได้จะเป็นปฏิภาคกับอัตราเร็วที่ใบพัดหมุน ส่วนกำลังแรงม้าที่ต้องการหมุนใบพัดจะเป็นปฏิภาคกับกำลังสามของอัตราเร็วที่ใบพัดหมุน ถ้าสมมุติให้ H = head ที่สูบน้ำขึ้น S = อัตราเร็ว Q = ปริมาณน้ำที่สูบได้ และ P = กำลังแรงม้าที่ต้องการ $H \propto S$, $Q \propto S^2$ และ $P \propto S^3$ เช่นถ้าเดินสูบด้วยอัตราเร็วนาทีละ 600 รอบ สูบน้ำสูงขึ้น 100 ฟุต ได้น้ำนาทีละ 1,000 แกลลอน ด้วยกำลัง 80 แรงม้า ถ้าลดอัตราเร็วลงเหลือนาทีละ 500 รอบ จะสูบปริมาณน้ำนาทีละ $\frac{500}{600} \times 1{,}000 = 833.3$ แกลลอน สูบน้ำขึ้นได้สูง $(\frac{500}{600})^2 \times 100 = 69.4$ ฟุต ใช้กำลังในการหมุนใบพัด $(\frac{500}{600})^3 \times 80 = 46.3$ แรงม้า ดังนี้เป็นต้น

เครื่องสูบทราย

เครื่องสูบทรายที่ใช้ในการทำเหมืองสูบก็คงเป็นชนิด centrifugal เช่นกัน การที่จะเลือกขนาดนำมาใช้ก็ย่อมแล้วแต่ปริมาณของดินทรายปนน้ำที่ต้องการสูบขึ้น ในการสร้างก็ขึ้นอยู่กับวัตถุที่จะสูบขึ้น ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของใบพัด และอัตราเร็วในการหมุนสัมพันธ์กับ Head ที่ต้องการดูดขึ้น ถ้าประสงค์จะสูบขึ้นสูงก็ต้องเร่งอัตราเร็วให้สูงตามไปด้วย และเมื่อสูบขึ้นสูงปริมาณดินทรายที่สูบขึ้นได้ก็ย่อมลดน้อยลงไปตามตัว ในการที่จะเลือกขนาดของเครื่องสูบทรายที่จะนำมาใช้ในการทำเหมือง อาจจะคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$\text{W. Hp} = \frac{A \times V \times W \times H}{550} \text{ แรงม้า}$$

W.Hp = แรงม้าที่ต้องการ
A = พื้นที่หน้าตัดของท่อส่ง (ตารางฟุต)
V = อัตราเร็วของน้ำในท่อส่ง (ฟุต/วินาที)
W = น้ำหนักของน้ำและวัตถุที่ดูดขึ้น (ปอนด์/1 ลบ. หลา)
H = Total head (ฟุต)
Total head = suction head + velocity head + static head + friction head

Suction จะอ่านได้จาก vacuum gage ในท่อดูด ซึ่งจะบอกเป็นนิ้วของปรอทแล้วคูณด้วย 1.13 จะได้ suction head ของน้ำเป็นฟุต

Velocity head โดยปรกติมีค่าประมาณ $1\frac{1}{2} - 3$ ฟุต ถือเกณฑ์เฉลี่ยเท่ากับ 2 ฟุต

Static head คือ ค่าแตกต่างจากระดับของจุดสูงสุดของท่อส่งกับจุดที่ติด vacuum gage ในท่อดูด

Friction head เปลี่ยนแปลงตามขนาดและชนิดของท่อ และอัตราเร็วของน้ำรวมทั้งความคดโค้งของการวางท่อ เพื่อเป็นการลดการสูญเสียเนื่องจากความฝืดภายในท่อควรใช้ท่อดูดให้มีขนาดใหญ่กว่าท่อส่ง และเพื่อลด suction lift ต้องลดเครื่องสูบให้ต่ำที่สุด

น้ำหนักของส่วนผสมระหว่างน้ำและดินกรวดทราย โดยทั่ว ๆ ไปถ้าเป็นวัตถุละเอียดตีเสียว่าตกประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ สำหรับวัตถุหยาบให้ประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ โดยเฉลี่ยถือว่าประมาณ 25 เปอร์เซ็นต์

กระบอกฉีด ในการฉีดพังดินหน้าเหมืองโดยวิธีการทำเหมืองสูบ เหมืองฉีดและเหมืองแล่น ใช้กระบอกฉีด (Giants หรือ Monitors) กระบอกฉีดดังกล่าวนี้ ส่ายได้ทั้งในทางราบและทางดิ่ง ขนาดปากกระบอก (nozzles) ที่ใช้มีตั้งแต่ $1\frac{1}{2}$ นิ้ว ถึง $2\frac{1}{2}$ นิ้ว เป็นส่วนมาก

ตัวอย่างต่อไปนี้ เป็นตัวอย่างในการคำนวณเกี่ยวกับการระบายน้ำ การสูบ การฉีดน้ำ ซึ่งพอจะเข้าใจได้ง่าย ๆ

1. การคำนวณหาความดันของน้ำที่ทราบ head

ความดัน (ปอนด์ต่อตารางนิ้ว) = 0.434 × head (ฟุต)

สมมุติว่า head ที่ปากกระบอกฉีดวัดได้ 100 ฟุต ความดันจะเท่ากับ 0.434 ×100= 43.4 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว หากต้องการน้ำพุ่งออกจากปากกระบอกฉีดในอัตราความดัน 65 ปอนด์ต่อหนึ่งตารางนิ้ว ระดับน้ำในทำนบก็ต้องสูงจากปากกระบอกฉีดขึ้นไป 65÷0.434= 149.8 ฟุต

2. การคำนวณหาอัตราเร็วของน้ำที่ไหลพุ่งออกจากปากกระบอกฉีดเมื่อทราบ head

อัตราเร็วของน้ำ (ฟุตต่อวินาที) = $0.97\sqrt{2gh} = 0.97\sqrt{64.32 \times \text{head}}$

ถ้าระยะจากระดับน้ำในทำนบถึงปากกระบอกฉีดเป็น 150 ฟุต

น้ำจะไหลพุ่งออกจากปากกระบอกในอัตราเร็ว $= 0.97\sqrt{64.32 \times 150}$

หรือ = 95.27 ฟุตต่อวินาที

3. การคำนวนหาปริมาณน้ำที่ไหลพุ่งออกจากกระบอกฉีดเมื่อทราบ head และขนาดของปากกระบอกฉีด

ปริมาณน้ำ = อัตราความเร็วของน้ำ × เนื้อที่หน้าตัดของกระบอกฉีด

Q (ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที) = V (ฟุตต่อวินาที) × A (ตารางฟุต)

สมมุติว่า ในการฉีดพังดินใช้กระบอกฉีดขนาดปากกระบอก 2 นิ้ว

ระยะดิ่งจากระดับน้ำในทำนบถึงปากกระบอกฉีด 150 ฟุต

จากข้อ 2. อัตราเร็วของน้ำที่ไหลพุ่งออกจากปากกระบอกฉีด

= 95.27 ฟุตต่อวินาที

เนื้อที่หน้าตัดของปากกระบอกฉีด $= \pi \times \frac{d^2}{4}$

$= \frac{22}{7} \times \frac{(\text{ขนาดปากกระบอกฉีด})^2}{4}$

เนื้อที่หน้าตัดของปากกระบอกฉีด 2 นิ้ว $= \frac{22}{7} \times \frac{2^2}{4} = 3.143$ ตารางนิ้ว

หรือ $= \frac{3.143}{144} = 0.0218$ „ ฟุต

∴ ปริมาณน้ำ = 95.27 × 0.0218

= 2.077 ลูกบาศก์ฟุต ต่อวินาที

หรือ = 2.077 × 60

= 124.62 ลูกบาศก์ฟุต ต่อนาที

(1 ลูกบาศก์ฟุต = 7.48 แกลลอน)

∴ ปริมาณน้ำ = 124.62 × 7.48 = 932 แกลลอน ต่อนาที

ฉะนั้น หากจะใช้กระบอกฉีดขนาดปากกระบอก 2 นิ้ว จำนวน 1 กระบอก โดยตั้งกระบอกฉีดให้มีระยะดิ่งจากระดับน้ำในทำนบถึงปากกระบอก 150 ฟุต น้ำจะไหลพุ่งออกจากปากกระบอกฉีดประมาณนาทีละ 125 ลูกบาศก์ฟุต หรือ 932 แกลลอน

การสูบน้ำ

ในการสูบน้ำนอกจากคำว่า Head (static head) แล้ว จะมีคำว่า "friction head" และ "velocity head" เข้ามาเกี่ยวข้องอีก ขณะที่น้ำไหลในท่อน้ำจะมีความฝืดต้าน (friction) ซึ่งจะต้องใช้ความดัน (pressure) ส่วนหนึ่งทำให้น้ำไหลผ่านไปได้ ความดันจำนวนนี้เรียกกันว่า "friction head" และใช้หน่วยเดียวกันกับ "head" ของน้ำ ส่วน "velocity head" เป็น head ส่วนหนึ่งที่ต้องสูญไปเพื่อผลักดันให้เกิดอัตราเร็วในการที่น้ำวิ่ง เฉพาะในท่อขนาดเล็กและน้ำไหลในอัตราเร็วสูง ไม่จำเป็นต้องคำนึงถึง velocity head แต่ถ้าส่งน้ำเข้าท่อขนาดเล็กในปริมาณที่มาก อัตราเร็วของน้ำที่ไหลในท่อก็จะสูง เป็นเหตุให้มี velocity head มากตามส่วนจำเป็นต้องนำเข้ามาพิจารณาด้วยเหมือนกัน

$$h_f = \frac{L\,G^2}{800\,d^5}$$

h_f = friction head (ฟุต)

L = ความยาวของท่อน้ำ (ฟุต)

G = จำนวนน้ำที่สูบขึ้น (แกลลอนต่อนาที)

d = เส้นผ่าศูนย์กลางของท่อน้ำ (นิ้ว)

สมมุติว่า ใช้ท่อน้ำขนาด 4 นิ้ว ยาว 500 ฟุต สูบน้ำนาทีละ 250 แกลลอน

$$\text{Friction head} = \frac{500 \times (250)^2}{800 \times 4^5} = 38 \text{ ฟุต}$$

ถ้าจำเป็นต้องสูบน้ำขึ้นสูง 200 ฟุต ในการคำนวณหา actual head จะต้องเอา friction head 38 ฟุต บวกกับ static head จำนวน 200 ฟุตนั้นด้วย ซึ่งในที่นี้จะเท่ากับ 238 ฟุต

ตัวอย่างการคำนวณเกี่ยวกับการสูบน้ำ

1. สมมุติว่า สระน้ำขนาดกว้าง 10 ฟุต ยาว 20 ฟุต ลึก 10 ฟุต มีน้ำขังเต็ม ถ้าใช้เครื่องสูบน้ำขนาดเสื้อสูบ 4 นิ้ว ระยะชัก (stroke) 6 นิ้ว ลูกสูบวิ่ง 60 จังหวะ (stroke) ต่อนาที จะต้องใช้เวลานานเท่าใดจึงจะสูบน้ำแห้ง ?

ความจุของสระน้ำ = 20 × 10 × 10 = 2000 ลูกบาศก์ฟุต

น้ำเต็มสระจะมีปริมาณ 2000 ลูกบาศก์ฟุต หรือ = 2000 × 7.48

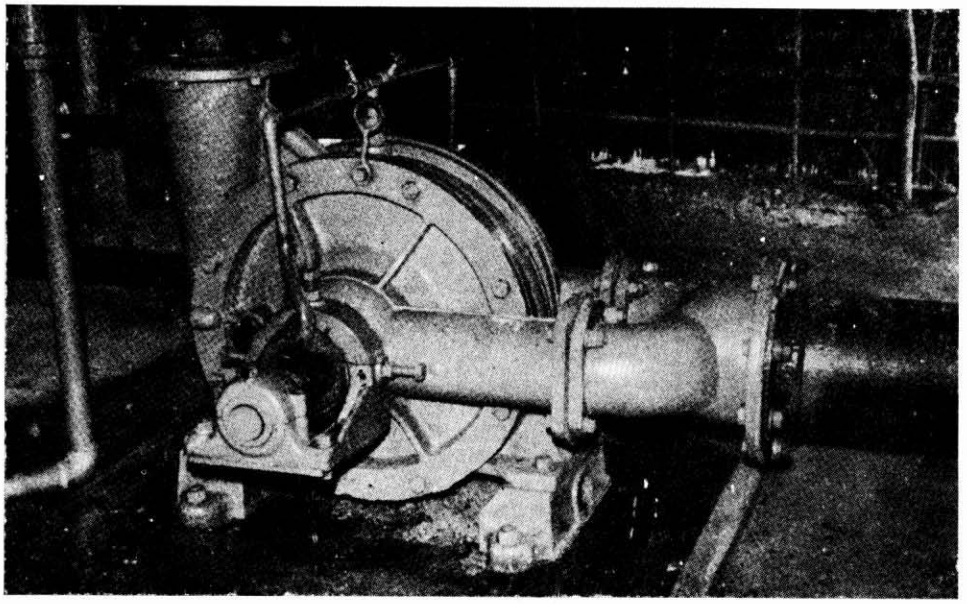
= 14960 แกลลอน

เครื่องสูบน้ำดังกล่าว ลูกสูบวิ่งนาทีละ 60 จังหวะ และมีระยะชัก 6 นิ้ว

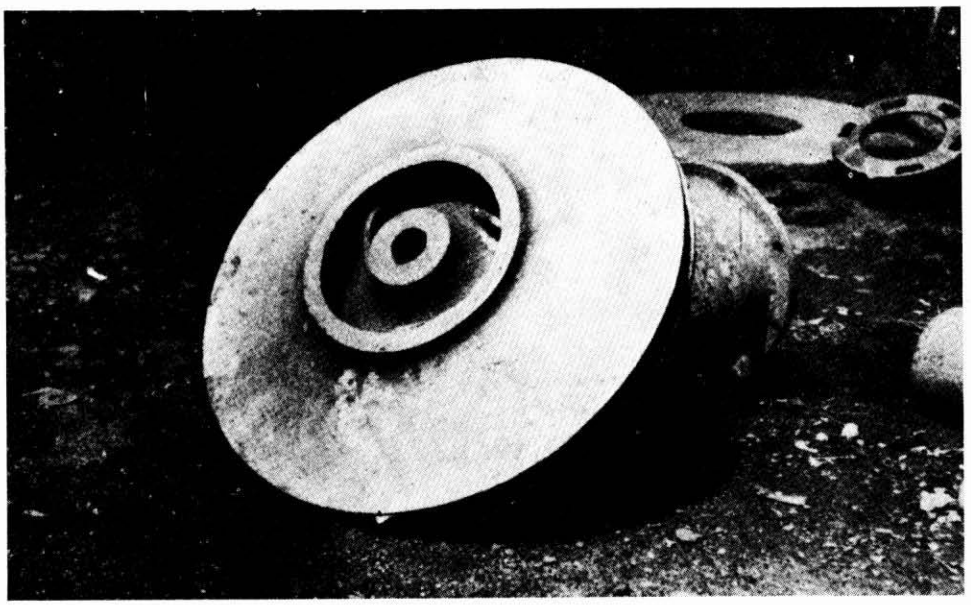
$\therefore$ อัตราเร็วของลูกสูบ = $60 \times \frac{6}{12}$ = 30 ฟุตต่อนาที

เนื้อที่หน้าตัดของเสื้อสูบ = $\frac{\pi \times d^2}{4} = \frac{22}{7} \times \frac{(4)^2}{4} = \frac{88}{7}$ ตารางนิ้ว

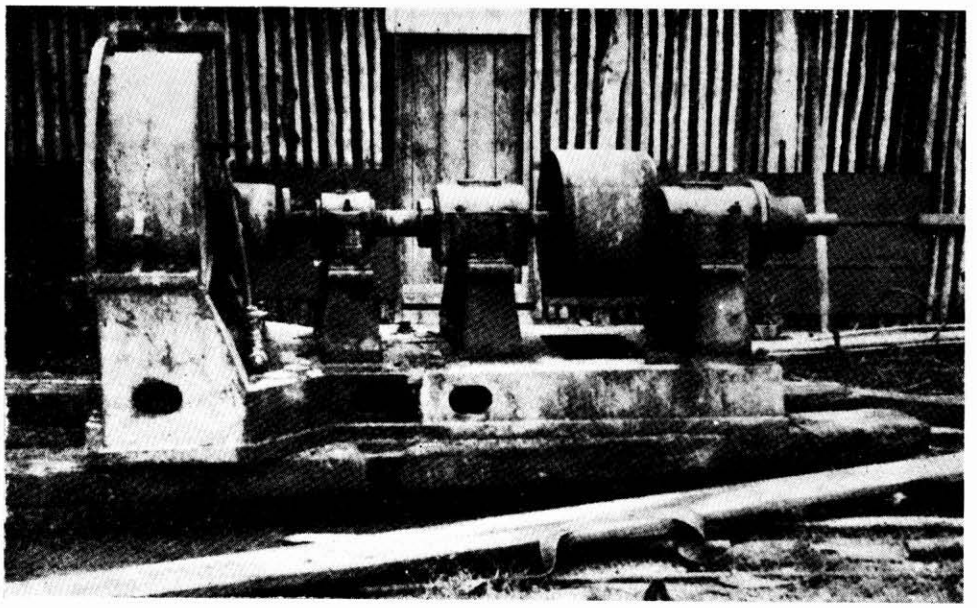
หรือ = $\frac{88}{7} \times \frac{1}{144}$ = 0.087 ตารางฟุต



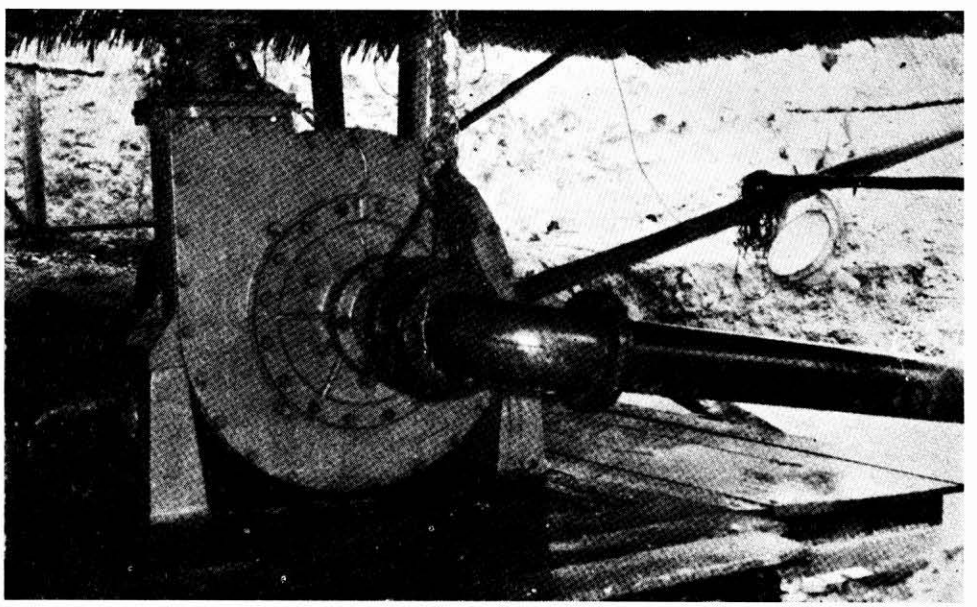
รูปที่ 71 เครื่องสูบน้ำ (ทำเหมืองสูบ) ขนาด 10 นิ้ว
ทำที่ภูเก็ตหรือตะกั่วป่า ราคาประมาณชุดละ 16,000 บาท



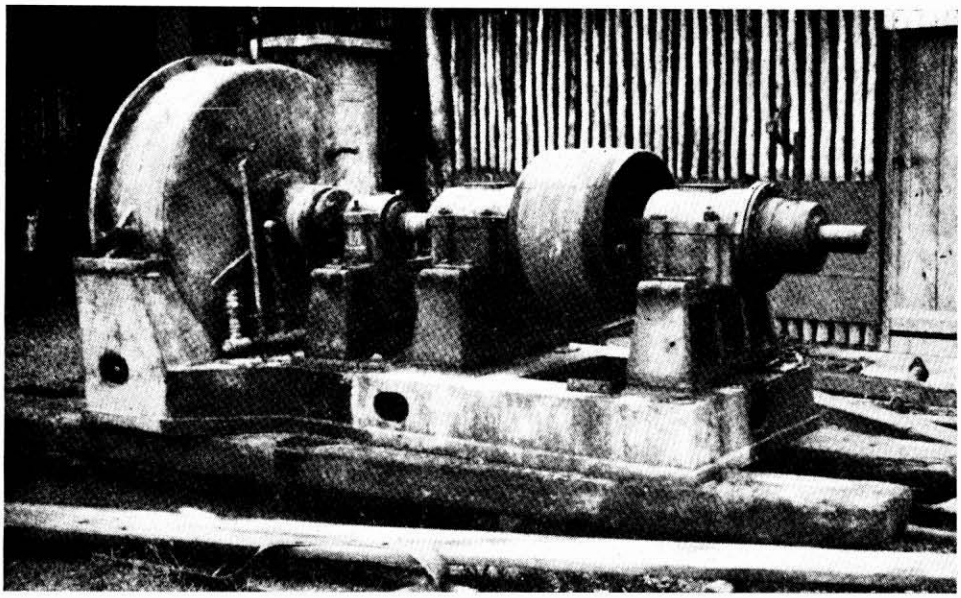
รูปที่ 72 ใบพัดเครื่องสูบน้ำ
อันละประมาณ 1,200 บาท



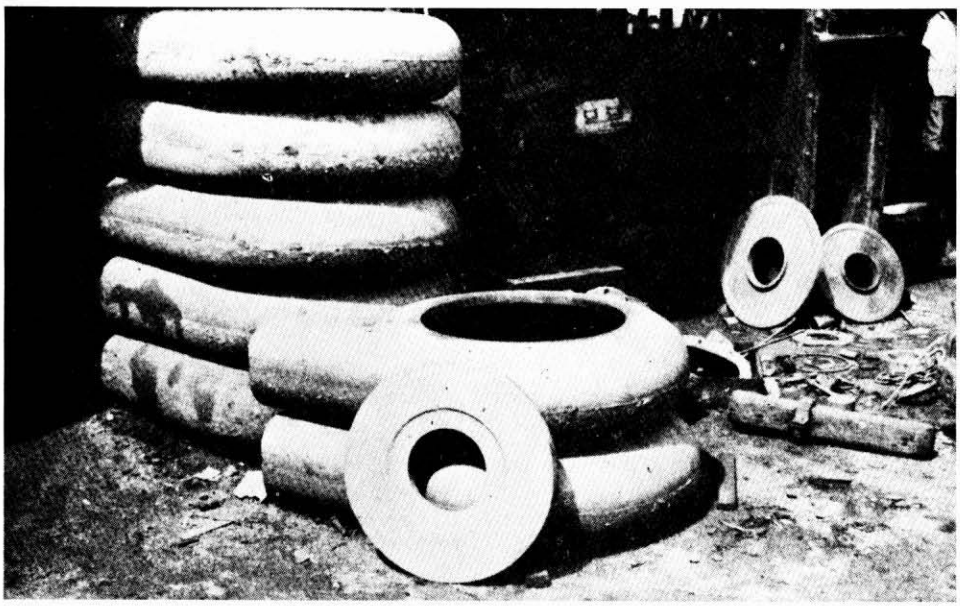
รูปที่ 73 เครื่องสูบทรายขนาด 8 นิ้ว
ทำที่ภูเก็ตหรือตะกั่วป่า ราคาประมาณชุดละ 38,000 บาท



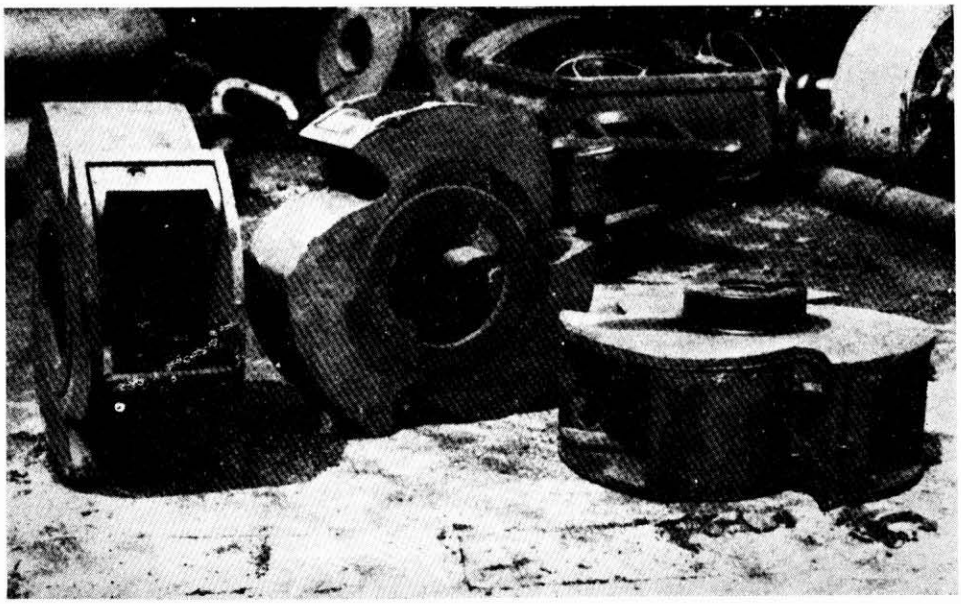
รูปที่ 74 เครื่องสูบทรายขนาด 8 นิ้ว



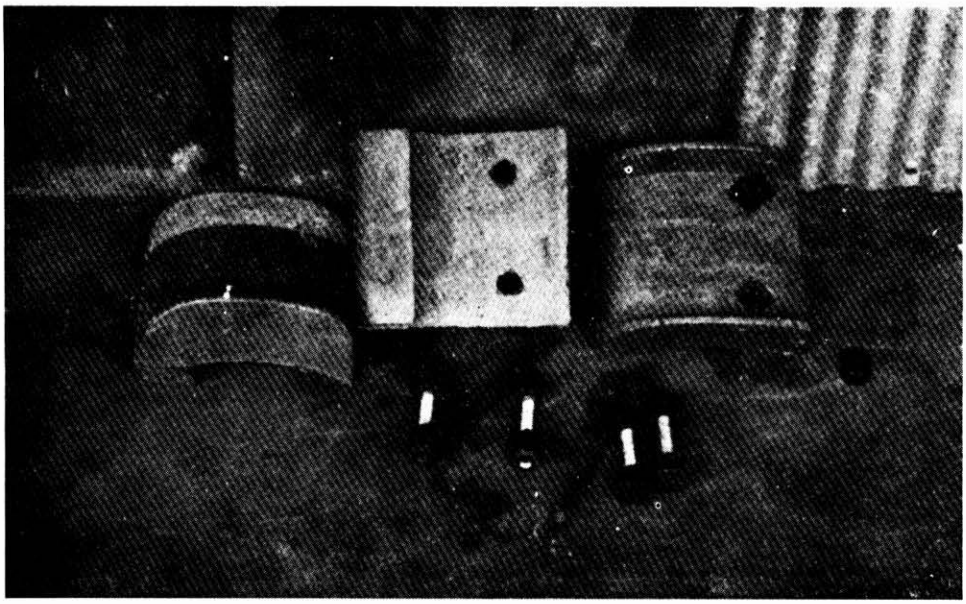
รูปที่ 75 เครื่องสูบทรายขนาด 8 นิ้ว



รูปที่ 76 กระเพาะหมูเครื่องสูบทรายขนาด 8 นิ้ว
ทำที่ภูเก็ตหรือตะกั่วป่า ราคาประมาณชุดละ 1,800 บาท
ใช้ได้ประมาณ 10—20 วัน
(แล้วแต่ลักษณะของดิน กรวด ทราย ที่สูบ)



รูปที่ 77 ใบพัดเครื่องสูบทรายขนาด 8 นิ้ว
ทำที่ภูเก็ตหรือตะกั่วป่า ราคาประมาณอันละ 850 บาท
ใช้ได้ประมาณ 10—20 วัน



รูปที่ 78 เหล็กรองใบพัดเครื่องสูบทรายขนาด 8 นิ้ว
อันละประมาณ 70 บาท
ใช้ได้ประมาณ 4—7 วัน

คิดเป็นบริมาตรทั้งสิ้นที่ลูกสูบเคลื่อนที่ $30 \times 0.087 = 2.61$ ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที
สมมุติว่า สูบน้ำมีประสิทธิภาพ 85 %
จะสูบน้ำได้ $= 0.85 \times 2.61$ ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที
หรือ $= 0.85 \times 2.61 \times 7.48 = 16.6$ แกลลอนต่อนาที
จึงต้องใช้เวลาในการสูบน้ำให้แห้งประมาณ $= \frac{14960}{16.6} = 901$ นาที
$= \frac{901}{60} = 15$ ชั่วโมง 1 นาที

2. บ่อขังน้ำในเหมืองใต้ดินแห่งหนึ่งมีขนาด $40 \times 10 \times 10$ ฟุต น้ำจะไหลเข้าเต็มใน 24 ชั่วโมง ในการสูบน้ำใช้ท่อขนาด 5 นิ้ว สูบขึ้นทางปล่องตั้งสูง 200 ฟุต ประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำ 80 % จะต้องใช้เครื่องจักรกำลังแรงม้าเท่าใดจึงจะสูบน้ำที่เต็มบ่อให้แห้งใน 8 ชั่วโมง ?

ความจุของบ่อขังน้ำ $= 40 \times 10 \times 10 = 4000$ ลูกบาศก์ฟุต ถ้าจะสูบให้แห้งใน 8 ชั่วโมงจะต้องสูบน้ำออกทั้งสิ้น (ทั้งที่มีอยู่เดิมและไหลเพิ่มเข้ามา)

$= (4000) + \frac{4000}{24} \times 8$
$= \frac{16000}{3}$ ลูกบาศก์ฟุต

8 ชั่วโมง $= 8 \times 60 = 480$ นาที
$\therefore$ จะต้องสูบน้ำออกนาทีละ $= \frac{16000}{3} \times \frac{1}{480} = \frac{100}{9} = 11.11$ ลูกบาศก์ฟุต
ในการสูบน้ำดังกล่าวนี้มี friction head $= \frac{L\,G^2}{800 \times d^5}$
ในที่นี้ L คงเท่ากับ 200 ฟุต

$G = \frac{100}{9} \times 7.48 = \frac{748}{9} = 83.1$ แกลลอนต่อนาที

และ $d = 5$ นิ้ว

$\therefore$ friction head $= \frac{200 \times (83.1)^2}{800 \times (5)^5} = 0.55$ ฟุต

ในการคำนวณจะทิ้งเสียก็ได้ เพราะเป็นส่วนเล็กน้อยเท่านั้น เมื่อเปรียบกับ head 200 ฟุต

แรงม้าของเครื่องจักร $= \frac{\text{จำนวนน้ำที่สูบขึ้น (ปอนด์ต่อนาที)} \times \text{head(ฟุต)}}{\text{ประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำ} \times 33{,}000}$

$= \frac{(11.11 \times 64.43) \times 200.55}{0.8 \times 33{,}000}$

$= 5.4$ แรงม้า (Brake Horsepower)

3. สมมุติว่า ในการทำเหมืองสูบแห่งหนึ่ง ต้องการสูบน้ำจากขุมเหมืองเก่านำมาใช้ในการฉีดในอัตรานาทีละ 1900 แกลลอน โดยใช้ท่อน้ำขนาด 8 นิ้ว ยาวประมาณ 400 ฟุต สูบน้ำขึ้นสูง 35 ฟุต ต้องการทราบกำลังของเครื่องจักร

$$\text{Friction head} = \frac{L\,G^2}{800 \times d^5}$$

$$= \frac{400 \times (1900)^2}{800 \times (8)^5} = 55 \text{ ฟุต}$$

$\therefore$ Actual head $= 35 + 55 = 90$ ฟุต

จำนวนน้ำที่ต้องการ $= 1900$ แกลลอนต่อนาที

หรือ $= \frac{1900}{7.48} = 254$ ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที

คิดเป็นน้ำหนัก $= 254 \times 64.43 = 16365.2$ ปอนด์

$\therefore$ จำนวนแรงม้าของเครื่องจักร $= \frac{16365.2 \times 90}{0.80 \times 33{,}000}$

$= 56$ แรงม้า

(สมมุติว่าประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำ $= 80\,\%$)

4. สมมุติว่า ในการทำเหมืองสูบแห่งหนึ่ง จะทำการสูบน้ำจากขุมเหมืองเก่าเข้ากระบอกฉีดขนาด 2 นิ้ว จำนวน 2 กระบอก ซึ่งต้องใช้น้ำประมาณนาทีละ 300 ลูกบาศก์ฟุต (2244 แกลลอน) โดยใช้ท่อขนาด 8 นิ้ว ยาวสิ้น 500 ฟุต สูบน้ำขึ้นสูง 34 ฟุต ต้องการทราบขนาดเครื่องจักร

$$\text{Friction head} = \frac{500 \times (2244)^2}{800 \times (8)^5} = 96 \text{ ฟุต}$$

$$\text{จำนวนแรงม้าเครื่องจักร} = \frac{(300 \times 64.43) \times (34 + 96)}{0.60 \times 33{,}000}$$

$= 128$ แรงม้า (Brake Horsepower)

(เครื่องสูบน้ำแบบ Centrifugal pumps มีประสิทธิภาพประมาณ $60\,\%$)

5. สมมุติว่า ในการทำเหมืองสูบแห่งหนึ่ง ทำการสูบน้ำเข้ากระบอกฉีดโดยใช้ท่อขนาด 8 นิ้ว ยาว 300 ฟุต ใช้เครื่องจักรขนาด 130 แรงม้า สูบน้ำขึ้นสูง 30 ฟุต จะใช้น้ำนาทีละเท่าใด?

สมมุติว่า Q = จำนวนน้ำที่ใช้ใน 1 นาที (ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที)

$$hf = \frac{L\,G^2}{800 \times d^5}$$

$$\text{Friction head} = \frac{300 \times (Q \times 7.48)^2}{800 \times (8)^5}$$

$$= 0.00064\,Q^2$$

$$\text{แรงม้าเครื่องจักร} = \frac{(Q \times 64.43) \times (30 + 0.00064 \times Q^2)}{0.60 \times 33{,}000}$$

$= 130$

สมมุติว่า เครื่องสูบน้ำที่ใช้มีประสิทธิภาพ (Mechanical efficiency) $= 60\,\%$

$$1932.9\ Q + 0.04\ Q^3 = 2{,}574{,}000$$

$$\frac{1932.9}{0.04}\ Q + \frac{0.04}{0.04}\ Q^3 = \frac{2{,}574{,}000}{0.04}$$

$$48322.5\ Q + Q^3 - 64{,}350{,}000 = 0$$

จากสมการข้างบนนี้ไม่อาจจะหาค่าของ Q ในวิธีธรรมดาได้ จำเป็นต้องสมมุติค่าของ Q และแทนค่าลงในสมการจนกว่าจะได้ค่าเท่ากับ หรือใกล้เคียงศูนย์

สมมุติว่า Q = 350 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที

เมื่อแทนค่าในสมการจะได้ดังนี้

$(48322.5 \times 350) + 350^3 - 64{,}350{,}000 = 16{,}913{,}000 + 42{,}875{,}000 - 64{,}350{,}000$

$= -4{,}562{,}000$

สมมุติให้ Q = 370

$17{,}879{,}000 + 50{,}653{,}000 - 64{,}350{,}000$

$= 4{,}182{,}000$

ถ้า Q = 350 น้อยไป แต่ 370 ก็มากไป จึง

สมมุติให้ Q = 360

$17{,}400{,}000 + 46{,}656{,}000 - 64{,}350{,}000 = -294{,}000$

ซึ่งนับว่าใกล้เคียง

ปริมาณน้ำที่ใช้จึงตกประมาณนาทีละ 360 ลูกบาศก์ฟุต

หรือประมาณ 2690 แกลลอน

โดยทั่ว ๆ ไปประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำชนิด duplex, triplex และ reciprocating pumps มีประมาณ 80% และชนิด centrifugal pumps ประมาณ 60%

6. ต้องการหาขนาดของเครื่องสูบน้ำแบบ centrifugal pumps ที่จะนำมาใช้ในการสูบน้ำ นาทีละ 2,000 แกลลอน ขึ้นสูง 50 ฟุต?

ในการคำนวณใช้สูตรต่อไปนี้

$$d = \frac{\sqrt{G}}{\sqrt{10\,h}}$$

d คือ ขนาดของเครื่องสูบน้ำ (นิ้ว)

G = ปริมาณน้ำที่ต้องการสูบขึ้น (แกลลอนต่อนาที)

h = head (ฟุต)

ในกรณีนี้ head คงจำกัดให้เป็นแต่ละ stage โดยให้เท่ากับ 100 ฟุต ในการคำนวณ h คงเท่ากับ 100 ฟุต สำหรับ head 100 ฟุต ก็ใช้เครื่องสูบน้ำแบบ stage เดียว ถ้า head เป็น 200 ฟุต ก็ใช้ 2 stage หรือ 500 ฟุต ก็ใช้แบบ 5 stage

$$d = \sqrt{\frac{G}{\sqrt{10\,h}}}$$

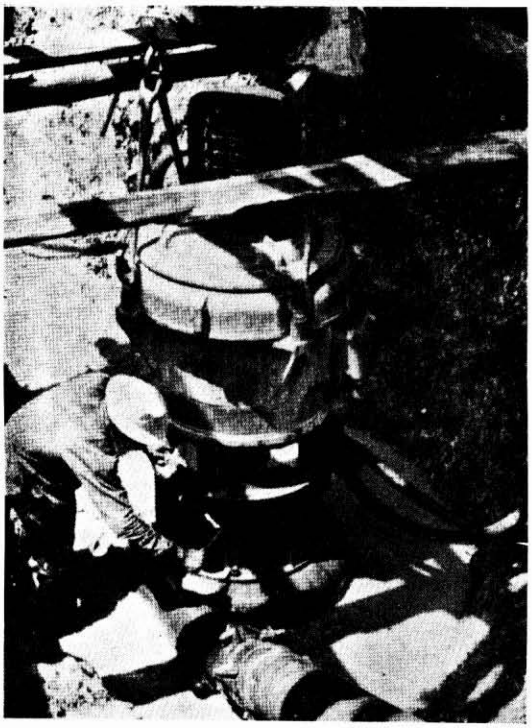
$$= \sqrt{\frac{2000}{\sqrt{10 \times 100}}}$$

$$= \sqrt{63.3}$$

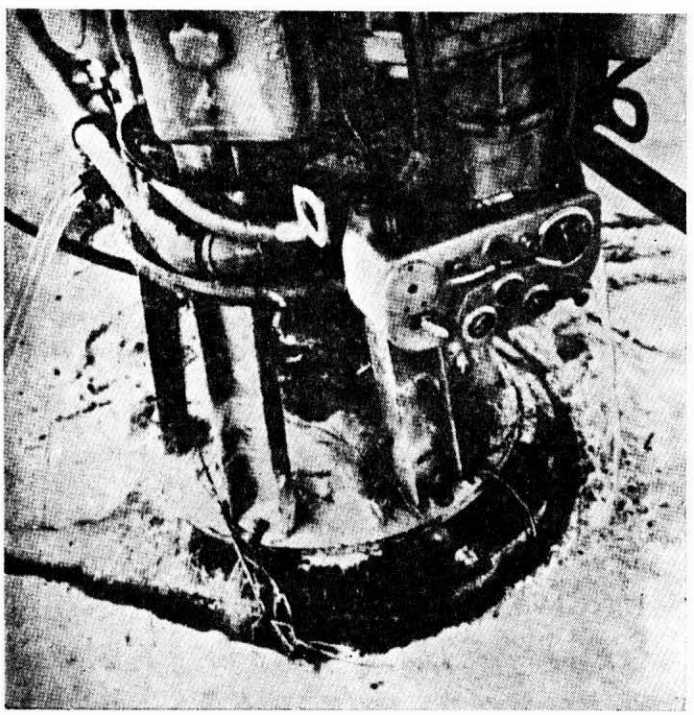
$$= 7.9 \text{ หรือ } 8 \text{ นิ้ว}$$

ซึ่งก็ควรใช้ท่อส่งขนาดเดียวกัน คือ 8 นิ้ว แต่ท่อดูดควรใหญ่กว่า คือ ขนาด 10 นิ้ว

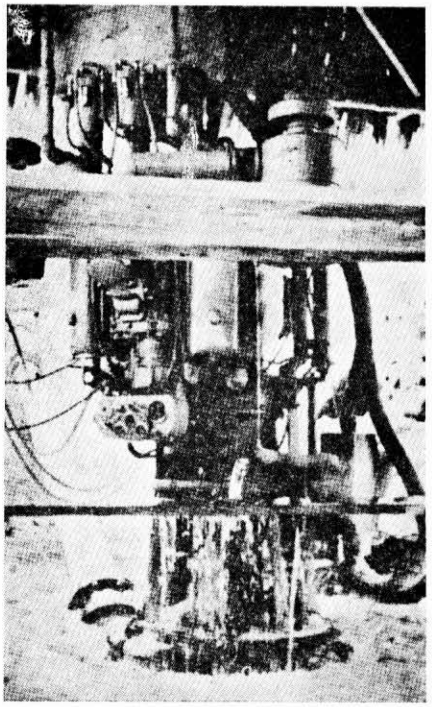
ฉะนั้น หากจะทำการสูบน้ำจำนวนเดียวกันนี้ คือ นาทีละ 2,000 แกลลอนขึ้นจากปล่องลึก 400 ฟุต ก็คงใช้เครื่องสูบน้ำ 8 นิ้วเหมือนกัน แต่ต้องใช้แบบ 4 stage



รูปที่ 79 เครื่องสูบทรายแบบตั้ง เดินด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า มีประสิทธิภาพสูง กว่าแบบที่นิยมใช้กันอยู่เดิม สะดวกในการเลื่อนขึ้นลงและเคลื่อนย้าย



รูปที่ 80 เครื่องสูบทรายแบบตั้งเดินด้วยเครื่องจักรดีเซล ต่อตรง ประสิทธิภาพสูง เคลื่อนย้ายสะดวก ค่าใช้จ่ายต่ำ

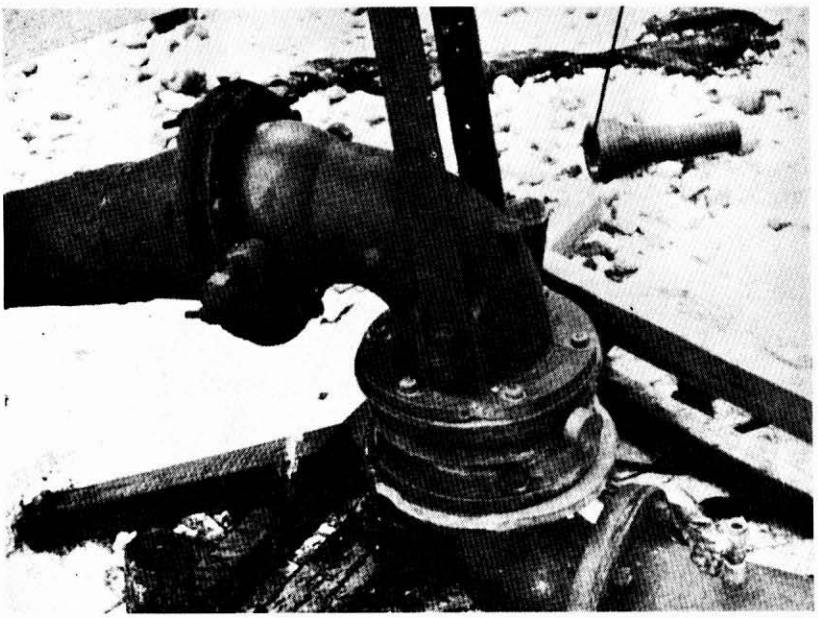


รูปที่ 81 เครื่องสูบทรายแบบตั้ง เดินด้วยเครื่องจักรดีเซลต่อตรง



รูปที่ 82 กระบอกฉีด

ปากกระบอกฉีด



รูปที่ 83 กระบอกฉีด

การชักตัวอย่างเพื่อการแต่งแร่และการค้า

คำจำกัดความ

คำว่า "การชักตัวอย่าง" (Sampling) ในที่นี้หมายถึงการกระทำที่จะนำเอาตัวอย่างส่วนน้อยส่วนหนึ่งออกจากจำนวนทั้งหมดที่มีอยู่ เพื่อประโยชน์อย่างใดอย่างหนึ่ง เช่น เพื่อการวิเคราะห์หาคุณสมบัติทางเคมี (Chemical Analysis) หรือการวิเคราะห์ด้วยตะแกรงทดสอบ (Screen Analysis) หรือเพื่อหาตัวอย่างสำหรับใช้ทดลองแยกแร่หรือแต่งแร่ การชักตัวอย่างออกมานี้ จะต้องกระทำไปโดยมีสัดส่วนและให้คุณภาพของตัวอย่างที่นำออกมาเป็นส่วนน้อยนั้นเป็นตัวแทนที่ใกล้เคียงที่สุดของของที่มีอยู่เดิมทั้งหมด

การชักตัวอย่างถือว่าเป็นงานสำคัญที่จะต้องทำด้วยความระมัดระวัง และมีการพิจารณาโดยรอบคอบก่อนลงมือปฏิบัติการ กล่าวคือ ผู้ปฏิบัติการจะต้องมั่นใจเสียก่อนว่าตัวอย่างนี้จะนำไปเพื่อทำประโยชน์ในการวิเคราะห์หาคุณสมบัติทางเคมี โดยต้องการทราบส่วนประกอบทางการค้าของสารนั้น ๆ ด้วยการวิเคราะห์ทางเคมีทั้งแบบวิธีใช้น้ำยา (Wet assay) และหรือแบบวิธีใช้ความร้อนหล่อหลอม (Fire assay) เราย่อมไม่สามารถที่จะนำแร่หรือสารทั้งหมดมาทำการวิเคราะห์ได้ จำเป็นจะต้องนำเฉพาะตัวแทนมาเป็นบางส่วน ซึ่งตัวแทนนี้จะต้องมีส่วนประกอบ คุณสมบัติต่าง ๆ เหมือนกันกับค่าเฉลี่ยของส่วนประกอบแร่หรือสารทั้งหมดนั้น วิธีการที่จะนำเอาส่วนที่เป็นตัวแทนออกมานี้เราเรียกว่า "การชักตัวอย่าง" และส่วนที่เป็นตัวแทนเราก็เรียกว่า "ตัวอย่าง" ผิดกันกับตัวอย่างภาพยนตร์เป็นอันมาก เพราะหนังตัวอย่างนั้นเขาเลือกคัดตัดตอนเอามาฉายแต่ส่วนที่ดี ๆ เป็นการมุ่งโฆษณาให้ประชาชนไปอุดหนุนมาก ๆ "ตัวอย่าง" ของเราต้องชักเอามาอย่างสุจริตใจ มุ่งให้เป็นตัวแทนอัตราส่วนใหญ่เพื่อความถูกต้องแน่นอน ทั้งในด้านการค้นคว้าวิจัยและด้านความเชื่อใจในการค้าด้วย

การชักตัวอย่างให้ละเอียดและถูกต้องนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัย (factor) ใหญ่ ๆ หลายประการ เช่นภาวะทางฟิสิกส์ของสาร ความชื้นที่มีอยู่ในสาร ปริมาณโลหะหรืออโลหะที่เป็นส่วนประกอบการค้าในสินแร่ และภาวะการอื่น ๆ ที่ควรจะได้รับการพิจารณา อาทิ เช่น ตัวบุคคลและความโน้มเอียงของแต่ละบุคคล กฎเกณฑ์ที่มักใช้ในการชักตัวอย่างที่ถูกต้องตามหลักสากลโดยทั่ว ๆ ไป มีอยู่ประมาณ 2—3 ข้อ ด้วยกัน คือ :—

1. การชักตัวอย่างต้องเป็นไปโดยสม่ำเสมอและกระทำบ่อย ๆ การเก็บตัวอย่างมากครั้งที่ละน้อย ๆ ดีกว่าการเก็บตัวอย่างครั้งละมาก ๆ แต่เก็บน้อยครั้ง

2. คลุกแร่หรือสารให้เข้ากันดีเสียก่อนที่จะทำการชักตัวอย่าง

3. บดย่อยตัวอย่างให้ลดขนาดลงไปเรื่อย ๆ จนได้อัตราส่วนที่เหมาะสมกับขนาดและปริมาณของตัวอย่างที่ลดลง เหตุผลของการบดตัวอย่างให้เล็กลงเรื่อย ๆ นี้ ก็เพื่อจะให้ผลการวิเคราะห์คุณภาพตัวอย่างครั้งสุดท้ายได้ยอมรับนับถือเป็นตัวแทนของสารทั้งหมด ชั้นส่วนของ

ตัวอย่างชิ้นใหญ่ ๆ อาจมีโอกาสถูกดึงออกไปเสียจากตัวอย่างได้ หรือในทางตรงข้ามปะปนอยู่ในตัวอย่าง ทำให้ผลวิเคราะห์ผิดไปได้มากมายทั้งในทางดีและในทางเสียในทรรศนะของผู้ค้า

ตารางต่อไปนี้แสดงถึงจำนวนน้ำหนักอย่างต่ำสุดของตัวอย่างเทียบกับขนาดของสาร ซึ่งทั่วโลกใช้เป็นมาตรฐาน

ขนาดชิ้นแร่ หรือสาร	น้ำหนักของตัวอย่างแร่เป็นกิโลกรัม
5 ซ.ม. หรือ 2 นิ้ว	4,500 กก.
3.75 ซ.ม. „ $1\frac{1}{2}$ นิ้ว	1.000 กก.
1.50 ซ.ม. „ 1 นิ้ว	500 กก.
1.86 ซ.ม. „ $\frac{3}{4}$ นิ้ว	200 กก.
0.94 ซ.ม. „ $\frac{3}{8}$ นิ้ว	150 กก.
0.63 ซ.ม. „ $\frac{1}{4}$ นิ้ว	50 กก.
0.47 ซ.ม. „ $\frac{3}{16}$ นิ้ว	35 กก.
0.14 ซ.ม. „ $\frac{1}{18}$ นิ้ว	25 กก.
6 เมช	12 กก.
10 เมช	5 กก.
18 เมช	2 กก.
30 เมช	0.5 กก.
50 เมช	

หมายเหตุ

เมช (Mesh) เป็นค่าที่ใช้บอกขนาดของตะแกรง หมายความว่าจำนวนช่องต่อความยาว 1 นิ้ว ของตะแกรง ขนาดของช่องว่างจริง ๆ ของตะแกรงทุกอันจะมีค่าบอกไว้เป็นนิ้วหรือไม่ก็มีบอกเป็นมิลลิเมตร สมมุติว่า ตะแกรง 10 เมช ก็จะมี 10 ช่องต่อความยาว 1 นิ้ว ทุกช่องจะมีความยาวเป็น 0.065 นิ้ว หรือ 1.651 มิลลิเมตร และเส้นผ่าศูนย์กลางของลวดที่ใช้ในตะแกรงดังกล่าวแล้วนี้ มีค่า 0.035 นิ้ว

รายละเอียดในเรื่องนี้หาอ่านได้จากบทต่อไป

การชักตัวอย่างขึ้นอยู่กับวิธีการวิเคราะห์ และในทางตรงกันข้ามผลการวิเคราะห์จะถูกต้องหรือไม่ ก็ขึ้นอยู่กับการได้มาของการชักตัวอย่าง รายงานที่ทำอย่างละเอียดโดยอาศัยผลวิเคราะห์จากตัวอย่างน้อย ๆ จะไม่มีความหมายเลย หากไม่ได้ทำการชักตัวอย่างมาอย่างถูกต้องด้วยความละเอียดและระมัดระวัง มีคนเป็นจำนวนมากหลงผิดกับผลการวิเคราะห์แร่เพียงจากตัวอย่าง 2 – 3 ชิ้น ที่หยิบมาจากกองแร่เปอร์เซ็นต์สูง ๆ หรือกองแร่เปอร์เซ็นต์ต่ำ ๆ การชักตัวอย่างที่ดีอีกประการหนึ่ง ก็คือ ควรจะมีการกระทำให้ได้ตัวอย่าง อย่างน้อย 2 ตัวอย่างจากแหล่งเดียวกัน เพื่อใช้ตรวจสอบซึ่งกันและกัน หรือพยายามให้มีความผิดพลาดอยู่ในวงจำกัดอย่างไรก็ตาม ถ้าจะให้ดียิ่งขึ้นไปอีก ควรส่งตัวอย่างที่ได้มานี้ไปยังสถานที่รับวิเคราะห์ในที่ต่าง ๆ กันอีกด้วย

ต่อไปนี้จะกล่าวถึงวิธีการชักตัวอย่างที่นิยมใช้กันสำหรับการชักตัวอย่างแร่โดยทั่วไป เฉพาะแร่ที่ส่งมาแยกเอาหัวแร่และหางแร่ในการดำเนินการแยกแร่หรือแต่งแร่

(ก) **การชักตัวอย่างด้วยมือ (Hand Sampling)** หรือที่เรียกว่า ใช้แรงคน (Manual Sampling)

1) ชักตัวอย่างโดยใช้การเก็บเอาตามใจชอบ (Grab Sampling)

วิธีนี้ให้ความถูกต้องน้อยที่สุดในวิธีการชักตัวอย่างแบบธรรมดา ๆ แต่เป็นวิธีที่เสียค่าใช่จ่ายถูกที่สุดและทำได้รวดเร็ว โดยวิธีนี้สารหรือแร่ที่ได้มาเป็นตัวอย่างจะได้มาจากการชักตัวอย่างด้วยพลั่วหรือที่ตักแร่ตามยถากรรม จากจุดต่าง ๆ บนผิวแร่ซึ่งได้วางจุดชักตัวอย่างที่จัดไว้อย่างมีระเบียบบนกองแร่ใหญ่ ๆ นั้น แล้วนำมารวมเข้าด้วยกันเพื่อทำเป็นตัวอย่างสุดท้าย ในกรณีที่จุดที่จะตักแร่ลงบนก้อนแร่ขนาดโตกว่าที่จะตัก ควรจะต้องทุบแร่ก้อนนั้นให้แตกด้วยค้อนเสียก่อน การชักตัวอย่างนี้มักจะนำไปใช้กับก้อนแร่กองโต ๆ หรือกับกองขี้แร่ หรือกองตะกรันที่รวมกันอยู่เป็นกองใหญ่ ๆ หรืออยู่ในรถบรรทุก หรืออยู่ในเรือ บางครั้งอาจนำไปใช้เพื่อการตรวจสอบอย่างหยาบ ๆ กับผลที่มาจากการชักตัวอย่างที่ได้มาโดยวิธีแน่นอนอื่น ๆ ถ้าแร่ที่ถูกชักตัวอย่างเป็นแร่เปอร์เซ็นต์สูงและมีอยู่เป็นหย่อม ๆ หรือถ้าผู้ชักตัวอย่างไม่มีความชำนาญหรือปราศจากความระมัดระวังอย่างละเอียดลออแล้ว วิธีนี้จะกลายเป็นวิธีที่เลวที่สุด

ข้อผิดพลาดอีกอย่างหนึ่ง ก็คือ การชักตัวอย่างแร่จากรถบรรทุกที่บรรทุกแร่ไว้นานและมีการเคลื่อนที่ไป ซึ่งอาจจะเป็นโอกาสให้แร่เม็ดเล็กตกไปข้างล่างได้มาก โดยไม่ถูกชักมาในตัวอย่างด้วย ซึ่งจะทำให้มีความผิดพลาดสูง

2) ชักตัวอย่างโดยสารมีจำนวนมาก เกรงเสียเวลาจึงใช้วิธีตัดผ่าหรือขุดร่อง (Trench หรือ Channel Sampling)

วิธีนี้ดีกว่าวิธี Grab Sampling เล็กน้อย แร่หรือสารที่จะนำมาชักเอาตัวอย่างจะถูกนำมาแผ่บนพื้นเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าหรือจัตุรัสให้มีความหนาเท่ากันประมาณ 2–3 ฟุต สำหรับ

แร่ 100 ตัน ถ้าหากว่ามีจำนวนน้อยกว่าอาจหนาเพียง 1 ฟุต หรือน้อยกว่า แล้วทำการเซาะกองแร่ให้เป็นร่อง ๆ ในทิศทางใดทิศทางหนึ่งด้วยพลั่ว และเก็บตัวอย่างตามร่องที่เซาะนั้นในระยะที่ห่างเท่า ๆ กัน เมื่อเก็บตัวอย่างมาได้แล้ว ก็นำไปทำซ้ำโดยวิธีเดียวกันอีก แต่ทำการเซาะให้เป็นร่องอยู่ทางทิศทางตรงข้าม จนกระทั่งได้ตัวอย่างพอสมควร วิธีนี้ใช้กับแร่ก้อนเช่นเดียวกับวิธีที่ 1 ในบางแห่งเขานิยมเซาะร่องไขว้กันเป็นรูปกากบาทตรงกลางรูปสี่เหลี่ยม โดยมีความกว้างของร่องประมาณ 1 ฟุต

3) ชักตัวอย่างชนิดคละปริมาณและคุณภาพ (Fraction Selection)

เมื่อแร่ถูกขนถ่ายจากรถไฟหรือรถบรรทุกด้วยพลั่วหรือเครื่องตักทุก ๆ 5 หรือ 10 ครั้ง ควรเก็บตัวอย่างไว้ 1 ครั้ง เพื่อนำไว้ทำตัวอย่างแร่ หรือจะเก็บแร่เป็นกระสอบ ๆ ทุก ๆ 5 หรือ 10 กระสอบต่อ 1 กระสอบ สำหรับแร่ที่มีจำนวนมากและมีเปอร์เซ็นต์แร่ต่ำกว่า การชักตัวอย่างอาจจะใช้ 1 คันรถ ต่อทุก 5 หรือ 10 คันรถก็ได้ หลักการของ Fraction Selection ที่กล่าวมานี้ก็มีรากฐานมาจากการชักตัวอย่างโดยวิธีที่ใช้พวก " สปลิทโชเว่ล " (Split Shovel) หรือ "โจนส์ริฟเฟิล" (Jones Riffle) ซึ่งทำกับแร่จำนวนน้อยและเม็ดละเอียดกว่า

Split Shovel นั้น รูปร่างคล้ายกับซ่อม แบ่งเป็นช่อง ๆ ทำเป็นที่ตักแร่ ระยะห่างเท่ากันและเท่ากับความกว้างของปากที่ตักแร่ เวลาใช้ก็เอาวางลงบนพื้น แล้วใช้พลั่วตักแร่มาเกลี่ยลงแร่ก็จะถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วนเท่ากัน ส่วนหนึ่งค้างอยู่บนที่ตักแร่ อีกส่วนหนึ่งกองอยู่ที่เดิมนำส่วนที่ตักได้ไปรวมเข้าด้วยกัน และทำซ้ำจนได้ตัวอย่างพอสมควร

" โจนส์ริฟเฟิล " (Jones Riffle) หรือ " โจนส์แซมเปลอร์ " (Jones Sampler) หรือ " โจนส์สปลิตเตอร์ " (Jones Splitter) มีที่รับและแบ่งแร่ให้มีขนาดใหญ่เป็น 4 เท่าของขนาดของแร่เม็ดที่ใหญ่ที่สุด

4) การชักตัวอย่างแบบระคน (Cone & Quartering) หรือ "การทำแบบรูปกรวยแล้วแบ่งสี่"

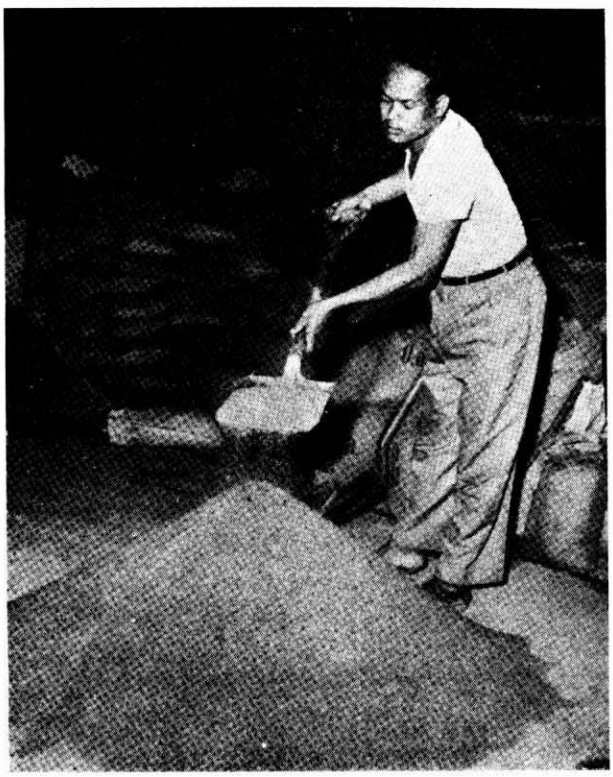
วิธีนี้เป็นวิธีของ " คอร์นิช " (Cornish) มักจะใช้สำหรับชักตัวอย่างแร่จำนวนน้อย ๆ ตั้งแต่ 50 ปอนด์ขึ้นไป แต่ไม่ควรเกิน 50 ตัน แร่จะต้องกองให้เป็นรูปกรวยโดยการตักด้วยพลั่วเทลงตรงกลางของยอดกรวย ให้แร่เทเฉลี่ยลงไปตามรูปกรวยโดยสม่ำเสมอ แล้วทำให้รูปกรวยนี้แผ่ออกเป็นรูปกลมแบน มีความหนาโดยสม่ำเสมอตลอดโดยการทำให้แร่จากยอดของกองแผ่ลงมา จากนั้นก็จัดการแบ่งออกเป็น 4 ส่วนเท่ากัน และเก็บ 2 ส่วนตรงกันข้ามกันไว้แล้วนำไปทำแบบระคน (Cone & Quartering) ซ้ำอีก จนกระทั่งได้ตัวอย่างพอประมาณเพื่อความแน่นอน การใช้ไม้กระดานทำเป็นรูปไขว้กันจะช่วยให้การทำ Cone & Quartering สะดวกยิ่งขึ้น

5) การชักตัวอย่างโดยการใช้หลาวเหล็ก หรือหลาวทองเหลือง (Pipe Sampling)

วิธีนี้จะใช้หลาวเหล็กหรือทองเหลืองแทงเข้าไปในกองแร่ หรือสารที่จะทำการชัก



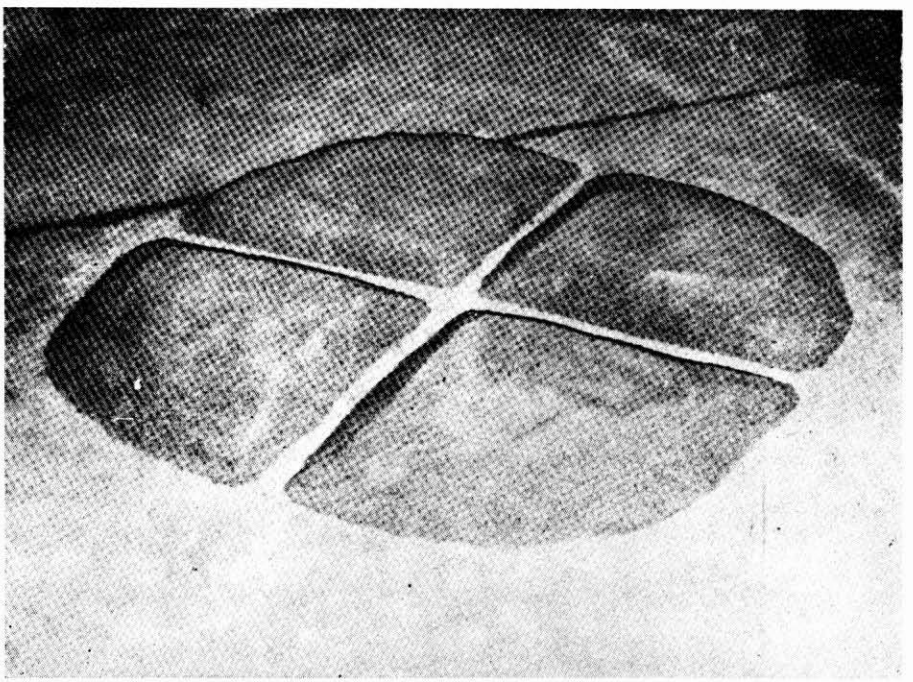
รูปที่ 84 เครื่องมือชักตัวอย่างแร่แบบ โจนส์แซมเปล้อร์



รูปที่ 85 การกองแร่ทำให้เป็นรูปกรวย



รูปที่ 86 แสดงการกดและกระจายรูปกรวยให้แบนเป็นวงกลมแล้วแบ่งสอง



รูปที่ 87 แบ่งต่อไปเป็นสี่ส่วน

ตัวอย่างแบบเดียวกับการชักตัวอย่างข้าวสารจากกระสอบ เมื่อหมุนหลาวเหล็กพร้อมกับดึงออกมา ก็จะได้ตัวอย่างแร่ติดอยู่ภายในท่อเหล็กนั้น ทำการชักตัวอย่างโดยวิธีนี้ซ้ำ ๆ กันเป็นจำนวนมาก ๆ ตามจุดต่าง ๆ บนกองแร่หรือสารที่จะชักตัวอย่าง แล้วนำไปรวมกันทำเป็นตัวอย่างสุดท้าย วิธีนี้นำไปใช้ในการแบ่งแร่ให้น้อยลง และใช้กันมากในการชักตัวอย่างแร่ที่ละเอียดมาก ๆ หรือที่เป็นฝุ่น เช่น หัวแร่ตะกอนของโลหะหรือของสารอื่น ๆ ที่คล้ายคลึงกัน การใช้สว่านชักตัวอย่าง (Auger Sampler) ได้ทำกันแบบเดียวกับการทำ Pipe Sampling และนิยมใช้สำหรับในกรณีที่ไม่สามารถใช้แรงกดลงไปในกองแร่ตามธรรมดาได้

(ข) **"ออโตเมติคเมคานิคอลแซมปลิ้ง"** (Automatic Mechanical Sampling) หรือการชักตัวอย่างโดยใช้เครื่องกลไกอัตโนมัติ

การชักตัวอย่างด้วยเครื่องกลไกนี้ ใช้กันมากในโรงย่อยแร่และโรงแยกแร่ ซึ่งต้องทำการชักตัวอย่างแร่จำนวนมาก ๆ จะเป็นแร่ก่อนทำการแยกแร่หรือแร่ที่เป็นหัวแร่หรือหางแร่ก็ได้ วิธีการชักตัวอย่างด้วยเครื่องกลไกอัตโนมัตินี้ โดยมากใช้กับแร่หรือสารที่เคลื่อนที่และจะต้องตัดแร่ที่จะชักตัวอย่างซึ่งเคลื่อนที่มานั้นออกมาอย่างมีระเบียบและเข้ากฎเกณฑ์

การชักตัวอย่างวิธีนี้ ในเมืองไทยโดยเฉพาะเหมืองแร่ดีบุกยังไม่ค่อยนิยมใช้ เพราะมีแร่ไม่มากพอ จึงขอกล่าวแต่เพียงคร่าว ๆ เขาแบ่งวิธีการทำออกเป็น 2 วิธีคือ ใช้กรรมวิธีที่ต่อเนื่องกันโดยใช้รางซึ่งทำเป็นร่องเล็ก ๆ หรือเครื่องมือที่คล้ายกันนี้ วางไว้ในแนวทางของแร่ที่เคลื่อนที่ ทำให้ตัวอย่างแร่ที่จะเก็บเบนลงไปในที่เก็บตัวอย่างแร่โดยสม่ำเสมอต่อเนื่องกันอย่างหนึ่ง และอีกอย่างหนึ่งใช้กรรมวิธีไม่ต่อเนื่องกัน เครื่องมือที่ใช้เก็บแร่เคลื่อนที่ออกเก็บตัวอย่างได้เป็นระยะ ๆ สม่ำเสมอ

เครื่องชักตัวอย่างแบบวิธีหลังนี้ อาจให้ผลเชื่อถือได้มากกว่าวิธีแรก เพราะสามารถดึงเอาตัวอย่างทั้งหมดได้ในช่วงเวลาหนึ่ง ในการทำงานควรคำนึงถึงตัวเปลี่ยนแปลงที่อาจทำให้ค่าของการชักตัวอย่างผิดแผกไป เป็นต้นว่าขนาดของปากช่องที่ใช้ตัดแร่ตัวอย่าง ควรจะมีขนาดเป็น 3 เท่าของเม็ดแร่ที่ใหญ่ที่สุด ความเร็วของรางตัดแร่มาตรฐานที่ใช้กันประมาณ 18 นิ้วต่อวินาที หรืออาจจะให้เร็วหรือช้ากว่านี้สักเล็กน้อยก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับจำนวนตัวอย่างที่จะต้องตัด และประการสุดท้ายก็คือ ความถี่ของการตัดตัวอย่าง

ตามปรกติการชักตัวอย่างเพียงครั้งเดียวในตอนแรกจะได้ตัวอย่างมาก จำเป็นจะต้องตัดทอนตัวอย่างลงมาให้น้อยลง จึงต้องทำการชักตัวอย่างต่อไปในขั้นที่ 2 เพื่อลดน้ำหนักตัวอย่างลง และแล้วจึงจะไปใช้วิธีที่ 3 และวิธีที่ 4 ในข้อ (ก) เพื่อให้ได้จำนวนแร่สุดท้ายเท่าที่ต้องการ

(ค) **การชักตัวอย่างเพื่อหาความชื้น (Moisture Sampling)**

ตัวอย่างที่จะหาความชื้นที่มีอยู่ มักจะเป็นตัวอย่างมาจาก Grab Samples มีน้ำหนักตั้งแต่ 100 ถึง 1,000 กรัม ในการทำจะต้องนำเอาตัวอย่างขึ้นชั่ง แล้วนำไปอบในเตาอบ

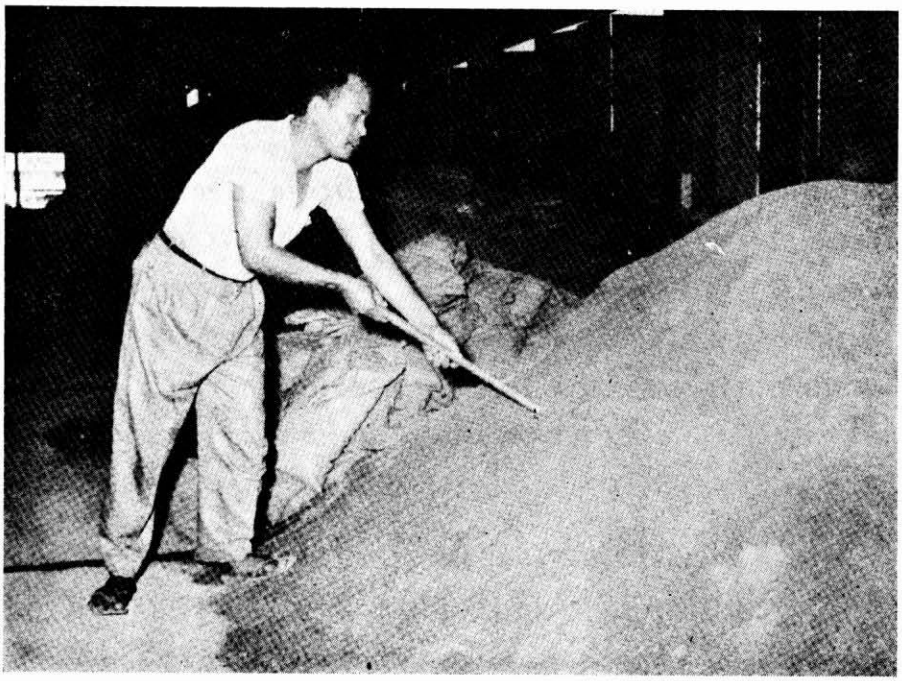
ให้แห้งที่ 150° ซ. แล้วชั่งหาน้ำหนักอีกครั้ง น้ำหนักที่หายไปเป็นน้ำหนักของความชื้นที่มีอยู่ ตัวอย่างที่ให้หาความชื้นควรจะทำทันทีที่นำเอามาจากเตาอบถ้าทำได้ แต่ถ้าทำไม่ได้ควรจะเก็บมันไว้ในที่อับอากาศเพื่อป้องกันความชื้นและทำให้เย็นลงเสียก่อน

ตัวอย่างการหาความชื้นของน้ำหนักเดิมทั้งหมด ควรทำทันทีที่ได้มีการวัดน้ำหนักทั้งหมดแล้ว วิธีนี้มักจะใช้ Grab Sampling ช่วย เพราะเป็นวิธีที่รวดเร็วที่สุด และการผิดพลาดที่เกิดขึ้นจะน้อยกว่าความผิดพลาดของการระเหย อันเกิดจากการใช้เครื่องมือกลชักตัวอย่างแร่ หรือวิธีการชักตัวอย่างด้วยมือ เช่น Cone & Quartering การทำ Grab Sampling ควรจะชักตัวอย่างเป็นตัวแทนในส่วนบน ส่วนกลางและส่วนล่างของรถ ถ้าชักแต่ข้างบนอย่างเดียวค่าของมันจะสูงเมื่ออยู่ในระหว่างอากาศชื้น และจะต่ำเมื่ออากาศแห้งแล้ง

การชักตัวอย่างแร่นี้ อาจมีวิธีการอื่น ๆ อีกหลายแบบ ซึ่งถ้าหากว่าปรากฏผลดีกว่าหรือเท่าเทียมกันกับวิธีการที่กล่าวมาแล้ว ก็ย่อมใช้ได้ สิ่งสำคัญที่สุดที่ควรจะต้องระลึกอยู่เสมอก็คือ ตัวอย่างที่เป็นตัวแทนที่แท้จริง จะเป็นเครื่องช่วยให้การดำเนินงานต่าง ๆ เป็นไปได้โดยไม่มีการผิดพลาด การชักตัวอย่างจึงเป็นสิ่งควรระมัดระวังให้มีความละเอียดลออมากที่สุดดังกล่าวแล้ว



รูปที่ 88 เก็บส่วน 2 ส่วนตรงกันข้ามเพื่อชักตัวอย่างต่อไป



รูปที่ 89 การชักตัวอย่างแบบใช้หลาวเหล็กหรือหลาวทองเหลือง

การทำแร่ให้สะอาดเพื่อส่งออกจำหน่ายหรือส่งไปถลุง

ตามธรรมชาติแร่ดีบุกที่มีอยู่ภายในแหล่งแร่ทั่วไปย่อมจะอยู่รวมกับหิน กรวด ทราย ดิน และแร่อย่างอื่นซึ่งอาจจะเป็นแร่ที่มีราคาหรือไม่มีราคาก็ได้ ดังนั้นในการผลิตแร่ดีบุกออกจำหน่ายหรือส่งไปทำการถลุง (Smelting) จึงจำเป็นที่จะต้องทำให้แร่ดีบุกนั้นมีความสะอาดเพียงพอเสียก่อน โดยหาวิธีแยกเอาหิน กรวด ทราย ดิน และแร่อย่างอื่นที่ปนอยู่ออกไปเสียให้มากที่สุดที่จะมากได้โดยเสียค่าใช้จ่ายแต่พอสมควร แร่อย่างอื่นที่แยกออกจากแร่ดีบุกนั้นถ้าเป็นแร่ที่มีราคาพอที่จะจำหน่ายได้ผลกำไร ก็จะทำให้สามารถผลิตแร่นั้นออกจำหน่ายเป็นผลพลอยได้อีกด้วย ส่วนแร่ดีบุกที่ได้ทำการแยกเอาสิ่งเจือปนต่าง ๆ ออกไปแล้วนั้น จะเป็นแร่ดีบุกที่มีเปอร์เซ็นต์สูง เหมาะแก่การส่งออกจำหน่าย เพราะได้ราคาดีและเสียค่าใช้จ่ายในการขนส่งแร่ต่ำเนื่องจากไม่ต้องขนสิ่งที่ไม่ต้องการไปพร้อมกับแร่ด้วย นอกจากนั้นแร่ดีบุกสะอาดจะทำให้สามารถทำการถลุงเอาโลหะออกมาได้ง่าย โดยเสียค่าใช้จ่ายต่ำ มีการสูญเสียโลหะไปในขี้ตะกรันน้อย และโลหะดีบุกที่ถลุงได้จากแร่ที่สะอาดจะมีความบริสุทธิ์ดีกว่าโลหะที่ถลุงได้จากแร่สกปรกหรือแร่ที่มีสิ่งอื่นเจือปนมากด้วย

กล่าวโดยทั่ว ๆ ไป การที่จะทำให้แร่สะอาดเหมาะแก่การจำหน่ายและการถลุงเอาโลหะออกมา หรือนำไปใช้ประโยชน์ต่าง ๆ นั้น มีวิธีการที่จะทำได้อยู่ 2 ประการใหญ่ ๆ คือ :

(1) ใช้วิธีการแต่งแร่หรือการแยกแร่ (Ore Dressing or Separation of Ores) ซึ่งบางทีก็เรียกกันว่า การล้างแร่

(2) ใช้วิธีการอย่างอื่นทางโลหวิทยา เช่น การย่างแร่ หรือการเผาแร่ (roasting and calcining) โดยใช้ความร้อนสูง ๆ เพื่อไล่สารบางอย่างออกจากแร่ หรือใช้สารเคมีบางอย่างละลาย (leaching) เป็นต้น

ตามปกติการทำให้แร่สะอาดเหมาะแก่การจำหน่ายหรือถลุงนั้น มักจะใช้วิธีการประเภท (1) ก่อนเสมอ เพราะเป็นวิธีการที่เสียค่าใช้จ่ายต่ำกว่าวิธีการประเภท (2) แต่โดยเหตุที่ในบางกรณีเราไม่อาจจะทำให้เป็นผลดีได้โดยวิธีการอันแรก เราจึงจำเป็นที่จะต้องใช้วิธีการอันหลังนั้น

การทำแร่ให้สะอาดโดยวิธีการแต่งแร่หรือวิธีการแยกแร่หรือวิธีล้างแร่

การกระทำให้แร่สะอาดโดยวิธีการนี้เป็นสิ่งที่ปรารถนาสำหรับบรรดาผู้ทำการผลิตแร่ออกจำหน่ายเป็นอย่างยิ่ง เพราะเป็นวิธีการที่เสียค่าใช้จ่ายน้อยกว่าวิธีอื่นดังกล่าวแล้ว หลักสำคัญ ๆ ที่จะต้องปฏิบัติเกี่ยวแก่การดำเนินงานตามวิธีการที่กล่าวนี้ อาจกล่าวได้อย่างย่อ ๆ เป็นลำดับดังต่อไปนี้คือ :—

ก. ย่อยแร่และบดแร่ (Crushing & Grinding)

จุดประสงค์ของการย่อยแร่และบดแร่ก็คือ ต้องการทำให้แร่ หิน กรวด ทราย และมลทินอื่น ๆ ที่เกาะติดกันอยู่ แตกหลุดออกจากกันประการหนึ่ง อีกประการหนึ่งก็เพื่อทำให้แร่และสิ่งเจือปนมีขนาดพอเหมาะที่จะป้อนเข้าเครื่องแต่งแร่หรือแยกแร่ที่จะใช้งาน เราไม่อาจจะทำให้แร่ที่ต้องการสะอาดได้เลย ถ้าหากว่ามิได้ทำการย่อยหรือบดแร่ให้มันแตกหลุดออกจากมลทินต่าง ๆ ดังกล่าวแล้ว หรือว่าแร่และมลทินมีขนาดใหญ่เกินกว่าที่จะป้อนเข้าเครื่องแต่งแร่หรือแยกแร่ได้ ตามปรกติค่าใช้จ่ายในการย่อย และบดแร่จะสูงกว่าค่าใช้จ่ายอย่างอื่นในการดำเนินการแต่งแร่ ดังนั้นในการย่อยและบดแร่เราจึงจำเป็นจะต้องระวังไม่ให้แร่ละเอียดเกินกว่าความจำเป็นเพราะนอกจากจะทำให้ต้องเสียค่าใช้จ่ายสูง แล้วยังอาจจะทำให้การแต่งแร่หรือแยกแร่ต้องมีความลำบากมากขึ้น และอาจจะทำให้สูญเสียแร่ละเอียด ๆ ไปเป็นจำนวนมากโดยที่เครื่องมือหรืออุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการแต่งแร่นั้นไม่สามารถที่จะเก็บแร่ละเอียดไว้ได้ตามต้องการ การย่อยและบดแร่นี้จำเป็นที่จะต้องกระทำแก่แร่ที่ขุดหรือระเบิดจากเหมืองทางแร่โดยหลีกเลี่ยงไม่ได้เพราะ แร่ หิน และมลทินต่าง ๆ อยู่ในสภาพเกาะติดกันอยู่ ส่วนแร่จากเหมืองลานแร่นั้นส่วนใหญ่ไม่จำเป็นที่จะต้องทำการย่อยหรือบดแร่อีก เพราะว่าแร่ หิน กรวด และมลทินต่าง ๆ อยู่ในสภาพที่หลุดออกจากกันอยู่แล้ว การย่อยหรือบดแร่ที่ได้มาจากเหมืองลานแร่จึงมักจำเป็นต้องกระทำ เฉพาะในกรณีที่ขนาดก้อน ของมันใหญ่เกินกว่าที่จะสามารถป้อนเข้าเครื่องแยกแร่ได้เท่านั้น

ข. คัดขนาดแร่และหิน (Screening & Classification)

การคัดขนาดแร่และหินนี้ จะกระทำก่อนที่จะป้อนแร่เข้าเครื่องแยกแร่ จุดประสงค์ของการคัดขนาดแร่และหินนั้นก็เพื่อต้องการที่จะทำให้แร่และหินที่จะส่งเข้าเครื่องแยกแร่มีขนาดสม่ำเสมอเหมาะแก่เครื่องแยกแร่แต่ละชนิด ซึ่งจะทำให้การแยกแร่ได้ผลดี การคัดขนาดแร่และหินนี้นอกจากจะเป็นการทำให้แร่ที่จะป้อนเข้าเครื่องแยกแร่มีขนาดสม่ำเสมอตามต้องการแล้วในบางกรณียังอาจเป็นการช่วยคัดเอาหิน หรือกรวดทรายออกจากแร่ที่เราต้องการได้ด้วย ถ้าหากว่าแร่และหินนั้นมีขนาดต่างกัน

ตามปรกติในเมื่อเราต้องมีการย่อยหรือบดแร่ เรามักจะจัดเครื่องย่อยหรือบดแร่เข้าเป็นวงจรต่อเนื่องกับเครื่องคัดขนาดแร่และหิน กล่าวคือ เราปล่อยให้แร่และหินผ่านเครื่องย่อยหรือบดแร่แล้วปล่อยให้แร่และหินที่ถูกย่อยและบดแล้วนั้นผ่านเครื่องคัดขนาด เครื่องคัดขนาดจะคัดเอาแร่และหินซึ่งมีขนาดตามต้องการส่งไปยังเครื่องแยกแร่ และส่งแร่และหินที่ยังมีขนาดโตกว่าที่ต้องการกลับคืนเข้าป้อนเครื่องย่อยหรือบดแร่และหินอีกครั้งหนึ่ง เพื่อทำการย่อยหรือบดให้เล็กลงตามต้องการ

ค. แต่งแร่หรือแยกแร่หรือล้างแร่ (Concentration or Separation)

หลังจากที่ได้ทำการย่อยและบดแร่และหินให้หลุดออกจากกัน และทำการคัดเอาหิน

ที่ไม่มีแร่ออกหรือคัดขนาดแร่และหินที่ย่อยและบดให้มีขนาดตามต้องการแล้ว ก็ถึงขั้นที่จะต้องการแต่งแร่หรือแยกแร่หรือล้างแร่นั้นต่อไป โดยมีวัตถุประสงค์ที่จะทำให้แร่แต่ละชนิดแยกตัวออกจาก หิน กรวด ทราย หรือแร่ชนิดอื่นที่ปนอยู่ กรรมวิธีที่ใช้ในการแต่งแร่หรือแยกแร่เพื่อให้ได้แร่สะอาดตามความต้องการนั้น อาจจะแบ่งออกเป็นประเภทใหญ่ ๆ ได้ดังนี้ คือ :—

(1) ใช้วิธีการแยกด้วยมือ (Hand Picking) วิธีการนี้เป็นวิธีการที่สามัญที่สุด เพราะใช้ตาและมือของคนทำงานเป็นอุปกรณ์สำคัญในการที่จะเลือกเก็บเอาแร่ที่ต้องการออกมาจากพวกหินหรือมลทินต่าง ๆ หลักสำคัญที่จะทำให้สามารถแยกเก็บเอาแร่โดยวิธีนี้ได้ก็คือเราจะต้องมองเห็นความแตกต่างระหว่างก้อนแร่ที่เราต้องการและสิ่งที่ปนอยู่ได้อย่างแจ่มชัด เช่นมีสีผิดกัน หรือน้ำหนักต่างกันพอที่จะรู้สึกได้โดยการใช้มือจับ และนอกจากนั้นก้อนแร่หรือสิ่งเจือปนจะต้องมีขนาดใหญ่พอที่จะหยิบด้วยมือได้สะดวก ฉะนั้น อาจกล่าวได้ว่าวิธีการอันนี้จะไม่สามารถใช้กับแร่ดีบุกที่เกิดอยู่ในแหล่งลานแร่ได้เลย เพราะแร่ในสานแร่ส่วนใหญ่เป็นก้อนเล็ก ๆ และจำนวนหิน กรวด ทราย ที่ปนอยู่ก็มีเป็นจำนวนมาก ดังนั้น จึงอาจจะใช้วิธีการอันนี้ได้เฉพาะเหมืองทางแร่ขนาดเล็ก ๆ และค่าแรงคนงานถูก ๆ เท่านั้น อย่างไรก็ดีในปัจจุบันนี้ อาจจะกล่าวได้ว่าแทบไม่มีผู้ใดใช้กรรมวิธีอันนี้กับเหมืองดีบุกเลย เพราะประสิทธิภาพในการทำงานค่อนข้างต่ำมาก ที่นำมากล่าวไว้ให้เห็นในที่นี้ก็เพียงแต่ต้องการจะให้ทราบไว้ว่าเป็นวิธีการแยกแร่อันหนึ่งที่อาจจะใช้ทำการคัดแร่สะอาดออกจากมลทินต่าง ๆ ได้เท่านั้น

(2) ใช้วิธีการแยกโดยอาศัยความแตกต่างของน้ำหนักหรือความถ่วงจำเพาะของแร่และสิ่งเจือปน (Gravity Concentration)

การแยกแร่โดยวิธีนี้ อาศัยความแตกต่างระหว่างน้ำหนักหรือความถ่วงจำเพาะของแร่และสิ่งเจือปนเป็นหลักสำคัญในการแยกแร่ กล่าวคือแร่และหินหรือแร่มลทินต่าง ๆ นั้นจะต้องมีน้ำหนักต่างกันจึงจะทำการแยกแร่โดยวิธีนี้ได้ ตามปรติในการแยกแร่โดยวิธีนี้ นอกจากแร่และสิ่งเจือปนจะต้องมีน้ำหนักหรือความถ่วงจำเพาะแตกต่างกันแล้ว ขนาดของแร่และหินหรือแร่มลทินต่าง ๆ จะต้องไม่ละเอียดมากเกินไปด้วย เพราะการแยกแร่ละเอียดมาก ๆ โดยอาศัยหลักการนี้ เป็นเรื่องที่กระทำไม่ได้ง่าย ๆ นัก ในการแยกแร่โดยวิธีนี้อาจจะใช้อุปกรณ์ได้หลายอย่างแล้วแต่ขนาดของแร่และหินที่จะทำการแยกซึ่งจะได้กล่าวถึงในลำดับต่อไป และนอกจากเครื่องอุปกรณ์ต่าง ๆ แล้ว ในการแยกแร่โดยวิธีนี้ยังจำเป็นต้องใช้น้ำหรือใช้สารบางอย่างผสมกับน้ำ หรือใช้ลม เป็นสื่อสำคัญในการช่วยแยกแร่ออกจากหิน หรือแร่มลทินต่าง ๆ โดยกรรมวิธีตามหลักการนี้ด้วย ซึ่งจะได้บรรยายให้ทราบต่อไปในตอนที่กล่าวถึงการดำเนินงานและอุปกรณ์ที่เกี่ยวกับการแยกแร่ชนิดต่าง ๆ ตัวอย่างการแยกแร่โดย

วิธีนี้ก็ได้แก่การแยกแร่ดีบุกออกจากหิน กรวด ทราย หรือแร่อย่างอื่น ซึ่งมีน้ำหนักเบากว่าแร่ดีบุกเป็นต้น

(3) ใช้วิธีการแยกโดยอาศัยอำนาจของแรงแม่เหล็ก (Magnetic Separation)

การแยกแร่โดยใช้วิธีการอันนี้ อาศัยหลักที่ว่า แร่ที่ต้องการหรือแร่มลทินบางชนิดจะมีคุณสมบัติติดแม่เหล็กได้ ซึ่งทำให้สามารถใช้อุปกรณ์แม่เหล็กแยกเอาแร่ที่ติดแม่เหล็กออกจากแร่ที่ไม่ติดแม่เหล็กได้ เครื่องอุปกรณ์แม่เหล็กที่ใช้ในการแยกแร่โดยวิธีนี้นั้น มีทั้งชนิดที่เป็นแม่เหล็กถาวร (permanent magnet) และที่เป็นแม่เหล็กไฟฟ้า (electro-magnet) สำหรับเครื่องแม่เหล็กถาวรนั้นมักนิยมใช้กับการแยกเอาเศษเหล็กออกจากแร่ หรือใช้แยกแร่เหล็กแม็กนีไต๊ท์ (Magnetite) ออกจากแร่อื่น ส่วนเครื่องแม่เหล็กไฟฟ้านั้น มักจะเป็นเครื่องที่สามารถจัดแรงแม่เหล็กให้มีแรงดึงดูดมากน้อยได้ตามต้องการ ดังนั้นจึงสามารถใช้ทำการแยกแร่ที่มีคุณสมบัติที่จะติดแม่เหล็กต่างกันออกจากกันได้ ตัวอย่างการแยกแร่ดีบุกออกจากแร่อื่นโดยใช้แรงแม่เหล็กไฟฟ้าก็ได้แก่การแยกแร่ดีบุกออกจากแร่วุลแฟรมเป็นต้น ในกรณีนี้แร่วุลแฟรมจะติดแม่เหล็ก ส่วนแร่ดีบุกไม่ติดแม่เหล็กจึงสามารถแยกแร่ทั้งสองออกได้โดยวิธีนี้ โดยปรกติแร่ซึ่งจะนำมาแยกโดยวิธีนี้มักจะเป็นแร่ที่ได้ผ่านการแยกโดยวิธีการใช้ความแตกต่างของน้ำหนักของแร่และสิ่งเจือปนทำการแยกเอาหิน กรวด ทราย หรือแร่มลทินชนิดเบา ๆ ออกไปแล้ว ส่วนใหญ่ในการแยกแร่โดยวิธีนี้แร่จะต้องอยู่ในลักษณะเป็นแร่แห้งและคงมีแต่แร่ซึ่งติดแม่เหล็กได้ดีมาก เช่น แร่เหล็กแม็กนีไต๊ท์ชนิดละเอียดเท่านั้น ที่อาจใช้แร่เปียก ๆ หรือแร่ผสมน้ำเข้าแยกด้วยเครื่องแยกแร่ด้วยแรงแม่เหล็กได้

(4) ใช้วิธีการแยกโดยอาศัยที่แรงเกิดจากประจุไฟฟ้า หรือแรงไฟฟ้าสถิต (Electrostatic or High Tension Separations)

การแยกแร่โดยวิธีนี้อาศัยหลักที่ว่า แร่แต่ละชนิดอาจมีคุณสมบัติทางการเป็นสื่อไฟฟ้าไม่เท่าเทียมกัน กล่าวคือแร่บางชนิดมีคุณสมบัติเป็นสื่อไฟฟ้าที่ดี สามารถรับและถ่ายประจุไฟฟ้า (electrical charge) ได้ดี และแร่บางชนิดมีคุณสมบัติเป็นสื่อไฟฟ้าที่เลว สามารถรับและเก็บประจุไฟฟ้าไว้ได้นาน เพราะถ่ายประจุไฟฟ้าได้ช้า โดยเหตุนี้จึงมีผู้นำหลักการอันนี้ไปประดิษฐ์เครื่องอุปกรณ์แยกแร่ซึ่งเรียกว่า เครื่องแยกแร่แบบใช้แรงไฟฟ้าสถิตย์ หรือไฟฟ้ากระแสตรงแรงสูงขึ้น สามารถนำมาใช้แยกแร่ซึ่งมีความเป็นสื่อไฟฟ้าแตกต่างกันได้ การแยกแร่โดยวิธีการอันนี้ แร่ที่จะทำการแยกจะต้องอยู่ในลักษณะแห้ง และเครื่องแยกจะทำงานมีประสิทธิภาพดีมากในเมื่อขนาดของแร่อยู่ในระหว่างประมาณ 0.074 มิลลิเมตร ถึง 1.651 มิลลิเมตร ตัวอย่างสำหรับการแยกแร่ดีบุกออกจากแร่อื่นโดยวิธีนี้ ก็ได้แก่การแยกแร่ดีบุกออกจากแร่ชีไล้ท์ (Scheelite $CaWO_4$) เป็นต้น ในกรณีนี้ แร่ดีบุกจะเป็นแร่ที่มีคุณสมบัติเป็นสื่อไฟฟ้าดีกว่าแร่ชีไล้ท์ ตามปรกติแร่ที่จะนำมาทำการแยกโดยวิธีนี้จะต้องเป็นแร่ที่ได้ผ่าน

การแยกแร่โดยวิธีใช้ความแตกต่างระหว่างน้ำหนักของแร่มาแล้ว เช่นเดียวกับในกรณีของการแยกแร่โดยใช้แรงแม่เหล็กดังกล่าวแล้ว

(5) ใช้วิธีการแยกโดยวิธีลอยแร่ (Flotation)

การแยกแร่โดยวิธีการอันนี้ อาศัยหลักการที่ว่า แร่บางอย่างเมื่อเราให้มันทำปฏิกิริยากับสารเคมีบางชนิด ผิวนอกของมันจะแปรสภาพไปเป็นลักษณะไม่เปียกน้ำ (Water repellent) ในขณะเดียวกันถ้าหากว่าเราพ่นฟองอากาศลงไปให้สัมผัสกับเม็ดแร่ที่กล่าวนี้ เม็ดแร่ก็จะเกาะฟองอากาศลอยขึ้นสู่ผิวน้ำ โดยที่แร่มลทินชนิดอื่นซึ่งไม่ทำปฏิกิริยากับสารเคมีที่ใส่ลงไปนั้น จะคงจมอยู่ในน้ำตามเดิมจึงทำให้เราสามารถแยกแร่บางอย่างออกจากกันได้โดยวิธีนี้ ในกรณีที่มีแร่สำคัญ ๆ อยู่รวมกันหลายชนิด เราก็อาจจะทำการแยกเอาแร่ออกมาเป็นแต่ละชนิดได้โดยวิธีการอันนี้ โดยใช้สารเคมีต่างชนิดกัน สารเคมีที่ใช้นั้นมีปริมาณไม่มาก เพราะเพียงแต่ใช้สำหรับเปลี่ยนคุณสมบัติของผิวแร่ที่จะทำการแยกเท่านั้น การแยกแร่โดยวิธีนี้เหมาะสำหรับการแยกแร่ละเอียด ๆ มาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับแร่ที่เกิดอยู่ในลักษณะของแร่ซัลไฟด์ (Sulphide Ore) ในการแยกแร่โดยวิธีนี้ตามปรกติแร่จะต้องถูกบดให้ละเอียดกว่า 0.2 มิลลิเมตรลงไปจึงจะทำการแยกได้ดี แต่ถ้าหากแร่ละเอียดเกินกว่าความจำเป็นก็จะทำให้ต้องเปลืองสารเคมีเพิ่มขึ้นโดยไม่จำเป็น ตัวอย่างการแยกแร่ดีบุกโดยหลักการอันนี้ ก็ได้แก่การแยกแร่ดีบุกชนิดอ๊อกไซด์ คือแร่แค็สซิเตอร์ไรท์ (Cassiterite) ออกจากแร่ไพไร้ท์ (Pyrite) เป็นต้น ในกรณีนี้ แร่ไพไร้ท์จะเป็นแร่ที่ถูกทำให้ลอยขึ้น ส่วนแร่ดีบุกจะคงจมอยู่ในน้ำ

ง. ทำการเอาน้ำออกจากแร่ หลังจากทำการแยกแร่แล้ว สำหรับบางวิธีการ เช่น ในการแยกแร่โดยใช้แรงแม่เหล็กหรือแรงประจุไฟฟ้าซึ่งแร่ที่ทำการแยกอยู่ในลักษณะแห้งอยู่แล้ว เราก็อาจส่งแร่ออกจำหน่ายหรือส่งไปถลุงได้เลย แต่สำหรับการแยกแร่โดยวิธีอื่น ซึ่งแร่ที่แยกออกมาได้ยังคงอยู่ในลักษณะเปียก หรือปนอยู่กับน้ำ เราก็จำเป็นที่จะต้องจัดการเอาน้ำออกจากแร่นั้นเสียก่อน ถ้าหากว่าที่ได้นั้นหยาบ เราก็อาจนำมากอง ๆ ไว้บนพื้นที่เทลาดเล็กน้อย เพื่อให้น้ำไหลออกจากแร่เอง เมื่อแร่แห้งหมาด ๆ แล้วจึงนำไปตากแดดหรือเผาให้แห้งต่อไป สำหรับในกรณีที่เป็นแร่เม็ดละเอียดหรือมีน้ำปนมากก็อาจจำเป็นต้องใช้วิธีการอื่น ๆ เข้ามาช่วยในการเอาน้ำออกจากแร่ ได้แก่การใช้ถังเกรอะเพื่อแยกน้ำส่วนใหญ่ออกแล้วนำเข้าเครื่องกรองและนำไปเผาให้แห้งอีกที่หนึ่ง ในบางกรณีผู้ซื้อแร่อาจยอมให้แร่นั้นเปียกได้เล็กน้อย การทำให้แร่แห้งสนิทก็อาจไม่จำเป็น แต่ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงค่าขนส่งด้วย เพราะว่าถ้ามีน้ำมากก็ย่อมทำให้เสียค่าขนส่งเพิ่มขึ้นตามน้ำหนักของน้ำที่ปนอยู่ด้วย

ในการดำเนินการแยกแร่นั้น ถ้าหากทำโดยถูกต้องตามหลักวิชาการแล้ว นอกจากจะทำให้แร่ที่ได้มีเปอร์เซนต์เหมาะแก่การจำหน่าย และการส่งไปถลุงหรือไปใช้ประโยชน์ต่าง ๆ แล้วยังจะทำให้สามารถเก็บแร่ได้มากอีกด้วย เพราะมีการสูญเสียแร่ไปในกรรมวิธีต่าง ๆ น้อยซึ่งเป็นการช่วยอนุรักษ์แร่ของชาติไปในตัว

หลังจากทำการแยกแร่หรือแต่งแร่แล้ว เราอาจจะแบ่งแร่ที่ทำการแยกออกมาได้เป็น 3 ส่วนด้วยกัน คือ :—

1. **หัวแร่** (Concentrate) ซึ่งเป็นส่วนที่มีเปอร์เซ็นต์แร่สูงที่สุด และเป็นแร่สะอาด ซึ่งจะส่งออกจำหน่ายเพื่อใช้ประโยชน์ต่าง ๆ หรือส่งไปถลุงเอาโลหะต่อไป

2. **แร่คละ** (Middling) แร่ส่วนนี้จะเป็นแร่ซึ่งยังมีมลทินหรือกากแร่ปนอยู่บ้าง ซึ่งตามปรกติจะต้องนำเอาแร่ส่วนนี้ไปทำการแยกแร่ซ้ำใหม่อีกครั้งหนึ่ง เพื่อให้ได้หัวแร่สะอาดตามต้องการ แต่ในบางกรณีเราอาจจะจำหน่ายแร่ส่วนนี้เป็นแร่ชนิดรองได้

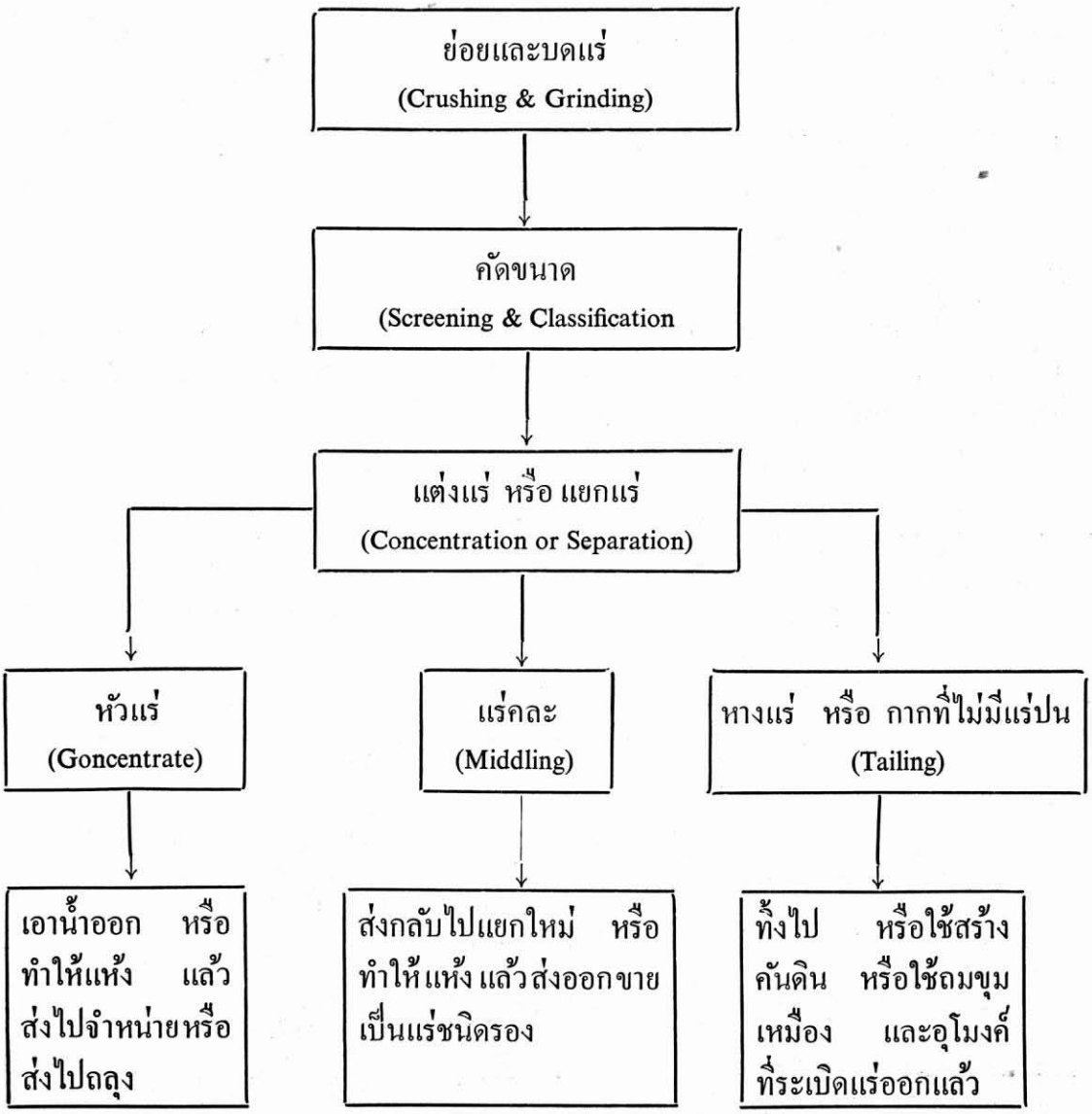
3. **หางแร่หรือกาก** (Tailing) ส่วนนี้เป็นส่วนที่ไม่มีประโยชน์แก่การค้าขายแร่ เพราะเป็นส่วนที่ประกอบด้วย หิน กรวด ทราย และมลทินต่าง ๆ ตามปรกติก็ต้องนำไปทิ้งหรือนำไปใช้ในการก่อสร้างคันดิน (earth dam) หรือนำไปถมขุมเหมือง หรืออุโมงที่ระเบิดเอาแร่ออกแล้ว

การดำเนินงานและอุปกรณ์เกี่ยวกับการย่อยและบดแร่

ดังได้กล่าวแล้วแต่ตอนต้นว่า ถ้าหากแร่ หินและแร่มลทินต่าง ๆ เกาะติดกันอยู่ก่อนที่จะทำให้ได้แร่สะอาด โดยการแต่งแร่หรือแยกแร่นั้นจำเป็นต้องมีการย่อยและบดแร่ให้หลุดออกจากหินหรือแร่มลทินที่ปนอยู่เสียก่อน หรือถ้าหากว่าแร่ที่จะส่งเข้าเครื่องแยกแร่มีขนาดโตเกินไปก็จำเป็นต้องย่อยหรือบดให้มันเล็กลงเช่นกัน โดยเหตุที่ค่าใช้จ่ายในการย่อยและบดแร่เป็นค่าใช้จ่ายที่สูง การย่อยหรือบดแร่จึงมีจุดประสงค์แต่เพียงที่จะทำให้แร่หลุดออกจากหินและมลทินต่าง ๆ พร้อมกับทำให้มันมีขนาดพอเหมาะสำหรับส่งเข้าเครื่องแยกแร่เท่านั้น มิได้มุ่งหมายที่จะย่อยหรือบดแร่ให้ละเอียดเกินความจำเป็น เพราะจะทำให้เสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นโดยใช่เหตุ การแยกเก็บแร่ละเอียดมาก ๆ นั้นทำได้ยาก และจะมีการสูญเสียแร่มากด้วย โดยเหตุนี้ก่อนจะทำการย่อยหรือบดแร่จึงจำเป็นจะต้องตรวจลักษณะของแร่ให้ดีเสียก่อนว่า ควรจะต้องย่อยหรือบดแร่ให้เล็กลงขนาดไหนจึงจะทำให้แร่หลุดออกจากหินได้มากที่สุด และก้อนแร่มีขนาดพอเหมาะกับเครื่องแยกแร่ที่ใช้ โดยเสียค่าใช้จ่ายในการย่อยและบดแร่น้อยที่สุด

ในสมัยโบราณหรือแม้แต่ในปัจจุบันนี้ สำหรับเหมืองเล็ก ๆ มีทุนรอนน้อยและอยู่ในท้องที่ทุรกันดารยังคงมีการใช้ค้อนเหล็กสำหรับทำการย่อยและบดแร่กันอยู่ ส่วนดีของมันก็อยู่ที่ไม่ต้องใช้เงินลงทุนมาก และสามารถจะควบคุมไม่ให้ทุบแร่ให้ละเอียดเกินไปได้ดี เพราะใช้คนทำงานโดยตรง ค้อนที่ใช้มีอยู่หลายชนิดและหลายขนาดแล้วแต่ความนิยม ในการย่อยแร่ก้อนใหญ่ ๆ ก็ใช้ค้อนขนาดใหญ่ มีด้ามยาวเพื่อให้คนจับได้ ๒ มือ ทำให้สามารถออกกำลังทำการย่อยแร่ได้ถนัดดี ส่วนการย่อยแร่ก้อนเล็กก็ใช้ค้อนขนาดเล็ก การที่จะทำการย่อยแร่ได้ปริมาณมากน้อยเพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับกำลังและความชำนาญของคนงาน โดยปรกติการใช้คนย่อยแร่ด้วยค้อนนี้จะต้องเสียค่าใช้จ่ายสูงกว่าการที่จะใช้เครื่องย่อยและบดแร่ที่ใช้กำลัง

แผนผังแสดงลำดับ
ของการดำเนินงานแต่งแร่หรือแยกแร่โดยย่อ



เครื่องจักรหรือเครื่องยนต์ต่าง ๆ ฉะนั้น จึงอาจใช้ได้สำหรับที่ซึ่งค่าแรงงานคนงานถูก และเป็นแหล่งแร่ที่อุดมสมบูรณ์ดีเท่านั้น

ในปัจจุบัน การใช้คนงานทุบแร่ด้วยค้อนนั้นลดน้อยลงไปมาก เพราะแหล่งแร่เปอร์เซ็นต์สูง ๆ หาได้ยากขึ้นและการทำเหมืองต้องมีกำลังการผลิตปริมาณแร่เปอร์เซ็นต์ต่ำ ๆ มากขึ้น การใช้เครื่องอุปกรณ์ย่อยและบดแร่ที่ใช้กำลังเครื่องยนต์หรือเครื่องไฟฟ้าจึงเพิ่มความนิยมขึ้นมาก เพราะสามารถเพิ่มกำลังการผลิตแร่ให้ได้ผลดีขึ้นดังกล่าวแล้ว เครื่องอุปกรณ์สำหรับย่อยหรือบดแร่ที่ใช้กันอยู่ปัจจุบันนี้อาจแบ่งเป็นประเภทใหญ่ ๆ ได้ดังนี้คือ

(ก) **เครื่องย่อยแร่และหิน** (Crushing Machines)

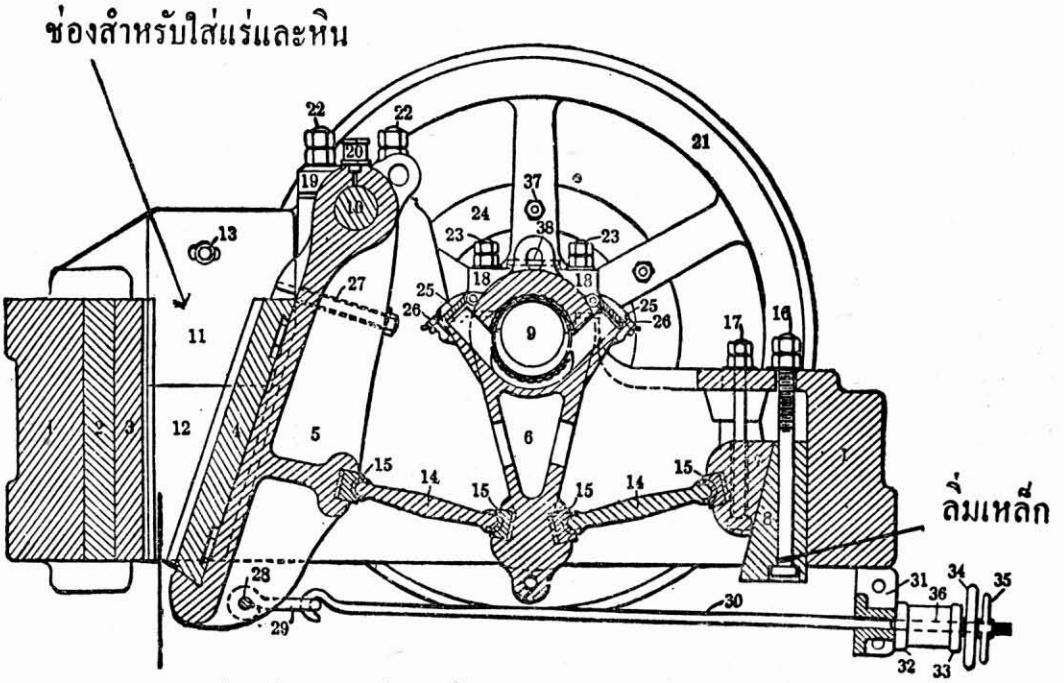
(ข) **เครื่องบดแร่และหิน** (Fine Grinding Machines)

เครื่องย่อยแร่และหิน

เครื่องอุปกรณ์ประเภทนี้ใช้สำหรับทำให้แร่หลุดออกจากหินหรือแร่มลทินอื่นๆ โดยไม่ต้องทำให้มันแตกออกเป็นก้อนละเอียดนัก เครื่องย่อยแร่และหินมีอยู่หลายชนิด แต่ที่สำคัญ ๆ และนิยมใช้กันอยู่ในปัจจุบันนี้ได้แก่ :—

(1) **เครื่องย่อยแร่แบบ "จอครัชเชอร์"** (Jaw Grusher)

เครื่องย่อยแร่ชนิดนี้เป็นเครื่องที่ใช้สำหรับการย่อยหยาบ (Goarse crushing) ตัวอย่างของเครื่องย่อยชนิดนี้มีดังที่แสดงไว้ให้เห็นใน *รูปที่ 90* ส่วนประกอบสำคัญๆของเครื่องแบบนี้ก็คือ มีแผ่นเหล็กลูกฟูก (Jaw plate) 2 อันติดอยู่กับโครงเครื่อง แผ่นเหล็กอันหนึ่งอยู่กับที่

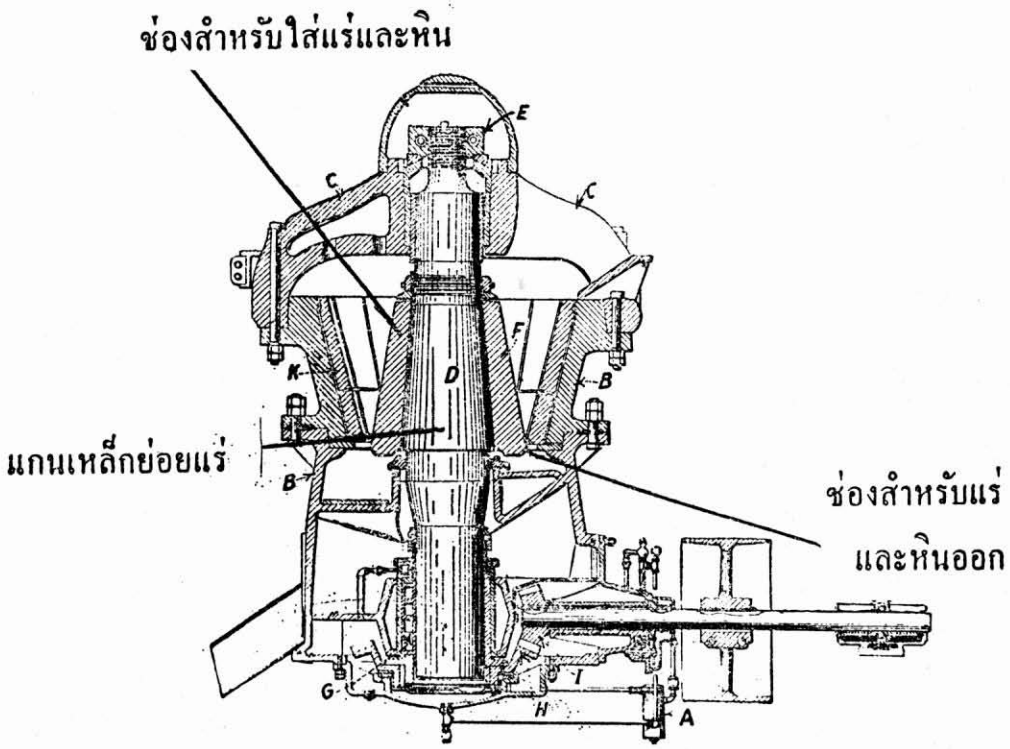


รูปที่ 90 เครื่องย่อยแร่แบบ "จอครัชเชอร์" (Jaw Grusher)

ส่วนแผ่นเหล็กอีกแผ่นหนึ่งนั้น ปลายบนจะติดกับโครงเครื่องดังที่แสดงไว้ให้เห็นในภาพ และปลายอีกข้างหนึ่งวางติดอยู่กับเครื่องกลไกที่จะทำให้แผ่นเหล็กอันนี้เคลื่อนไหวได้ ปากบนของเครื่องย่อยแร่แบบนี้ซึ่งเป็นส่วนที่จะป้อนแร่และหินลงไปนั้น จะมีขนาดคงที่ แต่ปากล่างซึ่งเป็นทางแร่ออกจะสามารถจัดให้แคบหรือกว้างได้โดยการเลื่อนลิ่มเหล็ก (Wedge) ให้สูงขึ้นหรือต่ำลงเพื่อให้หินและแร่ที่ย่อยออกมามีขนาดตามต้องการ เครื่องย่อยแบบนี้มีอยู่หลายขนาดและรายการละเอียดเกี่ยวกับเครื่องแต่ละขนาดอาจจะหาดูได้จากแค็ตตาล็อกของบริษัทที่ผลิตขึ้นจำหน่ายนั้น เครื่องย่อยแร่แบบนี้มักนิยมใช้ย่อยแร่ที่ส่งมาจากหน้าเหมืองโดยตรงและตามปรกติแร่และหินที่ผ่านการย่อยด้วยเครื่องนี้แล้ว ส่วนมากยังจำเป็นที่จะต้องนำไปย่อยหรือบดให้เล็กลงไปอีกด้วยเครื่องอุปกรณ์ชนิดอื่น เพราะว่าขนาดก้อนแร่และหินที่ย่อยออกมามักจะยังไม่ได้ขนาดตามที่ต้องการนำไปแยกแร่ให้สะอาด

(2) เครื่องย่อยแร่แบบ "ไจแรตเตอรี่ครัชเชอร์" (Gyratory Crusher)

เครื่องย่อยแร่แบบนี้ เป็นเครื่องย่อยแร่อีกชนิดหนึ่งที่รับแร่จากหน้าเหมืองโดยตรงมาทำการย่อยให้เล็กลง แล้วส่งไปย่อยและบดต่อในเครื่องย่อยและบดแร่ขนาดเล็กกว่าเพื่อ



รูปที่ 91 เครื่องย่อยแร่แบบ "ไจแรตเตอรี่ครัชเชอร์" (Gyratory Crusher)

ทำการย่อยแร่หรือบดแร่ให้เล็กลงไปอีกเพื่อให้เหมาะแก่การที่จะนำไปเข้าเครื่องแยกแร่ เครื่องย่อยแบบนี้มีลักษณะดัง *รูปที่ 91* ส่วนสำคัญประกอบด้วยแกนเหล็กย่อยแร่ (Spindle) ซึ่งปลายข้างหนึ่งแขวนติดอยู่กับโครงสร้างตอนบนของเครื่อง และมีเครื่องกลไกทำให้มันหมุนแกว่ง

ได้ ติดตั้งอยู่ทางปลายอีกข้างหนึ่ง แกนเหล็กจะทำหน้าที่กระแทกก้อนแร่เข้ากับผนังเหล็กซึ่งทำเป็นรูปกรวยปลายตัด (concave breaker shell) ซึ่งติดอยู่กับโครงของเครื่องย่อยตอนล่างและแกนเหล็กนี้สามารถที่จะเลื่อนขึ้นหรือลงให้สามารถย่อยแร่ได้ขนาดตามต้องการด้วย เครื่องย่อยแร่แบบนี้จะทำการย่อยหินและแร่ได้ปริมาณสูงกว่าเครื่องย่อยแร่แบบ Jaw Crusher มาก เพราะมันสามารถทำการย่อยแร่ติดต่อกันไปตลอดเวลาที่แกนเหล็กถูกหมุนแกว่งไป แต่ราคาเครื่องแพงกว่า ตามปรกติกล่าวกันว่า ถ้าหากว่าเหมืองใดมีปริมาณแร่ที่จะต้องทำการย่อยไม่มากและพอแก่กำลังของเครื่องย่อยแบบ Jaw Crusher แล้ว ก็ควรใช้ Jaw Crusher เพราะจะเสียค่าใช้จ่ายถูกกว่า แต่ถ้าหากปริมาณแร่มากกว่าที่จะใช้ Jaw Crusher ให้ทำการย่อยได้ หรือปริมาณแร่มีมากพอที่จะทำการบดได้โดยใช้เครื่องย่อยแบบ Gyratory แล้วก็ควรใช้เครื่องย่อยแบบนี้ โดยปรกติเครื่องย่อยแบบนี้มักจะติดตั้งไว้ในลักษณะที่รถขนแร่จะสามารถนำแร่มาเทลงในปากเครื่องย่อยได้โดยตรง

(3) เครื่องย่อยแร่แบบ "โคนครัชเช่อร์" (Cone Crusher)

เครื่องย่อยแร่แบบนี้มักจะใช้รับแร่ที่ได้ผ่านจากการย่อยด้วย Jaw Crusher หรือ Gyratory Crusher มาแล้ว เพื่อทำการย่อยให้แร่มีขนาดเล็กลงไปอีก รูปลักษณะตัวอย่างของ Cone Crusher ดูได้จาก *รูปที่ 92 และ 93* เครื่องย่อยแบบนี้มีส่วนประกอบสำคัญ ๆ คล้ายคลึงกับเครื่องย่อยแบบ Gyratory Crusher ซึ่งได้กล่าวมาแล้ว คือประกอบด้วยแกนเหล็กสำหรับย่อยแร่ซึ่งแขวนอยู่ในแนวดิ่งและหมุนแกว่งได้ด้วยเครื่องกลไกซึ่งติดตั้งอยู่ตอนล่าง ที่แกนเหล็กย่อยแร่นี้ตรงส่วนที่จะทำการย่อยแร่มีลักษณะเป็นรูปกรวยคว่ำดังที่แสดงไว้ให้เห็นในรูป และผนังเหล็กย่อยแร่ซึ่งอยู่ทางรอบนอกนั้น แทนที่ปลายด้านล่างของมันจะหุบเข้าแบบของเครื่อง Gyratory Crusher มันกลับมีลักษณะผายออกไปและผนังเหล็กย่อยแร่อันนอกนี้มีเหล็กสปริง (coiled spring) ชุดหนึ่งรองรับอยู่ ซึ่งช่วยทำให้มันสามารถยกตัวขึ้นได้เล็กน้อยในเมื่อมีสิ่งของหรือก้อนแร่ที่ไม่อาจย่อยให้แตกได้ติดเข้าไปกับแร่ ซึ่งเป็นการช่วยป้องกันไม่ให้เครื่องย่อยเกิดอันตรายแตกหักได้โดยง่าย แร่ที่ออกจากเครื่องย่อยชนิดนี้ สามารถทำให้มีขนาดประมาณ 1 นิ้ว ถึง $\frac{1}{8}$ นิ้วได้ แต่มักนิยมจัดให้อยู่ในขนาด $\frac{1}{4}$ นิ้ว เครื่องย่อยแร่ชนิดนี้มีอยู่ 2 แบบ แบบหนึ่งเรียกว่าแบบมาตรฐาน (Standard Cone Crusher) ส่วนอีกแบบหนึ่งเรียกว่า Short Head Cone Crusher แบบหลังนี้จะสามารถทำการย่อยแร่ได้ละเอียดกว่าแบบแรก

(4) เครื่องย่อยแร่แบบ "โรลครัชเช่อร์" (Roll Crusher)

เครื่องย่อยแบบนี้มีลักษณะดังตัวอย่างใน *รูปที่ 94 และ 95* ส่วนประกอบสำคัญได้แก่ลูกกลิ้ง 2 ลูกวางขนานและใกล้กันในแนวราบ และมีเครื่องกลไกทำให้ลูกกลิ้งทั้งสองลูกนี้หมุนเข้าหากันเพื่อทำหน้าที่ย่อยแร่ ลูกกลิ้งลูกหนึ่งจะอยู่คงที่ ส่วนอีกลูกหนึ่งอาจจะเลื่อนเข้าออกได้เล็กน้อย เพื่อจัดให้แร่ถูกบดให้เล็กลงตามขนาดที่ต้องการ และที่ด้านนอกของลูกกลิ้งตัวที่เลื่อนที่ได้นั้นมีขดสปริงค้ำยันไว้ด้วย เพื่อช่วยกันไม่ให้เครื่องชำรุดได้ง่ายในเมื่อต้องบดแร่หรือสิ่งของแข็ง ๆ ที่อาจมีติดเข้าไปกับแร่ โดยปกติมักนิยมใช้เครื่องย่อยชนิดนี้

รับแร่ที่ย่อยผ่าน Cone Crusher มาแล้ว มาทำการย่อยแร่ให้เล็กลงไปอีกตามต้องการ และถ้าหากว่าก้อนแร่ที่จะนำเข้าย่อยมีขนาดใหญ่ ขนาดของลูกกลิ้งของเครื่องย่อยแบบนี้ก็จะต้องใหญ่ด้วยจึงจะทำการบดได้ผลดี ตามปรกติเครื่องย่อยแบบนี้มักนิยมใช้ย่อยแร่ที่ไม่ต้องการจะให้มันแตกละเอียดมากเกินไป แต่มีขนาดเล็กพอที่จะเข้าเครื่องแยกแร่บางชนิดได้ดีแล้ว ในการย่อยแร่ด้วยเครื่องย่อยชนิดนี้ จำเป็นจะต้องพยายามปล่อยแร่ให้สม่ำเสมอและแผ่เต็มหน้าลูกกลิ้งที่จะย่อยแร่ มิฉะนั้นจะทำให้ลูกกลิ้งสึกหรอไม่เท่ากัน ซึ่งจะทำให้การย่อยแร่ไม่ได้ผลดีตามต้องการ ในการย่อยแร่ด้วยเครื่องย่อยแร่แบบนี้ ถ้าหากว่ามีโลหะปนอยู่ด้วย โลหะนั้นก็จะถูกรีดออกเป็นแผ่น โดยที่หินและแร่ถูกย่อยแตกออกเป็นก้อนเล็ก ๆ ซึ่งจะทำให้เราอาจแยกโลหะออกจากแร่ได้โดยเพียงแต่ใช้ตะแกรงร่อนให้แผ่นโลหะและก้อนแร่หรือหินออกจากกัน ตามปรกติเพื่อการควบคุมแร่ที่ทำการย่อยด้วยเครื่องย่อยแบบนี้ให้ได้ขนาดสม่ำเสมอ ก็มักจะจัดเครื่องย่อยนี้ให้ต่อกันเข้าเป็นวงจรกับตะแกรงคัดขนาด กล่าวคือเมื่อได้ย่อยแร่ผ่านเครื่องย่อยไปแล้วก็ปล่อยให้แร่นั้นลงสู่ตะแกรงคัดขนาดเพื่อร่อนเอาแร่และหินที่ถูกย่อยได้ขนาดตามต้องการแล้วส่งไปเข้าเครื่องแยกแร่ ส่วนแร่และหินที่มีขนาดโตกว่าที่ต้องการก็จะถูกส่งกลับไปเข้าเครื่องย่อยเสียใหม่ การย่อยแร่ด้วยเครื่องย่อยชนิดนี้ ถ้าหากต้องการจะย่อยให้แร่มีขนาดละเอียดมากขึ้น นอกจากจะเลื่อนลูกกลิ้งให้ชิดกันแล้ว ยังอาจทำได้โดยปล่อยแร่ให้เข้าเครื่องย่อยมาก ๆ โดยอัตราเร็ว ๆ (choke feed) ได้ด้วย และถ้าไม่ต้องการย่อยแร่ให้มีขนาดละเอียดเกิดขึ้นมาก ก็ควรระวังอย่าทำให้ขดสปริงบีบเข้าแน่นมากไปด้วย

(5) เครื่องย่อยและบดแร่แบบครกและสากตำแร่ (Gravity Stamp)

เครื่องย่อยและบดแร่แบบนี้เป็นเครื่องที่ใช้กันมาแต่โบราณกาลแล้ว และในปัจจุบันนี้ก็ยังมีใช้กันอยู่บ้างในเหมืองเล็ก ๆ ตัวอย่างของเครื่องย่อยและบดแร่แบบนี้มีลักษณะดังที่ได้แสดงไว้ให้เห็นใน *รูปที่ 96* ส่วนประกอบที่สำคัญของมันก็ได้แก่สากเหล็กซึ่งหัวสากสามารถจะเปลี่ยนได้ในเมื่อมีการสึกหรอมาก ๆ ในตัวครกซึ่งทำด้วยเหล็กมีแป้นเหล็ก (die) วางอยู่ที่ก้นครกเพื่อรองรับแร่ที่จะย่อยและเปลี่ยนได้ในเมื่อสึกหรอ โครงเหล็กซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวครกนั้นวางอยู่ในคอนกรีตอีกทีหนึ่ง ที่ด้านหน้าของโครงเหล็กซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวครกนั้นจะมีตะแกรงกั้นอยู่เพื่อทำหน้าที่ควบคุมให้แร่ถูกบดได้ขนาดแล้ว จึงจะลอดตะแกรงออกไปสู่เครื่องแยกแร่ต่อไปได้ ในการย่อยและบดแร่ เครื่องนี้ทำงานเช่นเดียวกับครกและสากที่ใช้ตำของทั่วๆไป กล่าวคือสากที่ยกขึ้นด้วยเครื่องกลไกแล้วปล่อยให้มันตกลงไปกระแทกกับก้อนแร่ที่บ้อนลงบนแป้นเหล็กนั้นจะทำให้ก้อนแร่นั้นแตกออกเป็นก้อนเล็ก ๆ ในขณะที่ตำแร่นี้จะใส่น้ำเข้าไปในครกด้วย และน้ำที่ใส่ลงไปนั้นจะทำหน้าที่พาเอาแร่ที่บดเล็กได้ขนาดแล้วลอดรูตะแกรงด้านหน้าครกออกไปสู่เครื่องแยกแร่ การปล่อยให้น้ำไหลเข้าไปเร็ว ๆ จะเป็นการช่วยให้แร่ที่ถูกบดไม่ละเอียดมากเกินไปเพราะมันมีเวลาอยู่ในครกไม่นาน เครื่องย่อย

และบดแร่แบบนี้มีส่วนดีที่ว่าสามารถสร้างขึ้นได้ง่าย ๆ และอาจใช้ทำการย่อยและบดแร่ซึ่งมีขนาดโตประมาณ 2 ถึง 3 นิ้ว ให้ละเอียดถึง $\frac{1}{50}$ นิ้ว ได้โดยใช้เครื่องย่อยและบดแร่นี้แต่เพียงเครื่องเดียว แต่ส่วนเสียของมันก็อยู่ที่ว่า เครื่องชนิดนี้มีกำลังความสามารถในการย่อยและบดแร่ได้ปริมาณไม่มาก จึงใช้ได้แต่เพียงกับเหมืองเล็ก ๆ และนอกจากนั้น ในการย่อยและบดแร่ยังมีเสียงดังกว่าเครื่องชนิดอื่นและหัวสากอาจหลุดได้ง่ายทำให้การบดแร่ต้องชะงักบ่อย ๆ ด้วยเหตุนี้ เหมืองใหญ่ ๆ จึงเลิกใช้เครื่องย่อยและบดแร่ชนิดนี้ คงมีใช้กันเฉพาะเหมืองขนาดเล็ก ๆ ดังกล่าวแล้ว

(6) เครื่องย่อยแร่แบบ "แฮมเมอร์มิลล์" (Hammer Mill)

เครื่องย่อยแร่แบบนี้มีลักษณะดังตัวอย่างที่แสดงไว้ให้เห็นใน *รูปที่ 97* ส่วนประกอบสำคัญได้แก่แท่งเหล็กซึ่งทำหน้าที่คล้ายกับค้อนทุบแร่ ซึ่งติดอยู่กับแกนเหล็กซึ่งหมุนในแนวราบ และมีแป้นเหล็กวางเรียงอยู่ตอนล่างเพื่อทำหน้าที่เป็นแท่นรับก้อนแร่ที่จะถูกย่อยหรือบด นอกจากนั้นยังมีตะแกรงเหล็กรองรับเพื่อควบคุมขนาดของแร่ที่ถูกย่อยให้มีขนาดตามที่ต้องการด้วย เครื่องนี้ทำหน้าที่คล้ายกับการใช้ค้อนทุบแร่บนแท่นเหล็กแล้วปล่อยให้แร่ที่เล็กได้ขนาดลอดตะแกรงไป เครื่องชนิดนี้จะใช้ได้ผลดีก็ต่อเมื่อแร่ที่ทำการย่อยหรือบดมีลักษณะไม่แข็งนักสามารถจะทุบให้แตกได้ง่าย ๆ

เครื่องย่อยแร่ที่กล่าวมาแล้วข้างต้นเป็นเครื่องย่อยแร่ที่รู้จักกันดีในวงการเหมืองแร่ จึงได้นำมากล่าวไว้ให้ทราบพอเป็นสังเขปในหนังสือนี้ ส่วนรายละเอียดต่าง ๆ เกี่ยวกับเครื่องย่อยเหล่านี้ และชนิดอื่น ๆ อาจหาศึกษาดูได้จากแค็ตตาล็อกต่าง ๆ ของบริษัทผู้ผลิตขึ้นจำหน่าย และทฤษฎีโดยละเอียดเกี่ยวกับการทำงานของเครื่องก็อาจหาดูได้จากหนังสือวิชาการหรือคู่มือปฏิบัติงานเกี่ยวกับเครื่องเหล่านี้โดยเฉพาะ ซึ่งไม่อาจจะนำมากล่าวไว้ในที่นี้ได้ทั้งหมด

เครื่องบดแร่และหิน

ในการทำให้แร่และหินแตกและหลุดออกจากกันโดยใช้เครื่องย่อยแร่และหินที่กล่าวแล้วนั้น มักใช้กับแร่และหินซึ่งไม่จำเป็นจะต้องทำการบดให้ละเอียดนัก แต่ในบางกรณีเราจำเป็นที่จะต้องบดแร่ให้ละเอียดมากจึงจะทำให้แร่ หิน หรือมลทินต่าง ๆ แตกหลุดออกจากกัน ในกรณีเช่นนี้ เราจึงจำเป็นจะต้องใช้เครื่องบดแร่และหินทำการบดแร่ที่ผ่านเครื่องย่อยแร่และหินมาแล้วอีกครั้งหนึ่ง เพื่อทำให้แร่และหินละเอียดลงไปอีกเพื่อให้เหมาะสมกับการแยกแร่ต่อไปดังกล่าวแล้ว ยกเว้นกรณีย่อยและบดแร่ด้วยเครื่องย่อยและบดแร่แบบครกและสาก ซึ่งอาจทำให้แร่แตกเป็นก้อนละเอียดดีได้ไม่แพ้เครื่องบดแร่และหินบางชนิดที่จะกล่าวให้ทราบต่อไป เครื่องบดแร่และหินที่รู้จักและนิยมใช้กันแพร่หลายในเหมืองแร่ก็ได้แก่เครื่องบดแร่และหินซึ่งจะกล่าวต่อไปนี้

(1) เครื่องบดแร่แบบใช้ลูกปืนเหล็กบดแร่ (Ball Mill)

เครื่องบดแร่แบบนี้ดูรูปร่างจากภายนอกมีอยู่ 2 แบบด้วยกันคือ เป็นรูปทรงกระบอกวางให้หมุนตามแนวนอนแบบหนึ่ง อีกแบบหนึ่งทางด้านที่ป้อนแร่ลงบดจะมีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอกเช่นเดียวกับแบบแรกแต่ส่วนทางปลายด้านที่แร่จะออกมีลักษณะเป็นรูปกรวยปลายตัด เครื่องบดแร่แบบหลังนี้ก็หมุนตัวอยู่ในแนวนอนเช่นกัน เครื่องบดแร่แบบใช้ลูกปืนเหล็กบดแร่ทั้งสองแบบ มีลักษณะดังที่แสดงให้เห็นใน *รูปที่ 98 และ 99* เครื่องบดแร่แบบนี้มีส่วนประกอบสำคัญ ๆ ได้แก่เปลือกนอกของเครื่องบดซึ่งมีรูปทรงกระบอกหรือทรงกระบอกด้านหนึ่งและเป็นรูปกรวยอีกด้านหนึ่งดังกล่าวแล้ว ภายในกรุด้วยแผ่นเหล็กซึ่งทำหน้าที่รองรับแร่ที่จะถูกบดและเมื่อมีการสึกหรอมากก็ทำการถอดออกเปลี่ยนใหม่ สิ่งที่จะใช้สำหรับทำการบดแร่ให้ละเอียดตามต้องการก็คือ ลูกปืนเหล็กชนิดกลมซึ่งต้องใส่ลงไปในเครื่องทั้งขนาดเล็กและใหญ่ ลูกปืนเหล็กขนาดใหญ่ก็เหมาะสำหรับบดแร่ขนาดใหญ่ ส่วนลูกปืนเล็ก ๆ ก็เหมาะสำหรับแร่ก้อนเล็ก ๆ ตามปรกติในเวลาบดแร่ ครั้งแรกก็จำเป็นต้องใส่ลูกปืนบดแร่ลงไปทั้งขนาดเล็กและใหญ่ เพื่อให้ลูกปืนบดแร่ให้ละเอียดตามต้องการ แต่ในตอนหลัง ๆ ลูกปืนขนาดใหญ่สึกหรอเล็กลงไปเอง เราก็เพียงแต่เติมลูกปืนขนาดใหญ่ลงไปอย่างเดียว เพราะลูกปืนที่สึกหรอได้ทำหน้าที่เป็นลูกปืนขนาดเล็กไปแล้ว เครื่องบดแร่แบบนี้จะรับแร่จากเครื่องย่อยแร่แบบCone Crusher หรือ Roll Crusher มาทำการบดให้ละเอียดลงไปอีกตามต้องการดังกล่าวแล้ว ตามปรกติในการบดแร่ด้วยเครื่องบดแบบนี้จะต้องใส่น้ำลงไปด้วยประมาณ 50—70 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก เครื่องบดชนิดนี้อาจใช้บดแร่โดยไม่ใส่น้ำลงไปด้วยก็ได้ถ้าหากว่าต้องการบดแร่แห้ง ๆ ให้ได้ขนาดที่จะนำไปใช้งานบางอย่างตามต้องการ และในบางกรณีถ้าหากไม่ต้องการให้มีเหล็กจากลูกปืนที่ใช้บดเข้าไปปนกับแร่ เขาก็เปลี่ยนเป็นใช้ลูกหินแข็ง ๆ แทนลูกปืนเหล็ก ในการบดแร่ด้วยเครื่องบดชนิดนี้ ตามปรกติมักจะต่อเข้าเป็นวงจรกับเครื่องวัดขนาดแร่ชนิดต่าง ๆ เช่น เครื่องคัดขนาดแบบที่เรียกกันว่า "คลาสสิไฟเออร์" (Classifier) หรือ "ไซโคลน" (Cyclone) อย่างหนึ่งอย่างใด เพื่อทำหน้าที่คัดขนาดของแร่ที่บดได้ขนาดตามที่ต้องการส่งไปยังเครื่องแยกแร่ และส่งแร่ที่มีขนาดโตกว่าที่ต้องการกลับคืนเข้าเครื่องบดเพื่อทำการบดใหม่ ในการบดแร่นั้น จำเป็นต้องควบคุมความเร็วของการหมุนของเครื่องบดให้พอเหมาะ และควบคุมส่วนผสมของน้ำกับแร่ให้ได้ส่วนสัดตามที่ต้องการเสมอๆการบดจึงจะได้ผลดี ตามปรกติเครื่องบดชนิดนี้มักนิยมใช้กับแร่ที่ต้องการแยกแร่โดยวิธีลอยแร่ (Flotation) เพราะในกรณีเช่นนั้นต้องบดแร่ให้ละเอียดมาก

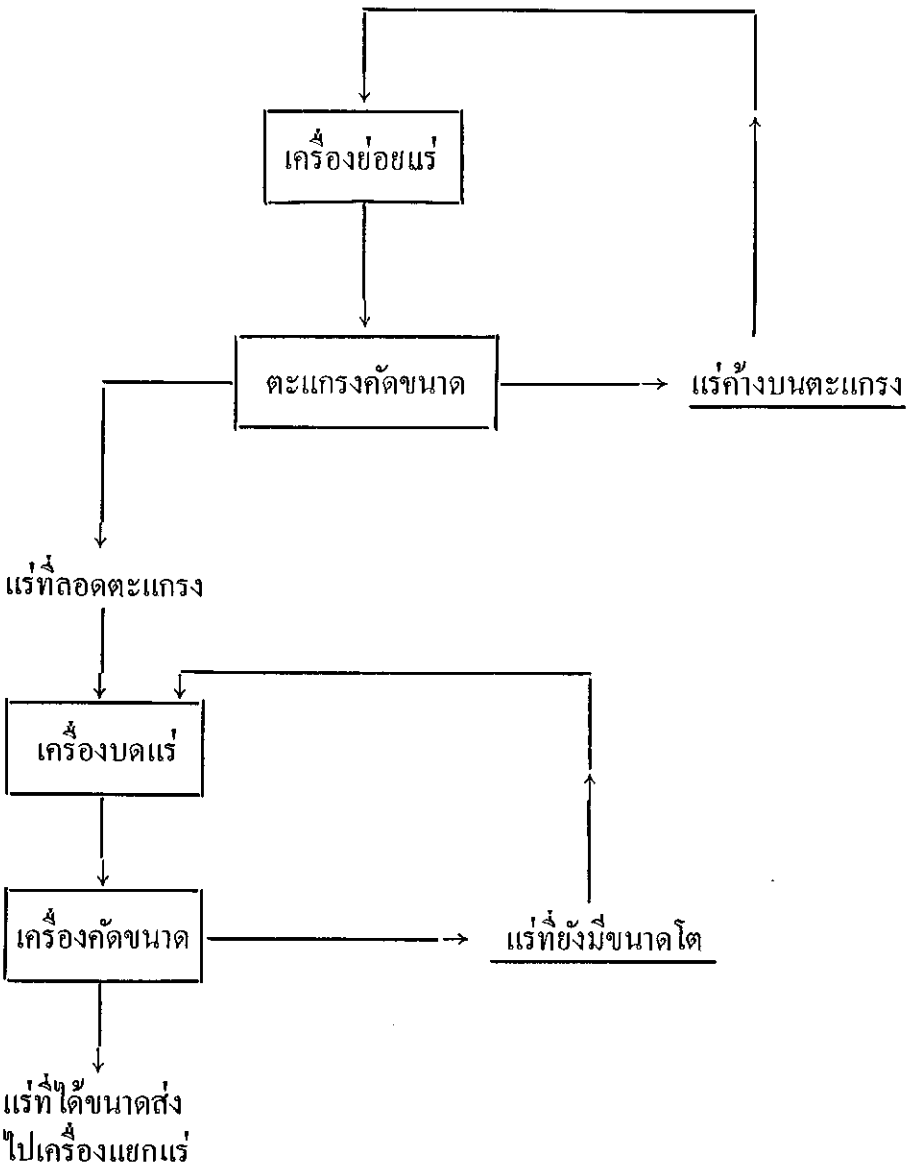
(2) เครื่องบดแร่แบบใช้แท่งเหล็กบดแร่ (Rod mill)

เครื่องบดแร่แบบนี้มีลักษณะดังที่แสดงให้เห็นใน *รูปที่ 100* ซึ่งจะเห็นได้ว่ารูปร่างของมันเป็นรูปทรงกระบอกแบบเดียวกับเครื่องบดแบบ Ball Mill ชนิดรูปทรงกระบอกแต่มีความยาว ๆ กว่าเล็กน้อย และใช้แท่งเหล็กหน้าตัดกลม ๆ ทำการบดแร่แทนลูกปืนเหล็ก ส่วนประกอบอื่น ๆ ก็คล้ายคลึงกับเครื่องบดแบบ Ball Mill เนื่องจากเครื่องบดแบบนี้ใช้แท่งเหล็ก

บดแร่ แร่ที่ถูกบดจึงไม่มีขนาดละเอียดมากเหมือนใช้เครื่องบดแบบ Ball Mill ฉะนั้น จึงเหมาะสำหรับบดแร่ที่ไม่ต้องการจะบดให้มีขนาดละเอียดมากนัก ในการบดแร่ตามปรกติใช้น้ำผสมลงไปแบบเดียวกับเครื่องบดแบบ Ball Mill และมีเครื่องคัดขนาดแร่ต่ออยู่เป็นวงจรเพื่อควบคุมขนาดแร่ที่ถูกบดเช่นเดียวกัน

เครื่องบดแร่ที่ใช้กันในเหมืองยังมีอยู่อีกหลายแบบ แต่เนื่องจากใช้กันไม่สู้แพร่หลายนัก จึงมิได้นำมากล่าวไว้ ณ ที่นี้ ในการทำให้แร่แตกหลุดออกจากหินหรือมลทินต่าง ๆ นั้น ตามปกติในเมื่อต้องทำให้แร่แตกละเอียด มักนิยมใช้ทั้งเครื่องย่อยและเครื่องบดแร่คู่กันไป และในเมื่อต้องการควบคุมขนาดแร่ให้ได้สม่ำเสมอตามต้องการก็มักจะต่อเข้ากับเครื่องคัดขนาดเป็นวงจรดังกล่าวแล้ว

แผนผังแสดงวงจรการย่อยและบดแร่โดยสังเขป



การดำเนินงานและอุปกรณ์เกี่ยวกับการคัดขนาดแร่และหิน

ดังได้กล่าวแล้วข้างต้นว่า หลังจากได้ทำการย่อยและบดแร่ให้หลุดออกจากหินหรือมลทินต่าง ๆ แล้ว ลำดับต่อมาก่อนที่จะนำแร่และหินเข้าเครื่องแยกแร่หรือแต่งแร่ ก็จะต้องทำการคัดขนาดเสียก่อน การคัดขนาดนั้นจะช่วยให้แร่และหินมีขนาดสม่ำเสมอตามต้องการ ซึ่งจะช่วยให้ทำการแยกแร่ได้ดีขึ้น นอกจากนั้น ถ้าหากว่าแร่และหินมีขนาดต่างกัน การคัดขนาดแร่โดยใช้ตะแกรงอาจทำให้สามารถแยกแร่ออกจากหินได้ด้วย และในกรณีที่มีแร่หรือหินหยาบ ๆ ปนอยู่กับแร่และหินขนาดละเอียดนั้น ถ้าหากใช้ตะแกรงคัดแร่ละเอียดออกเสียก่อนเข้าเครื่องย่อยแร่ ก็จะทำให้ปริมาณแร่และหินที่จะต้องย่อยและบดมีน้อยลงด้วย ซึ่งทำให้ลดค่าใช้จ่ายในการย่อยและบดลงได้อีก สำหรับในกรณีของเหมืองลานแร่ซึ่งตามปรกติแร่ หิน กรวด ทราย และมลทินต่าง ๆ อยู่ในลักษณะที่หลุดออกจากกันตามธรรมชาติอยู่แล้วนั้น การใช้ตะแกรงคัดขนาดแร่และหินอาจช่วยคัดกรวดหรือหินก้อนโต ๆ ซึ่งไม่มีแร่ปนอยู่ออกไปเสียจากแร่ซึ่งมีขนาดเล็กกว่าได้ ซึ่งจะช่วยให้ปริมาณแร่และหินที่จำเป็นจะต้องส่งเข้าเครื่องแยกแร่ในอันดับต่อไปลดน้อยลงมาก และยังเท่ากับเป็นการแยกแร่โดยใช้กรรมวิธีง่าย ๆ ได้ด้วย กล่าวคือเพียงแต่ใช้ตะแกรงร่อนหรือคัดขนาดแร่และหินออกจากกันเท่านั้น แต่ตามปรกติแร่ที่จะสามารถทำการแต่งแร่โดยการใช้ตะแกรงร่อนอย่างเดียวนั้นหาได้ยาก

ในการกล่าวถึงขนาดของแร่และหินนั้น สำหรับวงการแร่มักจะนิยมเรียกขนาดของแร่และหินโต ๆ หรือหยาบ ๆ เป็นนิ้ว หรือเป็นเซนติเมตรตามความต้องการ แต่สำหรับแร่และหินที่มีขนาดเล็กกว่า 0.371 นิ้ว มักจะเรียก ขนาดกันเป็น "เมช" ซึ่งอาจจะคิดขนาดเป็นนิ้วหรือมิลลิเมตรได้ตามขนาดความกว้างของรูตะแกรงมาตรฐาน ซึ่งเป็นตะแกรงลวดที่มีรูเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส และสำหรับแร่และหินละเอียด ๆ ซึ่งมีขนาดเล็กกว่า 200 เมช หรือ 0.074 มิลลิเมตร บางทีก็นิยมเรียกขนาดกันเป็น "ไมครอน" (Micron) ซึ่งมีค่าเท่ากับ $\frac{1}{1000}$ มิลลิเมตร เช่นแร่ขนาด 0.074 มิลลิเมตร ก็เรียกว่าแร่ขนาด 74 ไมครอนเป็นต้น ตะแกรงมาตรฐานที่นิยมใช้กันอยู่ในปัจจุบันนี้ ที่รู้จักกันแพร่หลายที่สุดก็คือตะแกรงมาตรฐานแบบ "ไทเล่อร์" (Tyler Standard Screens) รองลงไปก็ได้แก่ตะแกรงมาตรฐานแบบอังกฤษ (British Standard Screens) และตะแกรงมาตรฐานแบบอเมริกัน (U.S. Bureau of Standards Screens) ขนาดช่องของตะแกรงมาตรฐานที่กล่าวแล้วแต่ละชนิดได้แสดงไว้ให้เห็นในตาราง

ตะแกรงมาตรฐาน
(Standard Screens)

ตะแกรงแบบ "ไทเล่อร์" (Tyler Screens)			ตะแกรงแบบอังกฤษ (British Standard Screens)			ตะแกรงแบบอเมริกัน (U.S. Bureau of Standards Screens)		
เมช (Mesh)	ขนาดของช่อง (Aperture)		เมช (Mesh)	ขนาดของช่อง (Aperture)		เมช (Mesh)	ขนาดของช่อง (Aperture)	
	นิ้ว	ม.ม.		นิ้ว	ม.ม.		นิ้ว	ม.ม.
	2.968							
	2.496							
	2.100							
	1.766							
	1.484							
	1.248							
	1.050							
	.883							
	.742							
	.624							
	.525							
	.441							
	.371							
2½	.312	7.925				2½	.315	8.00
3	.263	6.680				3	.265	6.73
3½	.221	5.613				3½	.223	5.66
4	.185	4.699				4	.187	4.76
5	.156	3.962				5	.157	4.00
6	.131	3.327	5	.1320	3.34	6	.132	3.36
7	.110	2.794	6	.1107	2.81	7	.111	2.83
8	.093	2.362	7	.0949	2.41	8	.0937	2.38
9	.078	1.981	8	.0810	2.05	10	.0787	2.00
10	.065	1.651	10	.0660	1.67	12	.0661	1.68
12	.055	1.397	12	.0553	1.40	14	.0555	1.41
14	.046	1.168	14	.0474	1.20	16	.0469	1.19
16	.039	.991	16	.0395	1.00	18	.0394	1.00
20	.0328	.833	18	.0336	.85	20	.0331	.84

ตะแกรงมาตรฐาน (ต่อ)
(Standard Screens) (cont.)

ตะแกรงแบบ "ไทเล่อร์" (Tyler Screens)			ตะแกรงแบบอังกฤษ (British Standard Screens)			ตะแกรงแบบอเมริกัน (U.S. Bureau of Standards Screens)		
เมช (Mesh)	ขนาดของช่อง (Aperture)		เมช (Mesh)	ขนาดของช่อง (Aperture)		เมช (Mesh)	ขนาดของช่อง (Aperture)	
	นิ้ว	ม.ม.		นิ้ว	ม.ม.		นิ้ว	ม.ม.
24	.0276	.701	22	.0275	.70	25	.0280	.71
28	.0232	.589	25	.0236	.60	30	.0232	.59
32	.0195	.495	30	.0197	.50	35	.0197	.50
35	.0164	.417	36	.0166	.421	40	.0165	.42
42	.0138	.351	44	.0139	.353	45	.0138	.35
48	.0116	.295	52	.0116	.295	50	.0117	.297
60	.0097	.246	60	.0099	.252	60	.0098	.250
65	.0082	.208	72	.0083	.211	70	.0083	.210
80	.0069	.175	85	.0070	.177	80	.0070	.177
100	.0058	.147	100	.0060	.152	100	.0059	.149
115	.0049	.124	120	.0049	.125	120	.0049	.125
150	.0041	.104	150	.0041	.105	140	.0041	.105
170	.0035	.088	170	.0035	.088	170	.0035	.088
200	.0029	.074	200	.0030	.076	200	.0029	.074
250	.0024	.061	240	.0026	.065	230	.0024	.062
270	.0021	.053	300	.0021	.053	270	.0021	.053
325	.0017	.043				325	.0017	.044
400	.0015	.037						
	.0012	.030						
	.00106	.026						
	.00085	.021						
	.00074	.0185						
	.00063	.015						
	.00053	.013						
	.00043	.0105						
	.00037	.009						

ตะแกรงมาตรฐานนี้เป็นตะแกรงที่ใช้สำหรับการทดสอบขนาดของแร่และหินเท่านั้น ส่วนตะแกรงที่ใช้สำหรับการคัดขนาดแร่และหินในทางปฏิบัติงานจริง ๆ นั้น จะได้กล่าวให้ทราบในลำดับต่อไป

ในการทดสอบขนาดแร่และหินโดยใช้ตะแกรงทดสอบมาตรฐานนั้น เวลาเขียนขนาดของแร่บางทีมักเขียนไว้ว่า — 10 + 20 เมช (Mesh) ซึ่งหมายความว่าเป็นแร่ขนาดที่ลอดตะแกรงขนาด 10 เมชได้และค้างบนตะแกรงขนาด 20 เมช อนึ่ง ในเมื่อต้องการแสดงขนาดของแร่และหินไว้เป็น "เมช" นั้นมักจำเป็นจะต้องบอกไว้ด้วยว่า ตะแกรงที่ใช้ทดสอบขนาดนั้นเป็นตะแกรงมาตรฐานชนิดใดด้วย มิฉะนั้นจะทำให้ไม่อาจเข้าใจได้แน่ชัดว่าความกว้างของรูตะแกรงเป็นขนาดไหน เพราะตัวเลขแสดงจำนวน "เมช" นั้นเป็นแต่เพียงตัวเลขแสดงจำนวนช่องของตะแกรงต่อความยาว 1 นิ้วเท่านั้น ซึ่งขนาดกว้างของช่องอาจจะเล็กหรือใหญ่ได้ตามขนาดของลวดที่ใช้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องบอกชนิดของตะแกรงมาตรฐานไว้ด้วยดังกล่าวแล้ว

ตัวอย่าง สมมุติว่าตะแกรงมาตรฐานขนาด 100 เมช ใช้ลวดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.042 นิ้ว ความกว้างของช่องหรือรูตะแกรงจะเท่ากับ 0.0058 นิ้ว กล่าวคือ:—

ตัวเลขแสดงค่าของ "เมช" × [เส้นผ่าศูนย์กลางของลวด + ความกว้างของช่องตะแกรง] = 1 นิ้ว

นั่นคือ 100 × [0.0042 + ความกว้างของช่องตะแกรง] = 1 นิ้ว

เพราะฉะนั้น ความกว้างของช่องตะแกรง $= \frac{1}{100} - 0.0042$

$= 0.01 - 0.0042$

$= 0.0058$ นิ้ว

ดังนั้น ถ้าหากว่าเส้นลวดมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางผิดแปลกไป ตะแกรง 100 เมช ก็จะมีขนาดความกว้างของช่องตะแกรงผิดแปลกไปจากตัวอย่างได้ ด้วยเหตุนี้จึงจำเป็นต้องระบุชนิดของตะแกรงมาตรฐานไว้ด้วย เพื่อการค้นหาขนาดความกว้างของช่องตะแกรงให้ได้แน่ชัดต่อไป การใช้ตะแกรงทดสอบขนาดนั้นอาจจะทำด้วยได้โดยใช้คนร่อน หรือเครื่องตะแกรงทดสอบซึ่งมีเครื่องกลไกบังคับให้ตะแกรงเขย่าหรือสั่น ดังตัวอย่างที่แสดงให้เห็นใน *รูปที่ 101*

การคัดขนาดแร่และหินภายในเหมืองและโรงงานแยกแร่หรือแต่งแร่นั้น อาจทำได้โดยใช้ตะแกรง (Screening) อย่างหนึ่ง และใช้คัดขนาดโดยอาศัยหลักความแตกต่างของอัตราการเคลื่อนไหวของแร่และหินผ่านน้ำหรือลม (Classification) อีกประการหนึ่ง แต่การใช้แรงลมนั้นมีการใช้น้อยกว่าแรงน้ำมาก การคัดขนาดโดยใช้ตะแกรงนั้น ตามปรกติมักนิยมใช้คัดขนาดแร่และหินที่มีขนาดจากหลาย ๆ นิ้วจนถึงพวกละเอียดประมาณ 0.1 มิลลิเมตร ส่วนการคัดขนาดโดยใช้หลักความแตกต่างของอัตราการเคลื่อนไหวของแร่และหินผ่านน้ำนั้นมักใช้กับแร่และหินที่มีขนาดตั้งแต่ 2 — 3 มิลลิเมตรจนถึงขนาดละเอียด 0.02 ถึง 0.03 มิลลิเมตร เครื่องอุปกรณ์ที่ใช้ในการคัดขนาดมีดังที่จะได้กล่าวต่อไปนี้

ตะแกรงคัดขนาดแร่และหิน (Screens)

ตะแกรงที่ใช้สำหรับคัดขนาดแร่และหินนั้น อาจจำแนกประเภทออกตามลักษณะของตัวตะแกรงได้เป็น 3 ประเภทด้วยกัน คือ

(1) ตะแกรงซึ่งทำขึ้นโดยใช้แท่งโลหะวางขนานกัน (Parallel bars or rods)

(2) ตะแกรงซึ่งทำด้วยแผ่นเหล็กเจาะรู (Punched plates)

(3) ตะแกรงซึ่งทำด้วยเส้นลวด (Woven wires)

ตะแกรงแต่ละประเภทมีรายการต่างๆ ซึ่งจะได้บรรยายให้ทราบอย่างคร่าวๆ ต่อไปดังนี้

ตะแกรงซึ่งทำขึ้นโดยใช้แท่งโลหะวางขนานกัน (Parallel bars or rods)

ตะแกรงแบบนี้ใช้สำหรับทำการคัดขนาดแร่และหินชนิดก้อนใหญ่ๆ และโดยมากมักจะเป็นตะแกรงที่ติดตั้งไว้คัดขนาดแร่และหินที่มาจากหน้าเหมืองโดยตรง เช่นติดตั้งไว้ก่อนเข้าเครื่องย่อยแร่ชุดแรกหรือในกรณีของเหมืองสูบก็ติดตั้งไว้ที่หัวรางกู้แร่ (Palong) เพื่อทำการคัดหินก้อนโตๆ ซึ่งไม่มีแร่ออกจากแร่และหินขนาดเล็กเป็นต้น ตัวตะแกรงตามปรกติทำด้วยเหล็กแท่ง (Steel bars) รางเหล็ก (Steel rails) หรือเหล็กเส้น (Steel rods) ขนาดใหญ่ๆ วางเรียงขนานกัน ตะแกรงแบบนี้มักเรียกกันว่า "กริซลี่" (Grizzly) และแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

(ก) **ตะแกรงซึ่งติดตั้งอยู่กับที่โดยไม่มีการเคลื่อนไหว (Stationary Grizzly)**

ตะแกรงแบบนี้มีทั้งแบบตรงและแบบโค้ง สำหรับแบบตรงมักจะวางบนพื้นราบ หรือวางเอียงเล็กน้อยเพื่อให้แร่หรือหินก้อนโตๆ ไหลไปในทางที่ต้องการได้ ส่วนแบบโค้งนั้นวางตามแนวราบตะแกรงแบบนี้กำลังเริ่มจะนิยมใช้คัดหินกันในเหมืองสูบ ลักษณะของตะแกรงชนิดนี้มีดังที่แสดงไว้ใน*รูปที่ 102 และ 103*

(ข) **ตะแกรงซึ่งเคลื่อนไหวได้ (Moving Grizzly)**

ซึ่งมีลักษณะดังที่แสดงไว้ให้เห็นใน*รูปที่ 104* ตะแกรงแบบนี้จะเคลื่อนที่ไปตามแนวราบ ทำหน้าที่คัดขนาดแร่และหิน รวมทั้งเป็นเครื่องป้อนแร่เข้าเครื่องย่อยแร่ด้วย

ตะแกรงซึ่งทำด้วยแผ่นเหล็กเจาะรู (Punched plates)

แผ่นเหล็กที่ใช้ตามปรกติเป็นเหล็กกล้าธรรมดา หรือเหล็กกล้าผสม (Steel or alloy steel) เจาะรูมีลักษณะเป็นรูกลม รูสี่เหลี่ยม หรือลักษณะอื่นดังที่แสดงไว้ให้เห็นใน*รูปที่ 105* แต่แผ่นเหล็กชนิดรูกลมมักนิยมใช้กันแพร่หลายกว่าชนิดอื่น ตะแกรงชนิดนี้ทำการคัดขนาดแร่ได้สม่ำเสมอดีกว่า Grizzly และทนทานต่อการสึกหรอได้ดีกว่าตะแกรงซึ่งทำด้วยเส้นลวด ตะแกรงแบบนี้อาจจะใช้แผ่นเหล็กเจาะรูวางตามแนวราบหรือเอียงเล็กน้อย หรือบางชนิดก็ทำเป็นเครื่องตะแกรงชนิดสั่นสะเทือนได้โดยใช้กลไกบังคับ (Vibrating screen) บางทีก็ใช้แผ่นเจาะรูนี้ทำเป็นรูปทรงกระบอกและมีเครื่องกลไกทำให้หมุนได้ (Trommel หรือ Revolving screen) ซึ่งมีลักษณะดังที่แสดงไว้ให้เห็นใน*รูปที่ 106* ตะแกรงแบบรูปทรงกระบอกนี้นิยมใช้ในเหมืองเรือขุด ดีบุกชนิดที่ใช้กะพ้อตักดินมาก โดยวางให้เอียงๆ เล็กน้อยทำหน้าที่รับแร่

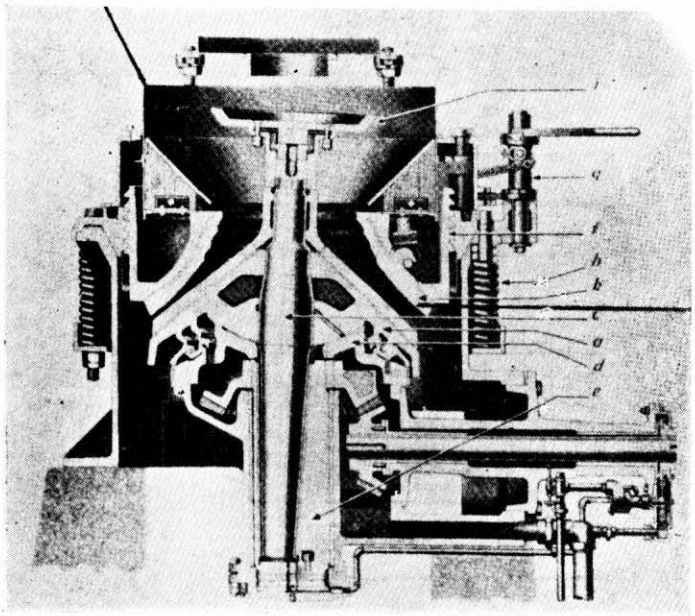
และหินที่กะพ้อตักดินตักขึ้นมา เพื่อคัดขนาดแร่และหินส่งไปยังเครื่องอุปกรณ์แยกแร่หรือแต่งแร่ต่อไป

ตะแกรงซึ่งทำด้วยเส้นลวด (Woven wires)

ตะแกรงชนิดนี้ทำขึ้นโดยใช้เส้นลวดเหล็ก หรือบางทีอาจเป็นลวดทองแดงหรือโลหะผสมอย่างอื่น ทอเป็นแผ่นมีรูเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส หรือสี่เหลี่ยมผืนผ้า ตะแกรงชนิดนี้จะทำการคัดขนาดแร่และหินได้สม่ำเสมอดีและเนื้อที่ที่จะใช้ร่อนเพื่อคัดขนาดแร่มีมากกว่าตะแกรงชนิดอื่น แต่ความคงทนต่อการสึกหรอน้อยกว่าตะแกรงสองชนิดแรก ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับคัดแร่และหินซึ่งมีขนาดเล็กๆ ตะแกรงแบบนี้ชนิดรูสี่เหลี่ยมจัตุรัสจะคัดขนาดได้ดีกว่าตะแกรงชนิดอื่น ส่วนตะแกรงชนิดรูเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้านั้น ถ้าหากว่าอัตราส่วนของความยาวต่อความกว้างของรูตะแกรงมีค่าน้อย กล่าวกันว่าเหมาะสำหรับใช้คัดขนาดแร่และหินซึ่งมีลักษณะกลมและมีขนาดตั้งแต่ ½ นิ้ว ถึง 65 เมชได้ดี ส่วนตะแกรงรูชนิดสี่เหลี่ยมผืนผ้าซึ่งมีอัตราส่วนของความยาวต่อความกว้างของรูตะแกรงมีค่ามากจะเหมาะสมกับแร่และหินที่มีลักษณะเป็นรูเข็ม ในเวลาใช้งานนั้นอาจจะวางตะแกรงให้ความยาวของรูตะแกรงวางตามขนานหรือขวางกับทางที่ปล่อยแร่และหินลงสู่ตะแกรงก็ได้ ถ้าหากวางขนานกล่าวกันว่าจะทำการคัดขนาดแร่ได้มากและเหมาะสำหรับแร่ชื้นๆ แต่ถ้าวางขวางจะช่วยให้รูตะแกรงไม่มีแร่หรือหินติดค้างในรูตะแกรงมาก และอาจใช้ได้ทนทานกว่า ตะแกรงแบบนี้มักใช้แผ่นลวดตะแกรงจัดทำเป็นเครื่องร่อนคัดขนาดขึ้น โดยวางแผ่นตะแกรงให้เอียงเล็กน้อย และมีเครื่องกลไกทำให้แผ่นตะแกรงสั่นได้ในเวลาใช้ทำการร่อนคัดขนาดแร่และหิน เครื่องตะแกรงชนิดนี้มีอยู่หลายแบบด้วยกัน ซึ่งได้แสดงตัวอย่างให้เห็นใน*รูปที่ 107*

ในการดำเนินงานร่อนหรือคัดขนาดแร่และหินโดยใช้ตะแกรงนั้น จำเป็นที่จะต้องคำนึงถึงการควบคุมเครื่องตะแกรงร่อนให้ได้ผลดีที่สุด เช่นในการจัดความเอียงของตะแกรงก็ต้องพยายามจัดให้อยู่ในลักษณะที่แร่และหินไหลผ่านไปสม่ำเสมอไม่ช้าหรือเร็วเกินไป ถ้าความเอียงน้อยแร่จะไหลผ่านตะแกรงช้า ซึ่งจะทำให้มีแร่บางขนาดติดค้างอยู่ในรูตะแกรงมากและอัตราการทำงานช้า แต่ถ้าเอียงมากเกินไปก็จะทำให้แร่ไหลผ่านไปโดยเร็วและช่องที่จะให้แร่ผ่านตะแกรงออกไปอยู่ในลักษณะเอียงมากซึ่งก็จะทำให้การคัดขนาดแร่อาจไม่ได้ผลดีเช่นกัน สำหรับตะแกรงสั่นด้วยกลไกแบบต่าง ๆ นั้นก็จะต้องจัดให้การสั่นเหมาะสมเช่นกัน กล่าวคือ ถ้าหากว่าทำการคัดขนาดแร่เม็ดหยาบและหนัก การสั่นสะเทือนก็จะต้องจัดให้มากกว่าแร่เม็ดละเอียดเป็นต้น เพราะจะได้ทำให้แร่ไหลผ่านตะแกรงในอัตราเร็วพอเหมาะแก่การที่จะคัดขนาดแร่ให้ได้ผลดีเต็มที่

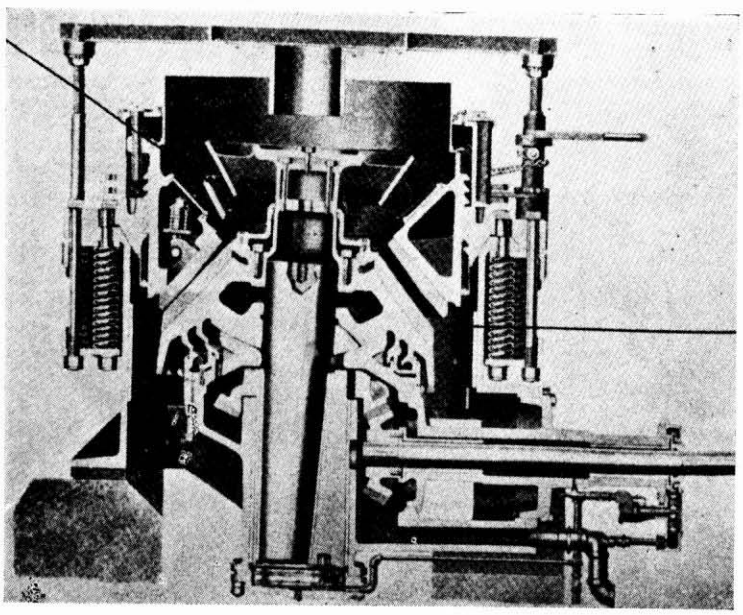
ช่องสำหรับใส่แร่และหิน



ช่องสำหรับ
แร่และหินออก

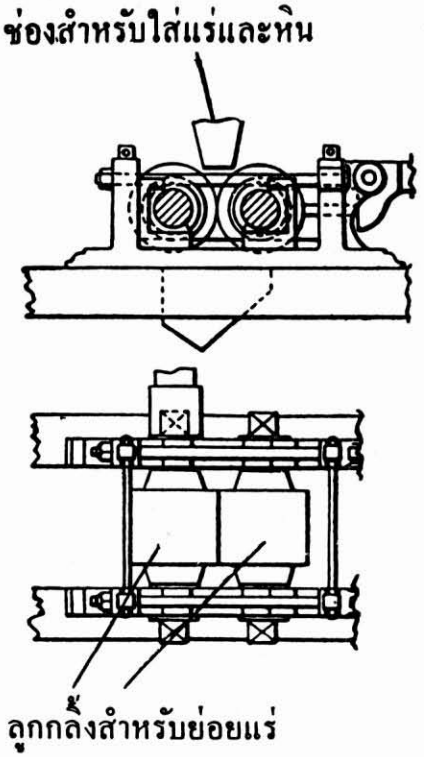
รูปที่ 92 เครื่องย่อยแร่แบบ "โคนครัชเช่อร์" (Cone Crusher)
แบบมาตราฐาน

ช่องสำหรับใส่แร่และหิน



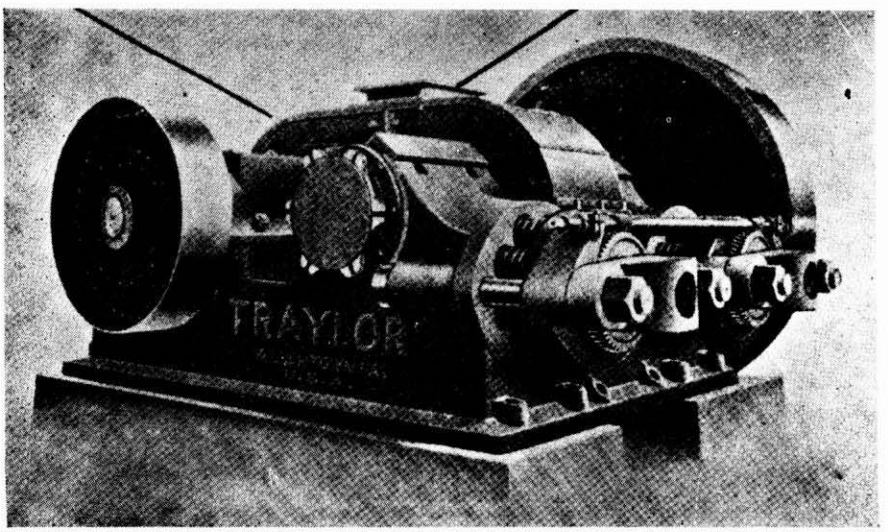
ช่องสำหรับ
แร่และหินออก

รูปที่ 93 เครื่องย่อยแร่แบบ "ช็อทเฮดโคนครัชเช่อร์"
(Short Head Cone Crusher)

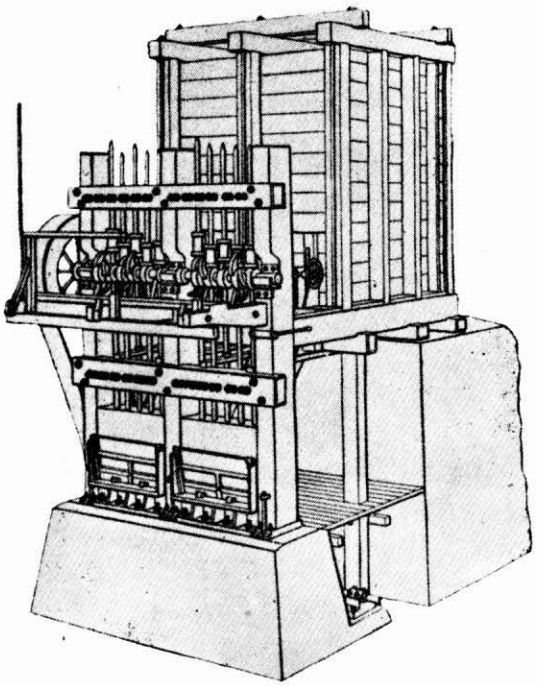


รูปที่ 94 ภาพแสดงส่วนประกอบบางส่วนของเครื่องย่อยแร่แบบ
"โรลครัชเช่อร์" (Roll Crusher)

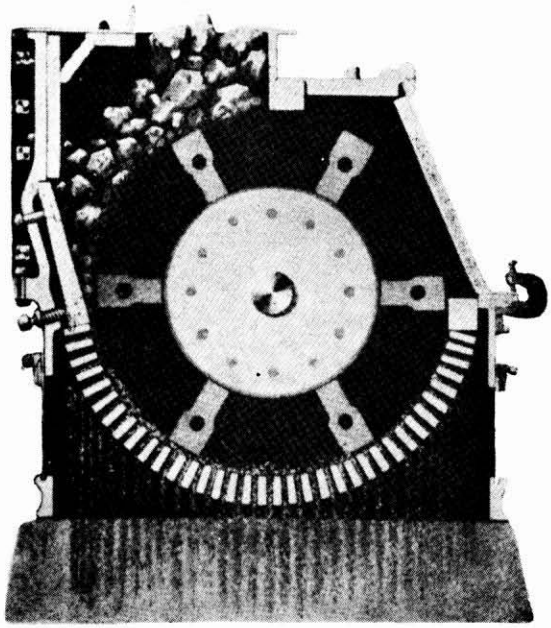
ลูกกลิ้งสำหรับย่อยแร่ (อยู่ภายใน) ช่องสำหรับใส่แร่และหิน



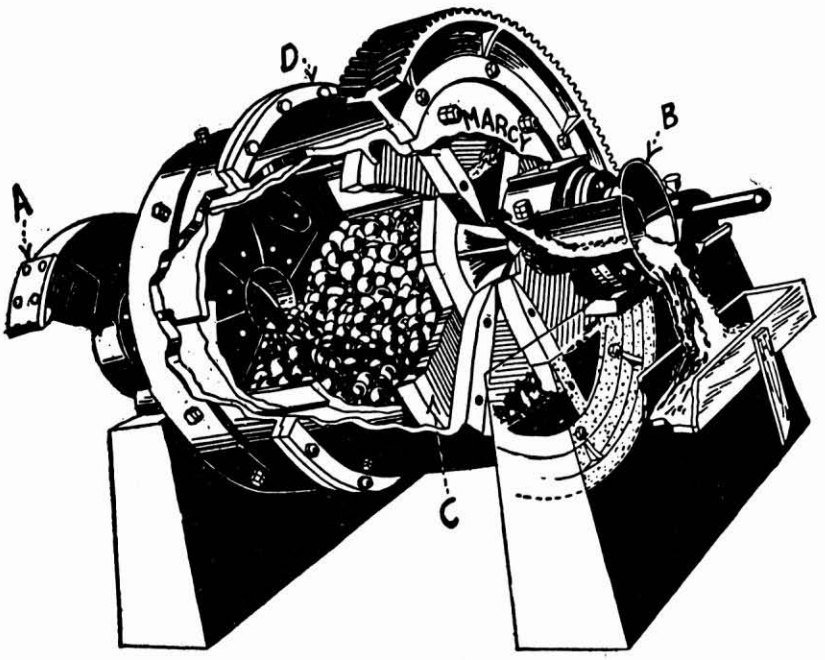
รูปที่ 95 เครื่องย่อยแร่แบบ "โรลครัชเช่อร์"
(Roll Crusher)



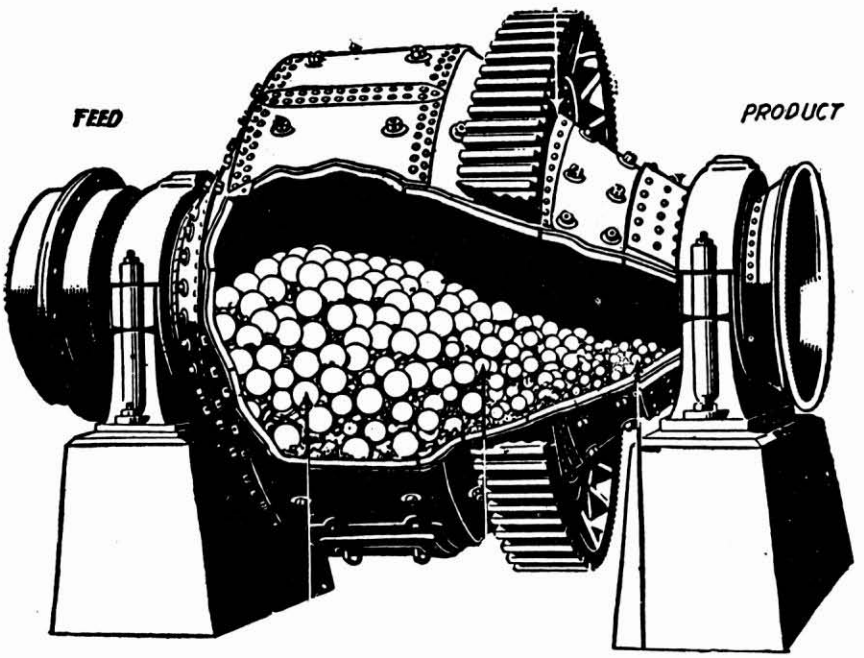
รูปที่ 96 เครื่องย่อยและบดแร่แบบครกและสากตำแร่
(Gravity Stamp)



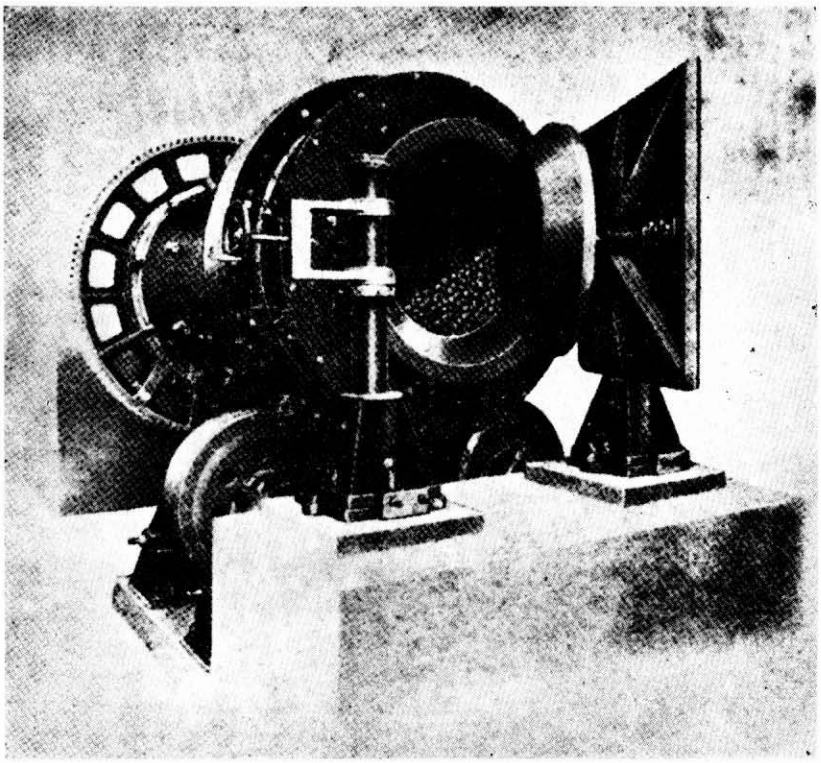
รูปที่ 97 เครื่องย่อยแร่แบบ "แฮมเมอร์มิลล์"
(Hammer Mill)



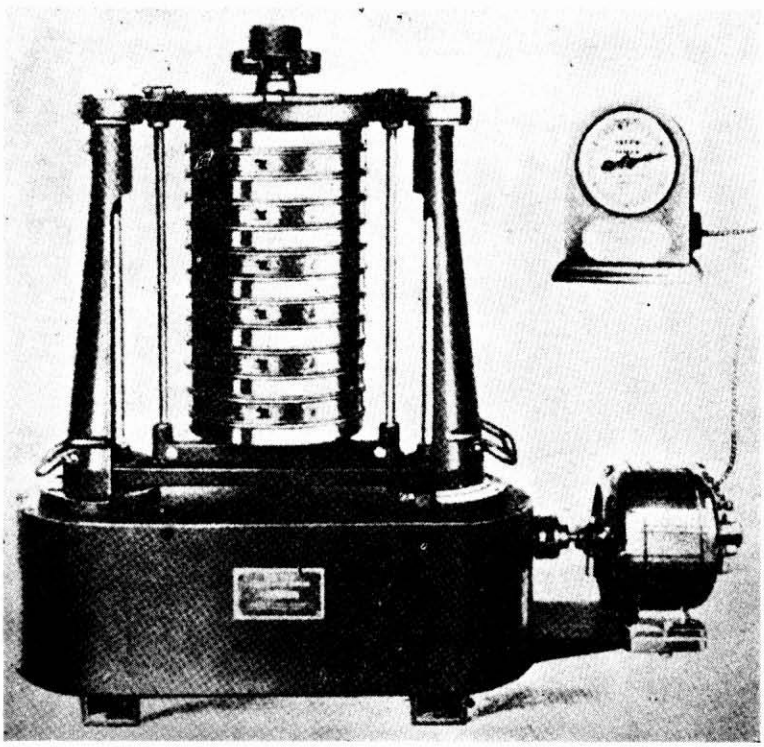
รูปที่ 98 เครื่องบดแร่แบบใช้ลูกบี้นเหล็กบดแร่ (Ball Mill)
(ชนิดรูปทรงกระบอก)



รูปที่ 99 เครื่องบดแร่แบบใช้ลูกบี้นเหล็กบดแร่ (Ball Mill)
(ชนิดมีปากทางออกเป็นรูปกรวย)



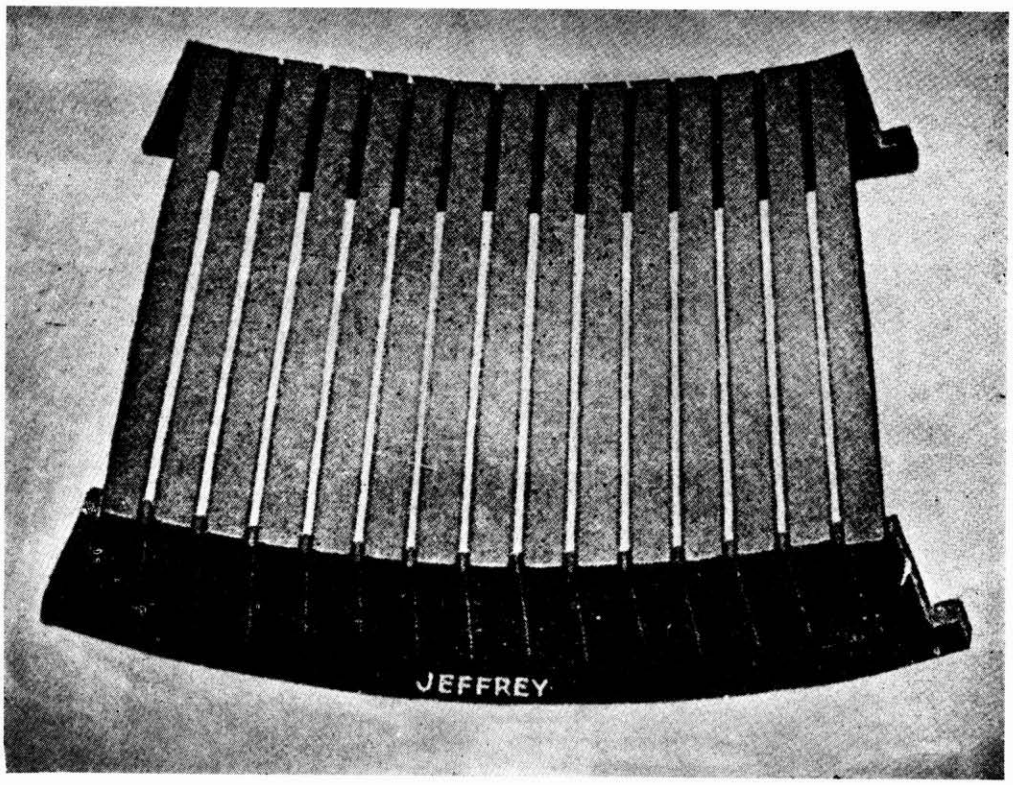
รูปที่ 100 เครื่องบดแร่แบบใช้แท่งเหล็กบดแร่ (Rod Mill)



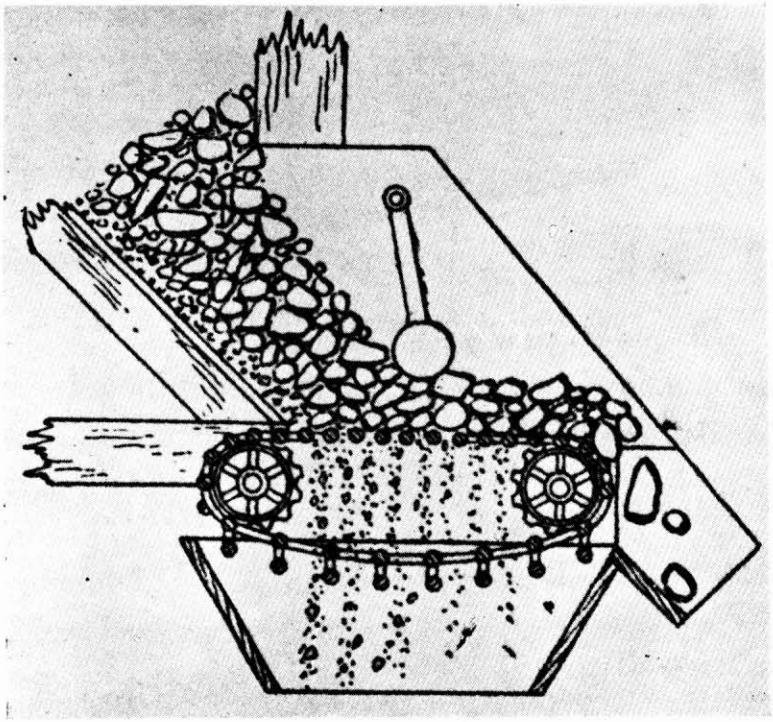
รูปที่ 101 เครื่องตะแกรงทดสอบขนาด



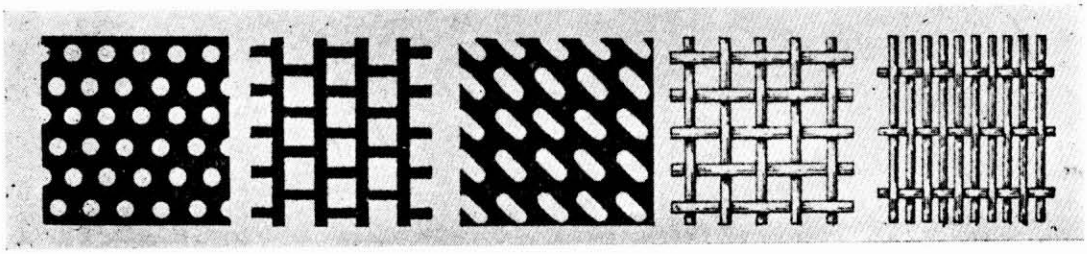
รูปที่ 102 ตะแกรงซึ่งทำขึ้นโดยใช้แท่งโลหะวางขนานกันแบบติดตั้งอยู่กับที่



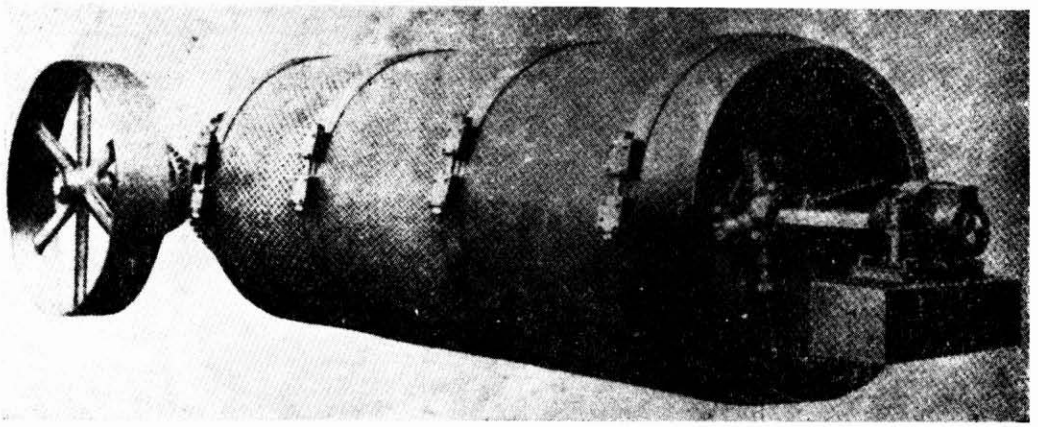
รูปที่ 103 ตะแกรงซึ่งทำขึ้นโดยใช้แท่งโลหะวางขนานกันแบบติดตั้งอยู่กับที่



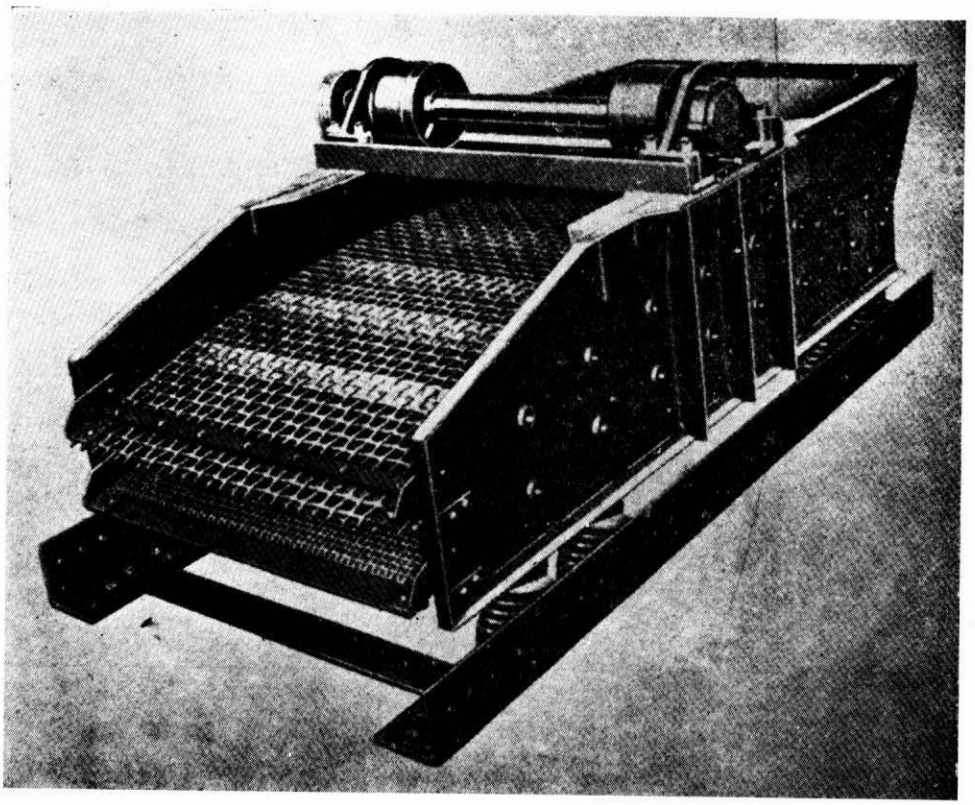
รูปที่ 104 ตะแกรงซึ่งทำขึ้นโดยใช้แท่งโลหะวางขนานกันแบบเคลื่อนไหวได้



รูปที่ 105 แสดงลักษณะของช่องตะแกรง



รูปที่ 106 ตะแกรงทำด้วยแผ่นเหล็กเจาะรู ชนิดหมุนได้



รูปที่ 107 ตะแกรงชนิดทำด้วยเส้นลวดและมีเครื่องกลไกทำให้สั่นได้

เครื่องคัดขนาดโดยอาศัยหลักความแตกต่างของอัตราการเคลื่อนไหวของแร่และหินผ่านน้ำหรือลม (Classifiers)

ในการคัดแร่และหินโดยใช้เครื่องอุปกรณ์แบบนี้จะทำได้โดยการปล่อยให้แร่และหินเคลื่อนไหวผ่านน้ำหรือลม ซึ่งอาจจะอยู่นิ่งๆ หรือมีการเคลื่อนไหว อย่างไรก็ดี ในการคัดขนาดแร่เพื่อการแยกแร่หรือแต่งแร่นั้น มักนิยมให้แร่และหินเคลื่อนไหวผ่านน้ำเป็นส่วนมาก สำหรับลมนั้นมักใช้กับการคัดขนาดแร่แห้งๆ ซึ่งต้องการบดให้ละเอียดมากๆ เพื่อประโยชน์แก่งานบางอย่างเท่านั้น และไม่ค่อยมีใช้ในการดำเนินงานเพื่อทำแร่ดีบุกให้สะอาด การปล่อยแร่หรือหินผ่านน้ำนั้นจะทำให้เกิดปรากฏการณ์สำคัญ ๆ เกี่ยวกับการเคลื่อนไหวของมันผ่านน้ำดังนี้คือ :—

1. ถ้าหากว่าเม็ดแร่หรือหินมีรูปร่างและความถ่วงจำเพาะเหมือนกัน แร่หรือหินเม็ดโตจะเคลื่อนที่ผ่านน้ำได้เร็วกว่าแร่หรือหินเม็ดเล็ก ซึ่งจะทำให้สามารถคัดแร่หรือหินเม็ดโตออกจากเม็ดเล็กโดยวิธีนี้ได้

2. ถ้าหากว่าเม็ดแร่หรือหินมีขนาดและรูปร่างเหมือน ๆ กัน แต่มีความถ่วงจำเพาะต่างกัน แร่หรือหินที่หนักกว่าจะเคลื่อนที่ผ่านน้ำไปได้เร็วกว่าแร่หรือหินที่เบากว่า ซึ่งจะทำให้แร่หรือหินหนัก ๆ แยกตัวออกจากพวกเบา ๆ ได้

3. ถ้าหากว่าเม็ดแร่หรือหินมีน้ำหนักเท่า ๆ กัน แต่มีรูปร่างต่างกัน แร่หรือหินที่มีรูปร่างกลม ๆ จะเคลื่อนที่ผ่านน้ำได้เร็วกว่าพวกที่เป็นเหลี่ยม

4. ถ้าหากว่าน้ำนั้นมีความแน่น (density) สูงหรือมีอัตราการไหลหรือการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงจะทำให้เม็ดแร่และหินเคลื่อนที่ผ่านมันไปได้ช้าลง เพราะมีแรงต้านทานสูงขึ้น

เนื่องจากปรากฏการณ์ของแร่และหินผ่านน้ำมีดังที่กล่าวแล้ว จึงได้มีผู้สร้างเครื่องคัดขนาดแร่และหินแบบที่เรียกว่า "คลาสสิไฟเออร์" (Classifier) ขึ้น และส่วนใหญ่นิยมใช้สำหรับคัดขนาดแร่และหินซึ่งมีขนาดเล็กกว่า 2—3 มิลลิเมตร เครื่องคัดขนาดแบบนี้อาจจะแบ่งออกเป็นจำพวกใหญ่ ๆ ได้ 2 จำพวกด้วยกัน คือพวกหนึ่งนิยมใช้สำหรับต่อเป็นวงจรกับเครื่องบดแร่เพื่อควบคุมแร่ที่ต้องบดให้มีขนาดตามต้องการ อีกพวกหนึ่งใช้สำหรับคัดขนาดแร่เพื่อแยกส่งไปเข้าเครื่องแยกแร่เป็นแต่ละขนาดหรือแต่ละพวก เพื่อให้สะดวกแก่การจัดเครื่องแยกแร่ให้ทำงานได้ผลดีเต็มที่

พวกเครื่องคัดขนาดแบบ Classifier ซึ่งนิยมใช้ต่อเป็นวงจรกับเครื่องบดแร่

เครื่องคัดขนาดแบบนี้ที่รู้จักกันดีในวงการเหมืองแร่ก็ได้แก่ เครื่องคัดขนาดแบบ "แดรกคลาสสิไฟเออร์" (Drag Classifier) เครื่องคัดขนาดแบบ "เรคคลาสสิไฟเออร์" (Rake Classifier) และเครื่องคัดขนาดแบบ "สไปรัลคลาสสิไฟเออร์ (Spiral Classifier) เป็นต้น เครื่องคัดขนาดแร่ทั้ง 3 แบบนี้ มีลักษณะดังที่แสดงให้เห็นใน *รูปที่ 108, 109 และ 110* เครื่องทั้ง 3 แบบมีส่วนประกอบที่สำคัญ ๆ คล้ายคลึงกัน กล่าวคือมีถังวางเอียง ๆ ใช้

สำหรับรับแร่และหินจากเครื่องบดและมีเครื่องกลไกสำหรับนำเอาพวกแร่หยาบซึ่งยังบดไม่ได้ขนาดตามต้องการส่งกลับคืนไปยังเครื่องบดอีกครั้งหนึ่ง ในการทำงานนั้นถังรับแร่ของเครื่องคัดขนาดจะรับแร่และหินซึ่งส่งมาจากเครื่องบดแร่โดยใช้ปั๊มสูบทราย (sand pump) หรือปล่อยให้ไหลมาเองจากเครื่องบดซึ่งตั้งอยู่ในที่สูงกว่า เมื่อแร่และหินที่ถูกบดไหลลงสู่ถังรับแร่ของเครื่องคัดขนาดแล้วแร่ซึ่งมีขนาดตามต้องการจะไหลล้นออกจากถังรับแร่ของเครื่องคัดขนาดไปสู่เครื่องแยกแร่หรือแต่งแร่ ส่วนแร่ซึ่งมีขนาดหยาบจะตกลงก้นถังรับแร่ และจะถูกเครื่องกลไกที่ใช้สำหรับส่งแร่ส่งกลับคืนไปยังเครื่องบดนั้นเพื่อบดแร่ให้ได้ขนาดตามต้องการต่อไป เครื่องกลไกสำหรับส่งแร่ที่มีอยู่ในเครื่องคัดขนาดแบบนี้นั้น นอกจากจะทำหน้าที่ส่งแร่หยาบ ๆ กลับคืนเข้าเครื่องบดแล้ว ยังช่วยกวนแร่และหินที่เข้าถังรับแร่ให้อยู่ในสภาพที่จะทำการคัดขนาดให้ได้ผลตามต้องการด้วย การจัดความเอียงของถังรับแร่ของเครื่องคัดขนาดให้ได้พอเหมาะจะช่วยให้การคัดขนาดแร่ได้ผลดี

ยังมีเครื่องอุปกรณ์อีกชนิดหนึ่งซึ่งอาจจะจัดให้อยู่ในพวกเครื่องคัดขนาดแบบนี้ได้ คือ เครื่อง "ไฮโดรไซโคลน" (Hydro cyclone) เครื่องอุปกรณ์ชนิดนี้มีลักษณะดังที่แสดงตัวอย่างให้เห็นใน *รูปที่ 111* ในการทำงานแร่และหินขนาดต่าง ๆ จากเครื่องบดจะถูกส่งเข้าไปใน Hydro cyclone ซึ่งจะทำให้มันแยกตัวออกจากกันโดยแรงเหวี่ยงที่เกิดขึ้นภายในเครื่องพวกแร่และหินหยาบ ๆ จะไหลออกทางส่วนล่างของเครื่องและถูกส่งกลับไปสู่เครื่องบดแร่ ส่วนพวกแร่และหินที่ละเอียดก็จะไหลล้นออกทางส่วนบนของเครื่องไปเข้าเครื่องแยกแร่ หรือแต่งแร่ต่อไป Hydro cyclone นี้ นอกจากจะใช้คัดขนาดแร่และหินได้แล้ว ยังอาจใช้สำหรับแยกน้ำหรือน้ำขุ่นข้น (slime) ออกจากแร่ได้ด้วย และพร้อมกันนั้นในบางกรณีก็อาจจะเป็นเครื่องแยกแร่หรือแต่งแร่ได้ด้วย

พวกเครื่องคัดขนาดแบบ Classifier ซึ่งนิยมใช้สำหรับคัดขนาดแร่และหินออกเป็นแต่ละขนาด หรือแต่ละพวกเพื่อส่งไปเข้าเครื่องแยกแร่

เครื่องคัดขนาดแร่และหินแบบนี้ส่วนใหญ่มักนิยมใช้เครื่องซึ่งใช้กำลังแรงของน้ำไหลขึ้นสวนทางกับแร่และหินที่ใส่ลงมาในเครื่องเป็นสิ่งสำคัญที่ใช้ในการคัดขนาดแร่และหินให้แยกออกจากกันเป็นแต่ละขนาดหรือแต่ละพวกตามต้องการ เครื่องคัดขนาดแบบนี้ที่รู้จักกันแพร่หลายก็ได้แก่ เครื่องคัดขนาดแบบ "วิลลัพบี้ วอชเช่อร์" (Willoughby Washer) หรือเครื่องคัดขนาดแบบ "โคน คลาสสิไฟเออร์" (Cone Classifier) ดังที่แสดงตัวอย่างให้เห็นใน *รูปที่ 112 และ 113* เป็นต้น ในการคัดขนาดแร่และหินนั้น มีหลักการสำคัญดังนี้คือ แร่และหินซึ่งมีขนาดต่าง ๆ จะถูกป้อนเข้าสู่เครื่องคัดขนาดและในขณะเดียวกันก็มีการปล่อยน้ำให้ไหลเข้าทางด้านล่างของเครื่องขึ้นไปสวนทางกับแร่ที่ใส่ลงไป แรงของน้ำที่ไหลผ่านขึ้นไปข้างบนนั้นจะพาเอาพวกแร่หรือหินที่ไม่หนักพอที่จะเคลื่อนตัวผ่านกระแสน้ำลงมาได้ ให้

ไหลล้นออกไปทางส่วนบนของเครื่อง ส่วนแร่และหินที่หนักพอที่จะตกผ่านกระแสน้ำลงไปข้างล่างได้ก็จะแยกออกไปทางด้านล่างของเครื่องคัดขนาด ดังนั้นจึงทำให้สามารถแยกแร่และหินออกได้เป็น 2 พวกด้วยกัน กล่าวคือเป็นพวกแร่และหินที่มีขนาดเล็ก หรือขนาดเบาพอที่จะให้แรงน้ำพาให้ไหลล้นออกไปทางส่วนบนของเครื่องพวกหนึ่ง อีกพวกหนึ่งเป็นพวกซึ่งมีขนาดใหญ่หรือหนักพอที่จะผ่านกระแสน้ำลงไปได้ก็จะออกไปทางด้านล่างของเครื่อง แร่และหินที่แยกออกจากกันแล้วนั้นจะถูกส่งไปเข้าเครื่องแยกแร่หรือแต่งแร่เป็นแต่ละพวกต่อไป

การคัดขนาดแร่และหินออกเป็นแต่ละขนาดหรือแต่ละพวกเพื่อส่งเข้าเครื่องแยกแร่หรือแต่งแร่เป็นแต่ละส่วนไปนั้น อาจจะใช้ Hydro cyclone ช่วยทำการคัดขนาดได้เช่นเดียวกัน และในปัจจุบันนี้กำลังเริ่มนิยมใช้กันในการดำเนินงานแยกแร่หรือแต่งแร่ดีบุกที่ได้จากการทำเหมืองสูบกันมากขึ้น

สำหรับการคัดขนาดแร่ด้วยวิธีนี้โดยใช้ลมแทนน้ำนั้น ส่วนใหญ่ใช้สำหรับการบดแร่แห้ง ๆ ให้ละเอียด เพื่อให้เหมาะกับการใช้งานบางอย่างดังกล่าวแล้ว เครื่องที่นิยมใช้กันมากมีลักษณะดังที่แสดงไว้ให้เห็นใน *รูปที่ 114* การทำงานของเครื่องคัดขนาดแบบนี้มีหลักการคล้ายคลึงกับการทำงานของเครื่องแบบ Hydro cyclone ซึ่งได้กล่าวมาแล้ว เพียงแต่เครื่องนี้ใช้กระแสลมแทนน้ำเท่านั้น

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วจะเห็นได้ว่า เครื่องคัดขนาดแร่นั้นจะทำงานอยู่ระหว่างการย่อยหรือบดแร่กับการแยกแร่หรือแต่งแร่ หลังจากแร่และหินผ่านเครื่องคัดขนาดแล้วก็แยกเป็นแต่ละขนาดหรือแต่ละพวกซึ่งเหมาะที่จะนำไปทำการแยกแร่ให้ได้เห็นผลดีในลำดับต่อไป การคัดขนาดแร่และหินจะมีความจำเป็นที่ต้องคัดให้มีขนาดใกล้เคียงกันเพียงใด ย่อมแล้วแต่ชนิดของแร่และกรรมวิธีที่จะใช้สำหรับการแต่งแร่นั้น แร่บางชนิดต้องมีการควบคุมขนาดอย่างใกล้ชิดจึงจะสามารถทำการแยกแร่และหรือแต่งแร่ได้ผลดี แต่บางอย่างก็ไม่จำเป็นจะต้องควบคุมให้มีขนาดใกล้เคียงกันมากนัก ก็อาจทำการแยกแร่หรือแต่งแร่ได้ผลดีแล้ว อย่างไรก็ดี กล่าวโดยทั่ว ๆ ไป ถ้าไม่คำนึงถึงค่าใช้จ่ายที่จะต้องใช้ในการคัดขนาดแร่แล้ว การคัดขนาดแร่และหินก่อนส่งเข้าเครื่องแยกแร่ย่อมจะทำให้เกิดผลดีขึ้นเสมอ

การดำเนินงานและอุปกรณ์เกี่ยวกับการแยกแร่หรือแต่งแร่

หลังจากได้ทำการย่อยหรือบดแร่และหินให้หลุดออกจากกันหรือเพื่อให้มีขนาดพอเหมาะที่จะเข้าเครื่องแยกแร่ พร้อมกับได้ทำการคัดขนาดแร่และหินเป็นแต่ละพวกให้เหมาะกับการดำเนินงานแยกแร่หรือแต่งแร่แล้ว ขั้นต่อไปที่จะทำให้ได้แร่สะอาดก็คือการทำการแยกแร่หรือการแต่งแร่ ซึ่งอาจจะทำได้หลายวิธีการด้วยกันดังที่ได้กล่าวมาแล้วแต่ตอนต้น การจะใช้วิธีการอันใดนั้นก็ต้องแล้วแต่ลักษณะของแร่ หิน หรือมลทินต่าง ๆ ที่ปนอยู่กับแร่ ดังนั้นการตรวจดูลักษณะของแร่ หิน หรือมลทินต่าง ๆ เป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง และควรจะต้องทำ

การพิจารณาหรือตรวจดูเสียตั้งแต่ก่อนจะทำการย่อยหรือบดแร่นั้น สิ่งที่ควรจะต้องตรวจตรา หรือพิจารณาอย่างละเอียดก็ได้แก่ ตรวจดูว่าแร่ที่เราต้องการนั้นอยู่ปนกับแร่ชนิดอื่นหรือหินชนิดใดบ้าง เพื่อจะได้ศึกษาดูว่าแร่ที่ต้องการ หิน และแร่อื่น ๆ ที่เจือปนอยู่นั้นมีคุณสมบัติอะไรแตกต่างกันบ้าง ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการเลือกวิธีการที่จะใช้แยกแร่ให้สะอาดได้อย่างเหมาะสม และตรวจดูด้วยว่าการรวมตัวของแร่ หิน และมลทินต่าง ๆ นั้นอยู่ในลักษณะใด เช่นรวมอยู่เป็นก้อนเดียวกันหรือว่าหลุดออกจากกันโดยอิสระแล้ว ขนาดของแร่ หิน และแร่มลทินที่มีอยู่ปนกันมีขนาดเป็นอย่างไร ซึ่งถ้าหากแร่ หิน และมลทินต่าง ๆ รวมอยู่เป็นก้อนเดียวกันก็จะช่วยให้พิจารณาได้ง่ายขึ้นว่า ควรจะต้องย่อยหรือบดแร่ให้มีขนาดเท่าไร แร่ หิน หรือมลทินต่าง ๆ จึงจะหลุดออกจากกันได้มากที่สุดโดยเสียค่าใช้จ่ายแต่พอสมควร และเมื่อได้สังเกตเห็นขนาดของแร่ หิน และมลทินต่าง ๆ ที่หลุดออกจากกันเป็นอิสระแล้วโดยการย่อยหรือบดแร่ หรือโดยที่มันเกิดเป็นเองตามธรรมชาติแล้ว ก็จะเป็นสิ่งที่จะใช้ช่วยการพิจารณาถึงอุปกรณ์ที่ควรจะใช้ทำการแยกแร่หรือแต่งแร่ให้สะอาดตามต้องการได้ดี นอกจากนั้นการตรวจดูลักษณะรูปร่างของแร่และหินที่จะต้องทำให้สะอาดก็จะช่วยให้พิจารณาหากรรมวิธีที่จะทำให้ได้แร่สะอาดตามต้องการให้เหมาะสมขึ้นด้วย ในการแยกแร่หรือแต่งแร่ให้สะอาดตามต้องการนั้น บางครั้งอาจจะใช้กรรมวิธีอย่างหนึ่งอย่างใดแต่เพียงอย่างเดียว เพื่อทำให้แร่สะอาด แต่บางครั้งต้องใช้กรรมวิธีหลายอย่างมาใช้ทำงานประสานกัน เพื่อให้แยกแร่ได้ผลดีตามต้องการ ซึ่งทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของแร่ หิน และแร่อื่น ๆ ที่เจือปนอยู่ดังกล่าวแล้ว

กล่าวโดยทั่ว ๆ ไป ในการทำแร่ให้สะอาดเพื่อให้เหมาะแก่การส่งออกจำหน่ายหรือส่งไปทำการถลุงนั้น จำเป็นจะต้องดำเนินการให้เป็นไปโดยถูกต้องทั้งตามหลักวิชาการและหลักเศรษฐกิจ จึงจะนับว่าเป็นการดำเนินงานที่ดีและเหมาะสม กล่าวคือ แร่ที่แยกเก็บออกมาได้นั้นจะต้องมีความสะอาดหรือมีโลหะ หรือสารประกอบที่ต้องการสูงพอเหมาะแก่การที่จะนำไปถลุงหรือใช้ประโยชน์ได้ตามความต้องการ และปริมาณแร่ที่แยกเก็บออกมาได้จะต้องสูงหรือมีการสูญเสียแร่ไปในกรรมวิธีต่าง ๆ น้อยที่สุด โดยเสียค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานถูกที่สุด ในการพิจารณาความสะอาดหรือ "เกรด" (Grade) ของแร่นั้นส่วนมากจะถือเอาผลวิเคราะห์ทางเคมีของปริมาณโลหะ หรือสารประกอบที่สำคัญในแร่เป็นสิ่งสำคัญ เช่น แร่ดีบุกในประเทศไทยมักนิยมล้างให้สะอาดจนกระทั่งมีผลวิเคราะห์ของโลหะดีบุกภายในแร่ไม่ต่ำกว่า 72 เปอร์เซ็นต์จึงจะส่งออกจำหน่ายหรือนำไปถลุงเป็นต้น ส่วนการพิจารณาถึงปริมาณแร่สะอาดที่เก็บได้ (recovery) ว่าจะมีมากมายเพียงใดนั้น มักจะคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของจำนวนโลหะหรือสารประกอบที่สำคัญที่มีอยู่ในหัวแร่ (concentrate) ต่อจำนวนโลหะหรือสารประกอบอย่างเดียวกันนั้นภายในแร่ที่ส่งเข้าทำการแยกแร่หรือแต่งแร่ (feed)

ได้กล่าวมาให้ทราบแล้วแต่ตอนต้นว่า กรรมวิธีที่จะใช้สำหรับแยกแร่หรือแต่งแร่เพื่อให้ได้แร่สะอาดตามความต้องการนั้นอาจจะกระทำได้หลายวิธีด้วยกัน ซึ่งแล้วแต่ลักษณะ

ของแร่หิน และมลทินที่เจือปนนั้นจะเหมาะสมกับกรรมวิธีใด อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการแยกแร่หรือแต่งแร่ในกรรมวิธีต่าง ๆ นั้น มีอยู่หลายอย่างด้วยกัน ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะเครื่องอุปกรณ์ที่รู้จักกันแพร่หลายในวงการเหมืองแร่เท่านั้น คือ

ก. **อุปกรณ์สำหรับการแยกแร่ด้วยมือ (Hand Picking)**

ได้กล่าวแล้วในตอนต้นว่า ในปัจจุบันนี้แทบไม่มีผู้ใดใช้กรรมวิธีอันนี้กับเหมืองแร่ดีบุกเลย เพราะประสิทธิภาพในการทำงานค่อนข้างต่ำมาก และอาจจะทำกันเฉพาะในเหมืองทางแร่ขนาดเล็ก ๆ ในท้องที่ที่มีค่าแรงคนงานถูกๆ เท่านั้น อย่างไรก็ดี ถ้าหากมีความประสงค์ที่จะแยกเก็บแร่ด้วยมือแล้ว อุปกรณ์สำคัญที่จะช่วยให้ทำการแยกเก็บแร่ได้ผลดีขึ้นก็ได้แก่ สายพานขนแร่ (belt conveyor) ซึ่งอาจจะทำด้วยแผ่นโลหะหรือยางเป็นต้น สายพานขนแร่นี้จะใช้สำหรับนำแร่ที่จะทำการแยกเก็บให้ผ่านหน้าคนที่จะทำการเลือกเก็บแร่ไปอย่างช้า ๆ เพื่อเปิดโอกาสให้คนทำงานได้เห็นแร่ได้ชัดเจน และสามารถทำการแยกเก็บเอาสิ่งที่ไม่ต้องการออกทิ้งไปเสียได้โดยสะดวก สิ่งสำคัญที่จะต้องคำนึงถึงในการแยกแร่โดยวิธีนี้นอกเหนือไปจากค่าแรงงานก็คือ คนทำงานจะต้องสามารถมองเห็นลักษณะความแตกต่างของแร่และหินได้อย่างชัดเจน และขนาดก้อนแร่หรือหินจะต้องโตพอเหมาะที่จะเก็บได้ด้วยมืออย่างสะดวก ดังที่กล่าวให้ทราบแล้วแต่ตอนต้นนั้น ถ้าหากว่าแร่ที่จะเลือกเก็บด้วยมือเป็นก้อนแร่ที่ยังติดอยู่กับหิน ซึ่งจะต้องนำไปบดให้หลุดออกจากกันต่อไปแล้ว การเลือกเก็บเอาเฉพาะแต่ก้อนหินติดแร่ไปทำการย่อยหรือบดแร่ก็จะทำให้ปริมาณของแร่และหินที่จะต้องย่อยหรือบดน้อยลง ซึ่งอาจจะช่วยลดค่าใช้จ่ายในการย่อยแร่และบดแร่ลงไปได้บ้าง

ข. **อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการแยกแร่โดยอาศัยความแตกต่างของน้ำหนักหรือความถ่วงจำเพาะของแร่และสิ่งเจือปน (Gravity Concentration)**

ในการแยกแร่หรือแต่งแร่โดยอาศัยความแตกต่างของน้ำหนักหรือความถ่วงจำเพาะของแร่และหินหรือแร่อื่นที่เจือปนอยู่นั้น นอกจากจะต้องมีการเกี่ยวพันกับความถ่วงจำเพาะของแร่ หิน และแร่มลทินอื่นที่ปนอยู่ ซึ่งจำเป็นจะต้องมีค่าแตกต่างกันแล้ว ขนาดของแร่หินและมลทินต่าง ๆ ก็เป็นสิ่งที่มีการเกี่ยวพันกับการแยกแร่โดยวิธีนี้อยู่มาก กล่าวคือ ในบางกรณีแม้ว่าแร่ หิน และแร่มลทินอื่นจะมีค่าของความถ่วงจำเพาะต่างกันมาก แต่ถ้าขนาดของมันอยู่ในสภาพที่เล็กหรือละเอียดมาก ๆ การแยกแร่โดยวิธีนี้ก็อาจจะทำได้ยากขึ้น และสิ่งสำคัญอีกอย่างหนึ่งที่เกี่ยวพันกับการแยกแร่โดยวิธีนี้ก็คือ ความแตกต่างเกี่ยวกับการเคลื่อนไหวของแร่ และหินภายในน้ำหรือลม หรือสารบางอย่างผสมกับน้ำซึ่งใช้เป็นสื่อสำคัญสำหรับการแยกแร่โดยวิธีนี้ ซึ่งจะได้กล่าวต่อไปในตอนที่กล่าวถึงอุปกรณ์แยกแร่แต่ละชนิดที่ใช้ในวิธีการนี้ อุปกรณ์สำคัญ ๆ และรู้จักกันแพร่หลายในการแยกแร่โดยวิธีนี้ได้แก่

(1) **เครื่องแยกแร่แบบ "ซิงค์แอนด์โฟลท หรือ เฮฟวี่มีเดียเซปปาเรเต้อร์" (Sink and Float or Heavy Media Separator)**

เครื่องแยกแร่แบบนี้ ตามปรกตินิยมใช้ในการแยกแร่เปอร์เซ็นต์ต่ำ ๆ เพื่อต้องการที่จะแยกเอาหินส่วนใหญ่ที่ไม่มีแร่ติดอยู่ออกไปเสียจากหินที่ติดแร่ ทั้งนี้เพื่อช่วยลดค่าใช้จ่ายในการบดแร่เพราะทำให้ไม่ต้องเอาแร่และหินทั้งหมดมาทำการบด แต่ในบางกรณีอาจจะใช้เครื่องแยกแร่แบบนี้แยกเอาแร่สะอาดออกจากดินหรือมลทินต่าง ๆ ซึ่งอยู่ลักษณะที่หลุดออกจากกันโดยอิสระ (free particles) นั้นได้เลย อย่างไรก็ดี เครื่องแยกแร่ชนิดนี้ไม่สู้จะเหมาะสำหรับการแยกแร่ละเอียด ๆ ตามปรกติมักใช้ในการแยกแร่และหินที่มีขนาดตั้งแต่ประมาณ 2 นิ้ว ลงไปจนถึงประมาณ ¼ นิ้ว แร่ขนาดละเอียดกว่า ¼ นิ้ว อาจทำการแยกแร่โดยเครื่องชนิดนี้ได้ แต่การควบคุมให้เครื่องทำงานอย่างมีประสิทธิภาพดีนั้นอาจจะมีความยุ่งยากมากขึ้น อย่างไรก็ดี เครื่องแยกแร่ชนิดนี้อาจจะใช้แยกแร่และหินซึ่งมีความถ่วงจำเพาะแตกต่างกันเพียง 0.1 ได้ ถ้าหากว่าแร่นั้นไม่ละเอียดมากดังกล่าวแล้ว ในการแยกแร่โดยเครื่องแยกชนิดนี้ใช้สารบางอย่างเช่น เฟอโรซิลิคอน (ferrosilicon) หรือแร่กาลีน่า (galena) สะอาดผสมน้ำเพื่อเป็นสื่อสำคัญในการแยก เครื่องแยกแร่ชนิดนี้มีอยู่หลายแบบด้วยกัน และบางแบบมีลักษณะเหมือนดังที่แสดงไว้ให้เห็นใน *รูปที่ 115* อย่างไรก็ตาม แม้ว่าเครื่องแยกแร่ชนิดนี้จะมีอยู่หลายแบบ แต่ส่วนประกอบที่สำคัญ ๆ อาจจำแนกได้ดังนี้ คือ :—

ก. ตะแกรงสั่น (Vibrating screens)

ซึ่งมีอยู่ 2 ชุดด้วยกัน ชุดหนึ่งใช้สำหรับคัดแร่ขนาดละเอียดออกไปจากแร่ที่จะป้อนเข้าเครื่องแยกพร้อมกับใช้รองรับแร่ที่จะต้องทำการล้างน้ำให้ขี้ผงหรือฝุ่นที่เกาะอยู่ออกไปเสียก่อนที่จะป้อนลงในเครื่องแยกแร่ด้วย ตะแกรงอีกชุดหนึ่งใช้สำหรับรองรับแร่และหินที่แยกออกจากกัน โดยเครื่องแยกแร่แล้วเพื่อช่วยแยกให้สารที่ใช้ผสมกับน้ำเพื่อการแยกแร่โดยวิธีนี้ไหลกลับคืนไปยังเครื่องแยก พร้อมกับทำหน้าที่รองรับแร่และหินซึ่งจะต้องล้างให้สะอาดอีกทีหนึ่งภายหลังการแยกแร่ เพื่อเก็บเอาสารที่จะใช้ผสมกับน้ำซึ่งใช้ในการแยกแร่วิธีนี้กลับคืนไปใช้งานอีกด้วย

ข. ถังสำหรับรับแร่มาทำการแยก

ค. อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับกวนสารที่ใช้ผสมกับน้ำเพื่อที่จะใช้ในการแยกแร่โดยเครื่องแยกชนิดนี้ไม่ให้ตกตะกอน ซึ่งอาจจะทำได้โดยใช้แรงลมอัด (compressed air) หรือเครื่องกลไกบางอย่าง

ง. อุปกรณ์สำหรับแยกแร่ที่ต้องการขึ้นจากก้นถังแยกแร่ซึ่งอาจใช้แรงลมอัด หรือเครื่องกลไกบางอย่าง และมีอุปกรณ์สำหรับเขี่ยเอาหินที่แยกออกมาแล้วทิ้งไปด้วย

การแยกแร่โดยเครื่อง Heavy Media Separator นี้ อาจกล่าวถึงหลักการอย่างย่อ ๆ ได้ดังนี้

ก่อนจะทำการแยกแร่จะต้องพิจารณาหาความถ่วงจำเพาะของหินที่เราต้องการจะแยกทิ้งเสียก่อนว่ามีความถ่วงจำเพาะเท่าใด เพื่อประโยชน์ในการที่จะได้ทราบว่า ควรจะใช้สาร

บางอย่างเช่น ferrosilicon หรือแร่ galena บดละเอียดผสมกับน้ำเป็นจำนวนเท่าไรจึงจะทำให้เกิดเป็นสารผสมน้ำ (Heavy Media) ซึ่งมีความถ่วงจำเพาะสูงกว่าก้อนหินเล็กน้อย เพื่อนำไปใช้เป็นสื่อของการแยกแร่โดยเครื่องแยกแบบนี้ต่อไป เมื่อได้เตรียมสารผสมน้ำให้มีความแน่นหรือความถ่วงจำเพาะสูงกว่าของก้อนหินเล็กน้อยตามต้องการแล้ว ก็ใส่สารผสมน้ำนั้นลงไปในถังแยกแร่ของเครื่องแยกซึ่งมีเครื่องกวนสำหรับป้องกันไม่ให้สารที่ใช้ผสมน้ำนั้นตกตะกอน หลังจากนั้นก็นำเอาแร่และหินที่ย่อยไว้หยาบ ๆ มาทำการร่อนเอาพวกเล็ก ๆ ออกรวมทั้งใช้น้ำล้างฝุ่นหรือขี้ผงซึ่งเกาะติดกับก้อนแร่ออกด้วย การที่ต้องล้างขี้ผงออกจากก้อนแร่นั้นก็เพื่อป้องกันไม่ให้มันไปรวมกับสารผสมน้ำซึ่งจะทำให้คุณสมบัติของสารผสมน้ำนั้นเปลี่ยนแปลงไปจากที่ต้องการ เมื่อได้ใส่ก้อนแร่และหินลงในถังแยกแร่ของเครื่องแยกนี้แล้ว แร่และหินก็จะแยกตัวออกจากกัน กล่าวคือ หินซึ่งมีความถ่วงจำเพาะน้อยกว่าสารผสมน้ำจะลอยตัวอยู่เหนือผิวของสารผสมน้ำ ส่วนแร่ซึ่งมีความถ่วงจำเพาะสูงกว่าสารผสมน้ำนั้นก็ค่อย ๆ จมลงไปสู่ก้นถังที่ใช้แยกแร่ หลังจากนั้นเครื่องกลไกหรือแรงลมอัดก็จะทำหน้าที่ยกแร่ที่จมลงสู่ก้นถังแยกนั้นขึ้นสู่ตะแกรง ส่วนหินที่ลอยตัวอยู่ก็จะไหลหรือถูกเขี่ยลงตะแกรงอีกอันหนึ่ง ในขณะที่ก้อนหินและก้อนแร่อยู่บนตะแกรงชุดหลังนี้ สารผสมน้ำซึ่งติดมากับก้อนหินหรือแร่ก็จะไหลลอดตะแกรงกลับไปสู่ถังแยกแร่ หลังจากนั้นก้อนหินและแร่ก็จะถูกราดด้วยน้ำเพื่อชะล้างสารผสมน้ำออกให้หมดอีกที่หนึ่ง สารผสมน้ำที่ได้จากการล้างน้ำนี้จะถูกนำไปแยกน้ำออกเพื่อให้ได้มีความถ่วงจำเพาะเท่าเดิมแล้ว ส่งกลับไปยังถังแยกแร่ของเครื่องแยกอีก หลังจากที่ได้ทำการแยกแร่นาน ๆ เข้า สารผสมน้ำนั้นก็อาจจะสกปรกมากขึ้นเพราะอาจจะมีเศษหรือขี้ผงของก้อนแร่หรือหินลงไปปะปนมาก ดังนั้นจึงต้องนำมันไปทำให้สะอาดเสียครั้งหนึ่ง ในกรณีที่ใช้แร่กาลีน่าก็ต้องนำไปทำให้สะอาดโดยใช้วิธีลอยแร่ (flotation) และถ้าใช้ ferrosilicon ก็ต้องทำให้สะอาดโดยใช้แม่เหล็กแยกเอา ferrosilicon ออกมาเป็นต้น

ตามปรกติแร่ galena หรือ ferrosilicon ที่ใช้จะมีความถ่วงจำเพาะประมาณ 6.5—7 และมักถูกบดให้มีขนาดละเอียดกว่า 100 เมช สารผสมน้ำซึ่งใช้ ferrosilicon หรือแร่ galena นั้นอาจจะทำให้มีความถ่วงจำเพาะได้สูงประมาณ 3.3 ดังนั้นก้อนหินที่ต้องการแยกให้มันลอยอยู่เหนือสารผสมน้ำก็จำเป็นจะต้องมีความถ่วงจำเพาะน้อยกว่าความถ่วงจำเพาะสูงสุดของสารผสมน้ำนั้น หรือกล่าวได้อีกนัยหนึ่งว่า ถ้าหากก้อนหินหรือมลทินต่าง ๆ ที่มีความถ่วงจำเพาะเกินกว่าความถ่วงจำเพาะของสารผสมน้ำที่อาจจะจัดทำขึ้นได้แล้ว เราก็จะไม่สามารถทำการแยกแร่โดยวิธีนี้ได้ การพิจารณาถึงความถ่วงจำเพาะของสารผสมน้ำที่เหมาะจะใช้เป็นสื่อในการแยกแร่ด้วยเครื่องแยกแบบนี้ หรือการพิจารณาดูว่าจะทำการแยกแร่โดยเครื่องแยกแร่แบบนี้ได้หรือไม่นั้น บางครั้งอาจทดลองดูโดยใช้ตัวอย่างแร่ใส่ลงในน้ำยาเคมีซึ่งมีความถ่วงจำเพาะสูง ๆ เช่นใช้น้ำยา "เทตตราโบรมีเทน" (Tetrabromethane) ผสมกับน้ำยา

"คาร์บอนเทตตราคลอไรด์" (Carbon tetrachloride) ให้มีความถ่วงจำเพาะของส่วนผสมสูงพอที่จะทำการแยกก้อนหินหรือมลทิน และแร่ในตัวอย่างให้ออกจากกันได้ตามต้องการ เมื่อพิจารณาเห็นว่าแร่และหินสามารถแยกออกจากกันได้ดีแล้ว ก็นำค่าของความถ่วงจำเพาะของน้ำยาเคมีที่เตรียมขึ้นนั้นไปใช้เป็นหลักในการจัดทำสารผสมน้ำที่จะใช้ในการแยกแร่โดยเครื่องแยกแบบนี้ต่อไป การที่ไม่ใช้น้ำเคมีที่ใช้ในการทดลองมาทำการแยกแร่ในทางปฏิบัติงานจริง ๆ นั้นก็เพราะมันมีราคาแพงมากจึงต้องใช้สารผสมน้ำแทน ในการแยกแร่โดยเครื่องแยกแบบนี้บางทีหัวแร่ที่ได้ยังมีหินและมลทินต่าง ๆ เกาะรวมกันอยู่ จึงจำเป็นจะต้องนำไปบดให้เล็กลงเพื่อให้แร่ หิน และมลทินหลุดออกจากกันแล้วนำไปทำการแยกแร่ซ้ำอีกครั้งหนึ่งโดยเครื่องแยกที่เหมาะสมต่อไป

(2) รางกู้แร่และรางดิน (Palong & Ground Sluice)

รางกู้แร่และรางดินเป็นอุปกรณ์แยกแร่หรือเก็บแร่ที่รู้จักกันดีในวงการทำเหมืองแร่ดีบุกในที่ลานแร่ ปรกติอุปกรณ์ชนิดนี้มักนิยมใช้เป็นอุปกรณ์แยกแร่ที่ใช้สำหรับแยกแร่ดีบุกออกจากกรวด ดินทราย ที่หน้าเหมืองภายหลังจากที่ได้มีการคัดเอาหิน กรวด ทรายขนาดใหญ่ ๆ ที่ไม่มีแร่ออกไปแล้ว รางกู้แร่นี้ส่วนใหญ่ทำด้วยไม้เรียกว่า "พาลอง" (Palong) มีลักษณะดังที่แสดงไว้ให้เห็นใน *รูปที่ 116 และ และ 117* รางกู้แร่ของเหมืองสูบทั่ว ๆ ไปมีความกว้างประมาณ 9—13 ฟุต ยาวประมาณ 180—220 ฟุต และมีขอบสูงประมาณ $1\frac{1}{2}$—2 ฟุต ตัวรางวางอยู่เอียง ๆ โดยให้ทางด้านหัวรางซึ่งเป็นที่รับแร่ หิน กรวด ทรายอยู่สูงกว่าทางด้านท้ายราง และทุก ๆ ระยะ 10 ฟุตของความยาวของราง ทางด้านต่ำจะลดต่ำจากทางด้านสูงประมาณ 6—9 นิ้ว หรือทำให้รางมีความเอียงประมาณ $\frac{1}{20}$—$\frac{3}{40}$ ทั้งนี้แล้วแต่ลักษณะของหิน กรวด ทรายที่ปนอยู่กับแร่ ซึ่งถ้าหากว่ามันสามารถกลิ้งไปตามรางได้ยากก็ต้องทำให้มีความเอียงมากขึ้น และทุกระยะความยาว 9—10 ฟุตของรางจะมีไม้ขนาดหน้าตัดประมาณ 2 × 3 นิ้ววางขวางรางอยู่เป็นระยะ ๆ สำหรับรางกู้แร่ของเหมืองฉีดเหมืองแล่นขนาดใหญ่ เหมืองสูบบางแห่งและเหมืองเรือขุด นิยมทำรางกู้เป็นรางแฝดติดกันหลายๆราง โดยให้แต่ละรางมีความกว้างประมาณ 4—6 ฟุต ขนาดส่วนอื่นคล้ายคลึงกับของเหมืองสูบที่ได้กล่าวมาแล้ว สำหรับเหมืองแล่นขนาดเล็กบางแห่งใช้รางกู้แร่ทำด้วยไม้ขนาดเล็กรางเดียว และบางแห่งทำเป็น "รางดิน" (Ground sluice) แทนรางได้

รางกู้แร่และรางดิน ซึ่งใช้สำหรับทำการแยกแร่หรือเก็บแร่ที่หน้าเหมืองนี้ ใช้น้ำเป็นสื่อสำคัญที่จะทำให้แร่แยกตัวออกจากหิน กรวด ทราย และมลทินอื่น ๆ กล่าวคือ ในการแยกแร่หรือเก็บเอาแร่นั้น จะมีการปล่อยให้แร่ หิน กรวด และดินทราย ซึ่งปนกับน้ำไหลผ่านไปตามรางกู้แร่ หรือรางดิน เมื่อมันไหลไปกระทบกับไม้ที่วางขวางรางอยู่ก็จะทำให้เกิดการกระเพื่อมทำให้แร่ หิน กรวด ทรายฟุ้งกระจายขึ้น และโดยเหตุที่แร่หนักกว่า หิน กรวด ทราย ก็จะตกลงสู่พื้นราง ซึ่งมีไม้กั้นอยู่นั้นก่อน และในขณะเดียวกันน้ำที่กำลังไหลไปตาม

รางก็จะพัดพาหิน กรวด ทราย ซึ่งเบากว่าแร่ให้ไหลออกไปทางท้ายราง ในการแยกแร่โดยใช้รางกู้แร่หรือรางดินนี้ จำเป็นจะต้องระวังอย่าให้น้ำขุ่นมากไป และต้องระวังอย่าให้หิน กรวด ทราย เกาะตัวกันแน่นบนพื้นราง เพราะจะทำให้แร่ไม่สามารถจะตกลงไปสู่พื้นรางได้ดี ซึ่งจะทำให้เกิดการสูญเสียแร่ออกไปทางท้ายรางได้มาก และนอกจากนั้นยังจำเป็นจะต้องระวังอย่าให้น้ำไหลแรงเกินไป เพราะจะทำให้แร่ตกสูญหายไปทางท้ายรางได้เช่นกัน ด้วยเหตุนี้จึงจำเป็นจะต้องใช้คนที่ชำนาญงานคอยระวังดูแลน้ำที่ใช้ไม่ให้ขุ่นหรือไหลแรงเกินไป รวมทั้งต้องคอยคุ้ยเขี่ยกรวดทรายในรางไว้ไม่ให้มันเกาะตัวกันแน่นเกินไปด้วย ตามปรกติหัวแร่ (concentrate) ที่ได้จากรางกู้แร่หรือรางดินนี้จะยังมีกรวดทรายปนอยู่ถึง 40—50 เปอร์เซ็นต์ จึงต้องนำหัวแร่จากรางกู้แร่และรางดินไปทำการแยกแร่หรือล้างแร่ให้สะอาดด้วยเครื่องอุปกรณ์อย่างอื่นอีกเพื่อให้ได้แร่สะอาดตามต้องการ การแยกแร่ด้วยรางกู้แร่หรือรางดินนี้ แม้ว่าจะเป็นวิธีการง่าย ๆ แต่ก็ต้องใช้ความชำนาญและความเอาใจใส่ของคนงานมาก และแม้กระนั้นก็ยังปรากฏว่ามีการสูญเสียแร่ละเอียด ๆ ไปทางท้ายรางเป็นจำนวนไม่น้อย ประกอบกับรางกู้แร่ซึ่งสร้างด้วยไม้มีความคงทนไม่นาน ขณะนี้เหมืองหลายแห่งจึงหันไปใช้อุปกรณ์อย่างอื่น เช่น "จิ๊ก" (Jig) หรือ "โต๊ะแยกแร่" (Shaking Table) แทน เพื่อช่วยให้สามารถเก็บแร่ได้มากขึ้น แต่ก็ยังมีเหมืองแร่ดีบุกที่เปิดทำในที่ลานเป็นจำนวนมากยังคงใช้รางกู้แร่และรางดินทำการแยกเก็บเอาแร่จากหน้าเหมืองกันอยู่

(3) เครื่องแยกแร่แบบ "จิ๊ก" (Jig)

เครื่องแยกแร่ชนิดนี้ เป็นเครื่องอุปกรณ์อย่างหนึ่งซึ่งรู้จักกันดีภายในวงการเหมืองแร่ดีบุก กล่าวโดยทั่ว ๆ ไป "จิ๊ก" มักจะทำงานมีประสิทธิภาพดีมากถ้าหากว่าแร่และหินอยู่ในขนาดระหว่าง $\frac{1}{2}$ นิ้ว ถึง 0.032 นิ้ว (หรือ 20 เมช) แต่ไม่ค่อยเหมาะกับการที่จะแยกแร่ละเอียด ๆ นัก เว้นไว้แต่แร่นั้นมีความถ่วงจำเพาะสูง ๆ อย่างไรก็ดี ในทางปฏิบัติปรากฏว่า "จิ๊ก" อาจจะแยกเก็บเอาแร่ดีบุกที่มีขนาดต่ำกว่า 200 เมช ได้บ้างเหมือนกัน ในปัจจุบันนี้ "จิ๊ก" ที่ใช้อยู่ในวงการเหมืองแร่ดีบุกมีอยู่หลายแบบและหลายขนาดด้วยกัน ซึ่งบริษัทผู้ผลิตต่างก็ได้พยายามอวดความดีเด่นของ "จิ๊ก" ที่ตนได้ผลิตขึ้นกันอยู่เสมอ การที่จะตัดสินใจใช้ "จิ๊ก" แบบไหนจึงจะเป็นเรื่องซึ่งต้องอยู่ในดุลพินิจของแต่ละบุคคล เพราะ "จิ๊ก" บางแบบอาจจะมีคุณสมบัติดีกว่า แต่ราคาก็อาจจะแพงกว่ามากเป็นต้น ตัวอย่างของ "จิ๊ก" บางแบบที่กำลังเป็นที่นิยมใช้อยู่ในวงการเหมืองแร่ดีบุกขณะนี้มีดังที่แสดงให้เห็นใน *รูปที่ 118 และ 119* อย่างไรก็ดี แม้ว่า "จิ๊ก" จะมีอยู่หลายแบบ แต่เราก็อาจจะกล่าวได้ว่า "จิ๊ก" มีส่วนประกอบสำคัญ ๆ ดังต่อไปนี้ :—

(1) ถังเหล็กสำหรับแยกแร่ทำหน้าที่เป็นตัว "จิ๊ก" ใช้สำหรับรับแร่ หิน กรวด ทราย มาเพื่อทำการแยกแร่ และรับน้ำที่จะมาใช้เป็นสื่อในการแยกแร่ด้วย ดังนั้นที่ตัวถังจึงมีช่องสำหรับเอาแร่ที่แยกแล้วออกและมีช่องที่จะให้น้ำเข้าไปได้ด้วย

(2) ตะแกรงซึ่งมีขนาดช่องหรือรูของตะแกรงพอเหมาะสมกับแร่ที่จะต้องทำการแยกแร่ ตะแกรงนี้อาจจะเป็นตะแกรงเส้นลวดใหญ่ ๆ หรือเป็นแผ่นเหล็กเจาะรูก็ได้ ถ้าหากว่ามีการสึกหรอมากก็ควรใช้แผ่นเหล็กเจาะรู หรือถ้าต้องการให้มีช่องหรือรูตะแกรงมากก็ควรใช้ตะแกรงเส้นลวดดังกล่าวแล้ว ตะแกรงนี้จะติดตั้งอยู่ในตัว "จิก" ทำหน้าที่ช่วยรองรับแร่ในระหว่างที่ทำการแยกแร่

(3) เครื่องกลไกซึ่งจะทำให้น้ำในถังเหล็กซึ่งเป็นตัว "จิก" กระเพื่อมเป็นจังหวะ ๆ เพื่อประโยชน์ในการแยกแร่ เครื่องกลไกนี้อาจจะจัดให้ทำการกระเพื่อมน้ำใน "จิก" ให้แรงหรือเบาได้ตามความต้องการ เช่นถ้าหากแร่หนักและทรายหยาบก็จัดให้มีการกระเพื่อมของน้ำมาก เป็นต้น

(4) เม็ดแร่บางอย่างหรือลูกปืนเหล็ก ซึ่งใส่ไว้บนตระแกรงภายใน "จิก" เพื่อทำหน้าที่ช่วยให้การแยกแร่โดยเครื่องแยกแร่ชนิดนี้ได้ผลดี สำหรับในเหมืองแร่ดีบุกมักนิยมใช้แร่เหล็กชนิด "เฮมาไท้ต์" (Hematite) ซึ่งมีความแข็งแกร่งทนต่อการสึกหรอได้มากใส่ไว้บนตระแกรงที่อยู่ภายใน "จิก" ให้เป็นชั้นหนาพอสมควร และขนาดของก้อนแร่ hematite ก็จะต้องสัมพันธ์กับขนาดของแร่ที่ทำการแยก ถ้าหากว่าแร่ที่จะแยกมีขนาดเล็ก แร่เหล็ก hematite ที่ใช้ก็อาจต้องมีขนาดเล็กลงด้วย อย่างไรก็ดี แร่ hematite ที่ใส่ไว้ใน "จิก" นั้นจะต้องมีขนาดโตกว่ารูตะแกรงของ "จิก" เพราะเราไม่ต้องการให้มันไปปนอยู่กับแร่ดีบุกที่ทำการแยกออกมา

การทำงานของ "จิก" อาจกล่าวได้พอเป็นสังเขปดังนี้คือ ก่อนที่จะปล่อยแร่และหินกรวด ทราย ลงใน "จิก" ก็ปล่อยน้ำที่จะใช้เป็นสื่อสำคัญในการแยกแร่เข้าไปให้เต็ม "จิก" เสียก่อน น้ำที่ใส่เข้าไปในจิกเพื่อช่วยทำการแยกแร่นี้ควรจะต้องรักษาระดับแรงดันให้คงที่อยู่เสมอ เพื่อประโยชน์ในการที่จะควบคุมให้แยกแร่ได้ผลดี เมื่อน้ำเข้าไปเต็ม "จิก" แล้วก็เดินเครื่องกลไกของจิกให้น้ำภายในจิกมีการกระเพื่อมขึ้นลงเป็นจังหวะ ๆ ตามความเหมาะสมพร้อมกับทำการปล่อยแร่และหินที่จะทำการแยกแร่ลงไป ในกรณีที่จะให้จิกแยกแร่หนัก ๆ หรือมีขนาดเม็ดหยาบ ๆ ก็ต้องจัดให้เครื่องกลไกของ "จิก" ทำให้น้ำกระเพื่อมแรงกว่าในกรณีที่ทำการแยกแร่ขนาดเล็ก แร่และหินที่ส่งเข้าแยกนั้นปรกติต้องระวังอย่าให้มีน้ำปนอยู่มากเกินไป เพราะว่ามีน้ำส่งเข้า "จิก" อีกทางหนึ่งด้วย ถ้าหากว่ามีน้ำเข้าไปมากเกินไปอาจจะทำให้การแยกแร่ไม่ได้ผลดี และจะมีการสูญเสียแร่ไปกับน้ำที่ไหลออกจาก "จิก" มากด้วย ดังนั้นในกรณีที่ต้องเอาแร่และ หิน กรวด ทรายปนกับน้ำมาใส่ลงในจิกนั้น จึงจำเป็นต้องมีการควบคุมปริมาณน้ำที่ผสมกับแร่ให้ได้ส่วนพอเหมาะไม่ให้มีน้ำมากเกินไปดังกล่าวแล้ว ในปัจจุบันนี้ มีเหมืองสูบหลายเหมืองได้ใช้เครื่อง Hydro cyclone ซึ่งได้กล่าวถึงมาแล้วในตอนต้น เป็นเครื่องอุปกรณ์ช่วยแยกน้ำ หรือน้ำขุ่น (slime) ออกเสียบ้างแล้วจึงปล่อยให้ไหลลงสู่

"จิ๊ก" เมื่อแร่และหินผ่านเข้าไปในจิ๊ก แรงกระเพื่อมขึ้นของน้ำที่ถูกทำให้เกิดขึ้นโดยเครื่องกลไกของเครื่องแยกนั้น จะทำให้แร่ หิน กรวด ทราย รวมทั้งแร่เหล็ก Hematite ที่ใส่ไว้บนตะแกรงของจิ๊กเกิดการฟุ้งกระจายขึ้น และเมื่อน้ำในจิ๊กหยุดกระเพื่อมขึ้นตามจังหวะของเครื่อง แร่ หิน กรวด ทราย และแร่เหล็ก Hematite ก็จะเคลื่อนตัวลงไปในน้ำซึ่งอยู่ภายในจิ๊ก โดยเหตุที่แร่ดีบุกมีน้ำหนักมากกว่า หิน กรวด ทราย และแร่เหล็ก Hematite มันก็จะเคลื่อนผ่านน้ำไปได้เร็วกว่า และตกผ่านตะแกรงจิ๊กลงไปสู่ก้นถัง "จิ๊ก" แต่ถ้าหากว่าเม็ดแร่มีขนาดโตกว่ารูตะแกรงมันก็จะค้างอยู่บนตะแกรงนั้น ในขณะที่แร่เคลื่อนตัวลงไปนั้น แร่ Hematite ก็จะเคลื่อนตัวตามแร่ดีบุกลงมาด้วย โดยเหตุที่มันเบากว่าดีบุก มันจึงเคลื่อนลงมาได้ช้ากว่าแร่ดีบุก และเมื่อตกถึงตะแกรง แร่ Hematite ก็จะค้างอยู่บนตะแกรงเนื่องจากมันมีขนาดโตกว่ารูตะแกรงดังกล่าวแล้ว ส่วนหินเล็กๆ กรวด ทราย ซึ่งเบากว่าแร่ดีบุกและแร่ Hematite นั้นจะเคลื่อนตัวลงไปช้ากว่า ดังนั้นมันจึงถูกน้ำที่ส่งเข้าไปในจิ๊ก พัดพาให้ไหลออกไปจาก "จิ๊ก" เพื่อให้การแยกแร่ได้ผลดีก็ต้องมีการจัดการกระเพื่อมของน้ำ และน้ำที่ใส่เข้าไปในจิ๊กให้เหมาะกับลักษณะของแร่ หิน กรวด ทรายที่ปนเครื่องแยกนั้น ตามปรกติหลายเหมืองมักนิยมทำการแยกแร่ด้วย "จิ๊ก" เป็น 2 ขั้น กล่าวคือ ทำการแยกแร่ด้วยจิ๊กชุดแรกอย่างหยาบ ๆ เพื่อแยกเอามูลดินทรายส่วนใหญ่ออกไปจากแร่ แล้วเอาหัวแร่ (Concentrate) ที่ได้จาก "จิ๊ก" ชุดแรกนั้นผ่านเข้าจิ๊กชุดที่ 2 เพื่อล้างแร่หรือแยกแร่ให้สะอาดขึ้นอีก หางแร่ (Tailing) หรือมูลดินทรายที่ไหลออกจาก "จิ๊ก" ชุดที่ 2 นี้ อาจจะมีแร่ปนอยู่ด้วยหลายเปอร์เซ็นต์ ดังนั้น ตามปรกติจึงมีการนำเอาหางแร่ที่ได้จาก "จิ๊ก" ชุดที่สองนี้ส่งกลับไปแยกเก็บแร่อีกครั้งหนึ่งในจิ๊กชุดแรก หรือมิฉะนั้นก็นำไปเข้าเครื่องแยกแร่อีกชุดหนึ่งต่างหากเพื่อทำการเก็บแร่ซ้ำอีกครั้งหนึ่ง มีเหมืองแร่ดีบุกหลายแห่งมิได้ทำการแยกแร่ด้วยจิ๊กให้สะอาดถึงขั้นมาตรฐานซื้อขาย ฉะนั้น จึงมีการนำหัวแร่จาก "จิ๊ก" ไปทำการล้างหรือแยกให้สะอาดตามความต้องการต่อไปด้วยเครื่องอุปกรณ์ชนิดอื่น

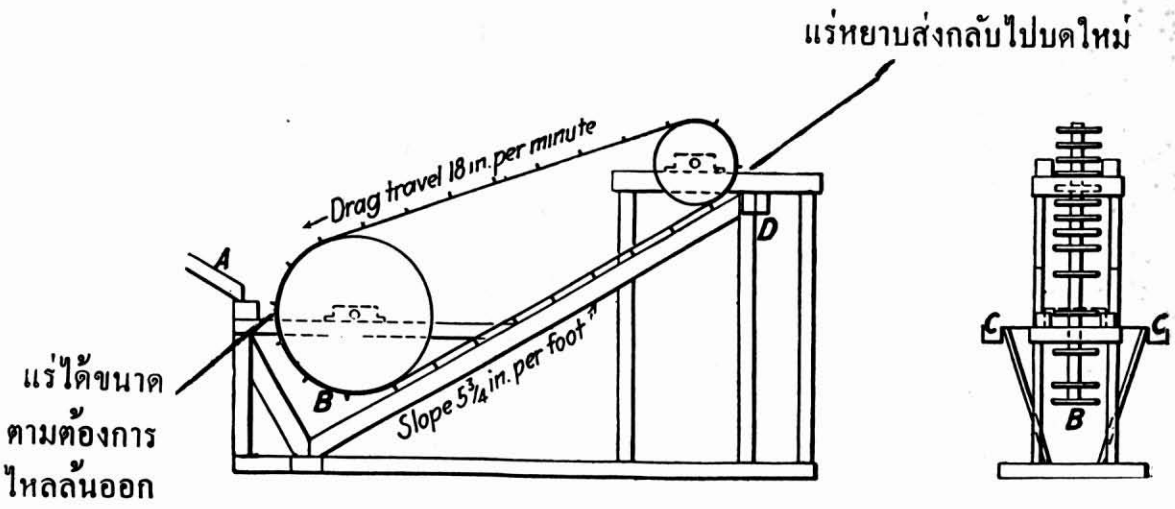
(4) เครื่องแยกแร่แบบ "ฮัมฟรีสไปรัล" (Humphrey Spiral)

เครื่องแยกแร่แบบนี้มีลักษณะดังที่แสดงให้เห็นใน *รูปที่ 120 และ 121* เป็นเครื่องแยกแร่ที่นิยมใช้กันมากในออสเตรเลียสำหรับการทำเหมืองแร่ทรายหนัก (Heavy Sand Minerals) และปัจจุบันนี้เริ่มมีการใช้กันบ้างในเหมืองแร่ดีบุกหลายแห่ง แร่และหินที่จะทำการแยกแร่โดยเครื่องแยกแร่แบบนี้มักมีขนาดตั้งแต่ 20 เมชลงไป ส่วนประกอบสำคัญของเครื่องแยกแบบนี้ก็คือรางโค้ง ซึ่งทำด้วยเหล็ก ซิเมนต์ หรือ ไฟเบอร์กลาส (fibre glass) วางเป็นรูปเกลียวสว่าน ภายในรางโค้งด้านในเจาะเป็นช่องหรือรูกลมๆไว้เป็นระยะๆสำหรับแยกเก็บเอาแร่ แร่ที่แยกเก็บจากช่องตอนบน ๆ นั้นจัดเป็นหัวแร่ (concentrate) และจากช่องตอนล่าง ๆ จัดเป็นแร่คละ (middling) ส่วนหางแร่หรือกากแร่ (tailing) นั้นจะออกไปทางปลายรางโค้งด้านล่างเครื่องแยกแร่แบบนี้ไม่มีส่วนที่เคลื่อนไหว (moving parts) แต่อย่างใด ในการแยก

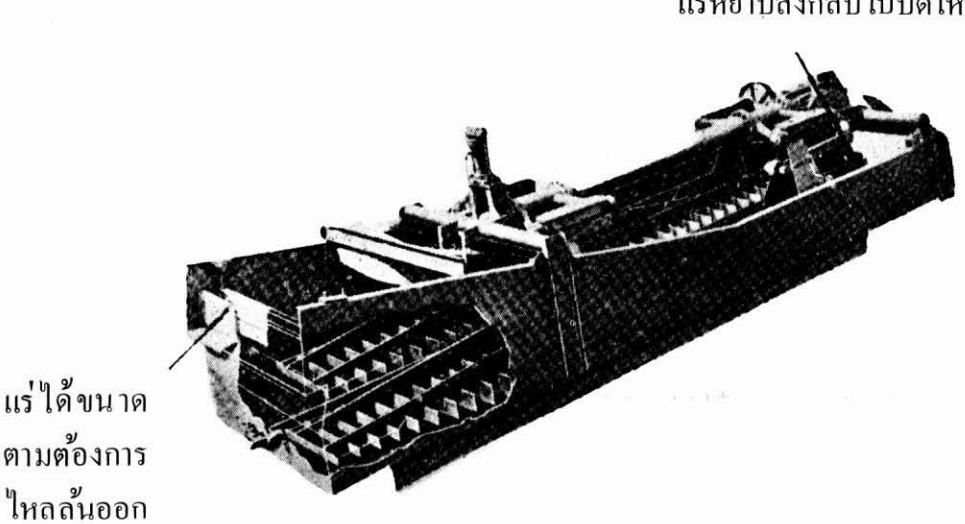
แร่ได้ใช้น้ำเป็นสื่อสำคัญเช่นเดียวกับการแยกแร่ด้วยอุปกรณ์อื่น ๆ ที่กล่าวมาแล้ว หลักการใหญ่ ๆ สำหรับทำการแยกแร่ด้วยเครื่องชนิดนี้ก็คือ แร่และกรวดทรายปนกับน้ำซึ่งได้จัดให้มีส่วนผสมคงที่โดยจัดให้มีแร่ปนทรายในน้ำประมาณ 10—20 เปอร์เซ็นต์นั้น จะถูกสูบด้วยปั๊มสูบทราย (sand pump) ส่งเข้าตอนบนของเครื่องแยกแร่ แร่ปนมูลดินทรายและน้ำจะไหลไปตามรางโค้งและเกิดแรงเหวี่ยง ทำให้แร่และมูลดินทรายแยกตัวออกจากกัน มูลดินทรายซึ่งเบากว่าจะวิ่งอยู่รอบนอก และแร่ซึ่งหนักกว่าจะวิ่งอยู่รอบในผ่านลงไปในรูที่เจาะไว้เป็นระยะ ๆ นั้น และพวกแร่ที่ลอดรูเจาะตอนบน ๆ จะถูกจัดรวมเป็นพวกหัวแร่ ส่วนพวกที่ผ่านรูเจาะตอนล่าง ๆ ก็เป็นพวกแร่คละ และพวกหางแร่ก็จะถูกปล่อยให้ผ่านส่วนล่างของรางโค้งออกไปดังกล่าวแล้ว ในการแยกแร่ด้วยเครื่องแบบ Humphrey Spiral นี้ มักมีการดำเนินงานเป็น 2 ขั้น เช่นเดียวกับการแยกแร่ด้วย "จิ๊ก" คือ แร่ กรวด ทราย จะถูกแยกด้วยเครื่องแยกชุดที่หนึ่งเพื่อเอากรวดทรายส่วนใหญ่ทิ้งไปก่อน และเอาหัวแร่ที่ได้จากเครื่องแยกชุดที่หนึ่งนี้ไปทำการแยกแร่ซ้ำอีกครั้งหนึ่งโดยเครื่องแยกชุดที่สองเพื่อให้ได้แร่สะอาดขึ้น ดังนั้น ถ้าหากว่าแร่คละ หรือหางแร่ของเครื่องแยกชุดที่สอง ยังมีแร่ปนอยู่ด้วยมาก ก็จำเป็นต้องส่งออกไปทำการแยกแร่ใหม่ในเครื่องแยกชุดแรก หรืออาจส่งไปให้เครื่องแยกแร่อีกชุดหนึ่งก็ได้ตามความเหมาะสม ตามปรกติหัวแร่ที่ได้จากการแยกด้วย Humphrey Spiral นั้น จะยังไม่สะอาดพอและมักจะต้องส่งไปแยกแร่ด้วยเครื่องชนิดอื่นต่อไปอีก เพื่อให้ได้แร่สะอาดสมความมุ่งหมายดังกล่าวแล้ว การแยกแร่ด้วยเครื่องแบบนี้โดยทั่ว ๆ ไป เหมาะสำหรับการแยกแร่และทรายที่มีขนาดเล็กกว่า 20 เมช สำหรับในเหมืองแร่ทรายหนัก หรือเหมืองแร่ดีบุก การใช้ Humphrey Spiral สำหรับแยกแร่นั้น ส่วนใหญ่จะเพียงช่วยแยก มูลดินทรายและแร่เบา ๆ ออกไปจากแร่เท่านั้น ส่วนแร่ดีบุก อิลเมไนท์ (Ilmenite) โมนาไซท์ (monazite) เซอร์ค่อน (zircon) หรือรูไทล์ (rutile) ซึ่งเป็นแร่ที่มีความถ่วงจำเพาะเกินกว่า 4 นั้น มักจะไม่มีการแยกออกจากกัน ดังนั้นหัวแร่ที่ได้จากเครื่องแยกแบบ Humphrey Spiral จึงเป็นหัวแร่ซึ่งรวมเอาแร่ที่กล่าวแล้วไว้ด้วยกัน และจำเป็นจะต้องนำไปแยกให้เป็นแร่แต่ละชนิดตามต้องการต่อไป โดยปรกตินั้นแร่จาก Humphrey Spiral นี้จะถูกส่งไปแยกแร่ด้วย "โต๊ะแยกแร่" อีกครั้งหนึ่ง จึงจะทำให้แร่สะอาดขึ้นอีก

(5) เครื่องแยกแร่แบบที่เรียกว่า "โต๊ะแยกแร่" (Shaking Table)

เครื่องแยกแร่แบบนี้ ตามปรกติมักนิยมใช้สำหรับทำการแยกแร่ซึ่งมีขนาดประมาณ 0.83 มิลลิเมตร (หรือ 20 เมช) ลงไป และในปัจจุบันนี้ สำหรับเหมืองที่ใช้เครื่องแยกแบบ Humphrey Spiral ด้วยก็มักจะนำเอาหัวแร่ที่ได้จาก Humphrey Spiral มาทำการแยกแร่ซ้ำด้วย "โต๊ะแยกแร่" เพื่อทำให้แร่สะอาดขึ้น โต๊ะแยกแร่ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันนี้มีอยู่หลายแบบด้วยกัน ตัวอย่างที่แสดงให้เห็นใน *รูปที่ 122 และ 123* เป็นโต๊ะแยกแร่ชนิดหนึ่งที่นิยมใช้กันอยู่

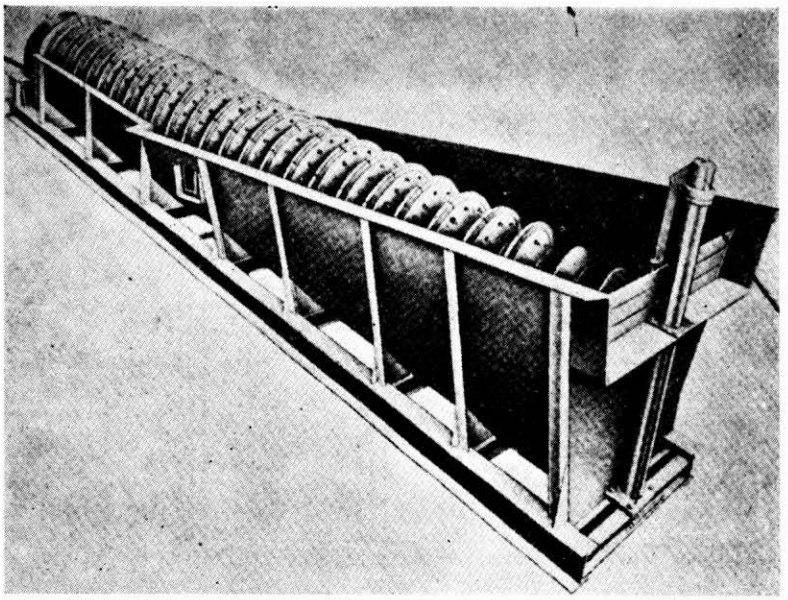


รูปที่ 108 เครื่องคัดขนาดแบบ "แดรกคลาสสิไฟเออร์" (Drag Classifier)



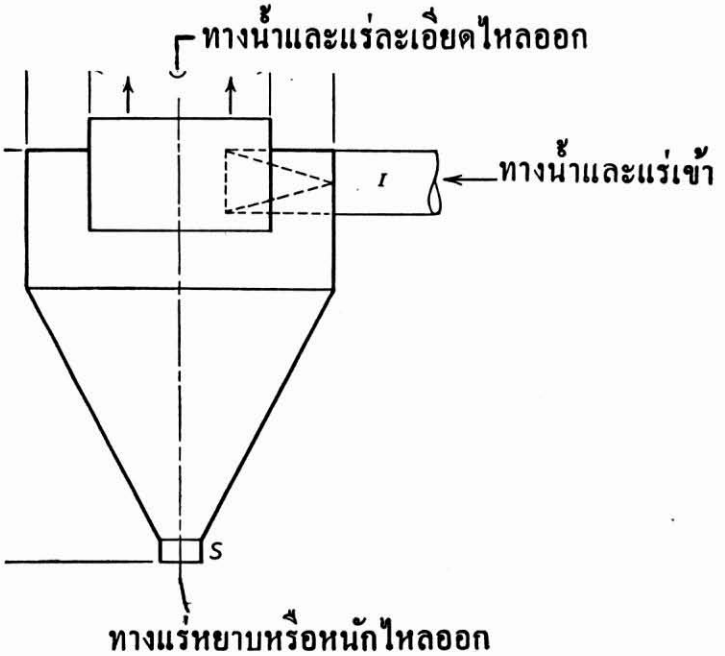
รูปที่ 109 เครื่องคัดขนาดแบบ "เรคคลาสสิไฟเออร์ (Rake Classifier)

แร่หยาบ
ส่งกลับ
ไปบดใหม่

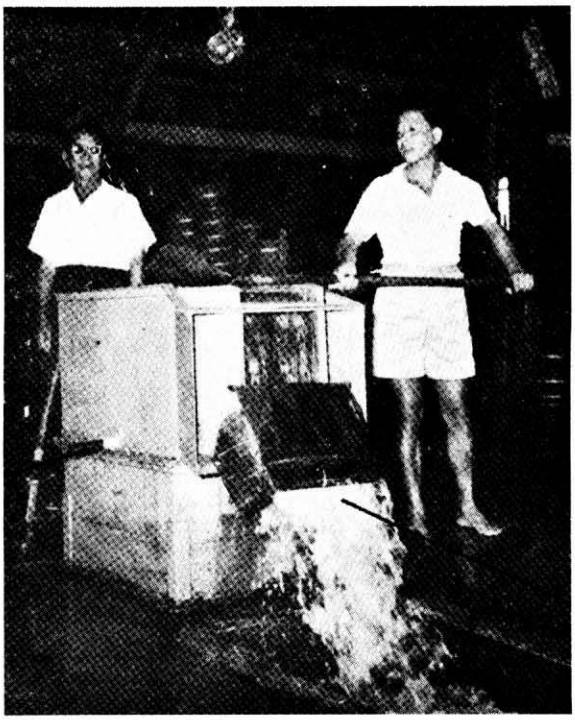


แร่ได้ขนาด
ตามต้องการ
ไหลล้นออก

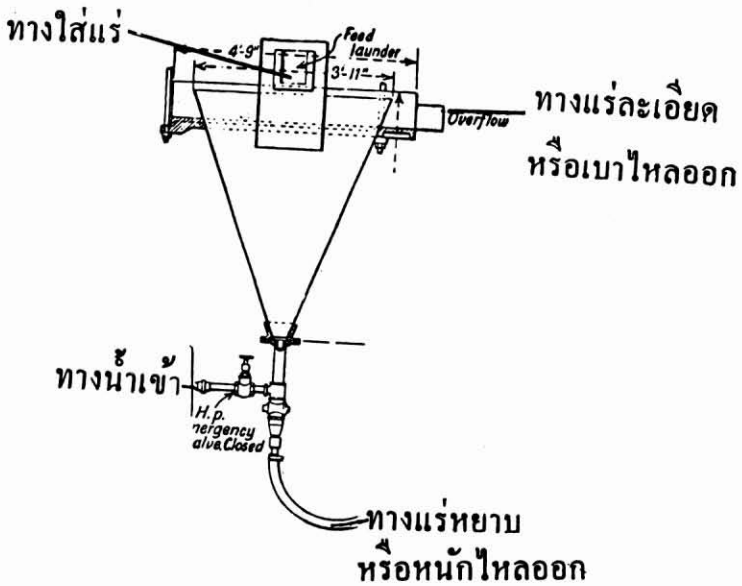
รูปที่ 110 เครื่องคัดขนาดแบบ "สไปรัลคลาสสิไฟเออร์" (Spiral Classifier)



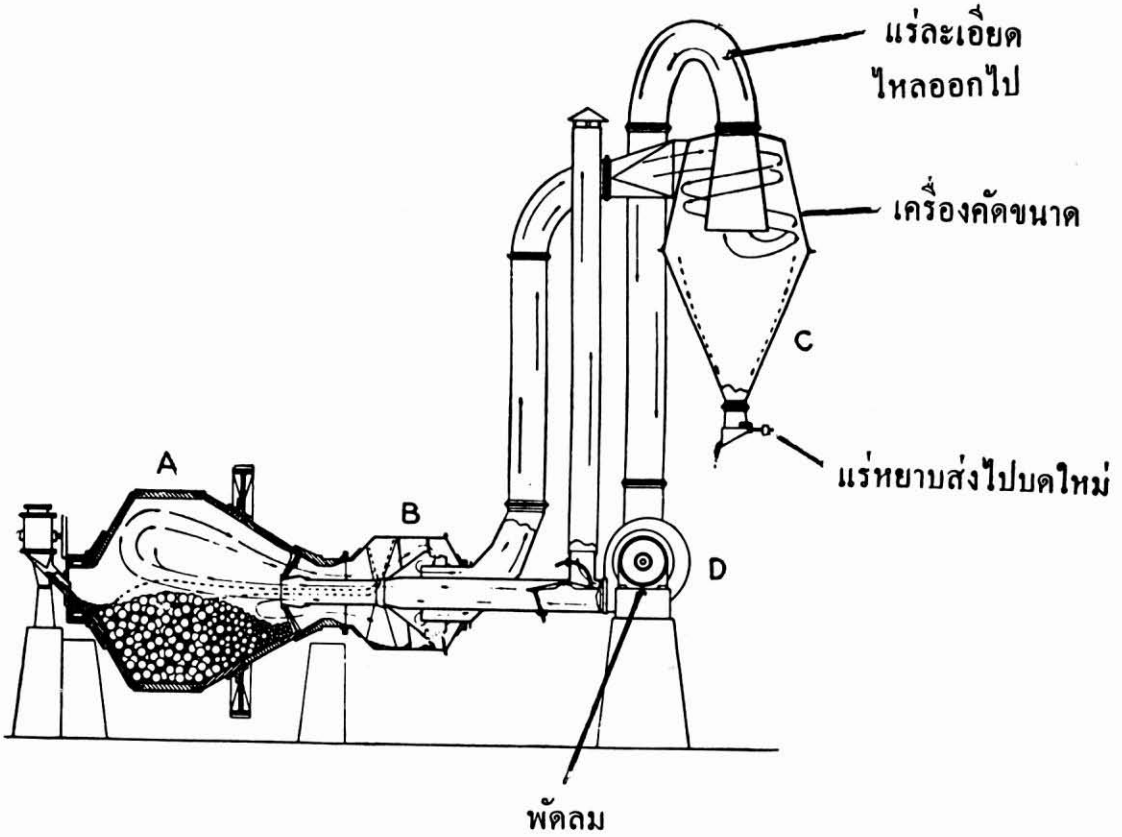
รูปที่ 111 เครื่อง "ไฮโดรไซโคลน" (Hydro Cyclone)



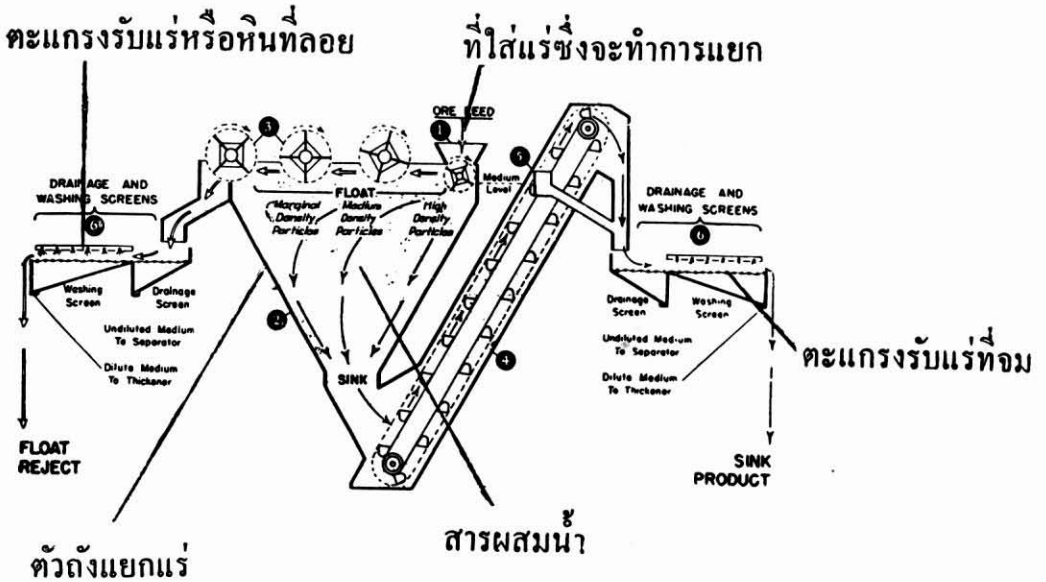
รูปที่ 112 เครื่องคัดขนาดแบบ "วิลลัพบี้วอชเช่อร์" (Willoughby Washer)



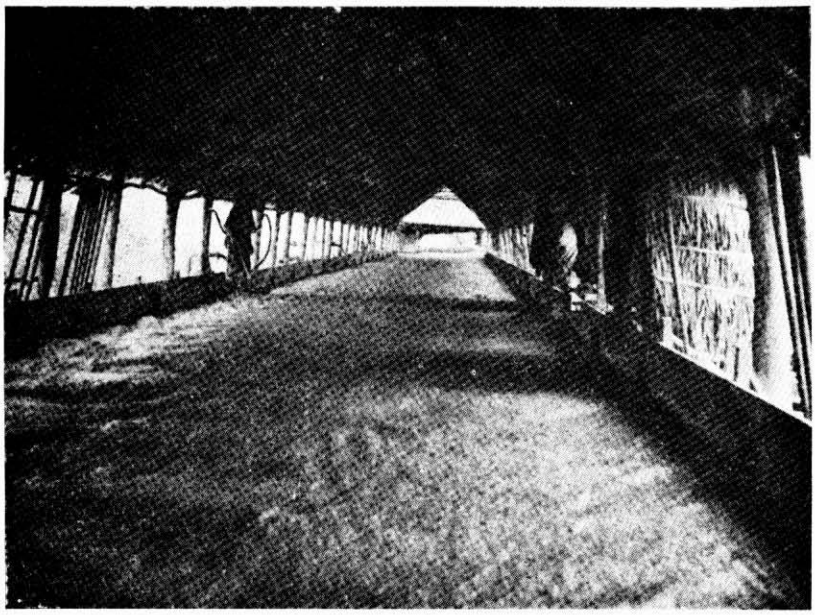
รูปที่ 113 เครื่องคัดขนาดแบบ "โคนคลาสสิไฟเออร์" (Cone Classifier)



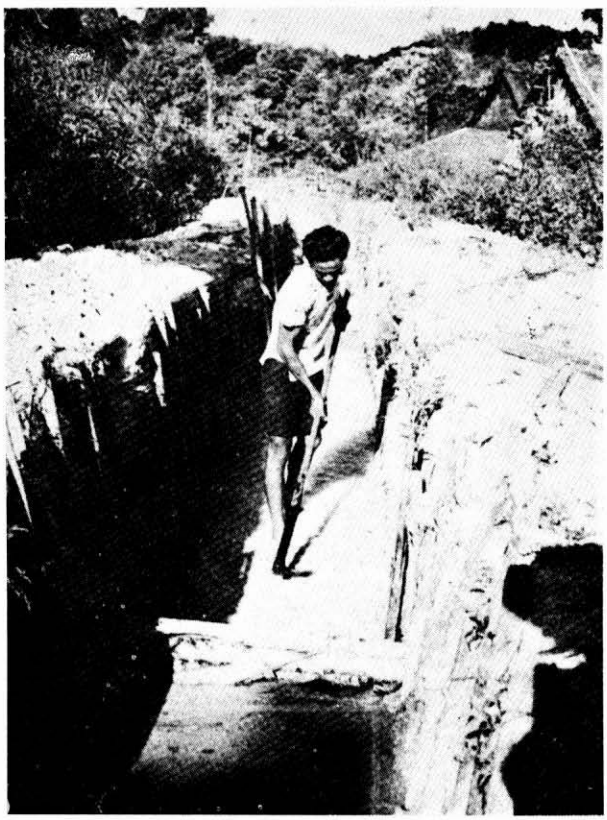
รูปที่ 114 เครื่องคัดขนาดแบบใช้ลม



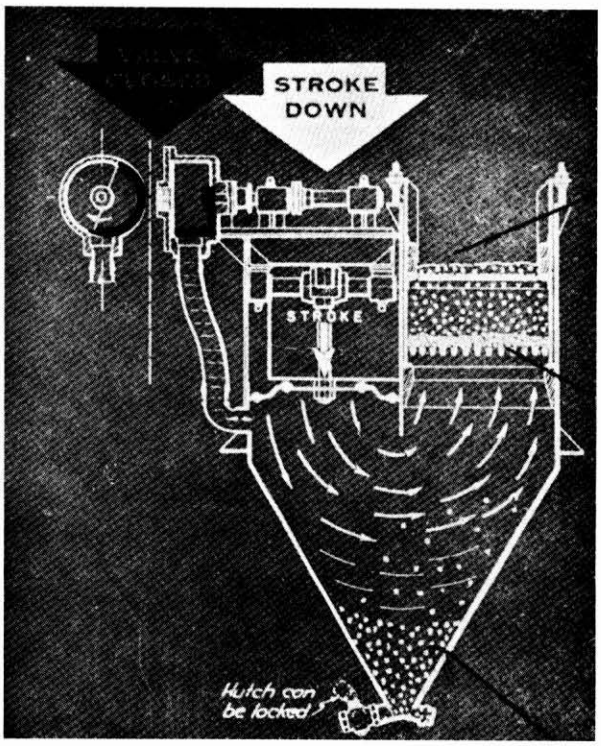
รูปที่ 115 ภาพแสดงการแยกแร่แบบ "ซิงค์แอนด์โฟลท หรือ เฮฟวี่มีเดียเซปปาเรชั่น (Sink and Float or Heavy Media Separation)



รูปที่ 116 รางกู้แร่ (Palong)



รูปที่ 117 รางดิน (Ground Sluice)

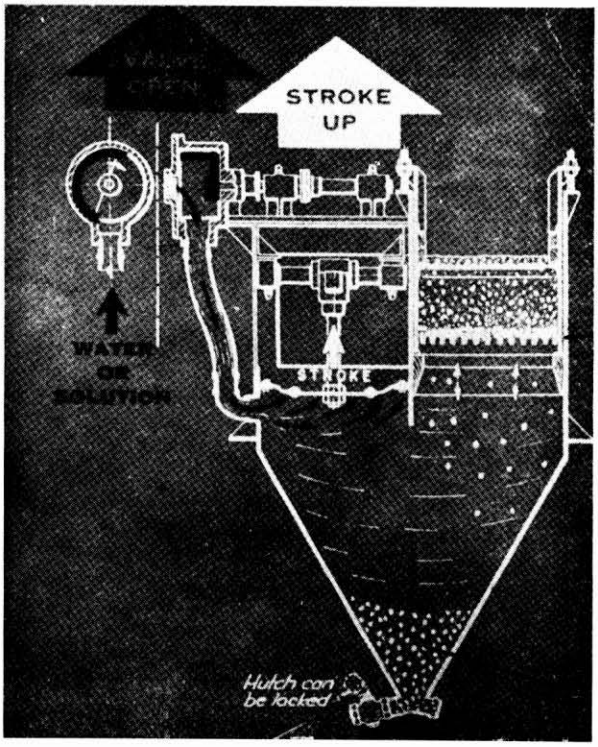


กรวดทราย
ไหลล้นออกไป

ตะแกรง

หัวแร่

รูปที่ 118 เครื่องแยกแร่แบบ "จิ๊ก" (Jig) แสดงภาพตอนน้ำกระเพื่อมขึ้น



ตะแกรง

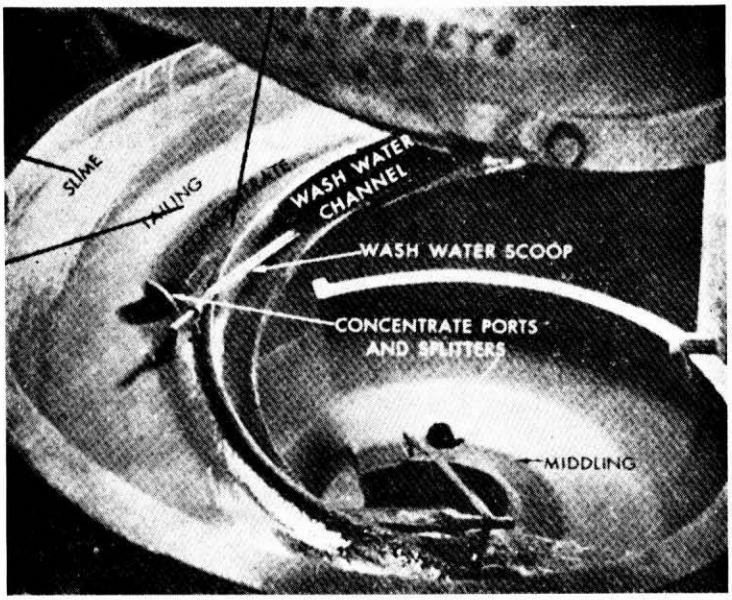
แร่ตกลงก้นถัง

รูปที่ 119 แสดงภาพของ "จิ๊ก" (Jig) ตอนน้ำลดลง

หัวแร่

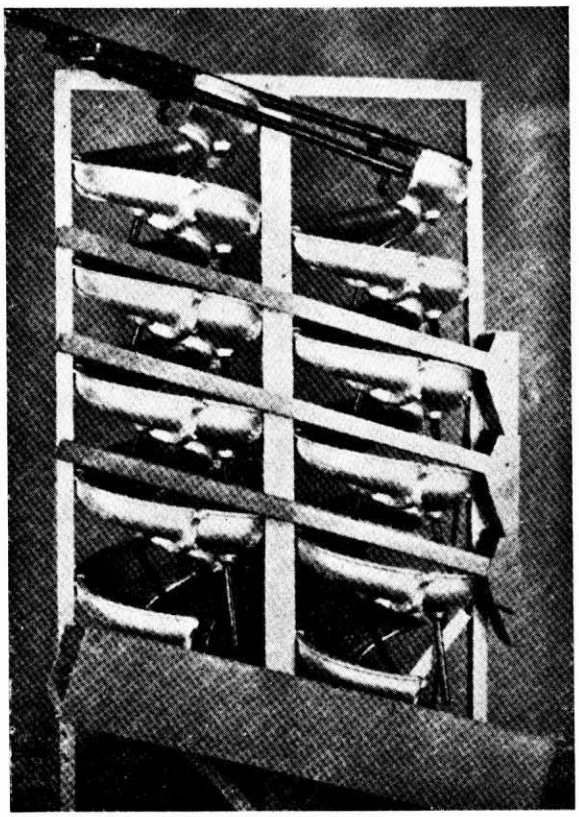
น้ำขุ่น

หางแร่
หรือกากแร่



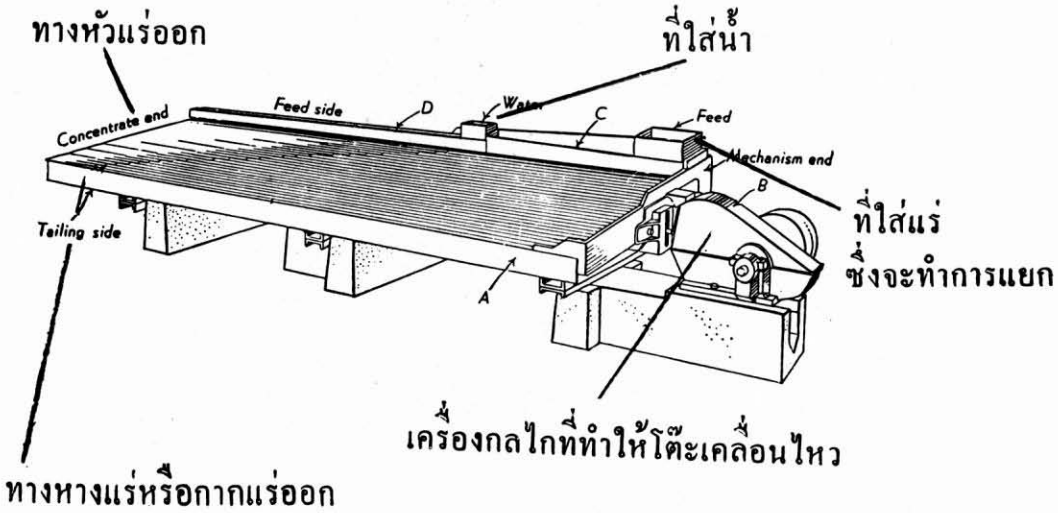
ก. แสดงการแยกตัวของแร่และกากแร่

รูปที่ 120 เครื่องแยกแร่แบบ "ฮัมฟรีสไปรัล" (Humphrey Spiral)
(ด้านบน)

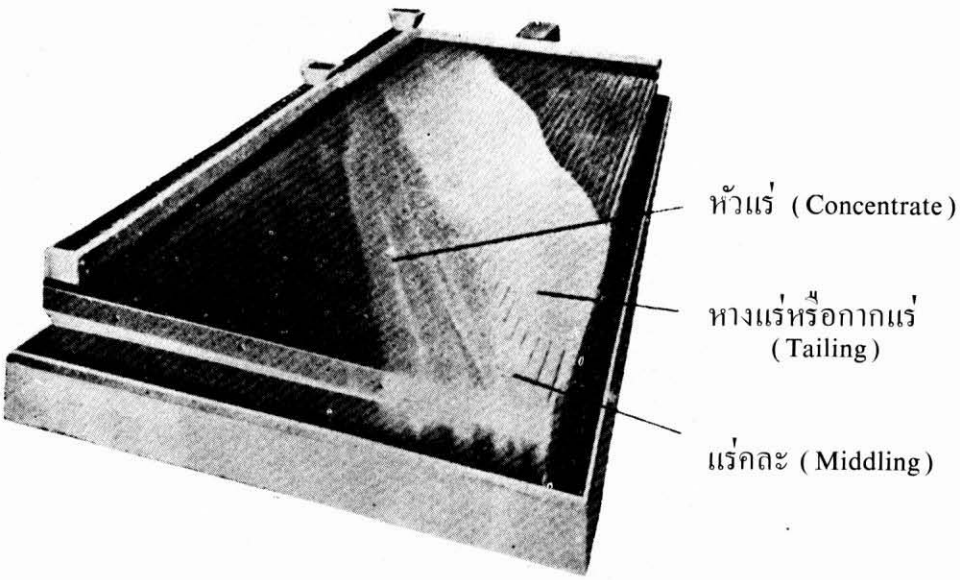


ข. แสดงภาพด้านข้างของเครื่องแยก

รูปที่ 121 เครื่องแยกแร่แบบ "ฮัมฟรีสไปรัล" (Humphrey Spiral)
(ด้านข้าง)



รูปที่ 122 โต๊ะแยกแร่ (Shaking Table)



รูปที่ 123 แสดงการแยกตัวของแร่และกากแร่
บนโต๊ะแยกแร่

อย่างไรก็ดี แม้ว่าจะมีผู้ผลิตโต๊ะแยกแร่กันหลายแบบแต่ก็อาจกล่าวกันได้ว่า โต๊ะแยกแร่โดยทั่ว ๆ ไปมีส่วนประกอบสำคัญดังนี้ :–

(ก) โครงเหล็กทำหน้าที่รองรับโต๊ะและเครื่องกลไกที่ใช้สำหรับทำให้โต๊ะเกิดการเคลื่อนไหวตามความต้องการของการแยกแร่โดยเครื่องแยกแบบนี้

(ข) ตัวโต๊ะแยกแร่ ซึ่งตามปรกติมักทำด้วยไม้ ซึ่งด้านบนกรุด้วยแผ่นยาง (linoleum) ที่ขอบโต๊ะทางด้านที่จะปล่อยแร่และน้ำลงมาเพื่อทำการแยกแร่นั้นได้จัดทำเป็นรางไม้เล็ก ๆ ไว้ ส่วนทางขอบโต๊ะด้านที่อยู่ใกล้กับเครื่องกลไกที่จะทำให้โต๊ะเคลื่อนไหวนั้น มีไม้กั้นเป็นขอบสูงขึ้น สำหรับขอบโต๊ะอีก 2 ด้านไม่ได้มีอะไรกั้น บนแผ่นยางปูโต๊ะนั้นมีแผ่นโลหะหรือไม้เล็ก ๆ วางเรียงขนานกันไปตามแนวยาวของโต๊ะ แผ่นไม้หรือโลหะที่กล่าวนี้ แผ่นบน ๆ ซึ่งอยู่ชิดกับด้านที่จะปล่อยแร่ลงโต๊ะจะมีขนาดสั้นกว่าอันล่าง ๆ และทางปลายที่อยู่ใกล้กับเครื่องกลไกที่จะทำให้โต๊ะเคลื่อนไหวมีความหนาหรือความสูงมากกว่าทางปลายอีกด้านหนึ่งของมัน หรือกล่าวได้ว่าความหนาของแผ่นไม้หรือแผ่นโลหะเล็กๆ นี้ อยู่ในลักษณะที่ความหนาของมันได้ลดน้อยลงโดยลำดับจากทางด้านขอบโต๊ะซึ่งอยู่ใกล้กับเครื่องกลไกที่ทำให้โต๊ะเคลื่อนไหวไปทางด้านที่อยู่ตรงกันข้าม ปลายหนึ่งของพื้นโต๊ะซึ่งอยู่ตรงกันข้ามกับด้านที่อยู่ใกล้กับเครื่องกลไกที่ทำให้โต๊ะเคลื่อนไหวได้นั้นเว้นไว้ว่าง ๆ และเป็นส่วนที่แร่แยกออกเป็นหัวแร่และแร่คละเพื่อแยกเก็บเป็นแต่ละส่วนได้ สำหรับขอบโต๊ะทางด้านตรงข้ามกับรางปล่อยแร่และน้ำจะเป็นทางที่น้ำขุ่น (slime) และหางแร่ (tailing) ไหลออก พื้นโต๊ะนี้จะทำให้เอียงลงได้โดยมีเครื่องกลไกบังคับ

(ค) เครื่องกลไกที่จะทำให้โต๊ะเคลื่อนไหว เครื่องกลไกนี้จะทำให้โต๊ะเคลื่อนไหวกลับไปกลับมาตามแนวยาวของโต๊ะ และจะช่วยให้เม็ดแร่เคลื่อนที่ไปทางขอบโต๊ะซึ่งอยู่ตรงกันข้าม เครื่องกลไกนี้จะต่อเข้ากับมอเตอร์ไฟฟ้าด้วยสายพาน และอาจจัดให้เคลื่อนไหวเร็วหรือช้าเพื่อให้เหมาะสมกับแร่ได้ตามความต้องการ

ในการแยกแร่ด้วยโต๊ะแยกแร่นี้ ได้ใช้น้ำเป็นสื่อสำคัญในการแยกเช่นเดียวกัน และในการแยกมีหลักการคร่าว ๆ ดังนี้ แร่และหิน กรวด ทรายจะถูกปล่อยลงในที่บ่อนแร่ลงสู่โต๊ะพร้อมกับน้ำที่ใส่ในรางจ่ายน้ำให้กับโต๊ะแยกแร่ และโต๊ะจะถูกทำให้เคลื่อนไหวกลับไปกลับมาโดยเครื่องกลไกที่กล่าวแล้ว ในขณะที่น้ำพยายามจะพาแร่และกรวดทรายข้ามแผ่นไม้หรือแผ่นโลหะที่ขวางอยู่บนพื้นโต๊ะในระหว่างที่โต๊ะกำลังเคลื่อนไหวกลับไปกลับมาอยู่นั้น การเคลื่อนไหวจะทำให้แร่และกรวดทรายกระเพื่อมสูงขึ้นภายในน้ำ และโดยเหตุที่แร่มีน้ำหนักมากกว่า มันก็จะกลับตกลงไปสู่พื้นโต๊ะได้เร็วกว่า ส่วนมูลดินทรายซึ่งมีน้ำหนักเบาจะตกลงสู่พื้นโต๊ะได้ช้ากว่าแร่ มันก็จะถูกน้ำไหลลงมาจากรางจ่ายน้ำพัดพาให้ตกลงจากโต๊ะแยกแร่

ไป เม็ดแร่ที่อยู่ติดกับพื้นโต๊ะนั้น โดยการเคลื่อนไหวของโต๊ะจะทำให้มันค่อย ๆ เคลื่อนตัวไปทางด้านที่ไม่มีแผ่นไม้หรือแผ่นเหล็กขวางและเมื่อผ่านพ้นไม้ขวางไปแล้ว แร่และทรายบางส่วนที่เคลื่อนที่มาด้วยกันก็จะเกิดแยกตัวออกจากกันอีกครั้งหนึ่งโดยแรงของกระแสน้ำซึ่งไหลผ่านโต๊ะ พวกทรายจะถูกพัดพาออกเป็นหางแร่ไป แร่เม็ดละเอียด ๆ ซึ่งหนักกว่าทรายก็จะแยกเป็นหัวแร่อยู่ตอนบนของโต๊ะ เพราะมันไม่ถูกแรงน้ำทำให้มันเคลื่อนตัวตามแนวทางที่น้ำไหลนัก เนื่องด้วยขนาดของมันละเอียดดังกล่าวแล้ว ส่วนแร่เม็ดหยาบ ๆ นั้น เนื่องจากมันมีเนื้อที่ที่จะถูกแรงน้ำปะทะมากกว่าแร่เม็ดละเอียด มันจึงถูกน้ำพาให้เลื่อนไปตามแนวทางของกระแสน้ำได้มากกว่าแร่ละเอียด ๆ ดังนั้นเราจะเห็นได้ว่าแร่เม็ดหยาบจะอยู่ในแนวต่ำกว่าเม็ดละเอียดเล็กน้อย และแร่เม็ดหยาบบางส่วนอาจจะเข้าไปปนอยู่กับพวกหิน และทรายกลายเป็นพวกแร่คละ (Middling) ซึ่งจะต้องนำไปทำการแยกใหม่อีกครั้งหนึ่ง โดยเหตุที่กระแสน้ำสามารถพัดพาแร่หยาบไปได้ไกลกว่าแร่เม็ดละเอียดดังกล่าวแล้ว โต๊ะแยกแร่จึงอาจใช้แยกแร่ซึ่งมีความถ่วงจำเพาะใกล้เคียงกันแต่ขนาดเม็ดแร่แตกต่างกันได้ ตามปรกติแร่ที่นำมาแยกด้วยโต๊ะแยกแร่นี้ ถ้าหากได้ผ่านการคัดขนาดแบบใช้น้ำเป็นสื่อ (Classification) มาแล้วอาจจะทำให้การแยกแร่ได้ผลดีขึ้นอีกมาก การแยกแร่ด้วยโต๊ะแยกแร่อาจมีการปฏิบัติเช่นเดียวกับการแยกด้วย "จิ๊ก" หรือ Humphrey Spiral กล่าวคืออาจจะใช้โต๊ะแยก 2 ชุดด้วยกัน โต๊ะชุดแรกเพื่อแยกแร่คร่าว ๆ หรือหยาบ ๆ เพื่อขจัดมลทินส่วนใหญ่ออกไป และนำเอาหัวแร่มาทำการแยกซ้ำด้วยโต๊ะอีกชุดหนึ่ง และต้องมีการคอยตรวจดูไม่ให้มีแร่ปนไปกับหางแร่ที่จะทิ้งเสมอด้วย ในการแยกแร่ด้วยโต๊ะแยกแร่สำหรับการทำเหมืองแร่ดีบุกนั้น มีเหมืองหลายเหมืองยังไม่นิยมจะทำให้หัวแร่จากโต๊ะแยกแร่สะอาดถึงขั้นส่งไปจำหน่ายเลยทีเดียว เพราะบางแห่งอาจกลัวการสูญเสียแร่ไปกับหางแร่ (tailing) มากเกินไป และในบางกรณีหัวแร่ที่ได้จากโต๊ะยังมีแร่มลทินที่จะต้องนำไปแยกเอาออกโดยวิธีอื่นต่อไป ก็จำเป็นต้องเอาหัวแร่จากโต๊ะแยกแร่นั้น ไปทำให้สะอาดอีกครั้งด้วยเครื่องอุปกรณ์ที่เหมาะสมต่อไป

(6) เครื่องแยกแร่แบบใช้รางไม้สั้น ๆ ซึ่งเรียกกันว่า "แลงชูท" (lanchute)

เครื่องแยกแร่หรือล้างแร่แบบนี้ รู้จักกันแพร่หลายในวงการทำเหมืองแร่ดีบุกที่ทำในที่ลานแร่ในประเทศไทย และมลายู ลักษณะของเครื่องแยกแร่แบบนี้มีลักษณะดังที่แสดงให้เห็นใน *รูปที่ 124* ตัวรางทำขึ้นด้วยไม้และวางอยู่ในพื้นคอนกรีต หัวรางกว้างประมาณ 4 ฟุต และท้ายรางกว้างประมาณ 1 ฟุต และยาวประมาณ 16—18 ฟุต รางวางเอียงให้ท้ายรางต่ำกว่าหัวรางประมาณ 9 นิ้ว ตอนท้ายรางมีไม้กั้นไว้สูงประมาณ 2—3 นิ้ว และอาจถอดออกได้ในเมื่อต้องการ การแยกแร่ด้วยเครื่องแยกแบบนี้ใช้น้ำเป็นสื่อสำคัญในการแยก และใช้ความชำนาญของคนที่ทำงานด้วย ตามปรกติรางล้างแร่แบบนี้มักจะรับแร่จากรางกู้แร่ (Palong) จาก "จิ๊ก" (Jig) หรือจากอุปกรณ์อย่างอื่นมาทำการล้างให้สะอาดอีกที่หนึ่ง และในปัจจุบันนี้นิยมทำการคัดขนาดแร่เสียก่อน โดยใช้เครื่อง Willoughby Washer ซึ่งกล่าวไว้ในตอนที่

บรรยายถึงเรื่องการคัดขนาดแล้วนั้น เมื่อได้คัดขนาดแร่เป็นพวกแร่ชนิดหยาบและละเอียดแล้วก็นำมาล้างใน lanchute นี้แยกกัน ในการล้างแร่วิธีการก็ไม่สู้จะแตกต่างกันกับการแยกแร่โดยใช้ "รางกู้แร่" เท่าไรนัก เป็นแต่เพียงว่าการล้างใน lanchute นั้นใช้แร่ที่ละน้อย ๆ พอเพียงกับกำลังคนๆเดียวทำงานได้ จึงทำให้ควบคุมการล้างแร่ให้สะอาดได้ดีขึ้น ในการล้างแร่โดยวิธีนี้จะมีการนำเอาแร่ที่จะล้างใส่ลงใน lanchute ให้มีปริมาณพอเหมาะกับแรงคนดังกล่าวแล้ว และทำการปล่อยน้ำลงทางหัวราง ในขณะเดียวกันก็ใช้คนคอยคุ้ยเขี่ยแร่และหิน ทราย ด้วยจอบซึ่งทำเป็นลักษณะพิเศษสำหรับการล้างแร่และผิดกับจอบธรรมดาที่ว่าหน้าตัดของมันค่อนข้างกว้างและเมื่อใส่ด้ามแล้วจะอยู่ในลักษณะเป็นมุมหักมากกว่าจอบขุดดิน การคุ้ยเขี่ยแร่ที่ทำการล้างด้วยจอบดังกล่าวแล้ว จะทำให้แร่และทรายฟุ้งกระจายขึ้น โดยเหตุที่แร่หนักกว่าทราย มันก็จะตกลงสู่พื้นรางได้เร็วกว่า ส่วนทรายซึ่งเบากว่าแร่นั้นจะตกสู่พื้นรางได้ช้าจึงถูกกระแสน้ำพัดให้ออกไปทางท้ายราง ไม้ที่กั้นไว้ตอนท้ายรางจะช่วยทำหน้าที่กักเอาแร่หยาบซึ่งอาจจะถูกน้ำพัดให้เคลื่อนที่ไปไกลกว่าไว้เพื่อนำมาล้างเก็บเอาแร่อีกครั้งหนึ่ง สำหรับการล้างแร่ละเอียด ๆ นั้น บางครั้งแทนที่จะตักแร่ใส่รางตรง ๆ แล้วทำการล้างดังกล่าวแล้ว เพื่อช่วยให้แร่สะอาดดีขึ้นบางแห่งก็จะทำการเกลี่ยแร่ด้วยมือตอนหัวรางและปล่อยให้น้ำพัดพาเอาทรายออกไปเสียก่อนบ้าง ก่อนที่จะเริ่มทำการใช้จอบพายราง ซึ่งจะทำให้สามารถล้างแร่ได้ผลดีขึ้นดังกล่าวแล้ว หัวแร่สะอาดที่ได้จากการล้างด้วย lanchute นี้ส่วนหนึ่งจะมีความสะอาดพอที่จะส่งไปจำหน่ายได้เลย แต่บางส่วนอาจจะต้องนำไปล้างด้วย "ไถ้" (Sieve) หรือแยกด้วยเครื่องอุปกรณ์ชนิดอื่นอีกจึงจะได้แร่สะอาดตามต้องการ

(7) เครื่องแยกแร่แบบที่เรียกกันว่า "ไถ้" (Sieve)

เครื่องแยกแร่หรืออุปกรณ์ล้างแร่แบบนี้ เป็นอุปกรณ์ที่รู้จักกันดีในวงการเหมืองแร่ดีบุกในประเทศไทยอย่างหนึ่ง ลักษณะของมันคล้ายคลึงกับตะแกรงทดสอบขนาดแร่ตาม *รูปที่ 125* กล่าวคือขอบตะแกรงทำด้วยโลหะทองเหลืองหรือเหล็กอาบสังกะสี ทำเป็นรูปวงกลมมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 12—14 นิ้ว และมีขอบสูงประมาณ 2—3 นิ้ว ตัวตะแกรงมักจะเป็นตะแกรงทำด้วยทองเหลือง ขนาดของตะแกรงที่ใช้ก็แล้วแต่ขนาดของแร่ ถ้าจะใช้ล้างแร่หยาบก็ใช้ตะแกรงหยาบ ถ้าจะล้างแร่ละเอียดก็ใช้ตะแกรงละเอียด อย่างไรก็ดีตะแกรงที่ใช้จะมีขนาดรูตะแกรงเล็กกว่าแร่ที่ทำการล้างเสมอ เพราะไม่ต้องการจะให้แร่ลอดตะแกรงไป ตะแกรงที่ใช้กันตามปรกติมักจะไม่ละเอียดเกินกว่า 100 เมช ในการล้างแร่ให้สะอาดทำได้โดยการเอาแร่ใส่ "ไถ้" มีปริมาณพอสมควร แล้วนำไปแกว่งในน้ำให้อยู่ในลักษณะที่มีน้ำพุ่งลอดตะแกรงขึ้นมาจากด้านล่างของตะแกรง และน้ำที่อยู่ในตะแกรงจะไหลหมุนไปรอบ ๆ ตะแกรงด้วย การทำเช่นที่กล่าวจะทำให้ทรายและแร่ที่เบากว่าแร่ดีบุกขึ้นมาบนผิวหน้า ซึ่งเมื่อทำการตะล่อมให้มันมากองอยู่กลาง ๆ ตะแกรงแล้วก็อาจจะใช้มือหรือ

แผ่นโลหะตักออกได้ กระทำการล้างแบบนี้ซ้ำ ๆ หลาย ๆ หนจนกระทั่งทรายหรือแร่มลทินที่เบากว่าแร่ดีบุกถูกตักออกไปหมดก็จะได้แร่สะอาดตามต้องการ แต่ถ้าหากว่าหลังจากการล้างด้วย "ไถ้" แล้วแร่ยังไม่สะอาดเพราะมีแร่อย่างอื่นเจือปนอยู่และยากแก่การที่จะล้างให้สะอาดได้ด้วยน้ำก็จำเป็นจะต้องนำไปแยกด้วยเครื่องอุปกรณ์ชนิดอื่นต่อไป

(8) เลียง (Wooden pan or batea) สำหรับร่อนแร่

เครื่องอุปกรณ์ชนิดนี้ มิได้ใช้สำหรับเครื่องอุปกรณ์แยกแร่ในการทำเหมืองแร่ดีบุกโดยตรง แต่เป็นอุปกรณ์ที่ใช้กันแพร่หลายสำหรับการร่อนหาแร่ดีบุกตามลำธารหรือท้ายรางกู้แร่ และใช้เป็นอุปกรณ์แยกแร่หรือล้างแร่ในเวลาทำการเจาะตรวจแหล่งแร่ด้วย ตามปรกติ "เลียง" จะทำขึ้นด้วยไม้ชนิดเบา ๆ และเหนียว มีรูปร่างดังที่แสดงให้เห็นใน *รูปที่ 126 และ 127* การร่อนแร่หรือแยกแร่ด้วยเลียงจะได้ผลดีเพียงใดก็ขึ้นอยู่กับความชำนาญของผู้ใช้ และวิธีการร่อนอาจกล่าวให้ทราบได้โดยสังเขปดังนี้ คือ เอาแร่ หิน กรวด ทราย ที่ปนกันอยู่นั้นใส่ลงในเลียงให้มีปริมาณตามกำลังของผู้ร่อนเลียง แล้วนำเอาแช่ลงในน้ำ และทำการล้างและเลือกเอาก้อนหินใหญ่ ๆ ออกเสียก่อน หลังจากนั้นจึงใช้มือทั้งสองร่อนเลียงภายในน้ำในลักษณะที่ทำให้แร่และกรวดทรายเกิดการเคลื่อนไหวและหมุนตัวไปรอบ ๆ เลียง ซึ่งจะทำให้แร่ซึ่งหนักกว่าตกลงไปก้นเลียง ส่วนทรายจะวิ่งวนอยู่ข้างบนและในเมื่อคนร่อนทำให้เลียงเอียงเล็กน้อย น้ำก็จะพาเอามูลดินทรายออกไปทีละน้อย ๆ จนเหลือแต่แร่ดีบุกซึ่งมีทรายปนอยู่เล็กน้อย ซึ่งอาจจะนำไปล้างให้สะอาดขึ้นได้ด้วย "ไถ้" ต่อไป

เครื่องอุปกรณ์แยกแร่ที่อาศัยความแตกต่างของความถ่วงจำเพาะหรือน้ำหนักเป็นหลักสำคัญในการแยกแร่ตามที่กล่าวมาแล้วนั้น เป็นเครื่องแยกแร่และอุปกรณ์ที่รู้จักกันแพร่หลายในวงการแยกแร่ ความจริงยังมีอุปกรณ์แยกแร่อีกหลายอย่างที่มิได้นำมากล่าวไว้ในที่นี้ ซึ่งผู้สนใจอาจจะศึกษาดูได้จากหนังสือ หรือเอกสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการแยกแร่หรือแต่งแร่โดยตรง การแยกแร่โดยใช้อุปกรณ์ประเภทนี้ โดยปรกติจะทำให้แร่ดีบุกแยกตัวออกจากหิน กรวด ทราย และแร่ที่เจือปนซึ่งมีความถ่วงจำเพาะน้อยกว่าแร่ดีบุกได้ เช่น แร่อิลเมไน้ท์ โมนาไซ้ท์ รูไทล์ เซอร์ค่อน การ์เหน็ต ฯลฯ แต่ทั้งนี้ย่อมเกี่ยวพันกับขนาดของเม็ดแร่ และลักษณะอย่างอื่นซึ่งอาจจะมีได้ด้วยดังกล่าวแล้ว

ค. อุปกรณ์สำหรับการแยกแร่โดยอาศัยอำนาจของแรงแม่เหล็ก (Magnetic Separators)

ได้กล่าวแล้วในตอนต้นว่า แร่ที่จะทำการแยกออกโดยอุปกรณ์ประเภทนี้จำเป็นจะต้องมีความดึงดูดกับแม่เหล็กหรือแม่เหล็กดูดติด จึงจะทำการแยกแร่ให้สะอาดได้ การใช้อุปกรณ์แม่เหล็กในวงการแยกแร่หรือแต่งแร่ มีใช้อยู่ 2 กรณีด้วยกันคือ :—

(1) ใช้เครื่องอุปกรณ์แม่เหล็กสำหรับแยกเก็บเศษเหล็กที่มีปนอยู่กับแร่ก่อนเข้าเครื่องย่อยหรือบดแร่ ทั้งนี้เพื่อป้องกันไม่ให้เครื่องได้รับความเสียหายเนื่องจากการที่จะต้อง

บดเศษเหล็กเหล่านั้น ซึ่งมักจำเป็นต้องกระทำในการทำเหมืองทางแร่ อุปกรณ์แม่เหล็กที่ใช้กับเศษเหล็ก มักนิยมใช้อยู่ 2 แบบด้วยกันคือแบบ "พูลเล่ย์" (Pulley) แบบหนึ่ง และอีกแบบหนึ่งเป็นแบบแขวน สำหรับแบบพูลเล่ห์นั้นอาจจะมีทั้งชนิดที่เป็นแม่เหล็กถาวร และแม่เหล็กไฟฟ้ากระแสไฟตรง ส่วนแบบแขวนมักนิยมใช้แบบแม่เหล็กไฟฟ้า อุปกรณ์แม่เหล็กที่ใช้เก็บเศษเหล็กที่กล่าวนี้ มีลักษณะดังที่แสดงให้เห็นใน *รูปที่ 128 และ 129* สำหรับการแยกเอาเศษเหล็กออกโดยใช้แม่เหล็กแบบพูลเล่ย์ (Magnetic Pulley) นั้น อาจสังเกตดูการแยกเหล็กออกจากแร่และหิน ก่อนเข้าเครื่องย่อยแร่ได้อย่างชัดเจนดังที่แสดงไว้ในภาพแล้ว กล่าวคือ เมื่อสายพานพาแร่ผ่านตัวแม่เหล็กแบบพูลเล่ย์ไปแล้ว เศษเหล็กก็จะตกลงในที่รองรับไว้ ส่วนการแยกเก็บโดยอุปกรณ์แม่เหล็กแบบที่แขวนไว้นั้น ตามปรกติจะแขวนไว้เหนือสายพานป้อนแร่เมื่อมีเศษเหล็กติดแม่เหล็กมากพอสมควรแล้ว ก็จะดึงอุปกรณ์แม่เหล็กออกไปจากสายพานแล้วจึงปิดกระแสไฟฟ้าที่จะเข้าไปอุปกรณ์แม่เหล็กเสีย เศษเหล็กที่เกาะอยู่ก็จะหลุดออกและตกลงไปในถังรองรับ

2. **ใช้เครื่องอุปกรณ์แม่เหล็กสำหรับทำการแยกแร่** ทั้งนี้เพื่อทำการแยกเอาแร่ที่ติดแม่เหล็กออกจากแร่ที่ไม่ติดแม่เหล็ก หรือถ้าหากเครื่องอุปกรณ์แม่เหล็กที่ใช้สามารถจะจัดแรงแม่เหล็กให้มากหรือน้อยได้ก็อาจใช้แยกแร่ซึ่งมีอำนาจการติดแม่เหล็กต่างกันได้ด้วย ดังกล่าวแล้ว การแยกแร่โดยใช้เครื่องอุปกรณ์ชนิดนี้ส่วนใหญ่จะทำการแยกแร่แห้ง ๆ ซึ่งส่วนมากจะเป็นหัวแร่ที่ได้มาจากการแยกแร่โดยเครื่องแยกแร่แบบอื่น และเครื่องแยกแร่แบบนี้จะมีประสิทธิภาพในการแยกดีถ้าหากว่า ขนาดเม็ดแร่อยู่ในระหว่างประมาณ 10 เมช ถึง 100 เมช ถ้าหากว่าแร่ละเอียดมากจำเป็นจะต้องทำให้แร่แห้งสนิทเพื่อป้องกันไม่ให้แร่เกาะติดกันเนื่องจากความชื้น การแยกแร่ด้วยวิธีนี้โดยใช้แร่ผสมกับน้ำโดยใช้อุปกรณ์แม่เหล็กถาวรทำการแยกนั้น อาจจะกระทำได้สำหรับในกรณีของแร่เหล็กแม็กนีไท้ต์ (Magnetite) ชนิดละเอียด หรือใช้ทำความสะอาด ferrosilicon ที่ใช้สำหรับทำเป็นสารผสมน้ำดังกล่าวแล้ว

เครื่องอุปกรณ์ชนิดนี้มีทั้งแบบเป็นแม่เหล็กถาวรและเป็นแม่เหล็กไฟฟ้า แต่ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายสำหรับการแยกแร่ต่าง ๆ นอกเหนือไปจากแร่เหล็กแม็กนีไท้ต์แล้ว มักจะเป็นชนิดแม่เหล็กไฟฟ้าทั้งสิ้น เครื่องอุปกรณ์แม่เหล็กที่รู้จักกันแพร่หลายในวงการแยกแร่ก็ได้แก่เครื่องเหล่านี้ คือ :—

ก. **เครื่องแยกแร่ด้วยแรงแม่เหล็กแบบ "ครอสเบลท์" (Cross belt Type Magnetic Separator)**

เครื่องอุปกรณ์แบบนี้มีลักษณะโดยสังเขปดังที่แสดงให้เห็นใน*รูปที่ 130* ในภาพนี้แสดงเครื่องแยกซึ่งเป็นแบบที่มีขั้วแม่เหล็กเพียงคู่เดียว สำหรับเครื่องใหญ่ ๆ จะมีขั้วแม่เหล็กอยู่หลายขั้วด้วยกัน อย่างไรก็ดีเครื่องอุปกรณ์แม่เหล็กแบบนี้ประกอบด้วยส่วนสำคัญ ๆ ดังนี้ คือ :—

1. **สายพาน** 2 ชุด วางขวางกันมีลักษณะดังรูป สายพานอันล่างซึ่งใหญ่กว่า และยาวตลอดความยาวของเครื่องจะมีเครื่องกลไกทำให้เคลื่อนที่ได้ และทำหน้าที่ป้อนแร่เข้าไปทำการแยกในสนามแม่เหล็ก ส่วนสายพานชุดบนซึ่งอยู่ภายใต้ขั้วแม่เหล็กและอยู่ขวางกับสายพานป้อนแร่นั้น จะมีเครื่องกลไกทำให้เคลื่อนที่ได้เช่นกัน และจะทำหน้าที่นำแร่ซึ่งติดแม่เหล็กออกจากสนามแม่เหล็ก สายพานทั้ง 2 ชุดนี้อาจจะให้เคลื่อนที่ได้เร็วหรือช้าตามความเหมาะสมแก่ลักษณะของแร่ที่จะทำการแยก ถ้าเป็นแร่ที่ติดแม่เหล็กได้ดีก็อาจใช้ความเร็วมาก ๆ ได้

2. **ขั้วแม่เหล็ก** ซึ่งมีอยู่ 2 ชุด ชุดล่างอยู่ภายใต้สายพานป้อนแร่มีหน้าตัดเป็นพื้นราบรูปสี่เหลี่ยม ส่วนชุดบนซึ่งตั้งอยู่เหนือสายพานป้อนแร่ มีหน้าตัดแหลมมน ๆ เพื่อประโยชน์ในการที่จะทำให้มีแรงแม่เหล็กรวมกลุ่มกันชิดกว่าขั้วล่าง ซึ่งจะเป็นเหตุให้แร่ถูกดูดให้ไปเกาะขั้วแม่เหล็กบนตามความต้องการ ขั้วแม่เหล็กนี้ จะสามารถจัดความเข้มข้นของแรงแม่เหล็กได้โดยการเลื่อนระยะขั้วแม่เหล็กให้สูงขึ้นหรือต่ำลงได้ และหรือโดยการเพิ่มหรือลดกระแสไฟฟ้าที่จะเข้าขดลวดแม่เหล็ก (Magnetic Coil)

ในการแยกแร่โดยเครื่องอุปกรณ์แบบนี้ อาจกล่าวได้ย่อย ๆ ดังนี้คือ สายพานป้อนแร่จะนำแร่เข้าไปในสนามแม่เหล็ก แร่ที่ติดแม่เหล็กได้ก็จะถูกดูดให้เกาะที่สายพานชุดบนตรงกับขั้วแม่เหล็ก และเมื่อสายพานชุดบนเคลื่อนที่ก็จะทำให้แร่ที่ติดแม่เหล็กนั้นเคลื่อนที่ไปด้วยจนกระทั่งมันพ้นสนามแม่เหล็กและตกลงในถังที่รองรับไว้ ส่วนแร่ที่ไม่ติดแม่เหล็กก็จะถูกสายพานป้อนแร่พาไปให้ตกลงสู่ถังรับที่ปลายอีกด้านหนึ่ง ซึ่งทำให้สามารถแยกแร่ชนิดที่ติดแม่เหล็กออกจากแร่ที่ไม่ติดแม่เหล็กได้ดังกล่าวแล้ว ในการแยกแร่จำเป็นจะต้องจัดความเร็วของสายพาน ความเข้มข้นของสนามแม่เหล็กให้เหมาะสมกับลักษณะของแร่ที่จะทำการแยกนั้น

ข. **เครื่องแยกแร่ด้วยแรงแม่เหล็กแบบ "ริง" (Ring Type Magnetic Separator)** เครื่องแบบนี้มีลักษณะดังที่แสดงให้เห็นในรูปที่ 131 ซึ่งมีส่วนสำคัญ ๆ ประกอบด้วยสายพานป้อนแร่ ซึ่งเคลื่อนที่ได้ในระหว่างขั้วแม่เหล็ก เพื่อนำแร่เข้าไปทำการแยกในสนามแม่เหล็ก ขั้วแม่เหล็กอันล่างมีหน้าตัดเป็นพื้นราบและตั้งอยู่กับที่ ส่วนขั้วแม่เหล็กอันบนมีลักษณะคล้าย ๆ กับฝาชี มีเส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่กว่าความกว้างของสายพานป้อนแร่ และมีขอบทำเป็นรูปวงแหวน ขั้วแม่เหล็กอันนี้มีเครื่องกลไกทำให้หมุนได้ ในการแยกแร่สายพานจะทำหน้าที่พาแร่ที่จะทำการแยกเข้าสู่สนามแม่เหล็ก และแร่ที่ติดแม่เหล็กก็จะขึ้นไปเกาะติดอยู่กับขั้วแม่เหล็กอันบนซึ่งกำลังหมุนอยู่ ขั้วแม่เหล็กอันบนจะหมุนและพาแร่ที่ติดแม่เหล็กเคลื่อนที่ไปด้วย และเมื่อแร่ถูกพาออกมาพ้นสนามแม่เหล็กทางด้านข้าง มันก็จะตกลงในถังที่รองรับ ส่วนพวกแร่ที่ไม่ติดแม่เหล็กก็จะเคลื่อนที่ไปกับสายพานป้อนแร่จนตกลงในถังรองรับซึ่งตั้งอยู่ที่ปลายอีกข้างหนึ่งของสายพาน ดังนั้นแร่ที่ไม่ติดแม่เหล็กก็จะแยกออกจากแร่ที่ติดแม่เหล็กได้

เครื่องแยกแบบนี้บางแบบใช้แผ่นกระจกกลม 2 แผ่น ทำหน้าที่ป้อนแร่แทนสายพาน และเรียกกันว่าเครื่องแยกแบบ "มัลติดิ้ส" (Multi Disc Magnetic Separator)

(ค) **เครื่องแยกแร่ด้วยแรงแม่เหล็กแบบ "อินดิวส์โรล" (Induced-Roll Type Magnetic Separator)** เครื่องแยกแบบนี้มีลักษณะดังที่แสดงไว้ให้เห็นใน*รูปที่ 132* มีส่วนที่สำคัญ ๆ ประกอบด้วย ลูกกลิ้ง (roll or rotor) ทำหน้าที่เป็นที่ป้อนแร่และเป็นขั้วแม่เหล็กไฟฟ้าอันหนึ่งด้วย ขั้วแม่เหล็กอีกอันหนึ่งมีลักษณะดังที่แสดงไว้ในรูป ในการแยกแร่นั้น พวกแร่ที่ติดแม่เหล็กจะเกาะติดอยู่ที่ลูกกลิ้งและจะตกลงสู่ถังรองรับในเมื่อมันหมุนผ่านสนามแม่เหล็กไปแล้ว ส่วนแร่ที่ไม่ติดแม่เหล็กก็จะหลุดจากลูกกลิ้งไปอีกแนวหนึ่งที่แสดงไว้ให้เห็นในภาพ ทำให้แร่ติดแม่เหล็กและไม่ติดแม่เหล็กแยกออกจากกันได้ กล่าวกันว่าเครื่องแยกแบบนี้มีกำลังความสามารถ (Capacity) ในการแยกแร่มากกว่าเครื่องแยกทั้งสองแบบที่กล่าวมาแล้ว แต่สำหรับการแยกแร่ที่มีแรงดึงดูดกับแม่เหล็กต่างกันแต่เพียงเล็กน้อยออกจากกันนั้น เครื่องสองแบบแรกอาจจะทำการแยกแร่ได้ดีกว่าแบบลูกกลิ้งนี้

(ง) **เครื่องแยกแร่ด้วยแรงแม่เหล็กแบบ "ครอคเก็ต" (Crockett Wet Type Magnetic Separator)** เครื่องแยกแบบนี้เป็นเครื่องแยกแร่แบบที่ใช้แม่เหล็กถาวรวางให้ขั้วแม่เหล็กสลับกัน และมีสายพานหมุนอยู่ภายใต้ขั้วแม่เหล็กดังรูป*ที่ 133* เครื่องแบบนี้มักนิยมใช้ทำการแยกแร่ละเอียด ๆ ซึ่งติดแม่เหล็กได้ดีภายในน้ำ ตามปรกติมักนิยมใช้ในการแยกแร่เหล็ก Magnetite ชนิดละเอียด และทำความสะอาด ferrosilicon เป็นต้น ในการแยกแร่จะมีการเอาแร่ที่ต้องการจะแยกผสมกับน้ำเสียก่อนแล้วจึงส่งเข้าไปในเครื่องแยก แร่ที่ติดแม่เหล็กก็วิ่งเข้าไปเกาะสายพานซึ่งอยู่ใต้แม่เหล็กถาวรนั้น เมื่อสายพานเคลื่อนที่ก็จะพาแร่ที่ติดแม่เหล็กเคลื่อนที่ไปด้วย และนำลงไปปล่อยลงในถังรับซึ่งตั้งอยู่ ณ ที่ซึ่งเลยสนามแม่เหล็กไปแล้ว ส่วนแร่ที่ไม่ติดแม่เหล็กก็จะตกอยู่ในน้ำ ซึ่งทำให้แร่แยกตัวออกมาจากมลทินต่าง ๆ ได้ดังกล่าวแล้ว

ในการแยกแร่ด้วยเครื่องแยกแบบนี้ควรจะต้องระวังอย่าให้แร่เกาะกันเป็นก้อน เนื่องจากความชื้นซึ่งอาจกระทำได้โดยการเผาแร่ให้ร้อนหรือทำแร่ให้แห้งสนิท และแร่บางชนิดถ้าหากถูกเผาให้ร้อนพอเหมาะจะทำให้มันมีคุณสมบัติติดแม่เหล็กได้ดีขึ้นเช่น แร่ไพไร้ท์ (Pyrite) หรือแร่เหล็กบางชนิด เป็นต้น

สำหรับในการทำเหมืองแร่ดีบุกนั้น เครื่องแยกแร่แบบใช้อำนาจของแรงแม่เหล็กอาจใช้สำหรับแยกเศษเหล็กออกจากแร่ได้ประการหนึ่ง อีกประการหนึ่งก็คือใช้แยกแร่ที่ติดแม่เหล็กออกจากแร่ดีบุก ซึ่งปรกติจะไม่ติดแม่เหล็ก แร่ซึ่งติดแม่เหล็กและมักเกิดอยู่รวมกับแร่ดีบุกเสมอ และสามารถจะแยกออกจากแร่ดีบุกได้ดีโดยใช้เครื่องแยกแร่แบบนี้ก็ได้แก่แร่แม็กนีไท้ต์ อิลเมไน้ท์ การ์เนท์ โมนาไซ้ท์ วุลแฟรม แร่โคลัมเบียมและแทนตาลั่ม เป็นต้น

ง. **อุปกรณ์สำหรับการแยกแร่โดยอาศัยแรงที่เกิดจากประจุไฟฟ้าหรือแรงไฟฟ้าสถิต** ได้กล่าวมาแล้วแต่ตอนต้นว่า แร่ที่จะสามารถทำการแยกออกจากกันได้โดยใช้เครื่องแยกแร่ชนิดนี้ จะต้องเป็นแร่ซึ่งมีคุณสมบัติทางการเป็นสื่อไฟฟ้าผิดกัน และตามปรกติแร่ที่จะนำมาทำการแยกก็มักจะเป็นแร่ซึ่งได้ผ่านการแยกแร่โดยวิธีใช้ความแตกต่างระหว่างน้ำหนักของแร่มาแล้ว และต้องเป็นแร่ที่อยู่ในลักษณะแห้งด้วย อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการแยกแร่โดยวิธีนี้ในปัจจุบันอาจแบ่งได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

(1) เครื่องแยกที่ใช้วิธีการให้ประจุไฟฟ้าแก่แร่ที่จะทำการแยกโดยไม่ให้มีกระแสไฟฟ้าไหลระหว่างขั้วไฟฟ้า (electrodes) ของเครื่องเลย เครื่องประเภทนี้นิยมเรียกกันว่า "เครื่องแยกแร่ด้วยไฟฟ้าสถิต" (Electrostatic Separator)

(2) เครื่องแยกที่ใช้วิธีการให้ประจุไฟฟ้าแก่แร่ที่จะทำการแยกโดยมีกระแสไฟฟ้าตรงแรงสูงไหลผ่านระหว่างขั้วไฟฟ้าของเครื่องเล็กน้อย ซึ่งนิยมเรียกกันในปัจจุบันว่า "เครื่องแยกแร่ด้วยไฟฟ้าแรงสูง" (High Tension Separator)

รายการต่าง ๆ เกี่ยวกับเครื่องแยกแต่ละประเภทมีดังที่จะได้กล่าวให้ทราบโดยย่อ ๆ ดังต่อไปนี้ คือ:—

เครื่องแยกแร่ด้วยไฟฟ้าสถิต (Electrostatic Separator) ได้กล่าวแล้วว่า เครื่องแยกประเภทนี้จะให้ประจุแก่แร่ที่จะทำการแยก โดยไม่ให้มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านระหว่างขั้วไฟฟ้าของเครื่องเลย สำหรับในวงการเหมืองแร่ได้มีผู้ผลิตเครื่องประเภทนี้ขึ้นใช้แยกแร่ ซึ่งอาจแบ่งออกได้ตามลักษณะของเครื่องเป็น 2 แบบด้วยกัน คือ

(1) **เครื่องแยกแบบใช้ลูกกลิ้ง (Conductance Roll Type Separator)** เครื่องแบบนี้มีส่วนประกอบสำคัญ ๆ ดังที่แสดงไว้ให้เห็นในรูปที่ 134 และรายการต่าง ๆ เกี่ยวกับส่วนประกอบนั้นมีดังนี้ คือ

ลูกกลิ้ง (roll) **และเครื่องป้อนแร่** (feeder) โดยปรกติลูกกลิ้งนั้นทำด้วยโลหะเป็นรูปทรงกระบอกมีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 6 นิ้ว ยาวตั้งแต่ 3 นิ้วจนถึง 60 นิ้ว แล้วแต่ความต้องการและงานที่ใช้ ตัวลูกกลิ้งซึ่งมีสายลวดต่อลงดินไว้นั้นทำหน้าที่ 2 อย่าง คือ ทำหน้าที่นำแร่ที่จะทำการแยกเข้าสู่สนามไฟฟ้า และใช้เป็นขั้วไฟฟ้าอันหนึ่งของเครื่องแยกด้วย หรือเรียกว่า "ขั้วต่อลงดิน" (Grounded electrode) ตามปรกติลูกกลิ้งนี้หมุนสูงสุดประมาณ 200 รอบต่อนาที ตอนบนของลูกกลิ้งมีเครื่องป้อนแร่ตั้งอยู่ทำหน้าที่ป้อนแร่ลงบนลูกกลิ้งที่ทำการหมุนอยู่นั้น

ขั้วประจุไฟฟ้า (charged electrode) ขั้วประจุไฟฟ้าอันนี้รับประจุไฟฟ้าจากเครื่องจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งมีศักย์ไฟฟ้าสูง และทำหน้าที่ 2 อย่างคือทำหน้าที่ชักนำให้มีประจุไฟฟ้า (electrical charges) เกิดขึ้นบนผิวของลูกกลิ้งประการหนึ่ง และทำให้เกิดมีสนามไฟฟ้าเพื่อทำการแยกแร่อีกประการหนึ่ง ปรกติขั้วประจุไฟฟ้านี้อาจทำเป็นแท่งโลหะกลม ๆ หรือเป็น

แผ่นโลหะโค้ง แต่บางทีก็ใช้วัตถุที่ไม่เป็นสื่อไฟฟ้าทำเป็นแท่งกลม ๆ ซึ่งปรกติจะใช้ในกรณีที่จะทำการแยกแร่เม็ดหยาบ ๆ ทั้งนี้ เพราะการใช้วัตถุที่เป็นฉนวนเป็นขั้วประจุไฟฟ้านั้น จะทำให้สามารถตั้งขั้วประจุไฟฟ้าอันนี้ไว้ในระยะชิดกับลูกกลิ้งได้โดยไม่เกิดประกายไฟฟ้า (Spark) ทำให้สามารถจัดสนามไฟฟ้ามีกำลังสูง ๆ ได้ดี และเหมาะในการแยกแร่เม็ดหยาบ ๆ ดังกล่าวแล้ว ขั้วประจุไฟฟ้าชนิดที่ทำด้วยวัตถุเป็นฉนวนไฟฟ้านั้น ไม่ได้รับประจุไฟฟ้าจากเครื่องจ่ายไฟฟ้าโดยตรง แต่จะรับประจุไฟฟ้าจากขั้วประจุไฟฟ้าอีกชุดหนึ่ง ซึ่งเป็นขั้วประจุไฟฟ้าที่มีกระแสไฟไหล แบบที่ใช้กับเครื่องแยกด้วยไฟฟ้าแรงสูง ขั้วประจุไฟฟ้าที่กล่าวนี้สามารถจะจัดให้อยู่ห่างจากลูกกลิ้งได้ตามความต้องการ

เครื่องจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงศักย์สูง เครื่องจ่ายไฟฟ้าให้แก่ขั้วประจุไฟฟ้า (Charged electrode) ซึ่งกล่าวข้างต้นนั้น ในปัจจุบันนี้นิยมใช้เครื่อง Rectifier แบบ electronic oil immersed type มากกว่าเครื่องชนิดอื่น และศักย์ไฟฟ้าที่ใช้อยู่นั้นในระหว่าง 10,000 — 30,000 โวลท์

ที่แบ่งแร่และถังรับ (Splitters & Hoppers) ที่แบ่งแร่และถังรับนั้นตั้งอยู่ในระดับนอนใต้ลูกกลิ้ง และห่างจากขอบล่างสุดของลูกกลิ้งในระยะประมาณ 2 — 3 นิ้ว ที่แบ่งแร่มีไว้สำหรับแบ่งแร่ที่ผ่านการแยกในสนามไฟฟ้าแล้ว ออกเป็นส่วน ๆ และถังรับมีไว้สำหรับรับแร่ลงสู่ถังเก็บแร่ที่ได้เป็นส่วน ๆ นั้น

โครงรับ (Frame work) ปรกติโครงรับส่วนต่าง ๆ ของเครื่องนั้นทำด้วยโลหะ

การทำงานของเครื่องแยกเป็นดังนี้คือ เมื่อได้สับสวิทช์ปล่อยให้กระแสไฟฟ้าไหลจากเครื่องจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงเข้าสู่ขั้วประจุไฟฟ้า (charged electrode) และหมุนลูกกลิ้งโดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้าแล้ว ขั้วประจุไฟฟ้าจะชักนำให้มีประจุไฟฟ้าเกิดขึ้นที่ผิวของลูกกลิ้ง (roll) ซึ่งอยู่ตรงกันข้ามกับขั้วประจุไฟฟ้านั้น ประจุไฟฟ้าที่เกิดขึ้นบนผิวลูกกลิ้งจะมีเครื่องหมายตรงกันข้ามกับประจุไฟฟ้าที่ขั้วประจุไฟฟ้า กล่าวคือ ถ้าหากไฟฟ้าที่ขั้วประจุไฟฟ้าเป็นไฟฟ้าชนิดบวก ประจุไฟฟ้าที่เกิดจากการชักนำบนผิวของลูกกลิ้งก็จะมีเครื่องหมายตรงกันข้าม คือเป็นประจุไฟฟ้าชนิดลบ เมื่อลูกกลิ้งพาแร่ที่จะทำการแยกเข้าสู่สนามไฟฟ้าที่อยู่ระหว่างขั้วประจุไฟฟ้า (charged electrode) กับลูกกลิ้ง (roll) แร่ก็จะได้รับประจุไฟฟ้าจากการชักนำและจากการถ่ายเทประจุจากผิวลูกกลิ้ง ทำให้แร่เหล่านั้นมีประจุชนิดเดียวกันกับประจุบนลูกกลิ้ง และเป็นชนิดตรงกันข้ามกับประจุของขั้วประจุไฟฟ้า เนื่องจากเหตุนี้ แร่ก็จะถูกผลักออกจากลูกกลิ้ง และถูกดูดโดยขั้วประจุไฟฟ้า (charged electode) ตามหลักของอำนาจของประจุไฟฟ้าสถิตที่ว่า สิ่งที่มีประจุไฟฟ้าชนิดเดียวกันจะผลักแยกออกจากกัน และสิ่งที่มีประจุไฟฟ้าตรงกันข้ามจะถูกดูดเข้าหากัน ในกรณีนี้แร่ที่มีประจุไฟฟ้าชนิดเดียวกับลูกกลิ้งก็จะผละออกจากลูกกลิ้ง และวิ่งเข้าหาขั้วประจุไฟฟ้า ซึ่งมีประจุไฟฟ้าชนิดตรงกันข้ามนั้น แร่จะตกห่างจากลูกกลิ้งไปได้ไกลแค่ไหนนั้นขึ้นอยู่กับแรงที่เกิดจากอำนาจฟ้าของประจุไฟ

กับแรงที่เกิดจากการหมุนของลูกกลิ้งและแรงของ Gravity แร่จะแยกออกจากกันได้ถ้าหากว่าแร่ชนิดหนึ่งเป็นสื่อไฟฟ้าดีกว่าแร่อีกชนิดหนึ่ง ทั้งนี้เพราะแร่ที่เป็นสื่อไฟฟ้าที่ดีจะได้รับประจุจากการชักนำและการถ่ายเทมากกว่าแร่ที่เป็นสื่อไฟฟ้าที่เลว เมื่อเป็นดังนั้นแร่ที่เป็นสื่อไฟฟ้าดีกว่าก็จะถูกดูดด้วยแรงดูดของขั้วประจุไฟฟ้า (charged electrode) แรงกว่า และตกห่างจากลูกกลิ้งมากกว่าแร่ที่เป็นสื่อไฟฟ้าที่เลว ในขณะเดียวกัน ถ้าหากเราจัดตั้งที่แบ่งแร่ไว้ให้พอเหมาะ ก็จะช่วยให้แร่แต่ละชนิดไหลลงสู่ถังเก็บแต่ละถังได้ตามความประสงค์

(2) **เครื่องแยกแบบใช้แผ่นโลหะ** (Conductance Plate Type Separator) เครื่องแยกแบบนี้มีส่วนประกอบที่สำคัญดังที่แสดงไว้ให้เห็นใน *รูปที่ 135* มีรายการดังต่อไปนี้คือ

แผ่นโลหะป้อนแร่และเครื่องป้อนแร่ (Feed plate and feeder) เครื่องแยกแบบนี้ใช้แผ่นโลหะซึ่งมีสายลวดต่อลงดินวางเอียง ๆ ทำหน้าที่เป็นตัวนำแร่เข้าสู่สนามไฟฟ้า และเป็น "ขั้วต่อลงดิน" (grounded electrode) เช่นเดียวกับลูกกลิ้งของเครื่องแยกที่ใช้ลูกกลิ้งที่กล่าวในข้อ (1) นอกจากนั้น ยังใช้เป็นเครื่องให้ประจุไฟฟ้า ที่เกิดจากการขัดสี (frictional charge) แก่แร่ที่จะทำการแยกด้วย เครื่องป้อนแร่ (feeder) ตั้งอยู่เหนือแผ่นโลหะที่วางเอียง ๆ นี้ และทำหน้าที่เป็นถังพักแร่และปล่อยแร่ลงบนแผ่นโลหะที่กล่าวนั้น

ขั้วประจุไฟฟ้า (charged electrode) ทำด้วยโลหะเป็นแผ่น หรือเป็นแท่งกลมจัดวางไว้ขนานกับแผ่นโลหะที่ใช้ป้อนแร่ในระยะพอเหมาะ ขั้วประจุไฟฟ้านี้ต่ออยู่กับเครื่องจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง เช่นเดียวกับขั้วประจุไฟฟ้าของเครื่องแบบใช้ลูกกลิ้ง

การทำงานของเครื่องแยกแบบนี้มีดังนี้ ในเมื่อได้จ่ายกระแสไฟตรงให้แก่ "ขั้วประจุไฟฟ้า" และปล่อยแร่จากเครื่องป้อนแร่ลงบนแผ่นโลหะที่ใช้ป้อนแร่ (feed plate) โดยสม่ำเสมอดีแล้ว ตอนแรกแร่ที่ไหลลงมาตามแผ่นโลหะก็จะได้รับประจุไฟฟ้าที่เกิดจากการขัดสีระหว่างแร่กับแผ่นโลหะนั้น ประจุที่เกิดขึ้นจะเป็นชนิดบวกหรือลบก็แล้วแต่ลักษณะของแร่และโลหะที่ใช้ ต่อมาเมื่อแร่ไหลลงมาถึงตอนที่แผ่นโลหะป้อนแร่อยู่ตรงกันข้ามกับขั้วประจุไฟฟ้า แร่ก็จะได้รับประจุจากการชักนำและการถ่ายเทจากแผ่นโลหะป้อนแร่เช่นเดียวกับการให้ประจุแก่แร่ของเครื่องแบบลูกกลิ้งอีก เมื่อแร่ไหลลงผ่านพ้นขอบล่างของแผ่นโลหะป้อนแร่แล้วก็จะถูกดูดหรือผลักให้ห่างจากขอบล่างของแผ่นโลหะป้อนแร่ ซึ่งมีระยะมากน้อยเพียงใดก็แล้วแต่ผลบวกของประจุที่เกิดจากการขัดสี ประจุจากการชักนำและการถ่ายเทที่ได้รับนั้น

ตามธรรมดาถ้าหากไม่มีประจุที่เกิดจากการขัดสีมาเกี่ยวข้อง เครื่องหมายของขั้วประจุไฟฟ้า (charged electrode) จะไม่เกิดผลกระทบกระเทือนอันใดในการแยกแร่ เพราะแร่จะได้รับประจุโดยการชักนำและการถ่ายเทเท่านั้น และประจุที่ได้รับนั้นจะมีเครื่องหมายตรงกันข้ามกับขั้วประจุไฟฟ้า ดังนั้นเมื่อแร่ไหลผ่านพ้นขอบล่างของแผ่นโลหะป้อนแร่ไปแล้ว ขั้วประจุไฟฟ้า (charged electrode) ก็จะดูดแร่ให้ตกห่างจากขอบล่างของแผ่นโลหะป้อนแร่ออก

ไปทางด้านขั้วประจุไฟฟ้า แร่ที่เป็นสื่อไฟฟ้าที่ดีจะได้รับประจุไฟฟ้าจากการชักนำและการถ่ายเทมากกว่าแร่ที่เป็นสื่อไฟฟ้าที่เลว ฉะนั้นแร่ที่เป็นสื่อไฟฟ้าดี ก็จะตกไปห่างไกลจากขอบล่างของแผ่นโลหะป้อนแร่มากกว่าแร่ที่เป็นสื่อไฟฟ้าเลว ทั้งนี้เนื่องจากแรงดูดซึ่งเกิดแก่แร่ที่เป็นสื่อไฟฟ้าที่ดีมีมากกว่า โดยเหตุที่แร่ซึ่งทำการแยกตกห่างจากแผ่นโลหะป้อนแร่ในระยะไม่เท่ากัน เราก็สามารถทำการแยกแร่ออกจากกันได้ และใช้ที่แบ่งแร่หลังจากแยกตัวออกจากกันแล้ว ให้ตกลงในถังรับแร่เป็นแต่ละชนิดตามต้องการ

ในกรณีที่มีประจุเกิดจากการขัดสีมาเกี่ยวข้องในการแยกแร่ด้วยนั้น การจัดเครื่องหมายของขั้วประจุไฟฟ้าให้เหมาะสม จะช่วยให้ผลของการแยกแร่ดีขึ้น ตามปรกติแร่ที่เป็นสื่อไฟฟ้าที่ดีจะได้รับประจุจากการชักนำ และการถ่ายเทเป็นจำนวนมากกว่าประจุที่เกิดจากการขัดสีมากมายนัก ฉะนั้นการได้รับประจุจากการขัดสีแต่เพียงเล็กน้อย จะไม่ทำให้ระยะของการตกของแร่ที่เป็นสื่อไฟฟ้าที่ดีเปลี่ยนแปลงมากนัก ไม่ว่าเครื่องหมายของขั้วประจุไฟฟ้าจะเป็นบวกหรือลบ แต่สำหรับแร่ที่เป็นสื่อไฟฟ้าที่เลวมิได้เป็นเช่นนั้น กล่าวคือ ถ้าเราเลือกชนิดโลหะที่ทำแผ่นโลหะป้อนแร่ และจัดเครื่องหมายของขั้วประจุไฟฟ้าให้เหมาะสมแล้ว แร่ที่เป็นสื่อไฟฟ้าที่เลวจะได้รับประจุไฟฟ้าที่เกิดจากการขัดสีจำนวนมากกว่าประจุที่เกิดจากการชักนำและการถ่ายเทหลายเท่า ดังนั้นถ้าเราจัดเครื่องหมายของขั้วประจุไฟฟ้าให้เหมือนกับเครื่องหมายของประจุไฟฟ้าที่เกิดจากการขัดสีของแร่ที่เป็นสื่อไฟฟ้าที่เลวกับแผ่นโลหะป้อนแร่แล้ว การแยกแร่ก็จะได้ผลดีขึ้น เพราะแร่ที่เป็นสื่อไฟฟ้าที่เลวจะถูกผลักให้ห่างจากขั้วประจุไฟฟ้าออกไป ซึ่งจะทำให้การแยกตัวของแร่แต่ละชนิดห่างจากกันมากขึ้น ผลที่ได้จากการแยกก็จะสะอาดดีขึ้นมาก

เครื่องแยกแร่ด้วยไฟฟ้าแรงสูง (High Tension Separator) เครื่องแยกแร่แบบนี้แตกต่างกับเครื่องแยกแร่ด้วยไฟฟ้าสถิต ในเรื่องที่ว่าเมื่อเครื่องแยกทำงานจะมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านระหว่างขั้วประจุไฟฟ้า (charged electrode) และขั้วต่อลงดิน (grounded electrode) ของเครื่อง แต่จำนวนกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านนั้นน้อยมาก คือประมาณ 1 มิลลิแอมแปร์ต่อความยาวหนึ่งฟุตของลูกกลิ้ง ศักย์ไฟฟ้าที่ใช้อยู่ในระหว่าง 15,000—40,000 โวลท์ เครื่องแยกแบบนี้มีส่วนประกอบที่สำคัญ ๆ ดังที่แสดงไว้ให้เห็น *รูปที่ 136* จะเห็นได้ว่าลักษณะส่วนใหญ่ของเครื่องแยกแบบนี้ก็คล้ายคลึงกับเครื่องแยกแร่ด้วยไฟฟ้าสถิตแบบใช้ลูกกลิ้ง ผิดกันแต่เพียงขั้วประจุไฟฟ้า (charged electrode) เท่านั้น กล่าวคือเครื่องแยกแร่ด้วยไฟฟ้าสถิตนั้นมีขั้วประจุไฟฟ้าเพียง 1 ขั้ว แต่เครื่องแยกแร่ด้วยไฟฟ้าแรงสูงมีขั้วประจุไฟฟ้าอยู่ 2 ขั้วด้วยกัน ทั้งสองขั้วนี้ต่อติดกับเครื่องจ่ายไฟฟ้าอันเดียวกัน ขั้วประจุอันหนึ่งจะให้ประจุไฟฟ้าแก่แร่โดยการปล่อยประจุไฟฟ้าให้ผ่านอากาศระหว่างขั้วประจุไฟฟ้าและลูกกลิ้งไป ซึ่งในกรณีนี้จะทำให้เกิดมีการไหลของกระแสไฟฟ้าผ่านเล็กน้อยดังกล่าวแล้ว ขั้วประจุไฟฟ้า

ที่กล่าวนี้เรียกว่า "ไอออนไน้ซิ่ง อีเล็คโทรด" (ionizing electrode) ส่วนขั้วประจุไฟฟ้าอีกขั้วหนึ่งนั้นทำหน้าที่ให้ประจุแก่แร่เช่นเดียวกับขั้วประจุไฟฟ้า (charged electrode) ของเครื่องแยกแร่ด้วยไฟฟ้าสถิต คือจะไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขั้วประจุไฟฟ้าอันนี้ไปสู่ลูกกลิ้งแต่ประการใด ในเวลาเครื่องทำงาน ศักย์ไฟฟ้าของ ionizing electrode จะต้องแรงพอที่จะทำให้ประจุไฟฟ้าไหลจากขั้วนี้ไปสู่ลูกกลิ้งได้เสมอ

การทำงานของเครื่องแยกแบบนี้เป็นดังนี้คือ ในเมื่อใช้มอร์เตอร์ไฟฟ้าหมุนลูกกลิ้ง และจ่ายกระแสไฟฟ้าให้แก่ขั้วประจุไฟฟ้าทั้งสองแล้ว ก็ปล่อยแร่ให้ไหลลงบนลูกกลิ้ง ลูกกลิ้งจะพาแร่เข้าสู่สนามไฟฟ้าที่เกิดจากขั้วประจุทั้งสองนั้น ตอนแรกเมื่อแร่บนลูกกลิ้งผ่านสนามไฟฟ้าที่เกิดจาก "ionizing electrode" มันจะรับประจุที่ไหลมาจากขั้วประจุไฟฟ้านี้ ประจุที่แร่ได้รับจาก "ionizing electrode" จะชักนำให้เกิดประจุไฟฟ้าชนิดตรงกันข้ามขึ้นบนผิวหน้าของลูกกลิ้ง ด้วยเหตุนี้จะทำให้แรงดูดเกิดขึ้น และแรงนี้พยายามจะยึดแร่ให้ติดอยู่กับลูกกลิ้งชั่วขณะหนึ่ง จำนวนประจุที่แร่จะได้รับก็ขึ้นอยู่กับศักย์ไฟฟ้า ที่ตั้งของขั้วประจุไฟฟ้า ความเร็วของลูกกลิ้งและขนาดของแร่ ในเมื่อแร่ที่ติดกับลูกกลิ้งเคลื่อนที่ผ่านพ้นบริเวณสนามไฟฟ้าที่เกิดจาก ionizing electrod ไปแล้ว แร่ก็จะถ่ายประจุไฟฟ้าที่ได้รับจาก ionizing electrode ให้แก่ลูกกลิ้งที่ต่อลงดินไว้นั้น พวกแร่ที่เป็นสื่อไฟฟ้าที่ดีจะถ่ายประจุให้แก่ลูกกลิ้งรวดเร็วมาก จนกระทั่งประจุไฟฟ้าที่มันได้รับจาก ionizing electrode ผ่านลงดินหมด และมันก็เริ่มรับประจุโดยการชักนำและถ่ายเทที่เกิดขึ้นโดยอำนาจของ non-ionizing electrode ซึ่งเป็นขั้วประจุไฟฟ้าอันที่ 2 นั้น และจะถูกดูดให้พุ่งตัวไปทางขั้วประจุไฟฟ้า โดยแรงดูดจาก non-ionizing electrode เพราะขั้วประจุไฟฟ้าอันหลังนี้ทำหน้าที่ให้ประจุไฟฟ้าแก่แร่แบบเดียวกับขั้วประจุไฟฟ้าของเครื่องแยกแร่ด้วยไฟฟ้าสถิตที่กล่าวถึงแต่ต้น อย่างไรก็ดีสำหรับแร่ที่เป็นสื่อไฟฟ้าที่เลว การถ่ายประจุไฟฟ้าที่ได้รับจาก ionizing electrode ให้ลงดินโดยผ่านทางลูกกลิ้งช้ามาก ดังนั้นแร่ที่เป็นสื่อไฟฟ้าที่เลวก็จะติดอยู่กับลูกกลิ้ง และเคลื่อนที่ไปโดยการหมุนของลูกกลิ้ง จนกระทั่งถูกปัดออกโดยแปรงที่วางแนบอยู่หลังลูกกลิ้งนั้น ด้วยเหตุนี้เราก็จะสามารถแยกแร่ทั้งสองประเภทออกจากกันได้ เพราะแร่ที่เป็นสื่อไฟฟ้าที่ดีจะตกอยู่ใกล้กับขั้วประจุไฟฟ้า และแร่ที่เป็นสื่อไฟฟ้าที่เลวก็จะตกอยู่ห่างจากขั้วประจุไฟฟ้ามาก

ตามปรกติในการแยกแร่โดยใช้อุปกรณ์ชนิดนี้ ขนาดของเม็ดแร่ที่ทำการแยกควรจะอยู่ในระหว่าง 6–200 เมช หรือขนาด 0.13 นิ้วถึง 0.0029 นิ้ว เครื่องจึงจะทำงานได้ประสิทธิภาพสูง แร่ละเอียด ๆ มักจะเกาะกันเป็นก้อนซึ่งจำเป็นต้องหาวิธีการแก้ไขเช่นการเผาแร่ให้ร้อนเพื่อให้แร่แห้งสนิทเป็นต้น การเผาแร่ให้ร้อนจะเป็นการช่วยป้องกันอำนาจของความชื้นในอากาศ ไม่ให้เกิดขึ้นกับแร่ที่ทำการแยกด้วย เพราะตามธรรมดาในเมื่ออากาศชื้นมาก ๆ มันจะทำให้ผิวของแร่ที่เป็นสื่อไฟฟ้าที่เลวกลายเป็นสื่อไฟฟ้าได้ดีขึ้น ซึ่งอาจจะทำให้มันแยกตัวออกจากแร่ที่เป็นสื่อไฟฟ้าที่ดีกว่าได้ยากขึ้น ดังนั้นจึงต้องทำการเผาแร่ให้ร้อนดังกล่าวแล้ว

นอกจากนั้นยังมีการกระทำอย่างอื่นเช่นการขัดผิวแร่ การใช้สารเคมีบางอย่างเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของผิวแร่ หรือการเผาแร่ให้ร้อนจัด ๆ ซึ่งจะทำให้ผิวของแร่มีความเป็นสื่อไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งอาจจะช่วยให้การแยกแร่โดยวิธีนี้ดีขึ้นอีกมาก และในทำนองเดียวกันถ้าหากได้มีการควบคุมหรือจัดความเร็วของอัตราป้อนแร่ แรงเคลื่อนไฟฟ้า (voltage) ที่จ่ายให้แก่ขั้วประจุไฟฟ้า ที่ตั้งของขั้วประจุไฟฟ้า หรือชนิดของประจุไฟฟ้าให้เหมาะสมกับแร่ที่ทำการแยกก็อาจจะทำให้การแยกแร่โดยวิธีนี้ได้ผลดีขึ้นอีก ในการแยกแร่ดีบุกโดยใช้เครื่องอุปกรณ์ชนิดนี้จะสามารถทำให้มันแยกออกจากแร่โมนาไซท์ เซอร์ค่อน การ์เนต ทราย หรือแร่ซีไล้ท์ ซึ่งมักจะเกิดอยู่รวมกับแร่ดีบุกได้ดี เพราะแร่ที่กล่าวนี้มีความเป็นสื่อไฟฟ้าเลวกว่าแร่ดีบุก

จ. อุปกรณ์สำหรับการแยกแร่โดยวิธีลอยแร่ (Flotation Machine)

ได้กล่าวแล้วแต่ตอนต้นว่า ในการแยกแร่โดยวิธีนี้ จะต้องใช้สารเคมีบางอย่างช่วยเปลี่ยนคุณสมบัติของผิวแร่ทำให้มันมีลักษณะไม่เปียกน้ำ และจะเกาะฟองอากาศลอยตัวขึ้นเหนือผิวน้ำ ทำให้แร่นั้นแยกตัวออกจากแร่ที่ไม่ทำปฏิกิริยากับสารเคมีที่ใส่ลงไปได้ และในบางกรณีอาจจำเป็นจะต้องใส่สารเคมีบางอย่างลงไปทำกับปฏิกิริยากับแร่บางชนิดที่ปนอยู่ เพื่อป้องกันหรือกดไม่ให้มันลอยตัวขึ้นในขณะที่ใช้สารเคมีอย่างอื่นทำให้แร่อีกชนิดหนึ่งลอยตัวขึ้นมา นอกจากนั้น ยังมีการใช้สารเคมีบางอย่างช่วยให้การแยกได้ผลดีขึ้นอีกด้วย การแยกแร่โดยวิธีนี้เป็นวิธีที่เหมาะสำหรับแยกแร่ชนิดละเอียด ๆ มาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับแร่ชนิดซัลไฟด์ แต่ก็มีแร่ออกไซด์หรือแร่ในลักษณะอื่น ๆ อีกหลายชนิดที่อาจจะใช้แยกแร่โดยวิธีนี้ได้ผลดีเช่นกัน โดยทั่ว ๆ ไปแร่ที่จะทำการแยกโดยวิธีนี้จะต้องถูกบดให้มีขนาดเล็กกว่า 65 เมช (หรือ 0.2 มิลลิเมตร) ลงไป จึงทำการแยกได้ดี แต่ถ้าหากว่าได้บดแร่ละเอียดเกินกว่าความจำเป็นก็อาจจะทำให้เปลืองทั้งค่าบดแร่ และค่าสารเคมีเพิ่มขึ้นโดยไม่จำเป็น และอาจจะเก็บแร่ได้น้อยลงด้วย การยกแร่โดยอุปกรณ์ชนิดนี้ อาจจะใช้แยกแร่ที่มาโดยตรงจากเหมือง หรือแร่ที่ได้ผ่านการแยกโดยเครื่องอุปกรณ์แยกแร่ประเภทอื่นมาก่อนแล้วก็ได้ ซึ่งทั้งนี้ก็ย่อมแล้วแต่ลักษณะของแร่ที่จะทำการแยกนั้น

เครื่องอุปกรณ์ที่ใช้ในการแยกแร่โดยวิธีนี้ อาจแบ่งเป็นประเภทใหญ่ ๆ ได้ 2 ประเภท คือ

1. เครื่องอุปกรณ์ลอยแร่ที่ใช้เครื่องกลไกกวนแร่ผสมน้ำที่จะทำการแยกแร่ *ดูรูปที่ 137*

2. เครื่องอุปกรณ์ลอยแร่ที่ใช้แรงลมอัดมีความดันต่ำ ๆ สำหรับกวดแร่ผสมน้ำที่จะทำการยกแร่ *ดูรูปที่ 138*

อาจกล่าวได้ว่าเครื่องอุปกรณ์ลอยแร่ (Flotation Machine) ทั้งสองประเภทนี้จะมีส่วนประกอบสำคัญ ๆ ดังนี้คือ

(1) ตัวถังสำหรับแยกแร่

(2) เครื่องกวนเพื่อให้สารเคมีได้คลุกเคล้ากับแร่ทั่วถึง และป้องกันไม่ให้แร่และมูลดิน ทราย ผสมน้ำตกตะกอนในระหว่างการแยกแร่เครื่องกวนนี้อาจเป็นเครื่องกวนชนิดที่ทำเป็นรูปใบพัดหมุนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า หรือใช้แรงลมอัดดังกล่าวแล้วก็ได้ สำหรับเครื่องที่ใช้เครื่องกวนแบบใบพัดนั้น เวลาใบพัดหมุนนอกจากจะช่วยกวนแร่แล้วมันจะช่วยให้เกิดมีลมพ่นลงไปในแร่ผสมน้ำที่ทำการแยกนั้นด้วย เพื่อให้ลมทำให้เกิดเป็นฟองอากาศไปช่วยให้แร่ลอยขึ้นมาเหนือผิวน้ำ

สำหรับในกรณีที่จะต้องใช้เวลากวนแร่ให้คลุกเคล้ากับสารเคมีนาน ๆ เพื่อทำให้การแยกได้ผลดีนั้น อาจจำเป็นต้องใช้ถังกวนแร่ (Conditioner) เป็นอุปกรณ์ที่สำคัญที่จะต้องใช้ในการแยกแร่โดยวิธีนี้อีกอย่างหนึ่ง แต่โดยทั่ว ๆ ไปในโรงแยกแร่ใหญ่ ๆ มักใช้ทำการคลุกเคล้าแร่และสารเคมีภายในเครื่อง Flotation Machine นั่นเอง

การแยกแร่โดยเครื่องอุปกรณ์ชนิดนี้อาจกล่าวได้โดยย่อ ๆ ดังนี้คือ แร่หินผสมกับน้ำจะถูกนำไปบดให้ละเอียดด้วย Ball Mill ซึ่งต่อเป็นวงจรกับเครื่องคัดขนาดแร่ และเครื่องคัดขนาดก็จะปล่อยให้แร่ที่ได้บดให้เล็กตามต้องการแล้วไหลไปสู่เครื่องอุปกรณ์ลอยแร่ ในระหว่างทำการบดแร่ใน Ball Mill นั้นอาจจะใส่สารเคมีบางอย่างที่ต้องใช้เวลาทำปฏิกิริยากับแร่นาน ๆ ลงไปใน Ball Mill ได้เลย แร่ผสมน้ำที่ส่งไปยังเครื่องแยกตอนแรกนี้ จะมีส่วนผสมของแร่อยู่ประมาณ 25—30 เปอร์เซนต์ โดยน้ำหนัก เมื่อได้ใส่สารเคมีลงไปในแร่ผสมน้ำนี้แล้ว แร่ก็จะแยกออกจากกันได้เป็นแต่ละชนิด โดยแร่ที่ทำปฏิกิริยาเคมีกับสารเคมีที่ใส่ลงไปทำให้ผิวของมันมีลักษณะไม่เปียกน้ำนั้น จะถูกฟองอากาศที่พ่นเข้าไปโดยเครื่องกวนหรือลมทำให้แร่ลอยขึ้นเหนือน้ำดังกล่าวแล้ว หลังจากนั้นก็นำเอาหัวแร่ไปทำให้สะอาดอีกครั้งโดยใช้เครื่องแยกอีกชุดหนึ่ง ในการนำหัวแร่ไปล้างให้สะอาดอีกครั้งหนึ่งนั้น ส่วนมากมักจะจัดให้แร่ผสมน้ำมีอัตราส่วนเพียงประมาณ 18—20 เปอร์เซ็นต์ และจำนวนสารเคมีที่ต้องใช้ในครั้งหลังนี้มีจำนวนน้อยกว่าคราวแรกเป็นอันมาก

สารเคมีที่ใช้สำหรับการแยกแร่หรือแต่งแร่โดยวิธีนี้ อาจจะแบ่งออกได้เป็นประเภทใหญ่ ๆ ดังนี้

(ก) สารเคมีซึ่งจะทำให้แร่ที่ต้องการจะให้ลอยขึ้นมีลักษณะไม่เปียกน้ำ ซึ่งเรียกกันว่า "คอลเล็คเตอร์" (Collector) สารที่นิยมใช้สำหรับการลอยแร่พวกซัลไฟด์ก็ได้แก่พวกสารประกอบของพวก xanthate, พวก dithiophosphate และพวก thiocarbonilide เป็นต้น สำหรับการลอยแร่พวกอโลหะหรือพวก Oxide มักจะนิยมใช้สารเคมีพวก fatty acid หรือ fatty acid saop หรือ fuel oil เป็นต้น ในขณะที่เริ่มใส่สารเคมีพวกนี้ลงไปในแร่ผสมน้ำนั้นจะต้องปล่อยให้แร่และสารเคมีมีเวลาเกิดปฏิกิริยาเสียก่อนจึงจะพ่นลมเข้าไปทำให้แร่ลอยขึ้น

ตามปรกติจะใช้สารเคมีพวก Collector นี้ประมาณ 0.05 ถึง 2.5 ปอนด์ต่อแร่หนึ่งตัน ซึ่งทั้งนี้ย่อมขึ้นอยู่กับชนิดของสารเคมีที่ใช้และลักษณะของแร่ที่ทำการแยกด้วย

(ข) สารเคมีซึ่งใช้ทำให้เกิดฟองอากาศคงทนเหมาะแก่การแยกแร่โดยวิธีนี้ สารเคมีพวกนี้เรียกกันว่า "ฟรอสเซอร์" (Frother) ตากปรกติฟองอากาศที่เกิดขึ้นโดยการเคลื่อนไหวของเครื่องกวนหรือลมที่เป่าลงไปในแร่ผสมน้ำนั้น จะมีลักษณะแตกง่ายหรือเป็นฟองอากาศไม่คงทนยืนนาน ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องใส่สารเคมีพวกนี้ลงไป เพื่อช่วยให้เกิดฟองอากาศที่มีลักษณะคงทนไม่แตกง่าย เหมาะแก่การแยกแร่โดยวิธีนี้ สารเคมีจำพวกนี้ได้แก่ Pine oil Cresylie acid และน้ำมันยูคาลิบตัส เป็นต้น สารเคมีจำพวกนี้จะใช้ประมาณ 0.025 ถึง 0.25 ปอนด์ต่อแร่หนึ่งตัน

ค. สารเคมีซึ่งใช้ช่วยให้การแยกแร่โดยวิธีนี้ได้ผลดียิ่งขึ้น ซึ่งเรียกกันว่า "มอดีไฟอิ่งเอเย่นต์" (Modifying agents) สารเคมีจำพวกนี้อาจจะแบ่งเป็นจำพวกย่อย ๆ ลงไปตามหน้าที่ของมันได้ดังนี้ คือ

(1) สารที่ใช้สำหรับควบคุมความเป็ดกรดหรือด่างของแร่ปนน้ำ (pulp) ที่ต้องทำการแยกแร่ ให้เหมาะแก่การที่จะให้ได้ผลดี ซึ่งเรียกว่า "พีเอชเรกกิวเลเตอร์" (pH regulator) สารจำพวกนี้ได้แก่ ปูนขาว (lime) โซดาแอ๊ช (soda ash) และกรดกำมะถัน เป็นต้น ปูนขาวกับโซดาแอ๊ชใช้สำหรับช่วยให้แร่ปนน้ำมีความเป็นด่างเพิ่มขึ้นและใช้กรดกำมะถันสำหรับช่วยเพิ่มความเป็นกรด กล่าวโดยทั่วไปสารเคมีจำพวกนี้จะใช้ประมาณ 0.5 ถึง 10 ปอนด์ต่อแร่หนึ่งตัน

(2) สารที่ใช้สำหรับควบคุมหรือกดแร่บางชนิดไม่ให้ลอยขึ้น หรือเรียกกันว่า "ดีเพรสแซนท์" (Depressant) ในการแยกแร่บางอย่างจำเป็นจะต้องใช้สารพวกนี้ไปทำปฏิกิริยากับแร่บางชนิดที่เราไม่ต้องการให้มันลอยขึ้น ในขณะที่เรากำลังจะทำให้แร่อีกชนิดหนึ่งลอยขึ้น เช่นในการแยกแร่ตะกั่วซัลไฟด์ที่มีแร่ไพไร้ท์ปนอยู่โดยวิธีลอยแร่นั้น ในระหว่างที่เราใช้สารบางอย่างเพื่อทำให้แร่ตะกั่วลอยขึ้น เราจะต้องใช้ปูนขาว (lime) ใส่ลงไปด้วยเพื่อช่วยกดแร่ไพไร้ท์ไม่ให้เกิดปฏิกิริยาที่จะทำให้มันลอยขึ้นมาพร้อมกับแร่ตะกั่ว สารเคมีพวกนี้มีอยู่หลายอย่างด้วยกัน เช่น ปูนขาวใช้กดแร่ไพไร้ท์ ซิงค์ซัลเฟทใช้กดแร่สังกะสีซัลไฟด์ โซเดียมไซยาไนด์ใช้กดแร่ทองแดงซัลไฟด์ เป็นต้น สารพวกนี้มักใช้ประมาณ 0.05 ถึง 1 ปอนด์ต่อแร่หนึ่งตัน ทั้งนี้ต้องแล้วแต่ปริมาณและลักษณะของแร่ที่จะต้องทำการกดไว้

(3) สารที่ใช้สำหรับช่วยให้แร่บางชนิดลอยตัวได้ดีขึ้น ซึ่งเรียกกันว่า"แอ๊คติเวเตอร์" (Activator) ตัวอย่างเช่นในการแยกแร่สังกะสีซัลไฟด์โดยวิธีลอยแร่นี้ ถ้าหากว่าได้ใส่น้ำยาจุนสี (Copper Sulphate) ลงไปพร้อมกับสารที่เป็น Collector ด้วยจะทำให้สังกะสีซัลไฟด์ลอยตัวได้ดีกว่าที่จะใช้ Collector แต่เพียงอย่างเดียวเป็นต้น ปริมาณของสารที่ใช้สำหรับเป็น

Activator นี้จะมีจำนวนประมาณ 0.5 ถึง 2 ปอนด์ต่อแร่หนึ่งตัน ซึ่งแล้วแต่ปริมาณและลักษณะของแร่ที่ทำการแยกเช่นกัน

(4) สารที่ใช้สำหรับทำผิวแร่บางชนิดให้กลายเป็นมีลักษณะคล้ายซัลไฟด์ ซึ่งเรียกว่า "ซัลฟีไดซิ่ง เอเย่นต์" (Sulphidizing Agent) ตัวอย่างเช่นใช้โซเดียมซัลไฟด์ใส่ลงไปในแร่ปนน้ำเพื่อช่วยทำการแยกแร่ตะกั่วคาร์บอเนต (Lead Carbonate) โดยการให้โซเดียมซัลไฟด์เปลี่ยนผิวของมัน เป็นต้น สารพวกนี้มีปริมาณของการใช้ใกล้เคียงกับพวกสาร Activator

(5) สารที่ใช้สำหรับทำให้เม็ดแร่หินทรายเล็ก ๆ กระจายตัวออกจากกันเพื่อทำให้การแยกแร่โดยวิธีลอยแร่นี้ได้แร่ที่ต้องการสะอาดขึ้น สารจำพวกนี้เรียกกันว่า "ดิสเพิสซิ่งเอเย่นต์" (Dispersing Agent) สารพวกนี้ได้แก่ โซเดียมซิลิเกต (Sodium silicate) เป็นต้น ปริมาณที่ใช้ประมาณใกล้เคียงกับสารพวกที่เป็น pH regulator

การที่จะใช้สารเคมีอย่างใดบ้างเป็นจำนวนเท่าใดนั้นย่อมขึ้นอยู่กับชนิดของแร่ และลักษณะของแร่ที่จะทำการแยกนั้น การแยกแร่ดีบุกโดยวิธีนี้เหมาะสมสำหรับการแยกแร่ดีบุกซัลไฟด์ หรือแร่สแตนไน้ท์ (Stannite) หรือใช้สำหรับแยกแร่ไพไร้ท์ออกจากแร่ดีบุกอ๊อกไซด์ (Cassiterite) เป็นต้น ในปัจจุบันนี้ได้มีผู้ประดิษฐ์สารเคมีใหม่ ๆ ขึ้นใช้ในวงการลอยแร่อีกหลายชนิด แต่มักนิยมเรียกกันเป็นชื่อทางการค้า (trade name) ซึ่งส่วนประกอบอันนี้ได้รักษาเป็นความลับกันอยู่ บริษัทผู้ผลิตคงโฆษณาแต่เพียงประโยชน์ของการใช้สารเคมีนั้นให้ทราบในเอกสารของบริษัทเท่านั้น

การดำเนินงานและอุปกรณ์เกี่ยวกับการเอาน้ำออกจากแร่

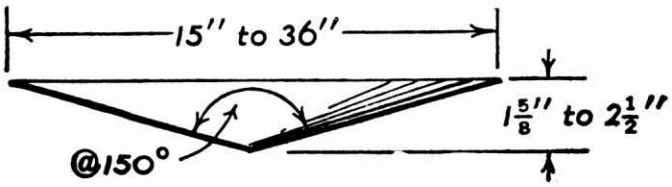
ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่า ภายหลังจากการแยกแร่หรือแต่งแร่ ก็จะได้แร่สะอาดหรือหัวแร่ซึ่งมีคุณสมบัติถูกต้องตามความต้องการของท้องตลาดหรือโรงถลุงแร่ เว้นแต่ว่า แร่สะอาดที่ได้จากการแยกแร่ครั้งสุดท้ายนั้นบางครั้งก็เป็นแร่ที่แห้งดีแล้ว เช่น แร่ที่ได้จากการแยกด้วยแม่เหล็กไฟฟ้า หรือแร่ที่ได้จากการแยกด้วยเครื่องไฟฟ้าสถิตหรือไฟฟ้าแรงสูง ในกรณีเช่นนั้นก็อาจจะนำแร่บรรจุถุงส่งไปจำหน่ายหรือส่งไปถลุงได้เลย แต่บางครั้งแร่ที่สะอาดได้จากเครื่องแยกแร่ลำดับสุดท้ายนั้น เป็นแร่ที่ยังเปียกน้ำ หรือปนกับน้ำอยู่ ในกรณีเช่นนั้นก็จำเป็นจะต้องหาทางเอาน้ำออกจากแร่หรือทำให้แร่แห้งโดยวิธีใดวิธีหนึ่งเสียก่อน จึงจะส่งออกจำหน่ายหรือส่งไปถลุงได้ ตามปรกติแร่ดีบุกที่ได้จากเหมืองลานแร่นั้น มักเป็นแร่ที่ไม่ละเอียดมากนัก จึงสามารถที่จะเอาน้ำออกจากแร่ได้ไม่ลำบากนัก เพียงแต่ครั้งแรกเอาแร่เปียก ๆ กองสุม ๆ ไว้สักพักหนึ่งเพื่อให้น้ำส่วนมากไหลออกไปเอง เมื่อได้แร่ที่มีน้ำปนแต่เพียงหมาด ๆ แล้ว ก็เอาแร่นั้นไปผึ่งแดด หรือเอาแร่ไปย่างบนแผ่นเหล็กที่ทำไว้เหนือเตาที่ใช้ไม้ฟืนก็จะได้แร่แห้งสนิทตามต้องการ เหมืองบางแห่งจะสร้างเตาย่างแร่ดังแบบที่แสดงไว้ในรูปที่ 139 ซึ่งส่วนสำคัญของเตาประกอบด้วยผนังเตาด้านในทำด้วยเหล็กเป็นรูปกรวยคว่ำ ข้างล่างทำเป็นที่สำหรับก่อไฟให้ควันออกทางกรวยที่มีอยู่ ผนังเตาด้านนอกใช้แผ่นเหล็กเจาะ



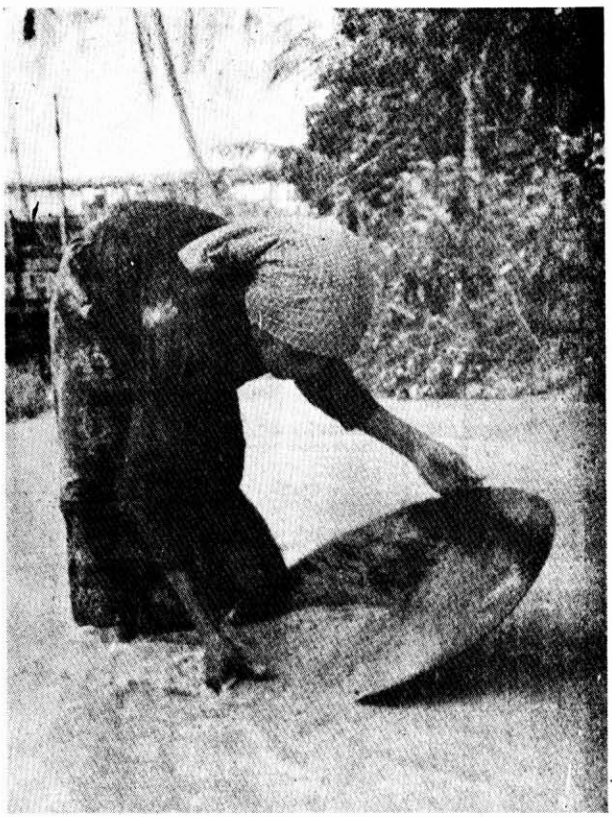
รูปที่ 124 แสดงการล้างแร่ในรางไม้สั้นซึ่งเรียกว่า “แลงชูท” (Lanchute)



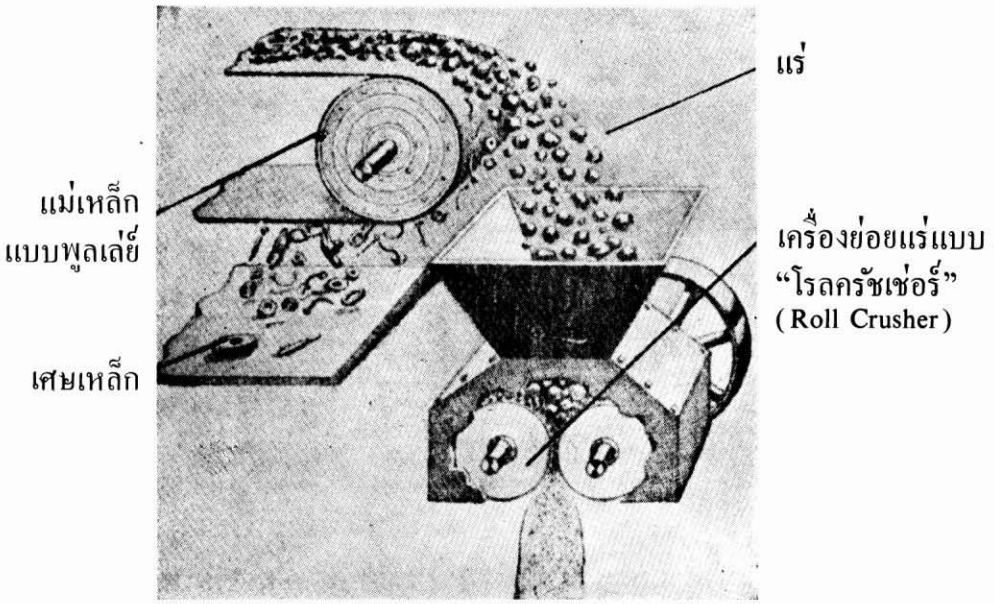
รูปที่ 125 แสดงการแยกแร่หรือล้างแร่ด้วย “ไถ้” (Sieve)



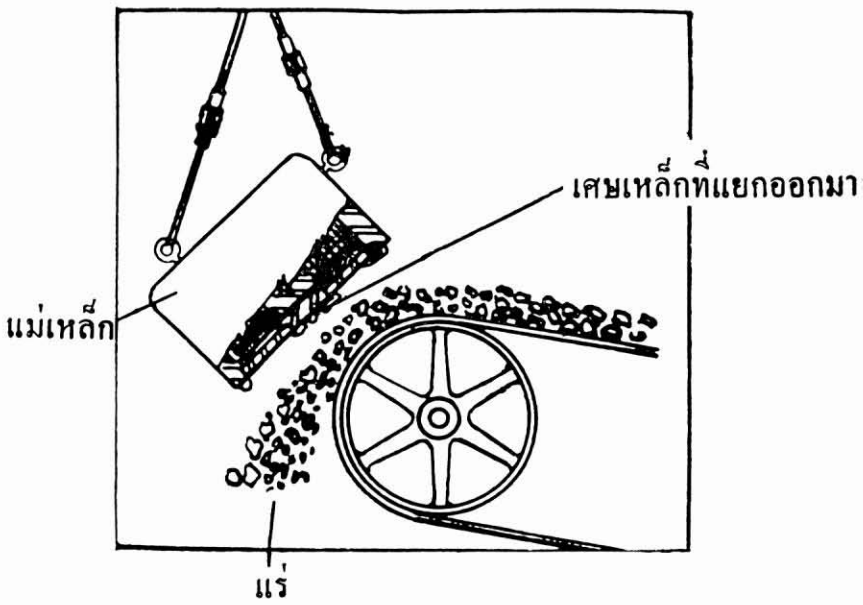
รูปที่ 126 "เลียง" ร่อนแร่



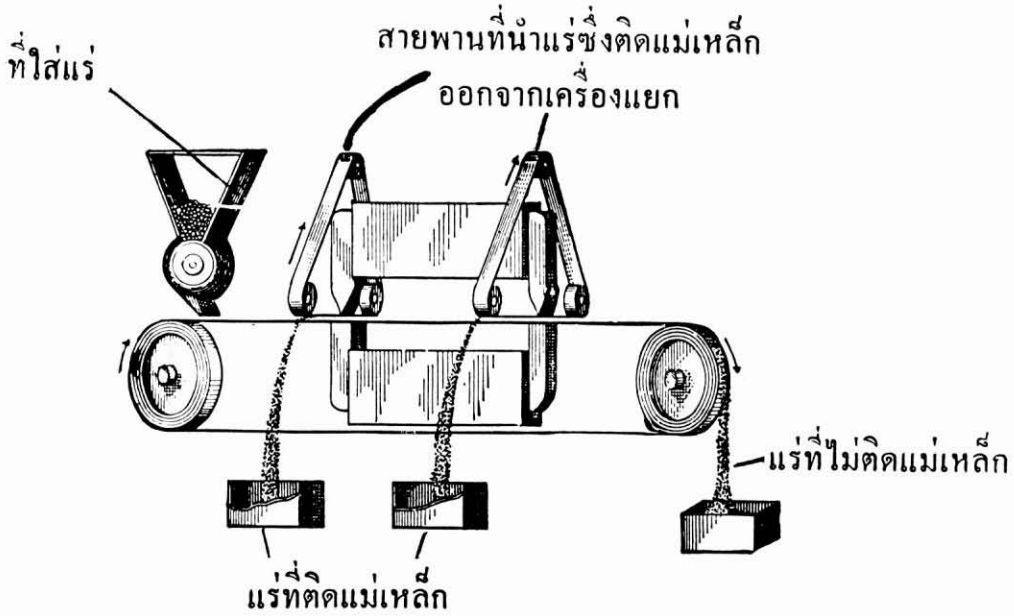
รูปที่ 127 แสดงการร่อนแร่ด้วย "เลียง"



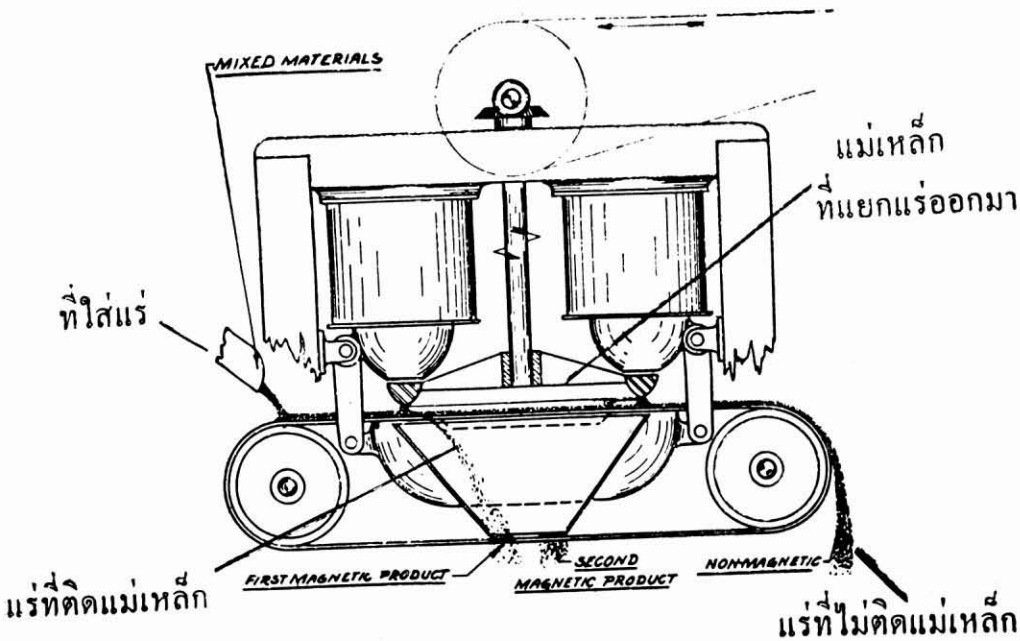
รูปที่ 128 แสดงการแยกเศษเหล็กออกจากแร่
ด้วยแม่เหล็กแบบพูลเล่ย์ (Magnetic Pulley)



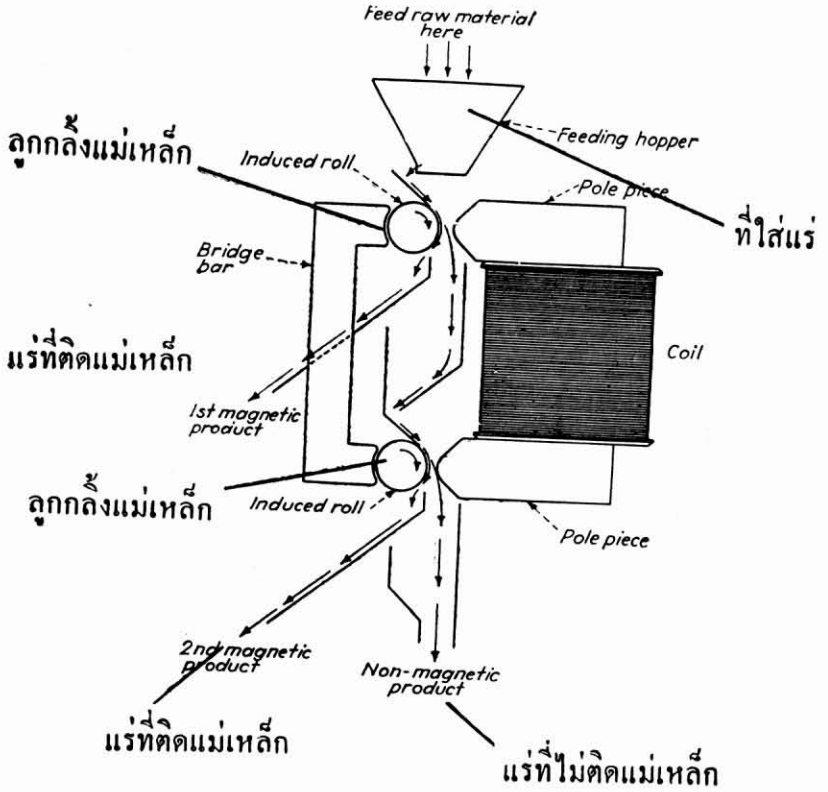
รูปที่ 129 แสดงการแยกเศษเหล็กออกจากแร่ด้วยแม่เหล็กแบบแขวน



รูปที่ 130 เครื่องแยกแร่ด้วยแรงแม่เหล็กแบบ "ครอสเบลท์"
(Cross belt Type Magnetic Separator)

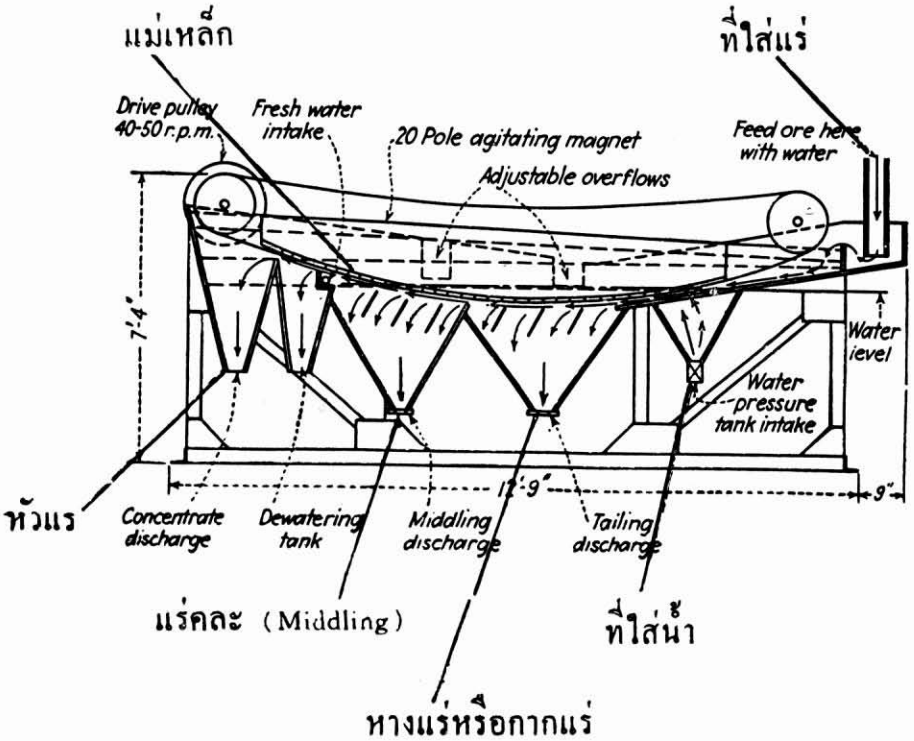


รูปที่ 131 เครื่องแยกแร่ด้วยแรงแม่เหล็กแบบ "ริง"
(Ring Type Magnetic Separator)



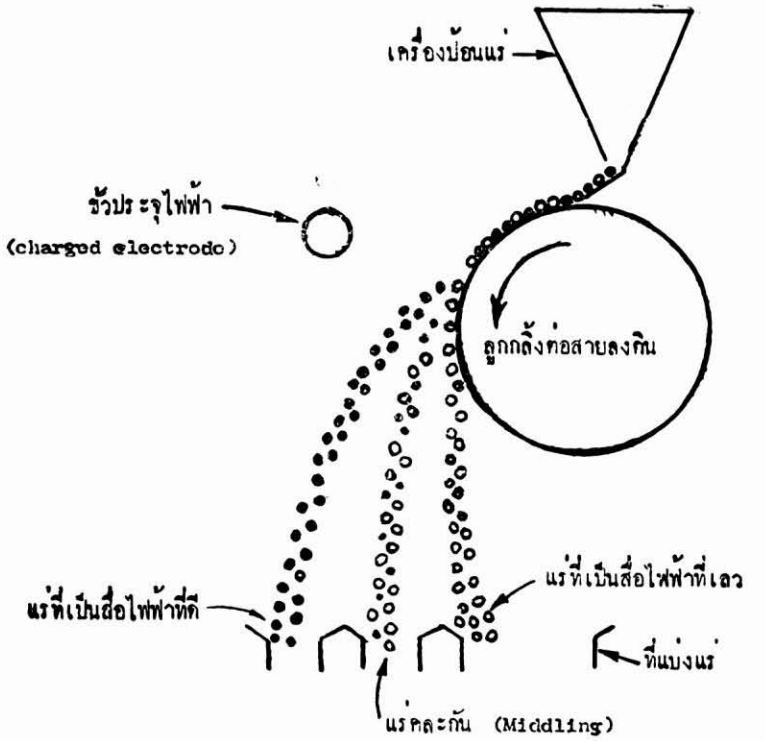
รูปที่ 132 เครื่องแยกแร่ด้วยแรงแม่เหล็กแบบ "อินดิวส์โรล"

(Induced Roll Type Magnetic Separator)

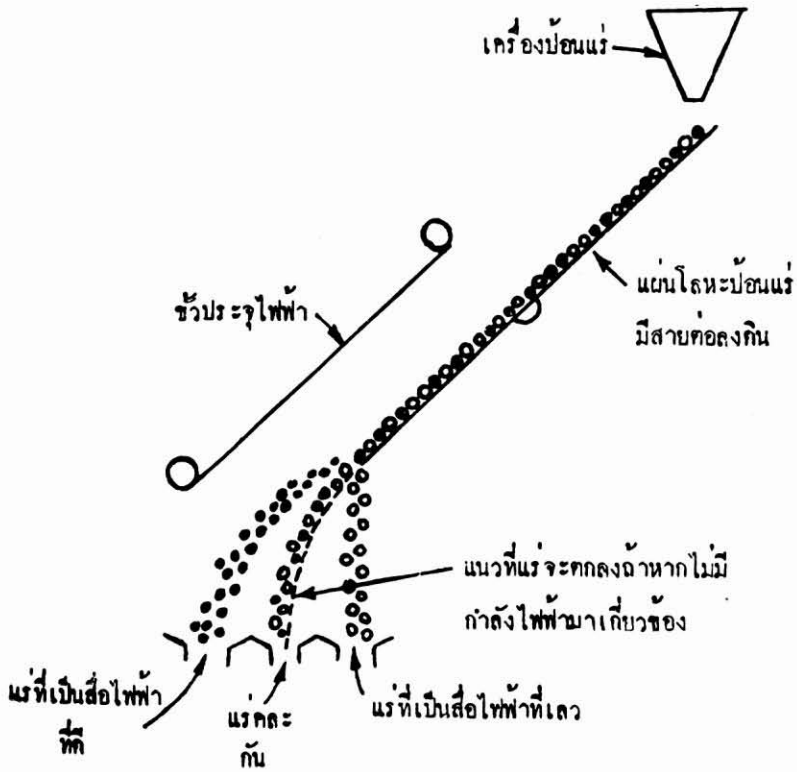


รูปที่ 133 เครื่องแยกแร่ด้วยแรงแม่เหล็กแบบ "ครอคเก็ต"

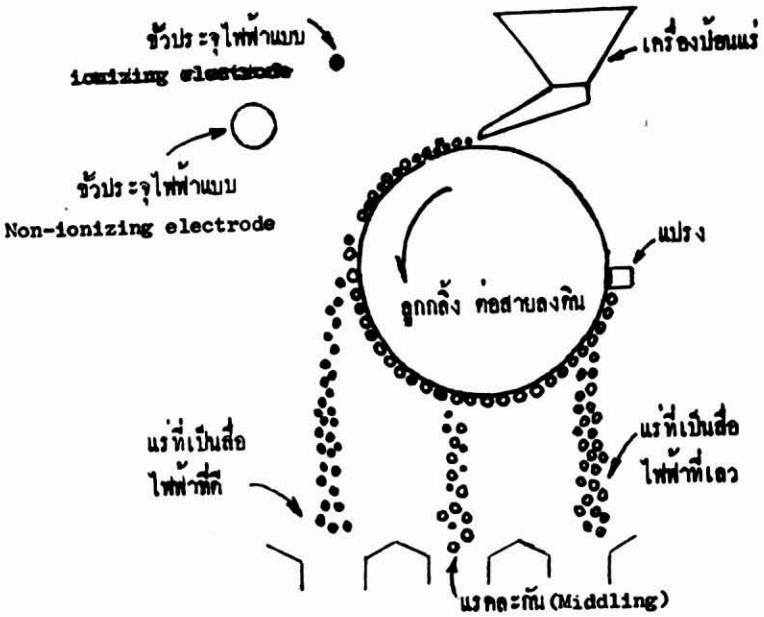
(Crockett Wet Type Magnetic Separator)



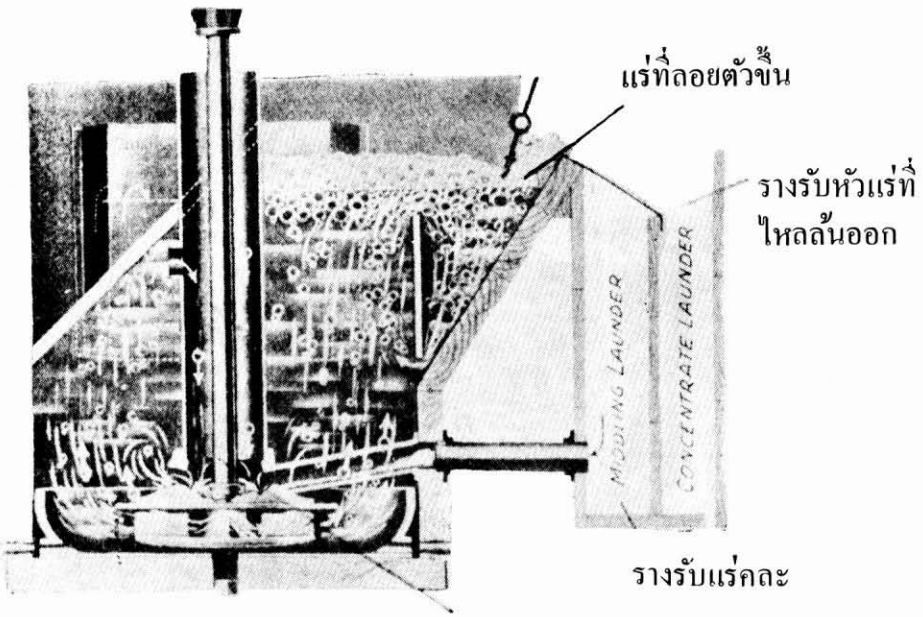
รูปที่ 134 เครื่องแยกแร่ด้วยไฟฟ้าสถิตแบบลูกกลิ้ง
(Conductance Roll Type Electrostatic Separator)



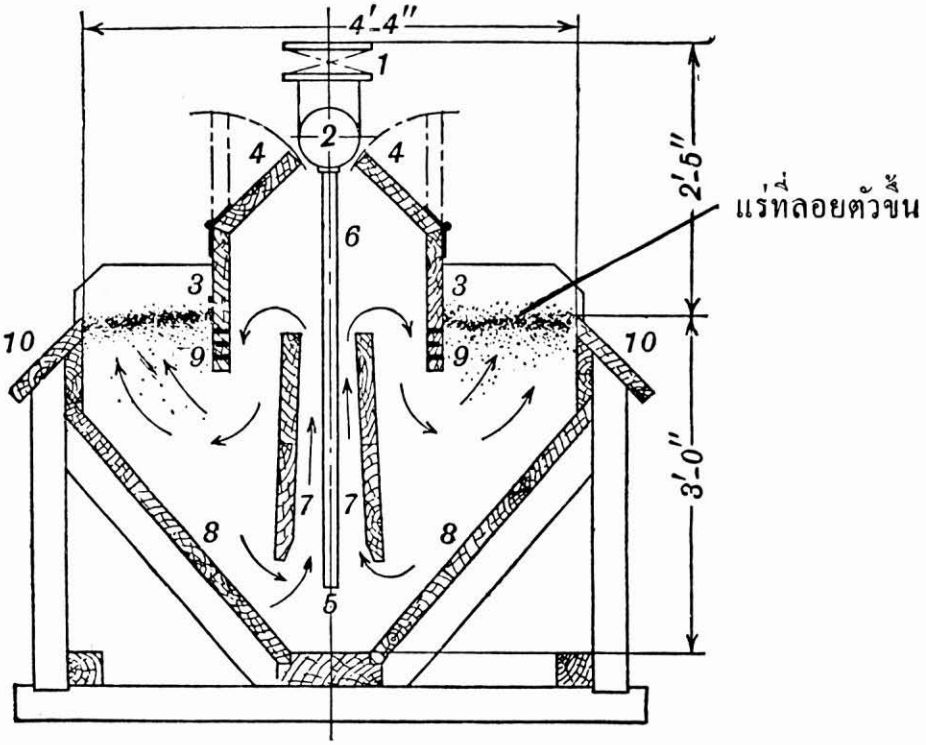
รูปที่ 135 เครื่องแยกแร่ด้วยไฟฟ้าสถิตแบบโลหะ
(Conductance Plate Type Electrostatic Separator)



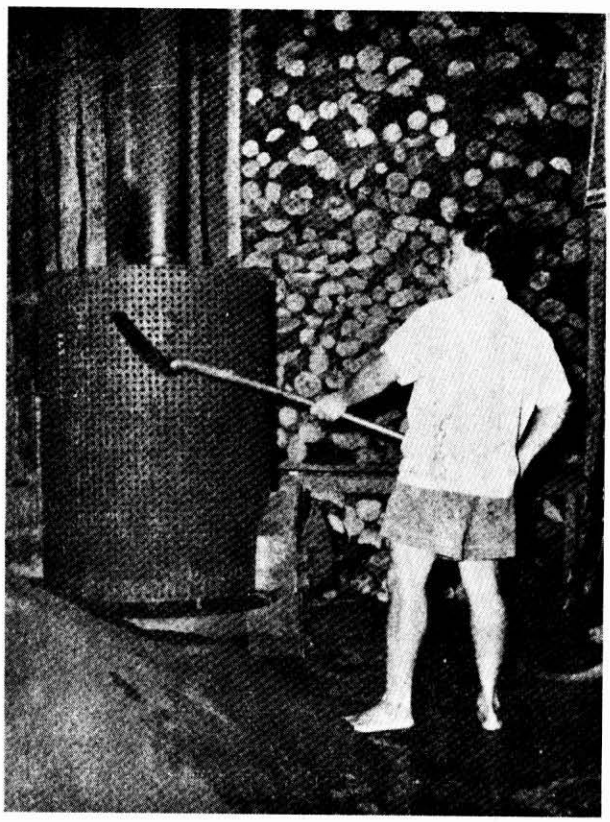
รูปที่ 136 เครื่องแยกแร่ด้วยไฟฟ้าแรงสูง
(High Tension Separator)



รูปที่ 137 เครื่องอุปกรณ์ลอยแร่ที่ใช้เครื่องกลไกกวนแร่ผสมน้ำ



รูปที่ 138 เครื่องอุปกรณ์ลอยแร่ที่ใช้แรงลมอัด สำหรับกวนแร่



รูปที่ 139 เตาย่างแร่แบบที่ใช้แผ่นเหล็กเจาะรู

รูทำเป็นรูปทรงกระบอกครอบลงบนกรวยเหล็ก ซึ่งทำหน้าที่เป็นผนังด้านในของเตา และใช้ที่ว่างระหว่างผนังเตาด้านนอกและในเป็นที่ใส่แร่เปียก ๆ ที่ต้องการเผาให้แห้ง เมื่อแร่ถูกความร้อนซึ่งผ่านมาจากผนังเตาด้านในจนแห้งดีแล้วมันก็จะไหลออกทางรูตะแกรงและนำไปบรรจุกระสอบส่งออกจำหน่ายต่อไป สำหรับเหมืองขนาดใหญ่บางแห่งก็อาจจะสร้างเตาดังแบบที่แสดงไว้ให้เห็นใน*รูปที่ 140* เพื่อใช้ในการย่างแร่ให้แห้ง เตาแบบนี้เป็นแบบเตาหมุน (rotary kiln) ใช้หัวเผา (burner) เป็นอุปกรณ์ให้ความร้อนแร่ที่เปียก ๆ จะถูกป้อนลงในเตาทางด้านตรงกันข้ามกับหัวเผา หรือพูดอีกนัยหนึ่งได้ว่า แร่ถูกป้อนให้ไหลมาตามเตาหมุนซึ่งวางเอียง ๆ และไหลสวนทางกับความร้อนที่ได้จาก burner เมื่อแร่แห้งดีแล้วก็จะไหลออกทางช่องเอาแร่ออกซึ่งอยู่ใกล้กับ burner นั้น และนำไปจำหน่ายหรือส่งโรงถลุงต่อไป

ในกรณีที่แร่สะอาดมีขนาดละเอียด ๆ และยังมีน้ำปนอยู่มากเช่นในกรณีของแร่ชนิดซัลไฟด์ ซึ่งได้จากการแยกด้วยวิธีลอยแร่นั้น การเอาน้ำออกจากแร่มีวิธีการยุ่งยากกว่าที่กล่าวแล้วเล็กน้อย กล่าวคือ ครั้งแรกจะต้องเอาหัวแร่สะอาดซึ่งยังมีน้ำปนอยู่มากไปเข้าถังเกรอะ (Thickener) ซึ่งมีลักษณะดังใน*รูปที่ 141* เพื่อปล่อยให้แร่ตกตะกอนลงสู่ก้นถัง และน้ำใสจะไหลออกจากปากถังไป แร่ที่ตกอยู่ก้นถังนั้นจะถูกสูบออกไปเข้าเครื่องกรอง (filter) ซึ่งมีอยู่หลายแบบด้วยกัน เช่นแบบ "ดรัมฟิลเตอร์" (Drum filter) ซึ่งเป็นแบบที่ใช้ดูดหรือกรองเอาน้ำออกรากแร่โดยกำลังสูญญากาศที่จัดทำขึ้น ทำให้แร่เกาะอยู่ทางด้านนอกของเครื่องกรองซึ่งกรุด้วยผ้าใบ และจะถูกขูดแล้วนำไปทำให้แร่แห้งก็โดยการย่างแร่โดยใช้ความร้อนด้วยเตาที่กล่าวมาแล้ว หรือถ้าหากว่าโรงถลุงยินยอมให้มีน้ำปนอยู่ได้บ้าง ก็อาจจะนำขึ้นรถบรรทุกส่งไปให้โรงถลุงได้เลย

เพื่อให้การดำเนินงานแยกแร่หรือแต่งแร่เป็นไปโดยสะดวกและทุ่นค่าใช้จ่ายในการยกแร่ขึ้นลงจากเครื่องแยกแร่ต่าง ๆ ที่ใช้ในการดำเนินงาน ก็มักจะเลือกสถานที่ที่จัดตั้งโรงแยกแร่ไว้ในที่ที่มีความเอียงหรือความลาดชันพอที่จะทำให้สามารถส่งแร่ โดยปล่อยให้ไหลลงเองได้โดยแรง Gravity สถานที่เช่นนั้นก็ได้แก่สถานที่ตามไหล่เขาเป็นต้น ถ้าหากเหมืองอยู่ในพื้นราบก็จำเป็นจะต้องใช้อุปกรณ์ยกขนตามความเหมาะสม เช่นใช้ "บั๊คเก็ต อีเลเวเตอร์" (Bucket Elevator) หรือสายพานขนแร่ (Belt Conveyor) หรือเครื่องป้อนแร่อย่างอื่นที่เหมาะสมเพื่อช่วยในการยกขนแร่ตามความจำเป็น

การเลือกวิธีการแยกแร่หรือแต่งแร่ดีบุกให้สะอาดว่าจะควรใช้วิธีการใดนั้น ย่อมขึ้นอยู่กับลักษณะและชนิดของแร่และสิ่งเจือปนดังกล่าวแล้ว ดังนั้น จึงจะเห็นได้ว่าบางที่เหมืองต่าง ๆ ก็มีวิธีการดำเนินงานแยกแร่หรือแต่งแร่แตกต่างกันไปตามความเหมาะสม บางเหมืองใช้วิธีการง่าย ๆ โดยใช้เครื่องอุปกรณ์แยกแร่หรือแต่งแร่ไม่กี่ชนิด และบางเหมืองก็ต้องใช้เครื่องอุปกรณ์หลายชนิดมาดำเนินการร่วมกันตามความจำเป็น

การทำแร่ให้สะอาดโดยวิธีการอย่างอื่นทางโลหวิทยา

ตามปรกติเรามีความประสงค์ที่จะทำให้แร่สะอาดตามต้องการโดยใช้วิธีการแยกแร่หรือแต่งแร่ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้นนั้น แต่ในบางกรณีแร่ที่ได้จากเหมืองหรือแร่ที่ได้ผ่านการแยกแร่มาแล้วนั้น ยังมีสิ่งเจือปนอย่างอื่นที่จะทำให้มีความยุ่งยากต่อการถลุง หรือจะทำให้โลหะดีบุกที่ถลุงได้มีสิ่งเจือปนมากอยู่ จึงจำเป็นที่จะต้องใช้วิธีการอย่างอื่นทางโลหวิทยาเข้ามาช่วยดำเนินการเพื่อให้ได้แร่ที่มีความสะอาดตามต้องการ ซึ่งอาจจะทำได้โดยวิธีการต่าง ๆ ตามความเหมาะสมดังตัวอย่างต่อไปนี้คือ :—

(1) ทำการเผาแร่ (roasting) ให้พวกแร่มลทินต่าง ๆ เปลี่ยนแปลงสภาพจากเดิมไป เช่นความถ่วงจำเพาะเปลี่ยนแปลงไป หรือแร่บางอย่าง เช่น แร่ไพไร้ท์ กลายเป็นติดแม่เหล็กได้ดีหรือกำมะถันถูกขับออกเป็นต้น แล้วนำแร่นั้นมาทำการแยกซ้ำใหม่โดยใช้เครื่องอุปกรณ์แยกแร่บางอย่างที่กล่าวแล้ว

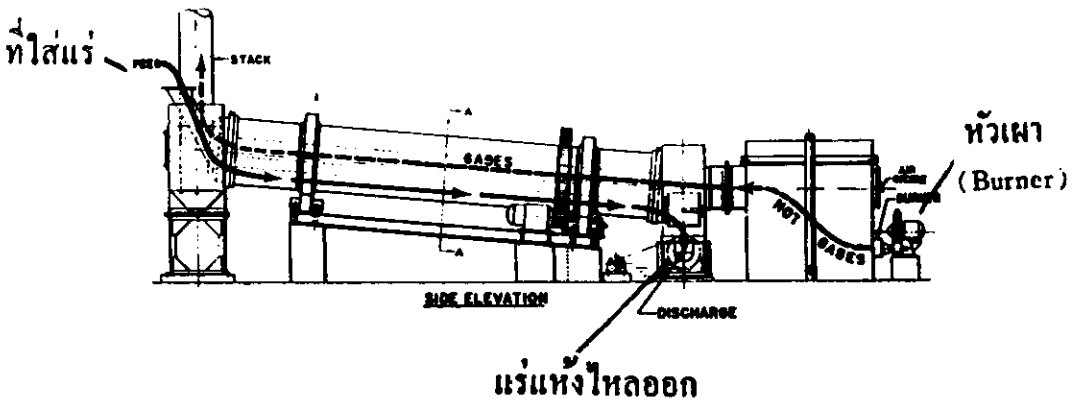
(2) ทำการเผาแร่ภายใต้สภาวะการควบคุมบางอย่างแล้วนำเอาแร่ที่เผาแล้วนั้นไปผสมกับน้ำ หรือกรดเพื่อละลายสารบางอย่างออกไป

(3) ทำการเผาแร่กับสารเคมีบางอย่าง เช่น โซดาแอ๊ช หรือโซเดียมคาร์บอเนต โซเดียมคลอไรด์ หรือสารประกอบอย่างอื่น ทำให้พวกมลทินเกิดสารประกอบบางอย่างขึ้น ซึ่งอาจนำไปผสมกับน้ำหรือน้ำยาเคมีบางอย่างเพื่อละลายมันออกไปได้

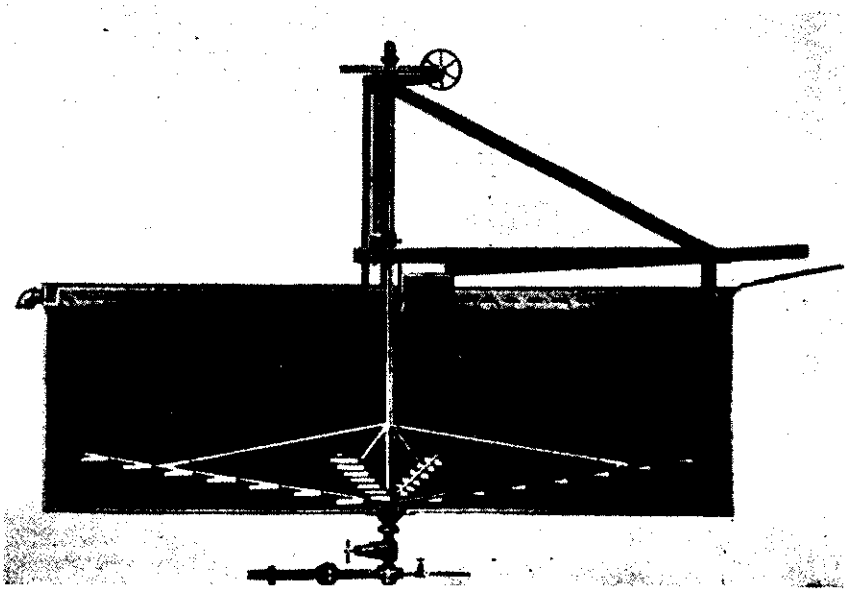
ปรากฏการณ์ที่อาจเกิดจากการเผาแร่ดังกล่าวแล้วข้างต้น อาจจะกล่าวเป็นตัวอย่างให้ทราบได้โดยย่อ ๆ ดังนี้

กล่าวคือเมื่อทำการเผาแร่จนร้อน แร่ดีบุกออกไซด์ (cassiterite) จะไม่มีการเปลี่ยนแปลง แต่มลทินบางอย่างที่เจือปนอยู่จะเปลี่ยนแปลงไป เช่น พวกกำมะถัน (Sulphur) สารหนู (Arsenic) และพลวง (Antimony) จะระเหยเป็นไอออกไป พวกสารที่ละเหยออกไปนี้ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง พวกอาร์เซนิคอ๊อกไซด์ (Arsenic Oxide) จะถูกเก็บไว้โดยเครื่องเก็บฝุ่น ภายหลังจากการเผาแล้ว แร่ที่เหลือก็ได้แก่พวกแร่ดีบุกอ๊อกไซด์ อ๊อกไซด์ของเหล็ก สังกะสี บิสมัธ และพวกทองแดง หรือตะกั่วซัลเฟต กับมีพวกอย่างอื่นเจือปนอยู่อีกเล็กน้อย เช่น พวกแร่ซัลไฟด์ที่ยังไม่ถูกเปลี่ยนแปลง หรือสารประกอบของทังสะเตนกับแร่อย่างอื่นอีกเล็กน้อย

ในการเผาแร่อาจจะมีการควบคุมสภาวะบางอย่างเพื่อให้เหมาะสมกับชนิดของแร่มลทินที่ปนอยู่ เช่นอาจควบคุมการเผาให้อยู่ภายใต้สภาวะของการเพิ่มอ๊อกซิเย่น (Oxidizing) หรือการลดอ๊อกซิเย่น (Reducing) หรือการให้ก๊าซคลอรีนเข้าไป (Chlorinating) และถ้าหากว่าของแร่โตเกินไปซึ่งอาจจะไม่เหมาะแก่การเผาแร่หรือการใช้สารเคมีละลายก็ต้องทำการบดแร่ให้มีขนาดเล็กลงให้เหมาะสมซึ่งตามปรกติมักย่อยหรือบดแร่ให้มีขนาดต่ำกว่า ¼ นิ้ว



รูปที่ 140 เตาย่างแร่แบบหมุนได้
(Rotary Kiln)



รูปที่ 141 ถังเกรอะ
(Thickener)

การเผาแร่อาจจะทำได้โดยใช้เผาในเตาถลุงแร่แบบนอน (Reverberatory furnace) ในเตาหมุน (Rotary kiln) ซึ่งมีลักษณะคล้ายเตาเผาซีเมนต์หรือใช้เตาเผาแร่แบบอื่นตามความเหมาะสม ในการเผาด้วยเตาที่กล่าวแล้ว มักใช้หัวเผา (burner) ซึ่งใช้น้ำมัน ถ่านหินป่น หรือแก๊สเป็นเชื้อเพลิง อุณหภูมิที่ใช้เผาประมาณ 550–650 องศาเซนติเกรด

ภายหลังจากการเผาแร่ บางครั้งจะทำให้แร่มลทินมีค่าของความถ่วงจำเพาะหรือน้ำหนักเปลี่ยนไป ซึ่งอาจนำแร่ที่ได้ภายหลังจากเผาแล้วไปทำการแยกแร่ใหม่โดยใช้วิธีซึ่งอาศัยความแตกต่างของน้ำหนักของแร่เพื่อทำให้แร่มลทินแยกออกจากแร่ดีบุกได้ หรือในบางกรณีแร่มลทินบางชนิด เช่น พวกแร่ไพไร้ท์ หลังจากการถูกเผาให้พอเหมาะแล้วอาจกลายสภาพเป็นแร่ที่แม่เหล็กดูดได้ ก็อาจนำไปผ่านเครื่องแยกแร่ด้วยแรงแม่เหล็กเพื่อแยกออกจากแร่ดีบุกซึ่งไม่ติดแม่เหล็กได้เป็นต้น อย่างไรก็ดี ปรากฏว่าการนำแร่ที่เหลือหลังจากการเผาแร่ไปผสมน้ำหรือกรดบางอย่าง เช่นกรดเกลือหรือใช้น้ำยาเคมีอย่างอื่น เพื่อละลายสารที่สามารถละลายได้ออกมา ก็เป็นวิธีการอย่างหนึ่งที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย จำนวนน้ำหรือกรดหรือน้ำยาเคมีที่ใช้ละลายขึ้นอยู่กับปริมาณของสารที่จะละลายได้ซึ่งมีอยู่ในแร่ และใช้เวลาทำการละลายนานเพียงใดนั้น ก็ย่อมแล้วแต่ลักษณะและปริมาณของสารที่จะถูกละลาย ในบางครั้งเพื่อช่วยให้การละลายได้ผลดีขึ้น ก็จะทำการละลายภายใต้สภาวะความกดดัน (pressure) หรืออุณหภูมิที่ควบคุมให้เหมาะสม การแยกเอาแร่ดีบุกสะอาดออกจากสารที่ละลายอยู่ในน้ำหรือกรดนั้น อาจทำได้โดยการกรอง แล้วล้างแร่ซ้ำด้วยน้ำร้อน ๆ เพื่อให้สารละลายออกไปให้หมด

การใช้วิธีเผาและใช้กรดละลายภายหลังนั้น มีผู้กล่าวว่าอาจจะไม่เหมาะสมสำหรับการที่จะแยกเอาพลวงออกนัก ถ้าหากว่าพวกพลวงถูกเผาให้กลายเป็นอยู่ในลักษณะ "แอนติโมนี เทตตรอกไซด์" (antimony tetroxide) เพราะว่าพลวงที่เกิดอยู่ในลักษณะนี้จะไม่ระเหยออกไป และจะไม่ละลายในกรดด้วย การที่จะแยกเอาพลวงซึ่งเกิดอยู่ในลักษณะนี้ออกไปอาจทำได้โดยการเผาพร้อมกับใช้สารเคมีบางอย่างผสมลงไปให้ทำหน้าที่เป็นตัวลดอ๊อกซิเย่น เช่น ใช้เฟอรัส ซัลเฟต (ferrous sulphate) หรือเหล็กคลอไรด์ ทำหน้าที่เป็นตัวลดอ๊อกซิเย่นก็ได้ ทั้งนี้ก็เพื่อแปรสภาพของพลวงให้กลายไปอยู่ในลักษณะของพลวงที่ละลายในกรดได้ กล่าวกันว่า การกระทำโดยวิธีนี้จะทำให้แยกพลวงออกไปได้เกือบหมดสิ้น

สำหรับหัวแร่ดีบุกซึ่งมีแร่ทังสะเตนปนอยู่ อาจนำมาเผากับโซเดียมคาร์บอเนตหรือโซเดียมซัลเฟต โดยใช้อุณหภูมิประมาณ 600 องศาเซนติเกรด เพื่อทำให้เกิดเป็นโซเดียมทังสะเตต แต่ต้องระวังอย่าใช้โซเดียมคาร์บอเนตให้มากเกินไป เพราะมันอาจจะทำให้แร่ดีบุกอ๊อกไซด์กลายเป็นโซเดียมแสตนเนตไปด้วย โซเดียมทังสะเตตละลายในน้ำได้ ดังนั้นจึงเอาแร่ที่เผาแล้วมาผสมกับน้ำเพื่อให้ละลายโซเดียมทังสะเตตและกรองออกไปเสียจากแร่ดีบุก

ในกรณีที่หัวแร่ดีบุกปนอยู่กับพวกแร่ซัลไฟด์นั้น อาจนำแร่มาเผากับเกลือ (Sodium Chloride) ภายใต้บรรยากาศของการเพิ่มอ๊อกซิเย่น (oxidizing atmosphere) ทำให้เกิดเป็นพวกโซเดี่ยมซัลเฟต และพวกคลอไรด์ของโลหะที่เป็นมลทิน โดยที่แร่ดีบุกอ๊อกไซด์จะไม่เกิดปฏิกิริยาแต่อย่างใด ในการเผา พวกสารคลอไรด์บางชนิดจะระเหยออกไปจากเตา พวกบิสมัธ ตะกั่ว สารหนู และพลวง บางส่วนก็อาจจะถูกขับออกไปพร้อมควันที่ออกไปจากเตาเผาด้วย และตามปรกติแร่ที่ถูกเผาแบบนี้มักจะนิยมนำเอาแร่ที่ได้หลังจากการเผาไปผสมกับน้ำหรือกรดเพื่อละลายสารมลทินที่ละลายได้ออกมาเสียจากแร่ดีบุกอีกครั้งหนึ่งดังกล่าวแล้ว

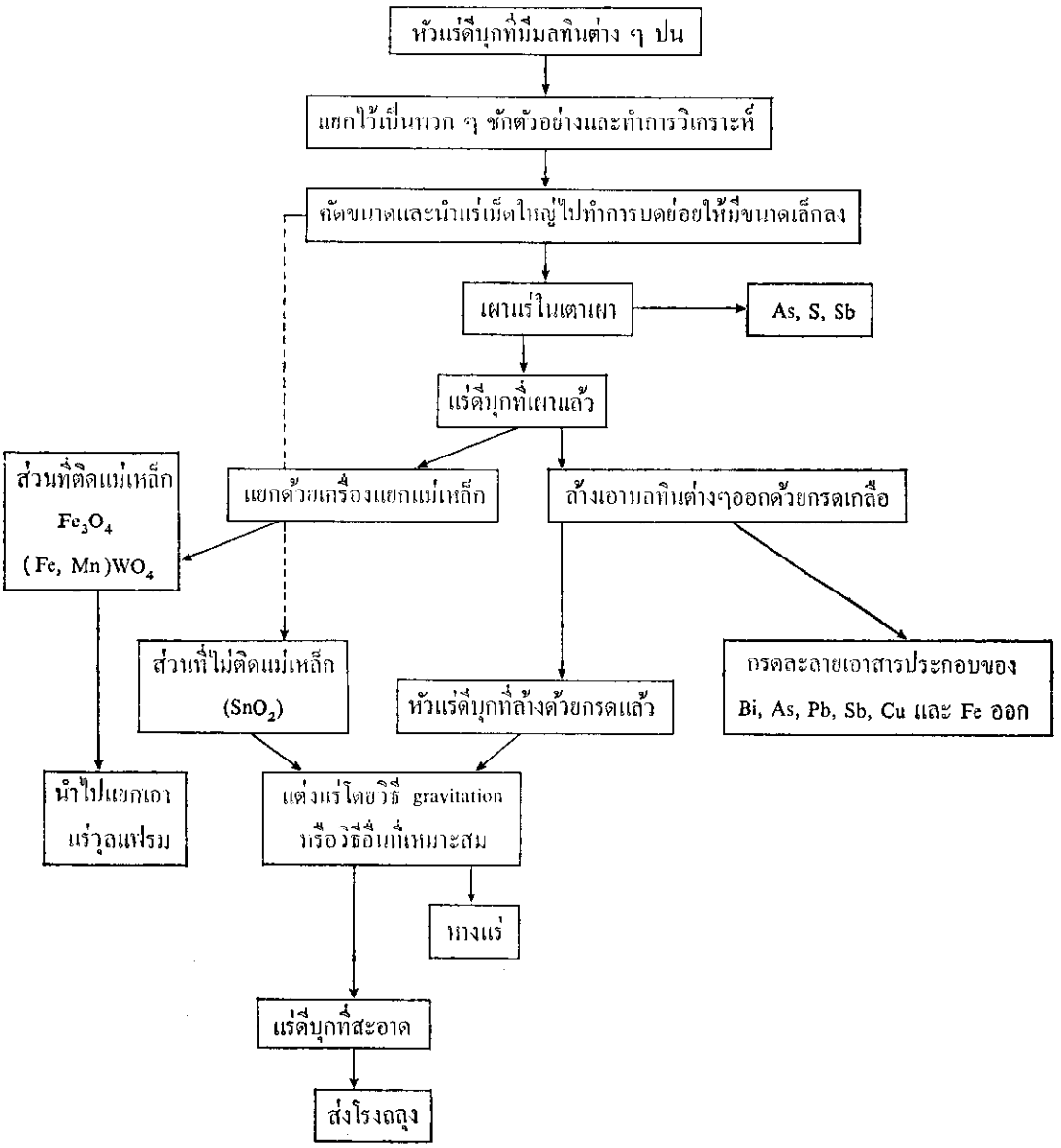
ตามที่ได้กล่าวแล้วจะเห็นได้ว่า การทำแร่ดีบุกให้สะอาดเพื่อให้เหมาะแก่การส่งออกจำหน่ายหรือส่งไปถลุงนั้น อาจทำได้โดยทำการแยกแร่หรือแต่งแร่ตามกรรมวิธีต่าง ๆ ที่กล่าวมาแล้ว และนอกจากนั้นยังมีวิธีการที่จะช่วยทำความสะอาดแร่ดีบุกได้โดยใช้กรรมวิธีทางโลหวิทยาบางอย่างได้ด้วย อย่างไรก็ดีเท่าที่บรรยายมานี้เป็นเพียงแต่หลักการทั่ว ๆ ไป เกี่ยวกับการที่จะทำให้แร่สะอาดเหมาะแก่การจำหน่ายและถลุงเท่านั้น ฉะนั้น ผู้ที่มีความประสงค์จะทราบรายละเอียดต่าง ๆ ให้มากกว่าที่กล่าวมาแล้ว ก็จำเป็นจะต้องไปศึกษาหาความรู้เพิ่มเติมจากหนังสือหรือเอกสารเกี่ยวกับเรื่องนี้โดยเฉพาะ หรือสอบถามท่านผู้รู้หรือเชี่ยวชาญในทางนี้ต่อไป

วิธีกรรมถลุงแร่ดีบุก

การทำแร่ดีบุกให้สะอาดขั้นสุดท้ายก่อนทำการถลุง

ตามปรกติแร่ดีบุกที่โรงถลุงรับซื้อเพื่อทำการถลุงได้ผ่านกรรมวิธีแต่งแร่มาแล้ว โรงถลุงจะทำการชักตัวอย่างและวิเคราะห์หาปริมาณดีบุกที่อยู่ในแร่ รวมทั้งมลทินอื่น ๆ ที่ปะปนมา ถ้าแร่ดีบุกมีความบริสุทธิ์สูงและมีมลทินต่างๆน้อยมาก ก็ไม่จำเป็นจะต้องนำไปทำความ

แผนลำดับแสดงการเตรียมแร่ดีบุกขั้นสุดท้ายก่อนทำการถลุงได้แสดงไว้ดังต่อไปนี้



สะอาดอีก สามารถนำไปถลุงได้เลย แต่ถ้าในแร่ดีบุกนั้นมีมลทินต่าง ๆ เช่น สารประกอบของกำมะถัน สารหนู พลวง ตะกั่ว บิสมัท เป็นต้น ปะปนอยู่มาก จำเป็นต้องนำแร่นั้นมาทำให้สะอาดต่อไป เพราะถ้านำไปถลุงเลยโดยไม่ขจัดมลทินต่างๆออกเสียก่อนแล้ว ก็จะทำให้มลทินต่าง ๆ ที่ไม่ต้องการผสมอยู่ในเนื้อโลหะดีบุกที่ถลุงได้ ซึ่งจะเป็นอุปสรรคต่อการที่จะทำโลหะดีบุกให้มีความบริสุทธิ์ได้มาตรฐาน เพราะจะต้องใช้กรรมวิธีที่ยุ่งยากและเพิ่มค่าใช้จ่าย ทำให้ค่าการผลิตโลหะสูงขึ้น ดังนั้นโรงถลุงดีบุกที่ทันสมัยจึงต้องทำการขจัดมลทิน หรือสิ่งเจือปนอื่น ๆ ที่ไม่พึงประสงค์ออกจากแร่ดีบุกให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ ก่อนที่จะนำแร่ไปทำการถลุง

การเผาแร่ดีบุก (Roasting Tin Concentrates)

การเผาแร่ดีบุกมีวัตถุประสงค์เพื่อขจัดมลทินต่างๆ ที่ไม่ต้องการออกจากแร่ดีบุกเพราะมลทินต่างๆ เช่น กำมะถัน สารหนู และพลวง เป็นต้น จะก่อให้เกิดความยุ่งยากในขั้นการทำโลหะให้บริสุทธิ์ในภายหลัง การขจัดมลทินต่าง ๆ โดยการเผาแร่ อาจกล่าวโดยสังเขปดังต่อไปนี้

ในขั้นแรก เป็นการเปลี่ยนสภาพของแร่ที่เป็นมลทิน ซึ่งอยู่ในสภาพของสารประกอบซัลไฟด์ให้กลายเป็นสารประกอบออกไซด์ โดยให้ทำปฏิกริยากับออกซิเจนในอากาศในเตาเผาและที่อุณหภูมิที่เหมาะสม ในการเผาแร่นี้ใช้ปฏิกริยาแบบเพิ่ม–ลดออกซิเจน

สารหนู (Arsenic) ที่อยู่ในแร่ดีบุก ตามปรกติจะอยู่ในสภาพของสารประกอบไตรซัลไฟด์ของสารหนู (As_2S_3) ซึ่งเมื่อเผาในที่มีอากาศจะเกิดปฏิกริยาให้สารประกอบไตรออกไซด์ของสารหนู (As_2O_3) ซึ่งเป็นสารที่ระเหยได้ ดังสมการของปฏิกริยา

$$2\,As_2S_3 + 9\,O_2 \longrightarrow 2\,As_2O_3 + 6\,SO_2$$

แต่ถ้ามีอากาศมากเกินพอ จะทำให้การขจัดสารหนูไม่ได้ผล เพราะไตรออกไซด์ของสารหนูจะเปลี่ยนสภาพเป็นสารประกอบเพนต์ออกไซด์ดังนี้

$$As_2O_3 + O_2 \longrightarrow As_2O_5$$

สารหนูซึ่งอยู่ในสภาพของสารประกอบเพนต์ออกไซด์ (As_2O_5) เป็นสารที่ไม่ระเหย จะรวมตัวกับออกไซด์ของเหล็ก (FeO) และปูนขาว (CaO) ที่ผสมอยู่ในแร่ และจะคงอยู่ในแร่ที่เผาแล้ว เมื่อนำไปถลุงก็จะทำปฏิกริยากับถ่าน กลายเป็นโลหะ และผสมอยู่ในเนื้อโลหะที่ถลุงได้

ปฏิกริยาของแร่ซัลไฟด์ของพลวงก็เช่นเดียวกับของสารหนู คือเมื่อเผาโดยควบคุมอุณหภูมิและปริมาณอากาศก็จะเกิดไตรออกไซด์ของพลวง (Sb_2O_3) ซึ่งเป็นสารประกอบที่ระเหยได้ ดังสมการของปฏิกริยาดังนี้

$$2\,Sb_2S_3 + 9\,O_2 \longrightarrow 2\,Sb_2O_3 + 6\,SO_2$$

แต่ถ้ามีอากาศมากเกินพอ และอุณหภูมิของเตาเผาสูงเกิน 400 องศาเซ็นติเกรด ก็จะปลี่ยนสภาพได้โดยง่าย ดังสมการของปฏิกริยาดังนี้

$$2\,Sb_2\,O_3 + O_2 \longrightarrow 2\,Sb_2\,O_4$$

พลวงซึ่งอยู่ในสภาพของสารประกอบเทตตรอกไซด์ ($Sb_2\,O_4$) เป็นสารที่ไม่ระเหย จะรวมอยู่ในแร่ที่เผาแล้ว

สำหรับแร่บิสมัทซึ่งอยู่ในสภาพของบิสมัทไตรซัลไฟด์ ($Bi_2\,S_3$) ซึ่งรวมอยู่ในแร่ดีบุกจะกลายเป็นบิสมัทไตรออกไซด์ เมื่อถูกเผา ดังสมการของปฏิกริยาดังนี้

$$2\,Bi_2\,S_3 + 9\,O_2 \longrightarrow 2\,Bi_2\,O_3 + SO_2$$

บิสมัทไตรออกไซด์ ($Bi_2\,O_3$) นี้ มีคุณสมบัติตรงกันข้ามกับไตรออกไซด์ของพลวงหรือของสารหนู เพราะบิสมัทไตรออกไซด์เป็นสารประกอบที่ไม่ระเหย จะรวมอยู่ในแร่ที่เผาแล้ว ซึ่งจะแยกออกได้โดยใช้ละลายในกรดเกลือ บิสมัทไตรออกไซด์บางส่วนอาจคงเหลืออยู่ในแร่ที่ผ่านการล้างด้วยกรดแล้ว และจะเปลี่ยนสภาพเป็นโลหะ รวมตัวอยู่ในโลหะดีบุกที่ถลุงได้ ซึ่งในการเผาแร่แบบเพิ่ม–ลดออกซิเจนนี้ ตามปกติต้องใช้ถ่านเติมเข้าไปในเตาเผาประมาณร้อยละ 6–10 ของน้ำหนักแร่ ปริมาณของถ่านที่ใช้ขึ้นอยู่กับปริมาณของกำมะถัน ถ้าแร่มีปริมาณของกำมะถันสูงจะใช้ถ่านน้อยกว่าแร่ที่มีกำมะถันต่ำ วิธีการเผาแร่แบบเพิ่ม–ลดออกซิเจนนี้ใช้ขจัดกำมะถัน สารหนู และพลวงออกจากแร่ดีบุก

การที่ต้องเติมถ่านเข้าไปในแร่ที่กำลังเผาในเตา จะช่วยให้เกิดบรรยากาศลดออกซิเจน (reducing atmosphere) เล็กน้อยในเตา เพื่อลดออกซิเจนในสารที่ไม่ระเหย เช่น เพนต์-ออกไซด์ ของสารหนู ($As_2\,O_5$) และเทตตรอกไซด์ของพลวง ($Sb_2\,O_4$) ให้เปลี่ยนสภาพเป็นสารประกอบไตรออกไซด์ เช่น $As_2\,O_3$ และ $Sb_2\,O_3$ ซึ่งเป็นสารที่ระเหยได้ และแยกตัวออกจากแร่ดีบุก

ในการเผา ถ้ามีแร่คาร์บอเนตต่าง ๆ ที่ปนอยู่ในแร่ เช่น หินปูน จะสลายตัวให้ปูนขาวและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ส่วนแร่ดีบุกจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงใด ๆ ในการเผา และไม่มีการระเหย แต่อาจมีแร่ดีบุกชนิดเม็ดละเอียดมาก ๆ ออกไปทางปล่องพร้อมกับก๊าซจากเตาเผา แต่ก็สามารถเก็บได้โดยใช้เครื่องเก็บฝุ่น ส่วนแร่เหล็กถ้ามีปนมากับแร่ดีบุก ก็จะเปลี่ยนสภาพทำให้ติดแม่เหล็ก

ถ้ามีแร่เหล็กมากเกินไป ก็อาจแยกออกได้โดยใช้เครื่องแยกแร่แบบแม่เหล็ก

นอกจากการเผาแร่โดยวิธี เพิ่ม–ลด ออกซิเจนแล้ว ยังมีวิธีเผาชนิดที่ให้มลทินต่าง ๆ เปลี่ยนสภาพเป็นสารประกอบคลอไรด์ เช่น คลอไรด์ของสารหนู ($As\,Cl_3$) คลอไรด์ของพลวง ($SbCl_3$) คลอไรด์ของตะกั่ว ($Pb\,Cl_2$) และคลอไรด์ของเหล็ก เป็นต้น สารประกอบคลอไรด์เหล่านี้ระเหยได้ และอาจมีบางส่วนยังคงค้างอยู่ในแร่ที่เผาซึ่งสามารถไล่ออก

ได้ภายหลังโดยใช้ละลายในกรดเกลือชนิดเจือจาง วิธีการเผาแบบนี้ใช้เกลือ (Na Cl) ผสมไปกับแร่และเผาในเตาเผาแร่

ฝุ่นที่ออกจากเตาเผา ต้องใช้เครื่องเก็บฝุ่น ตามปรกติจะไม่ให้ถูกความชื้นก่อนเข้าเครื่องเก็บฝุ่น เพราะถ้าใช้เครื่องเก็บฝุ่นแบบที่ใช้ไฟฟ้าสถิต (electrostatic precipitation) ออกไซด์ของสารหนูเป็นตัวนำไฟฟ้าอย่างดีอยู่ในตัวแล้ว โดยไม่จำเป็นต้องให้มีความชื้นเพียงแต่ทำให้ก๊าซเย็นลงถึงอุณหภูมิ 200-250 องศาเซนติเกรด ก็เป็นการเพียงพอ เหตุผลอีกประการหนึ่งที่ไม่ให้ถูกความชื้นก็เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดก๊าซอาซีนซึ่งเป็นก๊าซพิษ

แร่ที่เผาแล้ว (roasted concentrate) อาจมีมลทินต่างๆ เจือปนอยู่ในแร่อีก ก็จะต้องนำมาทำให้สะอาดต่อไป ส่วนจะใช้วิธีใดนั้นขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของมลทินที่เจือปนอยู่ เช่น ถ้าแร่มลทินที่เจือปนนั้น แม่เหล็กดูดติดก็นำมาแยกโดยวิธีแม่เหล็ก ส่วนมลทินต่าง ๆ ซึ่งไม่สามารถแยกออกได้โดยการเผาหรือแยกออกโดยแม่เหล็ก เช่น บิสมัท ทองแดง และตะกั่ว เป็นต้น ก็นำแร่มาล้างด้วยกรดเกลือ ซึ่งกรดจะละลายเอามลทินต่าง ๆ เหล่านี้ออกจากแร่ดีบุก โดยไม่ทำปฏิกริยากับแร่ดีบุก ความเข้มข้นของกรดเกลือ และปริมาณที่จะต้องใช้ขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของมลทินต่าง ๆ ที่ปนอยู่ หลังจากนั้นก็นำแร่ดีบุกไปล้างด้วยน้ำแล้วทำให้แห้งต่อไป แร่ดีบุกที่ได้จะมีความสะอาดขึ้น สามารถนำไปถลุงเอาโลหะดีบุกต่อไป

วิธีการต่าง ๆ ที่กล่าวมานี้เป็นเพียงแนวทาง และหลักการทั่ว ๆ ไป เกี่ยวกับการที่จะทำให้แร่สะอาดเหมาะแก่การจำหน่ายและนำไปถลุงเท่านั้น

การถลุงแร่ดีบุก

เป็นหลักธรรมดาที่ว่า แร่ดีบุกที่สะอาด ย่อมขายได้ราคาดีกว่าแร่ที่มีสิ่งอื่นเจือปนอยู่ด้วย ดังนั้น จึงเกิดความจำเป็นที่ผู้ประกอบการทำเหมืองแร่จะต้องพยายามล้างแร่ให้สะอาดปราศจากมลทินให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ แร่ดีบุกที่จะนำเข้าเตาถลุงนั้น ยิ่งสะอาดยิ่งถลุงง่าย แร่ที่สกปรกนั้นนอกจากจะเสียค่าใช้จ่ายในการทำให้สะอาดขึ้นแล้ว ยังเป็นผลทำให้สิ่งสกปรกบางชนิดที่แยกออกได้ลำบากปนเข้าไปในเนื้อโลหะที่ถลุงได้ ทำให้คุณภาพของโลหะต่ำลงไป และการที่จะทำให้โลหะที่ถลุงได้ให้บริสุทธิ์ขึ้นนั้น ต้องเสียค่าใช้จ่ายแพงกว่าและยุ่งยากกว่าการที่จะทำแร่ให้สะอาดเสียก่อนส่งเข้าเตาถลุง ดังนั้นแร่ดีบุกก่อนจะนำมาถลุงควรจะทำสะอาดให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้

แร่ดีบุกที่สำคัญสำหรับอุตสาหกรรมถลุงดีบุก เป็นแร่ดีบุกชนิดที่เป็นออกไซด์ คือ สารประกอบธรรมชาติที่มีส่วนผสมของธาตุดีบุกกับธาตุออกซิเจน ธาตุดีบุกมีสัญญลักขณ์ Sn และออกซิเจนมีสัญญลักขณ์ O สูตรของแร่ดีบุก คือ SnO_2 คือมีดีบุก 1 ตัว และออกซิเจน 2 ตัว เมื่อบริสุทธิ์จะมีเนื้อโลหะอยู่ในแร่ประมาณ 78.6 เปอร์เซ็นต์ นอกนั้นเป็นก๊าซออกซิเจน

เมื่อเราทราบว่าแร่ดีบุกเป็นสารประกอบของธาตุดีบุกกับธาตุออกซิเจนแล้ว ถ้าเราต้องการโลหะดีบุก เราก็ต้องหาวิธีการที่จะดึงเอาออกซิเจนออกไปจากแร่ให้หมดจึงจะได้โลหะ วิธีการนั้นมีอยู่หลายวิธีด้วยกัน ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมต่างๆเป็นปัจจัยสำคัญ วิธีที่ง่ายที่สุดนิยมทำกันมาตั้งแต่สมัยโบราณจนกระทั่งปัจจุบันนี้ คือการใช้ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ไปดึงออกซิเจนออกจากเม็ดแร่ดีบุก ก๊าซออกซิเจนที่ถูกดึงออกมา จะรวมตัวกับก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์กลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งถ้าจะเขียนเป็นสมการเคมีก็จะเป็นดังนี้

$$SnO_2 + 2\,CO \longrightarrow 2\,Sn + 2\,CO_2$$

หรือแร่ดีบุก + ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ⟶ โลหะดีบุก + ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แต่เดิมมาคนโบราณใช้แร่ดีบุกเผาไฟกับถ่านไม้ ก็ปรากฏได้โลหะดีบุกออกมา ที่เป็นเช่นนั้นก็เพราะว่าถ่านไม้ซึ่งประกอบด้วยธาตุคาร์บอนเป็นส่วนใหญ่นั้น เมื่อร้อนจนติดไฟจะก่อกำเนิดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ซึ่งจะไปดึงเอาออกซิเจนออกจากแร่อีกทีหนึ่ง ถ่านไม้นั้นเองเป็นตัวลดออกซิเจนด้วยปฏิกิริยาทางเคมี ซึ่งเขียนเป็นสมการเคมีตามลำดับได้ดังนี้

$$2\,C + O_2 \text{ (อากาศ)} \longrightarrow 2\,CO$$

$$SnO_2 + 2\,CO \longrightarrow Sn + 2\,CO_2$$

$$\text{และ } SnO + 2\,C \longrightarrow Sn + 2\,CO$$

$$\text{หรือ } SnO_2 + C \longrightarrow Sn + CO_2$$

ในขณะเดียวกันเหล็กซึ่งปนอยู่กับแร่ดีบุกไม่มากก็น้อย จะทำหน้าที่เป็นตัวลดออกซิเจนได้ด้วย ดู ๆ แล้วอาจนึกว่าแร่ดีบุกของไทยนั้นถลุงได้ง่ายมาก แต่การที่จะถลุงให้ได้ดีซึ่งหมายความว่าจะได้ผลกำไรเต็มที่นั้น ทำได้ไม่ง่ายนักเพราะมีข้อยุ่งยากอยู่หลายประการอาทิ เช่น

1. อุณหภูมิที่ใช้ในการถลุงค่อนข้างสูง เมื่อเปรียบเทียบกับจุดหลอมตัวของโลหะดีบุก คือ อุณหภูมิที่ใช้ในการถลุงประมาณ 1200—1300 องศาเซ็นติเกรด ส่วนจุดหลอมตัวของดีบุกเพียง 232 องศาเซ็นติเกรดเท่านั้น ในการถลุงจะมีออกไซด์ของโลหะอื่นถูกลดออกซิเจนมาด้วย ดังที่ได้กล่าวแล้วในเรื่องการเตรียมแร่ก่อนถลุง

2. คุณสมบัติของแร่ดีบุก (SnO_2) เป็นได้ทั้งกรดและด่าง (amphoteric) ถ้าในแร่มีซิลิก้า (SiO_2) มากเกินไป แร่ดีบุกก็จะประพฤติตัวเป็นด่างรวมกับซิลิก้าไปรวมอยู่ในตะกรัน (Slag) แต่ถ้ามีหินปูนมากเกินไป แร่ดีบุกก็จะทำปฏิกิริยา CaO จากหินปูนเป็นแคลเซี่ยมแสตนเนต ไปรวมอยู่ในตะกรันทำให้แร่ดีบุกหายไปอยู่ในตะกรันทั้งสองกรณี ซึ่งเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ จะต้องพยายามไม่ให้เกิดตะกรันมากเกินไป จะต้องควบคุมปริมาณของวัตถุผสม (flux) ให้เพียงพอกับความต้องการ ตะกรันดีบุกที่ได้จากการถลุงแร่ ตามปรกติ

จะมีดีบุกอยู่ประมาณร้อยละ 10 ถึงร้อยละ 25 วัตถุผสมเพื่อให้เกิดตะกรันอาจใช้ทราย หินปูน จะต้องอาศัยการคำนวณ ตะกรันมีหน้าที่คลุมผิวโลหะดีบุกในเตาถลุงเพื่อลดการสูญเพลิง

3. โลหะดีบุกเมื่อหลอมละลายในเตาถลุงซึ่งใช้อุณหภูมิสูง จะไหลเร็วเหมือนปรอท ทำให้รั่วออกไปได้ง่าย เพราะเตาถลุงสร้างขึ้นด้วยอิฐทนไฟ อาจมีรอยแตกเล็ก ๆ แม้แต่ในอิฐทนไฟเองก็มีรูพรุนอยู่ แต่ดีบุกที่ซึมเข้าไปในพื้นเตานี้จะเก็บได้ก็ต่อเมื่อรื้อเตา

4. แร่ดีบุกในสภาพของแร่ซัลไฟด์ ถ้าปนอยู่ในแร่จะระเหยได้ง่าย และเชื้อเพลิงที่ใช้ต้องมีปริมาณกำมะถันอยู่ต่ำ

ในสมัยก่อนการถลุงแร่ดีบุกทำกันง่าย ๆ โดยก่อเตาขนาดเล็กด้วยดินเอาแร่ดีบุกปนกับถ่านไม้ใส่ตอนบนของเตา ตอนล่างมีรูสำหรับให้โลหะไหลออก และด้านตรงข้ามกับรูให้โลหะไหลออกนี้ มีรูสำหรับพ่นลมเข้าไปในเตา รูพ่นลมนั้นมีระดับสูงกว่ารูสำหรับให้โลหะไหลออกเล็กน้อย เตาถลุงขนาดเล็กและโบราณในสมัยก่อนมีอยู่ทั่วไปในบริเวณที่มีแร่ดีบุก ปัจจุบันนี้ไม่มีแล้ว เตาแบบที่กล่าวยังพอหาดูได้ที่โรงงานถลุงของเอกชนในจังหวัดธนบุรี สหรัฐอเมริกาเป็นประเทศที่ใช้ดีบุกมากที่สุดในโลก แต่ไม่มีแหล่งแร่ดีบุกของตนเอง ระหว่างสงครามโลกครั้งที่หนึ่งอเมริกามีโรงถลุงดีบุกอยู่ 3 โรง หลังสงคราม โรงถลุงเหล่านี้ไม่สามารถขันสู้กับโรงถลุงอื่น ๆ นอกประเทศได้ จนกระทั่งสงครามโลกครั้งที่สอง รัฐบาลอเมริกันจึงได้สนับสนุนเสริมสร้างโรงถลุงแห่งหนึ่งในรัฐเท็กซัส โรงถลุงโรงนี้ดำเนินการต่อมาจนกระทั่งปัจจุบัน และเป็นโรงถลุงดีบุกที่ใหญ่ที่สุดโรงหนึ่งของโลก ประเทศไทยส่งแร่ดีบุกออกไปจำหน่ายต่างประเทศตลอดมาจนเกิดสงครามโลกครั้งที่สอง แร่ขายออกไม่สะดวก จึงมีผู้สร้างโรงถลุงเล็ก ๆ ซึ่งทำการถลุงดีบุกโดยวิธีโบราณดังกล่าวมาแล้วเกิดขึ้นในประเทศหลายโรง สงครามสงบแล้วโรงถลุงเหล่านี้ก็เลิกราไปเช่นเดียวกับอุตสาหกรรมยามจำเป็นอื่น ๆ เพราะค่าผลิตสูงกว่าโรงถลุงใหญ่ ๆ ไทยเราต้องซื้อโลหะดีบุกเข้ามาใช้ภายในประเทศจำนวนหนึ่งตลอดมา จนถึงปี พ.ศ. 2500 กรมทรัพยากรธรณีได้ออกแบบสร้างโรงถลุงขนาดเล็กขึ้นโรงหนึ่ง โดยมีจุดประสงค์เพื่อทำการทดลองถลุงแร่ดีบุกโดยวิธีการแบบใหม่ตามอย่างที่ต่างประเทศเขาทำกันอยู่ ในขณะเดียวกันก็เป็นการฝึกฝนคนไทยให้รู้จักการดำเนินงานเกี่ยวกับอุตสาหกรรมถลุงแร่ดีบุกไว้ด้วย เมื่อกรมทรัพยากรธรณีสร้างโรงถลุงขึ้นและได้ทำการทดลองค้นคว้าการถลุงตามแผนใหม่ได้เป็นผลสำเร็จ ศูนย์อุตสาหกรรมเหมืองแร่ (องค์การเหมืองแร่) จึงได้ผลิตโลหะออกสู่ตลาด เป็นผลให้ราคาโลหะดีบุกลดลงไปอย่างมาก ทำให้หน่วยราชการ รัฐวิสาหกิจ และบริษัทห้างร้านต่าง ๆ ที่ใช้ดีบุกอยู่เป็นประจำประหยัดค่าใช้จ่ายได้มากพอสมควร ถือได้ว่าการสร้างโรงถลุงดีบุกนี้ได้ประสบความสำเร็จทุกประการ แม้ว่าราคาดีบุกที่ออกจำหน่ายในท้องตลาด เมื่อเปรียบเทียบกับราคาดีบุกของ

ต่างประเทศจะมีราคาสูงกว่ากันบ้างเล็กน้อย เพราะเป็นเตาถลุงขนาดเล็ก แต่ก็ได้ผลิตโลหะดีบุกสนองความต้องการของอุตสาหกรรมภายในประเทศโดยไม่ต้องรอเวลาการสั่งซื้อและขนส่งดีบุกจากต่างประเทศ และได้เลิกทำการถลุงเมื่อได้มีการจัดตั้งโรงถลุงขนาดใหญ่ขึ้นในประเทศ ปัจจุบันนี้ได้มีโรงถลุงดีบุก ซึ่งสามารถทำการถลุงแร่ดีบุกทั้งหมดที่ผลิตได้ในประเทศเป็นของบริษัทไทยแลนด์สเมลติ้ง แอนด์รีไฟนิ่ง จำกัด ตั้งอยู่ที่แหลมกลัวย ตำบลวิชิต อำเภอเมือง จังหวัดภูเก็ต ด้วยการร่วมทุนของบริษัทเหมืองแร่บูรพาเศรษฐกิจ จำกัด กับบริษัท Union Carbide Corporation โดยบริษัทเหมืองแร่บูรพาเศรษฐกิจ จำกัด เสนอรัฐบาลขออนุญาตตั้งโรงถลุงดีบุกขนาดใหญ่ขึ้นในประเทศ ต่อมาในปี 2506 คณะรัฐมนตรีได้ลงมติอนุมัติให้ตั้งโรง ถลุงได้โดยให้ได้ รับความช่วย เหลือจากคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุนเพื่อกิจการอุตสาหกรรม บริษัทไทยแลนด์สเมลติ้ง แอนด์รีไฟนิ่ง จำกัด ได้เริ่มก่อสร้างโรงถลุง เมื่อเดือนสิงหาคม 2507 ได้เปิดดำเนินการในเดือนสิงหาคม 2508 โดยใช้เตาถลุงแบบเตานอนจำนวน 2 เตา ต่อมาได้สร้างเตาถลุงแบบเตานอนเพิ่มขึ้นอีก 2 เตา รวมเป็น 4 เตา เตาไฟฟ้าสำหรับถลุงตะกรันจำนวน 1 เตา และเตาเผาแร่ 1 เตา สำหรับรายละเอียดทางด้านเทคนิค ในเรื่องการถลุงแร่ดีบุกของบริษัท ไทยแลนด์สเมลติ้ง แอนด์รีไฟนิ่ง จำกัด โดยนายเผ่าเทพ โชตินุชิต เสนอต่อที่ประชุมในการประชุมเหมืองแร่ภาคพื้นเอเชีย ครั้งที่ 6 ณ หอประชุมติโลกราช จังหวัดเชียงใหม่ เมื่อเดือนกุมภาพันธ์ 2509

การถลุงแร่ดีบุกของ
บริษัทไทยแลนด์ สเมลติ้ง แอนด์ รีไฟนิ่ง จำกัด

โดย นายเผ่าเทพ โชตินุชิต

คำนำ

จุดประสงค์ในการเขียนเรื่องนี้ก็เพื่อจะบรรยายให้ทราบถึงวิธีการปฏิบัติงานทั้งทางด้านเทคนิคและธุรการ ของโรงงานถลุงดีบุกขนาดใหญ่ที่สุดในประเทศไทย ซึ่งได้เริ่มเปิดดำเนินงานมาตั้งแต่ วันที่ 4 สิงหาคม 2508 ดีบุกอาจเป็นโลหะที่เรียกได้ว่าถลุงได้ง่ายที่สุด แต่ในการถลุงจะต้องให้มีการสูญเสียน้อยที่สุด อย่างมากไม่เกิน 1 เปอร์เซ็นต์ จะต้องให้ได้โลหะดีบุกที่มีความบริสุทธิ์ตามมาตรฐานสากล หรือตามความต้องการขนาดของตลาด ฉะนั้นปัญหาใหญ่ของการถลุงมิใช่อยู่ที่ว่าจะต้องผสมถ่านหรือวัตถุอื่นเข้าไปกับแร่เท่าใด แต่ขึ้นอยู่กับการควบคุมทางด้านเทคนิค ให้มีการสูญเสียโลหะในขี้ตะกรันน้อยที่สุด ให้ได้โลหะที่บริสุทธิ์เข้าขั้นมาตรฐานแร่ดีบุก แต่ละแหล่งของประเทศไทยแต่ละแห่งมีคุณภาพหรือส่วนผสมไม่เหมือนกัน บางแหล่งสามารถใช้ถลุงได้เลย บางแหล่งต้องผสมกับแร่จากแหล่งอื่น การถลุงดีบุกจะต้องควบคุมปริมาณโลหะให้ขี้ตะกรันที่เกิดขึ้นครั้งแรกให้เหมาะสม เพื่อสะดวกแก่การนำไปถลุงอีกครั้งหนึ่ง

บทความนี้จะได้บรรยายวิธีการผสมแร่ การควบคุมส่วนผสมของขี้ตะกรันที่เกิดขึ้นตลอดจนการควบคุมคุณภาพของโลหะที่ผลิตได้ให้อยู่ระดับมาตรฐาน

การชักตัวอย่างแร่

การชักตัวอย่างกระทำสองระยะคือ การชักตัวอย่างเพื่อหาความชื้น และเพื่อหาสิ่งสกปรกที่มีอยู่ในแร่ การชักตัวอย่างเพื่อหาเปอร์เซ็นต์ของดีบุกที่มีอยู่ในแร่ การชักตัวอย่างทั้งสองระยะนี้มีความสำคัญอย่างยิ่งในการดำเนินงานของโรงถลุงทั้งในด้านเทคนิคและด้านการเงิน แร่ที่ส่งเข้าเตาทุกกิโลกรัมจะต้องทราบว่ามีอะไรเจือปนอยู่บ้างมากน้อยเท่าไร โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เปอร์เซ็นต์ของดีบุก ตะกั่ว และบิสมัท การซื้อขายแร่ดีบุกก็คิดราคากันจากเปอร์เซ็นต์ของดีบุกที่มีอยู่ในแร่ ดังนั้น ถ้าการชักตัวอย่างไม่ถูกต้องตามหลักวิชาการแล้ว จะก่อให้เกิดความยุ่งยากหลายประการทั้งด้านการซื้อขายและการผลิตโลหะ

การชักตัวอย่างเพื่อหาความชื้นและสิ่งสกปรก

แร่ทุก ๆ ใบขนหรือทุกล็อทที่ส่งไปยังโรงถลุงมักจะมีความชื้นอยู่ไม่มากก็น้อย แร่ที่ซื้อขายกันจะต้องเป็นแร่แห้ง ในการวิเคราะห์แร่เพื่อหาเนื้อดีบุกก็กระทำในสภาพแร่แห้งเช่นกัน การชักตัวอย่างเพื่อหาความชื้นต้องกระทำทันทีที่รับแร่จากผู้ขาย มิฉะนั้นแร่อาจ

ชั้นขึ้นเนื่องจากไอน้ำในอากาศหรืออาจจะแห้งลงซึ่งไม่เป็นธรรมด้วยกันทั้งสองฝ่าย ทันทีที่ชั่งเรียบร้อยแล้วจึงตัดเชือกเย็บถุงตอนกลางประมาณ 3 ช่อง แล้วใช้เหล็กแหลมสำหรับชักตัวอย่างทิ่มเข้าไปในกระสอบจนสุด ตัวอย่างที่ชักได้แต่ละกระสอบจะหนักประมาณ 200 กรัม ในการชักตัวอย่างโดยใช้วิธีนี้กระทำทุก ๆ 5 กระสอบ ถ้าแร่ล็อทนั้นหรือใบขนนั้นมากว่า 100 กระสอบขึ้นไป ถ้าแร่น้อยกว่า 100 กระสอบ การชักตัวอย่างกระทำทุก ๆ 3 กระสอบ กระสอบที่สุ่มชักตัวอย่างจะต้องอยู่ในชั้นหรือแถวต่าง ๆ กัน ในกรณีที่มีแร่ชั้นหรือกระสอบเปียก ชักตัวอย่างจากกระสอบเปียกทุกกระสอบ แล้วชั่งน้ำหนักแร่ของกระสอบที่เปียกทั้งหมดส่งผลที่ได้ไปยังห้องวิเคราะห์เพื่อจักได้คำนวณหาอัตราส่วนเปอร์เซ็นต์ความชื้นสำหรับแร่ทั้งหมดในล็อทนั้นต่อไป

ตัวอย่างแร่ที่ชักได้จากแต่ละกระสอบต้องใส่ไว้ในกระป๋องที่มีฝาปิดแน่น เมื่อการชักตัวอย่างแล้วเสร็จจึงเขย่าหรือกลิ้งกระป๋องไปมาเพื่อให้แร่คลุกกันทั่ว แล้วจึงนำตัวอย่างไปแบ่งโดยเครื่องแบ่งตัวอย่างให้ได้ตัวอย่างละประมาณ 100 กรัม เมื่อบรรจุตัวอย่าง 100 กรัมนี้ลงในถุงพลาสติก ผนึกให้เรียบร้อยแล้ว จึงส่งไปยังห้องวิเคราะห์เพื่อหาความชื้นและสิ่งสกปรกทันที

การชักตัวอย่างเพื่อหาเปอร์เซ็นต์ดีบุก

เพื่อให้ได้ตัวอย่างที่แท้จริง ต้องเทแร่ทุกกระสอบผ่านเครื่องชักตัวอย่างของไนท์ (Knight Sampling Machine) เครื่องชักตัวอย่างนี้จะแบ่งตัวอย่างออกประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของแร่ที่ผ่านเครื่อง ในการชักตัวอย่างต้องเทแร่ผ่านเครื่องนี้จนกระทั่งเหลือแร่ตัวอย่างประมาณ 400 กรัม แล้วจึงไปแบ่งออกเป็น 8 ตัวอย่าง โดยเครื่องแบ่งตัวอย่างของไนท์ (Knight sample spliting Machine) หรือบรรจุแต่ละตัวอย่างลงในถุงพลาสติก ปิดผนึกเรียบร้อยแล้วจึงส่งตัวอย่างแร่ 2 ถุงไปยังห้องวิเคราะห์ มอบให้แก่เจ้าของแร่ ๒ ถุง และอีก 4 ถุง มอบให้ที่ทำการควบคุมโรงถลุงดีบุก ของกรมทรัพยากรธรณีเพื่อเก็บไว้เป็นตัวอย่างสำหรับส่งอนุญาโตตุลาการเมื่อเกิดกรณีพิพาท

การผสมแร่

แร่ที่ได้รับการชักตัวอย่างและทราบผลวิเคราะห์สิ่งสกปรกที่เจือปนอยู่ในแร่แล้ว จะส่งไปเก็บไว้ ณ ถังเก็บแร่ เพื่อนำไปผสมต่อไป ปกติจะแบ่งแร่ออกเป็น 2 ประเภท คือแร่ดีที่สามารถใช้ถลุงได้เลยโดยไม่ต้องผสม แร่ประเภทนี้จะมีเปอร์เซ็นต์ของตะกั่ว บิสมัท ทองแดง และสารหนูต่ำ ซึ่งเมื่อถลุงออกมาแล้ว จะได้โลหะที่อยู่ในมาตรฐาน และโลหะเหล่านี้จะไม่ติดเข้าไปในขี้ตะกรัน เมื่อมีอยู่ในแร่เท่าใดก็จะเข้าไปอยู่ในโลหะเท่านั้น แร่อีกประเภทหนึ่งคือแร่สกปรก ได้แก่แร่ที่มีโลหะต่าง ๆ ดังกล่าวมาแล้วเจือปนอยู่มาก เกินพอ แร่ประเภทนี้ต้องแยกไว้ต่างหากและใช้ผสมกับแร่ดีประมาณหนึ่งในสี่ถึงหนึ่งในสาม เพื่อ

ไม่ให้โลหะที่ถลุงออกมามีสิ่งสกปรกเกินมาตรฐานที่กำหนดไว้ การผสมแร่จึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง ต้องได้รับการควบคุมอย่างใกล้ชิด ในทางปฏิบัติจะแยกเก็บแร่สะอาดและแร่สกปรกไว้ต่างถังกัน ผู้ควบคุมฝ่ายเทคนิคจะเป็นผู้สั่งให้ใช้แร่แต่ละถังอย่างละเท่าไร

สิ่งที่จำเป็นในการถลุงโลหะคือตัวลดออกซิเจน ซึ่งได้แก่ถ่านต่าง ๆ ที่มีเปอร์เซ็นต์ของธาตุคาร์บอนอยู่สูง ถ่านที่ใช้ผสมแร่ดีบุกแล้วถลุงได้ผลที่สุด คือถ่านหินแอนทราไซท์ ถ่านหินที่ต้องใช้จะเก็บไว้ในถังเก็บเช่นเดียวกับแร่ เนื่องด้วยแร่ดีบุกของประเทศไทยเป็นแร่เปอร์เซ็นต์สูงมีสิ่งสกปรกเจือปนอยู่น้อยมาก และอาจเรียกได้ว่าเป็นแร่ที่มีวัตถุผสมในตัวของมันเอง (Self fluxing ore) ดังนั้น ในการถลุงขั้นต้นจึงไม่จำเป็นต้องผสมวัตถุผสมอื่นใดเข้าไป นอกจากนี้ในการผสมแร่แต่ละครั้งจะใส่ฝุ่นดีบุกที่เก็บได้จากที่เก็บฝุ่นขี้โลหะจากเตาทำสะอาด ตลอดจนขี้ตะกรันที่มีดีบุกอยู่สูงเข้าไปด้วย

การผสมแร่จะผสมในรถชั่ง (Weigh Car) รถชั่งนี้จะมีเครื่องวัดน้ำหนักติดอยู่ด้วย ด้านล่างของรถเปิดให้แร่ไหลลงสู่เครื่องผสมแร่ (Screw feeder) พาไปเข้าถังใส่แร่ (charging bucket) เพื่อยกไปใส่ไว้บนหลังคาเตาต่อไป รถชั่งแต่ละคันจะสามารถชั่งได้ไม่เกิน 1500 กก. แร่ที่ใช้ผสมแต่ละคันรถคือ 1200 กก. ที่เหลือเป็นถ่านหิน ขี้โลหะ ฝุ่น และขี้ตะกรัน

นำแร่ที่ผสมแร่ไปเก็บไว้บนถังเก็บแร่ (Ore charging bin) บนหลังคาเตาถลุง พร้อมที่จะปล่อยแร่ลงสู่เตาต่อไป

ส่วนผสมของแร่ ถ่านขึ้นอยู่กับชนิดของถ่านที่ใช้ปัจจุบันมีส่วนที่ใช้ดังต่อไปนี้

แร่	1200 กก.	ต่อรถชั่ง
ถ่านหินแอนทราไซท์	240 กก.	ต่อรถชั่ง (76% Fixed Carbon)
ขี้ตะกรัน	50 กก.	ต่อรถชั่ง
ฝุ่น	10 — 50 กก.	ต่อรถชั่ง
ขี้โลหะ	50 — 100 กก.	ต่อรถชั่ง

ขนาดของถ่านหินและขี้ตะกรันต่ำกว่า 10 มม. ($\frac{1}{4}''$) ปกติการถลุงแร่ต่อเตาจะใช้แร่ทั้งสิ้น 30 — 32 รถชั่ง (36 — 38 ตันแร่)

การถลุงแร่

โลหวิทยาของการถลุงดีบุกไม่ยุ่งยากสลับซับซ้อนเหมือนของโลหะอื่น เพียงแต่ผสมแร่กับถ่านให้ได้ส่วนแล้วเผาให้ร้อนถึง 1200 องศาเซ็นติเกรดขึ้นไปก็จะได้โลหะดีบุกดังสมการ

$$\text{แร่ดีบุก} + \text{ถ่าน} \longrightarrow \text{โลหะดีบุก} + \text{ก๊าซ}$$

จุดสำคัญของการถลุงดีบุกคือ ถลุงให้มีประสิทธิภาพสูงที่สุด กล่าวคือมีการสูญเสียดีบุกไปกับก๊าซและในขี้ตะกรันให้น้อยที่สุด การถลุงดีบุกจึงต้องกระทำหลายขั้นหลายตอน ดังปรากฏ

อยู่ในแผนลำดับที่แนบมานี้ และจำเป็นต้องอุปกรณ์เครื่องมือที่จำเป็นไม่น้อย อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่สำคัญ ๆ มีดังต่อไปนี้ คือ

เตาถลุง

เตาถลุงแร่ดีบุกของบริษัทไทยแลนด์ สเมลติ้ง แอนด์รีไฟนิ่ง จำกัด เป็นเตาถลุงแบบเตานอน (Reverberatory furnace) ๒ เตา ปัจจุบันนี้โรงถลุงดีบุกมีเตาถลุงแร่แบบเตานอนจำนวน 4 เตา ภายในเตามีขนาดกว้าง 10 ฟุต ยาว 36 ฟุต กรุด้วยอิฐทนไฟอย่างดีที่ใส่แร่ลงไปในเตาอยู่บนหลังคาเตาประกอบด้วยถังเหล็ก 5 ถัง สามารถจุแร่ได้ประมาณ 30—40 ตัน แต่ละเตามีหัวเผาไหม้น้ำมัน (Oil burner) สำหรับให้ความร้อน 2 หัว อยู่ทางด้านหัวและท้ายของเตาข้างละ 1 หัว มีห้องอากาศ (Air regenerator) ๒ ห้อง อยู่หัวและท้ายเตาเช่นเดียวกับหัวเผา ก๊าซที่ออกจากเตาหรืออากาศที่พ่นเข้าเตาจะผ่านเข้าสู่ห้องอากาศนี้ การปฏิบัติงานมีลักษณะเช่นเดียวกับเตาถลุงเหล็กแบบ โอเพ็นฮารท แต่ละเตามีเครื่องบันทึกอุณหภูมิภายในเตา อุณหภูมิของห้องอากาศและอุณหภูมิของก๊าซก่อนเข้าห้องเก็บฝุ่น มีเครื่องวัดและบันทึกความกดดัน (pressure) ภายในเตา ปริมาณน้ำมันที่ใช้และวัดปริมาณออกซิเจนที่มีอยู่ในก๊าซภายในเตา การควบคุมความกดดันภายในเตา ปริมาณน้ำมันและลมที่ใช้ ตลอดจนการลดหรือเพิ่มทางออกของก๊าซ (damper) สามารถกระทำได้โดยอัตโนมัติ

หัวเผาน้ำมันที่ให้ความร้อนแก่เตา เป็นหัวเผาชนิด high pressure โดยพ่นแต่น้ำมันเตา (fuel oil) ผ่านเข้าหัวเผาเท่านั้น น้ำมันจะเข้าในเตาเป็นฝอย และเกิดการเผาไหม้โดยปะทะกับลมที่พ่นผ่านห้องอากาศและผสมกับบรรยากาศภายในเตา

ท่อลดอุณหภูมิ

ก๊าซที่ออกจากเตาถลุงจะผ่านเข้าห้องอากาศแล้วถ่ายเทความร้อนบางส่วนให้ห้องอากาศนั้นยิ่งร้อนเกินไปที่จะผ่านเข้าห้องเก็บฝุ่นแบบที่ใช้ถุง (beg) ได้ จึงจำเป็นที่จะต้องผ่านเข้าท่อลดอุณหภูมิเสียก่อน ท่อลดอุณหภูมิประกอบด้วยท่อเหล็กขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 10 นิ้ว สร้างเป็นรูปถัง ก. ชุดละ 9 ถัง ยาวตัวละ 122 ฟุต มีจำนวนทั้งสิ้น 3 ชุด แต่ละเตาจะใช้ท่อลดอุณหภูมิ 1 ชุด ท่อลดอุณหภูมินี้นอกจากจะทำให้ก๊าซเย็นลงแล้วยังมีหน้าที่เก็บฝุ่นบางส่วนของก๊าซไว้ด้วย ในขณะนี้ก๊าซที่ออกจากท่อลดอุณหภูมิแล้วจะร้อนประมาณ 50—250 องศาเซนติเกรด ซึ่งสามารถผ่านเข้าห้องเก็บฝุ่นได้

ห้องเก็บฝุ่น

ห้องเก็บฝุ่นมีทั้งหมด 3 ห้อง แต่ละห้องต่อจากท่อลดอุณหภูมิ ก๊าซแต่ละชุดมีขนาดกว้าง 8 ฟุต ยาว 10 ฟุต สูง 16 ฟุต ถุงผ้าที่ใช้กรองหรือเก็บฝุ่นเป็นถุงชนิดทนความร้อนได้ถึงประมาณ 250 องศาเซนติเกรด ห้องเก็บฝุ่นประกอบด้วยเครื่องวัดอุณหภูมิก๊าซภายในห้องและเครื่องเขย่าฝุ่นให้ตกลงสู่ที่รองรับเบื้องล่างโดยอัตโนมัติ ก๊าซที่เข้าแต่ละห้องเก็บฝุ่น

จะต้องมีปริมาตรไม่เกิน 4750 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที (cfm) และอุณหภูมิไม่สูงกว่า 250 องศาเซ็นติเกรด มีฝุ่นไม่เกิน 5 เกรนต่อลูกบาศก์ฟุต ห้องเก็บฝุ่นนี้มีประสิทธิภาพที่จะเก็บฝุ่นได้ถึง 99.5 % เครื่องดูดลมจากห้องเก็บฝุ่นแต่ละเครื่องมีกำลังต่ำที่สุดขนาด 5000 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที

การถลุงแร่

ทฤษฎีว่าด้วยการถลุงดีบุก

ปฏิกิริยาที่อาจเกิดขึ้นในเตาถลุงดีบุกระหว่างแร่กับถ่าน ณ อุณหภูมิประมาณ 1100 องศาเซนติเกรด

$SnO_2 + C \ldots\ldots SnO + CO$

$SnO_2 + CO \ldots\ldots SnO + CO_2$

$SnO + CO \ldots\ldots Sn + CO_2$

$SnO_2 + 2C \ldots\ldots Sn + 2\,CO$

$2\,C + O_2 \ldots\ldots 2\,CO$

$2CO + O_2 \ldots\ldots 2\,CO_2$

ปฏิกิริยาข้างบนเกิดขึ้นในสภาพของแข็งหรือที่เรียกว่า solid—solid reaction ณ อุณหภูมิตั้งแต่ 1100 องศาเซนเกรดขึ้นไป จากปฏิกิริยานี้จะเห็นได้ว่า ถ้าแร่มีเนื้อดีบุก 74 เปอร์เซ็นต์ จะต้องใช้คาร์บอน (Fixed Carbon) 15 เปอร์เซ็นต์ผสมจึงจะได้โลหะดีบุกตามต้องการ ดังนั้นปริมาณถ่านที่จะใช้ผสมกับแร่ย่อมขึ้นอยู่กับปริมาณของคาร์บอนที่มีอยู่ในถ่านนั้น

การถลุงดีบุกของบริษัทไทยแลนด์ สเมลติ้ง แอนด์รีไฟนิ่ง จำกัด แบ่งออกเป็น 2 ระยะ ระยะแรกคือการถลุงขั้นต้น โดยพยายามถลุงโลหะออกจากแร่ประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ของเนื้อโลหะที่มีอยู่ในแร่ทั้งหมด คงเหลือโลหะไว้ในขี้ตะกรันประมาณ 15—25 เปอร์เซ็นต์ การถลุงขั้นสองคือการถลุงขี้ตะกรัน ในขั้นนี้ต้องพยายามถลุงเอาโลหะออกมาให้หมด ดีบุกที่เหลืออยู่ในขี้ตะกรันต้องไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์ ในที่นี้จะกล่าวถึงการถลุงในขั้นต้นเท่านั้น

วิธีถลุง

เมื่อเตาถลุงร้อนไม่ต่ำกว่า 1200 องศาเซนติเกรด จึงปล่อยแร่ลงสู่เตาตามปริมาณที่ต้องการ โดยพยายามใส่แร่ให้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้ แต่ต้องไม่สูงเกินไปหรือไม่บังทางเดินของเปลวไฟจากหัวเผา อุณหภูมิที่ใช้ถลุงโดยเฉลี่ยจะอยู่ระหว่าง 1300—1400 องศาเซนติเกรด

การกวนเตา กระทำทุก ๆ 4 ชั่วโมง หรือทุกครั้งก่อนที่จะใส่แร่เติมเข้าไป

การเจาะโลหะ กระทำทุก ๆ 6 ชั่วโมง โดยเปิดรูเจาะไว้จนโลหะหยุดไหลหรือไหลน้อยมากแล้วจึงปิดรูเจาะไว้ตามเดิม

การเจาะขี้ตะกรัน กระทำเมื่อขี้ตะกรันเหลวหมดและไม่มีปฏิกิริยาเกิดต่อไป ระยะเวลาถลุงต่อเตาหรือต่อแร่ 1 ชุด (per heat) ประมาณ 24—26 ชั่วโมง

การประจุแร่เข้าเตาแบ่งออกเป็น 3 ครั้ง หลังจากเจาะขี้ตะกรันออกหมดแล้ว จึงใส่แร่เข้าเตา **ครั้งแรก** 21.6 เมตริกตัน หลังจากถลุงไปได้ประมาณ 3—4 ชั่วโมง บริมาตรของแร่จะลดลงสามารถที่จะปล่อยแร่ **ครั้งที่** 2 10.8 ตัน การใส่แร่ครั้งที่ 2 นี้จะใส่เข้าทางด้านหัวและปลายเตาเป็นส่วนใหญ่ หลังจากนั้นอีกประมาณ 3—4 ชั่วโมงจึงใส่แร่เข้าเตา **ครั้งที่ 3** ซึ่งเป็นครั้งสุดท้ายอีก 10.8 ตัน หลังจากนั้นก็ถลุงจนขี้ตะกรันเกิดขึ้น และหมดปฏิกิริยาจึงเจาะเอาขี้ตะกรันออก เริ่มถลุง heat ใหม่ต่อไป

การให้ความร้อนแก่เตา ใช้น้ำมันเตา (fuel oil) ชั่วโมงละประมาณ 150—170 กก. (145—165 ลิตร) เผาไหม้โดยผ่านหัวเผาข้างใดข้างหนึ่ง เมื่อใช้หัวเผาปลายใดปลายหนึ่งของเตาจะต้องดึงหัวเผาอีกอีกข้างหนึ่งออก ในการถลุงจะเปลี่ยนข้างหัวเผาน้ำมันทุก ๆ ชั่วโมงหรือขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของห้องอากาศ ก๊าซที่ออกจากเตาผ่านเข้าห้องอุ่นอากาศแล้วเข้าท่อลดอุณหภูมิจึงเข้าห้องเก็บฝุ่นออกสู่ปล่องต่อไป ในขณะเดียวกันอากาศที่ผ่านเข้าในเตาจะต้องพ่นผ่านห้องอากาศร้อนตรงกันข้ามกับห้องอากาศที่ก๊าซออก ภายในเวลาประมาณ 1 ชั่วโมง ห้องอากาศข้างหนึ่งจะร้อนขึ้นข้างหนึ่งจะเย็นลง ห้องที่ก๊าซออกจากเตาผ่านเข้าไปจะร้อนมาก ส่วนห้องที่ลมพ่นเข้าเตาผ่านจะเริ่มเย็นลงเมื่อเปลี่ยนข้างหัวเผา ลมเย็นจะผ่านเข้าห้องอากาศร้อนก่อนเข้าเตา ซึ่งจะช่วยเพิ่มอุณหภูมิให้แก่ลมก่อนที่จะผ่านเข้าเตาเพื่อช่วยการเผาไหม้และก๊าซร้อนที่ออกจากเตาจะผ่านเข้าห้องอากาศเย็นถ่ายเทความร้อน ณ ที่นั้นก่อนเข้าท่อลดอุณหภูมิแล้วเข้าห้องเก็บฝุ่นต่อไป

โลหะดีบุกเหลวที่เจาะได้จากเตาจะนำไปเทเข้าเตาทำสะอาดในสภาพที่ยังเหลวอยู่ เมื่อมีโลหะมากพอจึงเริ่มทำสะอาดต่อไป การเจาะขี้ตะกรันออก กระทำในวาระสุดท้ายของการถลุงแร่แต่ละครั้ง เมื่อขี้ตะกรันอยู่ในสภาพเหลวทั่วเตาและไม่มีปฏิกิริยาต่อไปแล้ว จึงเจาะออกปล่อยให้ไหลลงสู่ถังพักแล้วไหลลงรางลงสู่บ่อน้ำต่อไป เมื่อไหลลงบ่อน้ำซึ่งมีน้ำฉีดอยู่ใต้รางขี้ตะกรันตลอดเวลา ขี้ตะกรันร้อนแดงจะปะทะกับน้ำที่ฉีดใต้รางทำให้ขี้ตะกรันแตกละเอียดได้ขนาดเหมาะที่จะนำไปถลุงต่อไป

การทำสะอาดดีบุก

ดีบุกที่ถลุงได้จากเตาถลุงจะมีความบริสุทธิ์ไม่ถูกต้องกับความต้องการของตลาดหรือไม่เข้ามาตรฐานของผู้ซื้อกำหนดไว้ ในที่นี้มิได้หมายความว่ามีเนื้อดีบุกไม่ถึง 99.8—99.9 แต่หมายความว่าดีบุกที่ได้จากเตาอาจมีสิ่งสกปรก เช่น เหล็ก ทองแดง ฯลฯ อยู่สูงกว่าที่กำหนดไว้ในมาตรฐาน ดังนั้น การทำสะอาดโลหะดีบุกก็เพื่อจะขจัดโลหะหรือธาตุที่ไม่ต้อง

การให้ออกจากดีบุก หลักการ ก็คือพยายามทำสิ่งสกปรกที่อยู่ในดีบุกให้กลายเป็นออกไซด์ หรือรวมตัวกับสารอื่นแยกตัวลอยขึ้นอยู่บนผิวของดีบุกเหลว ซึ่งกระทำได้โดยพ่นลมหรือพ่นไอน้ำลงในโลหะเหลว ณ อุณหภูมิที่เหมาะสม วิธีนี้ใช้ได้กับเหล็กเป็นส่วนใหญ่ หรือผสมธาตุอื่นลงไปให้รวมกับสิ่งสกปรกที่ต้องการจะขจัด เช่น ผสมกำมะถันลงไปให้รวมตัวกับทองแดงในดีบุก เป็นต้น อุปกรณ์เครื่องมือที่จำเป็นในการทำสะอาดคือ เตาทำสะอาดพร้อมด้วยเครื่องวัดอุณหภูมิ เครื่องปั๊มโลหะเหลว เครื่องพ่นไอน้ำหรือลม เครื่องกรอง เครื่องกวน และหัวเผาให้ความร้อนแก่เตา

เตาทำสะอาด

เตาทำสะอาดทำด้วยกระทะเหล็กหล่อเป็นรูปตัวยู สามารถจุโลหะได้ประมาณ 40 ตัน มีจำนวนทั้งสิ้น 4 เตา แต่ละเตามีหัวเผาน้ำมันให้ความร้อน 2 หัว ซึ่งอยู่ส่วนล่างของเตา ห้องเผาไหม้กรุด้วยอิฐทนไฟเช่นเดียวกับที่ใช้กรุเตา มีเครื่องวัดอุณหภูมิจุ่มอยู่ในโลหะเหลวในเตาและบันทึกอุณหภูมิในเครื่องบันทึกติดตั้งไว้ในบริเวณใกล้เคียงเตา การถ่ายโลหะจากกระทะหนึ่งไปยังเครื่องกรองหรือรถหล่อ กระทำโดยเครื่องปั๊มโลหะเหลว ซึ่งสามารถจะย้ายจากเตาหนึ่งไปยังอีกเตาหนึ่งได้

วิธีทำสะอาด

การทำสะอาดโลหะดีบุกของโรงถลุงดีบุก บริษัทไทยแลนด์สเมลติ้ง ฯ ส่วนใหญ่ได้แก่ลดเปอร์เซ็นต์ของเหล็กลง โลหะอื่น ๆ สามารถควบคุมได้โดยการผสมแร่ วิธีการไล่เหล็กนั้น กระทำโดยการกรองโลหะดีบุก ณ อุณหภูมิประมาณ 300—350 องศาเซนติเกรด โดยการปั๊มโลหะจากกระทะหนึ่งเข้าไปยังเครื่องกรองโลหะผสมของดีบุกกับเหล็กส่วนใหญ่ซึ่งอยู่ในลักษณะของขี้โลหะ (dross) จะติดอยู่ในเครื่องกรองโลหะที่ผ่านเครื่องกรองจะมีเปอร์เซ็นต์ของเหล็กต่ำกว่า 0.015 แต่วิธีนี้ใช้ได้กับดีบุกที่มีเหล็กอยู่ประมาณ 0.04 เปอร์เซ็นต์ หากดีบุกที่ผ่านเครื่องกรองแล้วยังมีเปอร์เซ็นต์ของเหล็กสูง จะต้องพ่นลม หรือไอน้ำลงในโลหะเหลว ณ อุณหภูมิประมาณ 400 องศาเซนติเกรด ลมหรือไอน้ำที่พ่นจะต้องมีความดันพอที่จะทำให้โลหะเหลวผุดขึ้นมาสัมผัสกับอากาศคล้ายลักษณะของเหลวเดือด ในขณะเดียวกันต้องใช้เครื่องกวนช่วยกวนโลหะด้วย ระยะนี้ใช้เวลาประมาณ 2—4 ชั่วโมง เรียกว่า drossing period เหล็กและบางส่วนของดีบุกจะรวมตัวกับออกซิเจนกลายเป็นออกไซด์ลอยขึ้นสู่ผิวหน้าของโลหะเหลว ซึ่งเรียกว่าขี้โลหะ เมื่อหยุดพ่นลมหรือไอน้ำแล้วจึงตักขี้โลหะออกให้หมด แล้วตักตัวอย่างส่งเข้าห้องวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์ของสิ่งสกปรก (เหล็ก) โดยวิธี spectrograph ในระยะนี้จะปั๊มโลหะจากเตาทำสะอาดไปยังอีกเตาหนึ่ง หรือทิ้งไว้ในเตาเดิม ณ อุณหภูมิประมาณ 350 องศาเซนติเกรด เรียกว่า holding period การวิเคราะห์หาปริมาณของสิ่งสกปรกต่าง ๆ จะใช้เวลาประมาณ 2 ชั่วโมง เมื่อทราบผลวิเคราะห์แล้วและปรากฏว่าใช้การได้ จึงเริ่มทำการปั๊มโลหะจากเตาลงสู่รถเทหล่อโลหะแท่ง (casting car) ต่อไป

โลหะดีบุกที่โรงถลุงผลิตจะต้องมีมาตรฐานคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ดังนี้

Sn 99.80 % min.

Ag	0.01 Max		Fe	0.015	Max
As	0.05 Max		Ni & CO	0.01	Max
Bi	0.015 Max		Pb	0.05	Max
Cd	0.001 Max		S	0.01	Max
Cu	0.04 Max		Sb	0.04	Max
		และ	Zn	0.005	Max

โลหะดีบุกที่โรงถลุงของบริษัทไทยแลนด์ สเมลติ้ง ฯ ผลิตได้มีส่วนผสมดังต่อไปนี้

Sn 99.93 — 99.95 %

Ag	None	Ni	0.001 — 0.004
As	0 — 0.005	Co	None
Bi	0.007 — 0.01	Pb	0.020 — 0.040
Cd	None	S	None
Cu	0.002 — 0.007	Sb	None
Fe	0.008 — 0.015	Zn	trace

อภิปรายและสรุป

วิวัฒนาการใหม่ในการถลุงดีบุก คือการใช้ห้องอุ่นอากาศเพิ่มความร้อนให้แก่ลมที่พ่นเข้าเตาเช่นเดียวกับเตาถลุงเหล็ก ห้องอากาศจะช่วยลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิง (น้ำมันเตา) ได้ถึง 30 เปอร์เซ็นต์ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการถลุง เพราะการลดปริมาณเชื้อเพลิงไม่เพียงแต่เป็นการทุ่นค่าใช้จ่าย แต่ยังสามารถลดการศูนย์เพลิงอันเนื่องมาจากกำมะถันที่ผสมอยู่ในน้ำมัน กำมะถันจะรวมตัวกับดีบุกเกิดเป็นไอระเหย กำมะถันซัลไฟด์ได้โดยง่าย ซึ่งจะไม่ตกตะกอนในห้องเก็บฝุ่น ประสิทธิภาพของเตาถลุงยังขึ้นอยู่กับวิธีการใส่แร่เข้าเตา ตัวลดออกซิเจน (ถ่าน) ที่ใช้โรงถลุงดีบุกของบริษัทไทยแลนด์ สเมลติ้ง ฯ ได้ใช้วิธีการใส่แร่ลงเตา 3 ครั้งดังกล่าวมาแล้ว ปรากฏว่าสามารถเพิ่มการผลิตต่อเนื้อที่ของเตาได้ถึง 30 เปอร์เซ็นต์ การใส่แร่เข้าไปมาก ๆ ที่เดียวจะทำให้แร่ในเตาหนามาก ปฏิกิริยาเกิดขึ้นไม่ทั่วถึง การกวนเตาก็มีส่วนช่วยเร่งปฏิกิริยาเช่นกัน แต่ทันทีที่ใส่แร่ชุดแรกเข้าเตา ถ้ากองแร่ไม่บังทางเดินของเปลวไฟจากหัวเผา ก็ไม่ควรกวนแร่ ปล่อยให้แร่กองอยู่ในสภาพของลูกคลื่น เพื่อให้พื้นที่ของผิวที่ได้รับความร้อน มีเนื้อที่มากกว่าแร่เรียบธรรมดา

หลังจากได้ใช้ถ่านหินกึ่งแอนทราไซท์ ถ่านไม้ ถ่านโค้กละเอียด และถ่านแอนทราไซท์ผสมแร่ ปรากฏว่าถ่านหินแอนทราไซท์ใช้ได้ดีที่สุดทั้งในด้านปฏิกิริยาและบริมาตร ถ่านหินแอนทราไซท์ค่อนข้างหนักกว่าถ่านอื่น ๆ มีบริมาตรน้อย จึงไม่กินเนื้อที่ภายในเตาเช่น

ถ่านไม้ ปริมาณแร่ที่สามารถใส่เข้าเตาได้แต่ละครั้งจึงขึ้นอยู่กับชนิดและขนาดของถ่านด้วย ถ้าถ่านป่นเกินไปหรือมีเปอร์เซ็นต์ของฝุ่นถ่านมาก จะทำให้ก๊าซที่ออกจากเตาร้อนเกินไป ทำให้ถ่านเกิดการเผาไหม้โดยไม่ได้ทำปฏิกิริยากับแร่

ประสิทธิภาพของการถลุงเป็นสิ่งสำคัญยิ่งของโรงถลุงดีบุก เพราะการซื้อขายแร่ดีบุกขายเป็นเนื้อโลหะ แล้วทางโรงถลุงหักค่าถลุงไว้พร้อมกับหักส่วนที่สูญหาย ซึ่งจะกำหนดไว้ตายตัว ดังนั้นกำไรของโรงถลุงจะอยู่ที่ค่าถลุงกับความสามารถในการเก็บโลหะให้ได้หมดหรือให้มีการสูญเสียน้อยที่สุด สิ่งสำคัญก็คือให้มีการสูญเพลิงน้อยที่สุด ห้องเก็บฝุ่นจึงเป็นปัจจัยสำคัญอย่างยิ่ง เพราะการสูญเพลิงส่วนใหญ่ คือการระเหยออกไปของดีบุกออกไซด์ หรือดีบุกซัลไฟด์เมื่อใช้ห้องเก็บฝุ่นมีถุงกรองผงละเอียดรองฝุ่นดีบุกออกไซด์ไว้ จะทำให้มีการสูญเสียน้อยลงมากหรือแทบไม่มีเลย การสูญเสียอีกประการหนึ่งคือดีบุกที่เหลืออยู่ในขี้ตะกรันครั้งสุดท้ายต้องพยายามให้เหลืออยู่อย่างมากที่สุดไม่เกิน 2—5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักขี้ตะกรันที่จะทิ้ง มิฉะนั้นการสูญเสียดีบุกจะมากเกินไป การถลุงขี้ตะกรันจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่สุดขั้นหนึ่งของการถลุงดีบุก ถ้าไม่สามารถถลุงดีบุกออกจากขี้ตะกรันได้เกือบหมดแล้ว ก็อาจจะขาดทุนได้ นอกจากปัญหาต่าง ๆ ดังกล่าวแล้ว ประสิทธิภาพของการถลุงดีบุกยังขึ้นอยู่กับปริมาณและคุณภาพเชื้อเพลิงที่ใช้ โรงถลุงดีบุกนี้สามารถลดปริมาณน้ำมันเตาที่ใช้ลงได้ถึง 30 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากการใช้ห้องอากาศช่วยอุ่นอากาศที่พ่นเข้าเตาให้ร้อนก่อนปริมาณกำมะถันที่มีอยู่ในน้ำมันเตาและถ่านหิน เป็นสิ่งที่ควรจะทราบและต้องมีให้น้อยที่สุดเท่าที่จะหาได้ เพราะกำมะถันจะรวมตัวกับดีบุกได้โดยง่ายทำให้เกิดดีบุกซัลไฟด์ในสภาพของไอระเหย ซึ่งไม่สามารถจะกรองหรือตกตะกอนให้ห้องเก็บฝุ่นได้

การถลุงดีบุกแม้จะมีการสูญเสียน้อยเพียงใดและสามารถถลุงโลหะได้มากเพียงใด ถ้าคุณภาพไม่ได้มาตรฐานก็ไม่สามารถจะจำหน่ายได้ ฉะนั้น จึงต้องมีการควบคุมทางเทคนิคอย่างใกล้ชิด นับตั้งแต่แร่ที่บ้อนเข้าเตาถลุงต้องได้รับการคัดเลือกและผสมให้ถูกต้อง โลหะอื่น ๆ ที่ปนอยู่ในแร่ดีบุก เช่น ตะกั่ว ทองแดง บิสมัท จะไม่แยกเข้าไปในขี้ตะกรันแต่จะเข้าไปปนอยู่ในโลหะดีบุกทั้งหมด ดังนั้น ถ้าแร่มีตะกั่วหรือบิสมัทสูงเกินไป โลหะที่ผลิตออกมาก็จะมีตะกั่วหรือบิสมัทสูงด้วย ข้อสำคัญที่สุดก็คือไม่สามารถจะทำสะอาดได้ กล่าวคือไม่สามารถจะลดปริมาณตะกั่วหรือบิสมัทโดยวิธีพ่นลมธรรมดาได้ มีวิธีที่ทำได้ง่ายที่สุดก็คือเก็บไว้ผสมกับโลหะอื่นที่มีตะกั่วหรือบิสมัทต่ำ ซึ่งทำให้ยุ่งยากในการผลิต และอาจจะทำให้การผลิตต้องหยุดชงักลงได้ โลหะดีบุกที่จะหล่อเป็นแท่งทุกครั้งต้องได้รับการตรวจสอบสิ่งสกปรกที่มีเจือปนอยู่เสียก่อนทุกครั้งไป การวิเคราะห์สิ่งสกปรกนี้กระทำโดยเครื่องสเปคโต-

กราฟ ซึ่งจะหาได้ถึง 0.001 เปอร์เซ็นต์ เมื่อผลวิเคราะห์แสดงว่าโลหะอยู่ในมาตรฐานแล้ว จึงจะทำการหล่อส่งไปจำหน่ายได้

ประโยชน์ของดีบุก

มนุษย์รู้จักนำดีบุกมาใช้เป็นประโยชน์ตั้งแต่สมัยดึกดำบรรพ์แล้ว เช่น เอาดีบุกหลอมรวมกับทองแดง เป็นผลทำให้ทองแดงแข็งขึ้น ซึ่งเราเรียกกันว่า "บรอนซ์" หรือ "ทองสัมฤทธิ์" แต่ในสมัยนั้นประโยชน์ของดีบุกยังมีที่ใช้ในวงงานจำกัด ทั้งนี้เนื่องจากยังขาดความรู้และการค้นคว้าทดลองในด้านโลหวิทยา ในสมัยก่อนมนุษย์เอาดีบุกมาใช้ให้เป็นประโยชน์ โดยอาศัยคุณสมบัติที่เด่นชัดของมันเอง ไม่เหมือนกับโลหะที่ถูกค้นพบใหม่ ๆ ซึ่งกว่าจะนำไปใช้งานได้ต้องอาศัยผลการค้นคว้าวิจัยเป็นแรมปี ความเจริญก้าวหน้าในด้านวิทยาศาสตร์ระหว่างร้อยปีที่แล้วมา โดยเฉพาะอย่างยิ่งการร่วมมือของนักวิทยาศาสตร์นานาชาติในการค้นคว้าและวิจัยเกี่ยวกับดีบุกในระยะ 25 ปีนี้ ได้มีการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ของดีบุก ขบวนการผลิตและค้นพบการนำดีบุกไปใช้ในงาน อุตสาหกรรมหลายประเภท ยังผลให้ดีบุกมีความสำคัญต่อวงงานอุตสาหกรรมตลอดมา

สาเหตุที่ดีบุกมีความสำคัญต่ออุตสาหกรรม ก็เนื่องจากคุณสมบัติพิเศษทางเคมี และฟิสิกส์ที่ต้องการดีกว่าโลหะอื่น ๆ หลายชนิด ถึงแม้ว่าดีบุกจะมีคุณประโยชน์สำคัญต่อชีวิตประจำวันก็ตาม แต่คนส่วนมากมักจะมองข้ามความสำคัญของดีบุกไปเสีย ทั้งนี้เนื่องจากดีบุกมักไม่นำไปใช้ในลักษณะที่เป็นโลหะล้วน ๆ ส่วนมากใช้เป็นโลหะผสม หรือเป็นตัวเคลือบผิวโลหะอื่น ๆ ปริมาณดีบุกที่ใช้จึงมีจำนวนน้อย ถ้าเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปนั้น ๆ จะเห็นเป็นสิ่งไร้ค่าไป ตัวอย่าง เช่น น้ำหนักดีบุกที่เคลือบผิวกระป๋อง เพื่อรักษาคุณภาพของอาหารนั้น จะมีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับปริมาณอาหารในกระป๋อง ค่าดีบุกที่ใช้ทำแบริ่งจะไม่มีความหมายอะไรเลย เมื่อเปรียบเทียบกับราคาของรถยนต์ทั้งคัน เช่นเดียวกันค่าของดีบุกในโลหะบัดกรีที่ใช้ต่อวงจรในเครื่องวิทยุโทรทัศน์ ดูจะหมดความสำคัญไปเมื่อเทียบกับการบริการของโทรทัศน์

จากตัวอย่างข้างบนจะเห็นได้ว่า ผู้ที่สนใจและรู้คุณค่าของดีบุก ก็มีเพียงนายช่างและนักวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องเท่านั้น ส่วนประชาชนผู้ใช้จะไม่สนใจเท่าไรนัก ปัจจุบันนี้ประโยชน์ที่สำคัญที่สุดได้แก่การเคลือบผิวโลหะ โลหะบัดกรี โลหะหล่อลื่น โลหะตัวพิมพ์ แผ่นเปลวดีบุก หลอดบีบ โลหะผสมอื่น ๆ และสารประกอบทางเคมี ฯ ล ฯ

ประโยชน์ของดีบุก แยกออกได้ตามความสำคัญดังต่อไปนี้

การเคลือบผิวแผ่นเหล็กด้วยดีบุก (Tin plating)

เนื่องจากดีบุกมีคุณสมบัติเป็นพิเศษในตัวของมันเองอย่างเด่นชัด กล่าวคือ ตัวมันเองไม่เป็นสนิมไม่เป็นพิษต่อร่างกาย มีจุดหลอมตัวต่ำ และคุณสมบัติในการเกาะจับผิวโลหะบางชนิด เช่น เหล็ก ทองแดง และทองเหลืองได้เป็นอย่างดี ดังนั้นดีบุกจึงมีความสำคัญในอุตสาหกรรมต่าง ๆ หลายสาขา โดยเฉพาะอุตสาหกรรมทำแผ่นเหล็กชุบดีบุกสำหรับทำภาชนะบรรจุอาหาร อาหารกระป๋องเป็นของจำเป็นอย่างหนึ่งสำหรับประเทศยุโรปและสหรัฐอเมริกา ในปี พ.ศ. 2499 สหรัฐอเมริกาผลิตแผ่นเหล็กชุบดีบุกมีปริมาณถึง 7 ล้านตัน และผลิตภาชนะกระป๋องรูปต่าง ๆ จากแผ่นเหล็กชุบดีบุก เป็นจำนวนเกือบห้าหมื่นล้านกระป๋อง ในบางประเทศ เช่น อินเดีย และประเทศไทย แม้ว่าจะไม่นิยมอาหารกระป๋องกันนักก็ตาม แต่เราก็ใช้แผ่นเหล็กเคลือบผิวด้วยดีบุกมากอยู่เหมือนกัน กล่าวคือ ทั้งอินเดียและไทยยังใช้น้ำมันก๊าซที่บรรจุกระป๋องหรือปี๊บ เพื่อจุดไฟให้แสงสว่างและอื่น ๆ นอกจากนี้เมื่อเราใช้น้ำมันหมดแล้ว เรายังนำกระป๋องเปล่านี้ไปใช้เป็นภาชนะบรรจุของต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดี เช่น ใช้ตักน้ำ บรรจุน้ำมันใส่พืช และผลไม้ต่าง ๆ ฯ ล ฯ

การเคลือบผิวแผ่นเหล็กด้วยดีบุกนั้น ในปัจจุบันนี้มีวิธีการอยู่สองวิธีด้วยกันคือ วิธีเคลือบแบบจุ่มแผ่นเหล็กลงไปในดีบุกที่หลอมละลายอยู่ในหม้อเหล็ก เรียกว่าการเคลือบผิวแบบจุ่มร้อน (hot—dip coating process) วิธีนี้เป็นวิธีที่ค่อนข้างโบราณ แต่ก็เหมาะสมกับภาวะของบางประเทศที่ต้องการใช้แผ่นเหล็กเคลือบดีบุกไม่มากนัก เช่น ประเทศไทย เป็นต้น อีกวิธีหนึ่งเป็นการเคลือบผิวโดยใช้ไฟฟ้า (electrolytic coating process) ซึ่งเป็นวิธีการสมัยใหม่ ผลิตได้ปริมาณมาก รวดเร็ว และใช้ดีบุกในการเคลือบน้อยกว่าการเคลือบด้วยวิธีแรก กล่าวคือ การเคลือบแบบจุ่มร้อนจะมีดีบุกเคลือบหนากว่าวิธีใช้ไฟฟ้า เป็นเหตุให้แผ่นเหล็กเคลือบด้วยดีบุกที่ผลิตโดยวิธีจุ่มร้อนมีราคาแพงกว่า จึงไม่นิยมกันมากนัก

แผ่นเหล็กที่เคลือบผิวด้วยดีบุกแล้วนี้ ดีบุกจะเกาะติดแน่นอยู่กับแผ่นเหล็กเป็นชั้นบาง ๆ สามารถต้านทานการกัดกร่อนของกรดหรือสารละลายอื่น ๆ ได้ไม่เป็นสนิม มีสีขาวเป็นเงามัน และที่สำคัญที่สุดอีกอย่างหนึ่งก็คือ ไม่เป็นพิษต่อร่างกาย ฉะนั้น จึงนิยมใช้เป็นภาชนะบรรจุอาหารกันมาก ปริมาณดีบุกที่นำไปใช้ในอุตสาหกรรมทำแผ่นเหล็กเคลือบด้วยดีบุกนี้ มีประมาณร้อยละ 45 ของดีบุกที่ใช้ทั้งหมด

อุตสาหกรรมการเคลือบแผ่นเหล็กด้วยดีบุกได้ขยายตัวขึ้นมาก ทั้งในยุโรปและเอเชีย ดังจะเห็นได้ว่า เมื่อสามสิบปีก่อนมีประเทศต่าง ๆ ผลิตอุตสาหกรรมด้านนี้เพียง 14 ประเทศ แต่ปัจจุบันนี้มีมากกว่า 30 ประเทศ

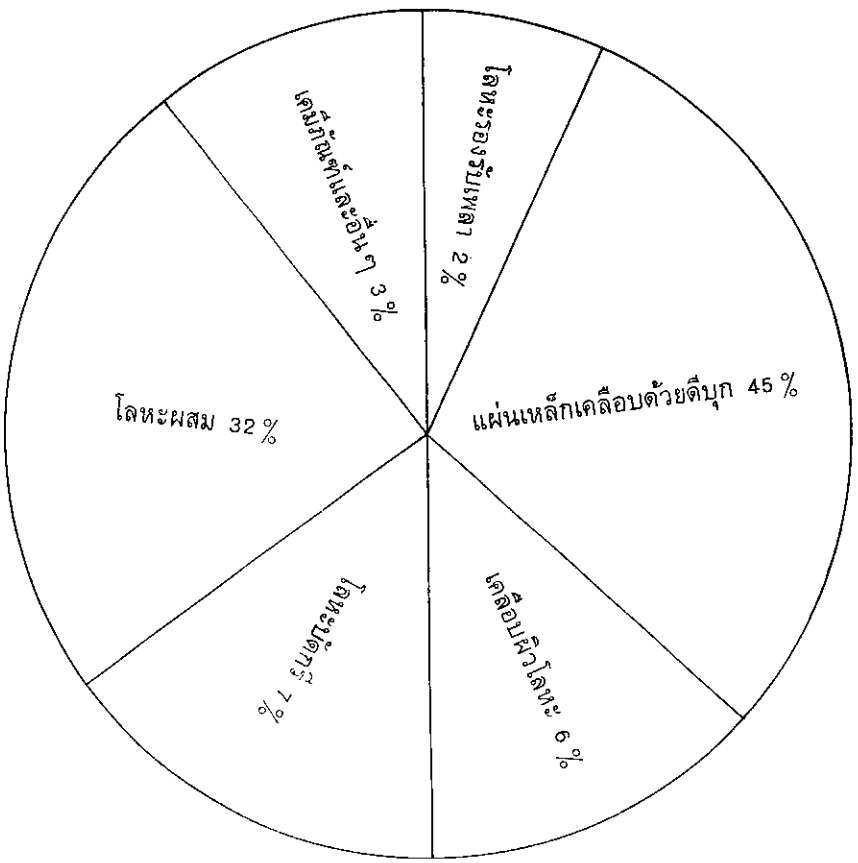
โลหะบัดกรี (Solders)

ดีบุกนำไปใช้ทำโลหะบัดกรี (ตะกั่วบัดกรี) มากเป็นที่สองรองมาจากการเอาไปใช้สำหรับชุบแผ่นเหล็ก โลหะบัดกรีที่มีส่วนผสมของตะกั่ว ดีบุก และพลวง นำไปใช้ในอุตสาหกรรมและกิจการต่าง ๆ มากมาย เช่น โลหะบัดกรีสำหรับใช้ในโรงงานบรรจุอาหารกระป๋อง อุตสาหกรรมไฟฟ้า การประกอบวิทยุโทรภาพ เรดาร์ และเครื่องคำนวณเลข นอกจากนี้ยังนำไปใช้ในงานเกือบทุกประเภท ที่ต้องการเชื่อมโลหะให้ติดต่อกันโดยไม่ทำลายรูปของโลหะเดิมหรือรูปร่างเสียไปเมื่อเชื่อมติดกันแล้ว ดีบุกมีคุณสมบัติพิเศษอย่างหนึ่งคือ เมื่อหลอมละลาย (molten tin) จะมีคุณสมบัติยึดหรือเกาะกับผิวหน้าของโลหะบางชนิดได้ดี ถึงแม้ว่าในขณะที่เกาะนั้นจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าจุดหลอมละลายของโลหะที่จะเกาะอย่างมากก็ตาม โลหะดังกล่าวนี้มีเหล็กทองแดง ทองเหลือง และโลหะผสมอื่น ๆ อีกหลายชนิด เมื่อดีบุกที่เกาะกับโลหะเหล่านี้เย็นตัวลงจะทำให้เกิดการยึดแน่นระหว่างผิวหน้าของโลหะ ทำให้โลหะที่ต้องการบัดกรียึดกันแน่น ส่วนตะกั่ว (lead) ล้วน ๆ นั้นแทบจะไม่มีคุณสมบัติดังกล่าวเหมือนดีบุก และก็ไม่มีใครนิยมที่จะใช้เป็นโลหะบัดกรีด้วย ตามปรกติโลหะบัดกรีนั้นมักจะเป็นโลหะผสมระหว่างดีบุกกับตะกั่ว ตะกั่วเมื่อผสมกับดีบุกแล้วจะทำให้จุดหลอมตัวของโลหะผสมทั้งสองชนิดต่ำลงไปทำให้หลอมละลายได้ง่าย ซึ่งเป็นคุณสมบัติอย่างหนึ่งของโลหะบัดกรีที่ต้องการให้มีอุณหภูมิต่ำเพื่อสะดวกในการใช้ ตะกั่วเป็นโลหะที่มีราคาต่ำกว่าดีบุก ฉะนั้นจึงนับได้ว่าเป็นผลดีอีกข้อหนึ่งที่จะผสมตะกั่วเข้าไปด้วยตามส่วนสัด เพื่อให้โลหะบัดกรีมีราคาถูกและได้คุณภาพตามต้องการ

การใช้ดีบุกในอุตสาหการมต่างๆของสหราชอาณาจักร ในปี พ.ศ. 2511

แผ่นเหล็กเคลือบด้วยดีบุก	= 8,643	ลองตัน	= 45 %
เคลือบผิวโลหะ	= 1,270	ลองตัน	= 6 %
โลหะบัดกรี	= 1,343	ลองตัน	= 7 %
โลหะผสม	= 6,083	ลองตัน	= 32 %
โลหะรองรับเพลา	= 317	ลองตัน	= 2 %
เคมีภัณฑ์และอื่น ๆ	= 1,493	ลองตัน	= 8 %
ผลรวม	= 19,149	ลองตัน	

จากหนังสือ International Tin Council เรื่อง Statistical Bulletin
ประจำเดือน พฤศจิกายน ค.ศ. 1969 หน้า 43

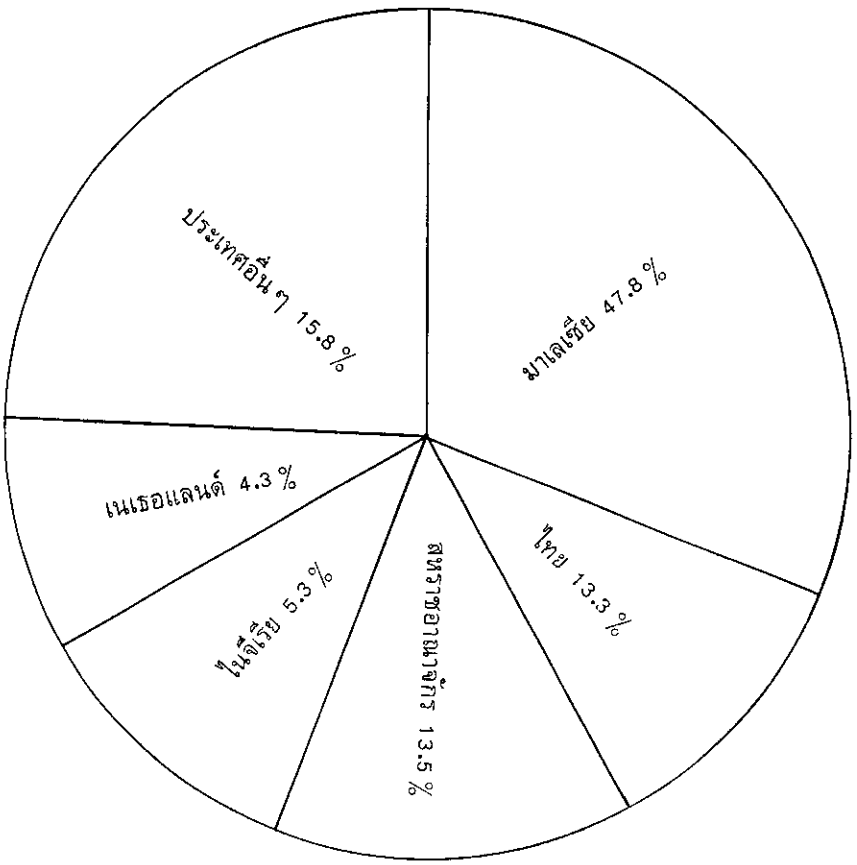


การใช้ดีบุกในอุตสาหกรรมต่าง ๆ ของสหราชอาณาจักรในปี พ.ศ.. 2511

ประเทศต่าง ๆ ที่ผลิตโลหะดีบุกได้

ประเทศ	พ.ศ. 2481	พ.ศ. 2507	พ.ศ. 2508	พ.ศ. 2509	พ.ศ. 2510	พ.ศ. 2511
มาเลเซีย	63,746	71,351	72,469	71,049	76,328	88,185
ไทย	—	—	5,524	16,990	26,551	24,434
สหราชอาณาจักร	32,107	16,849	16,494	17,499	23,317	24,933
เนเธอร์แลนด์	25,342	15,858	18,114	12,551	13,739	7,983
ไนจีเรีย	—	8,748	9,332	9,933	9,131	9,843
เบลเยี่ยม	7,024	5,458	4,232	4,978	4,193	4,799
ออสเตรเลีย	3,229	3,021	3,179	3,665	3,594	3,692
สหรัฐอเมริกา	—	3,900	3,097	3,825	3,049	3,453
บราซิล	—	1,140	1,412	2,250	2,100	2,100
คองโก	2,194	1,485	1,800	1,800	1,800	1,800
ญี่ปุ่น	1,748	1,954	1,614	1,834	1,671	1,863
เยอรมันตะวันตก	1,600	1,178	1,427	1,362	1,622	1,504
สเปน	118	1,774	1,787	1,877	1,823	2,160
อินโดนีเซีย	10,096	1,363	1,189	822	1,481	4,560
โบลิเวีย	—	3,611	3,415	1,083	1,059	59
ประเทศอื่น ๆ	1,743	3,310	3,132	3,067	2,960	2,992
ทั่วโลก	162,100	141,000	148,200	154,500	174,400	184,400

จาก The International Statistical Supplement The monthly magazine ประจำเดือน ตุลาคม ค.ศ. 1969

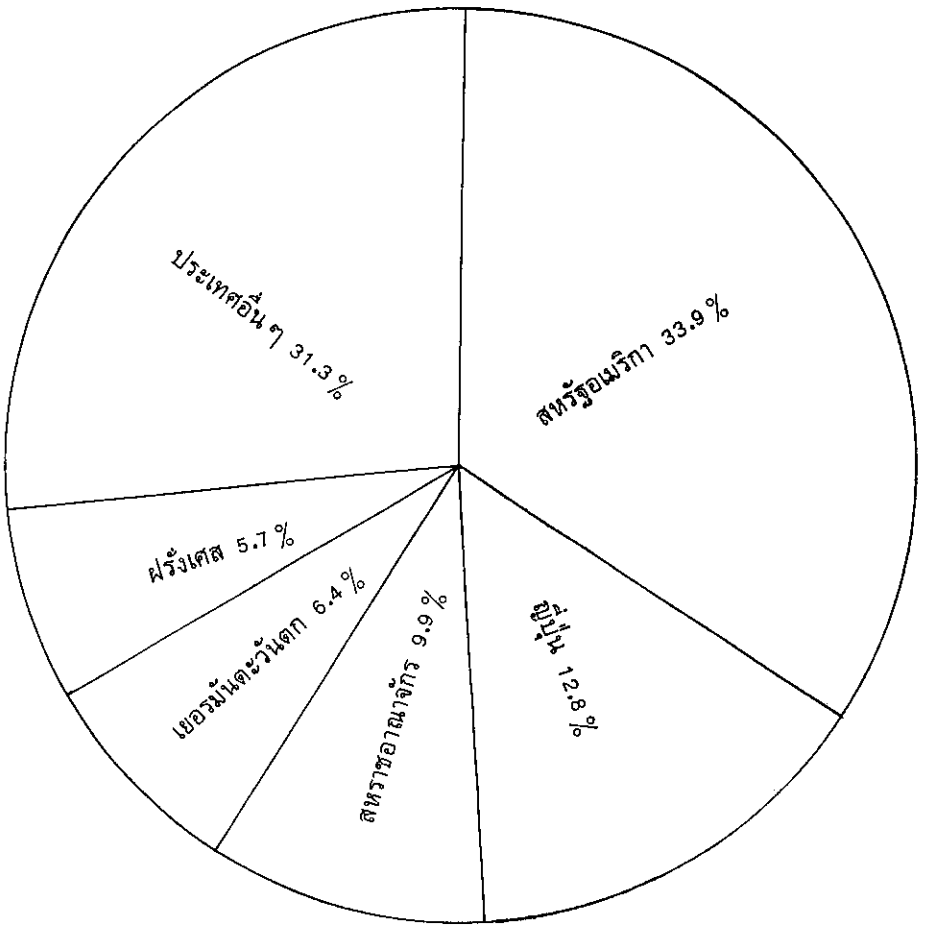


ปริมาณโลหะดีบุกที่ประเทศต่าง ๆ ผลิตได้ในปี พ.ศ. 2511

ประเทศต่าง ๆ ที่ใช้ดีบุก

พ.ศ./ประเทศ	ทั่วโลก	สหรัฐอเมริกา	ญี่ปุ่น	สหราชอาณาจักร	เยอรมันตะวันตก	ฝรั่งเศส	ประเทศอื่น ๆ
2482	154,000	66,583	10,000	27,279	4,150	8,400	32,222
2503	162,200	51,530	12,933	21,790	27,745	11,165	42,216
2504	157,600	50,288	14,319	20,242	25,801	10,050	43,689
2505	160,800	54,602	13,818	21,439	11,623	11,200	48,114
2506	161,600	55,209	15,896	20,636	11,161	11,050	48,817
2507	170,500	58,586	17,945	19,252	12,394	11,025	51,697
2508	167,100	58,550	17,515	19,256	11,662	10,136	50,900
2509	169,500	60,209	18,622	18,429	10,773	10,300	49,898
2510	167,900	57,848	20,403	17,411	10,666	10,400	51,928
2511	173,200	58,859	22,242	17,145	11,100	9,900	54,066

จาก Tin International Statistical Supplement The monthly magazine ประจำเดือนตุลาคม ค.ศ. 1969



ปริมาณการใช้ดีบุกของประเทศต่าง ๆ ในปี พ.ศ. 2511

โลหะผสม (Tin alloys)

ดีบุกมีคุณสมบัติหลายประการ ฉะนั้นในการนำดีบุกไปผสมกับโลหะอื่น ๆ เพื่อประโยชน์ประการใดนั้น จึงพิจารณาจากคุณสมบัติแต่ละอย่างของดีบุก เช่น ดีบุกมีสัมประสิทธิ์ความฝืดน้อย จึงเหมาะที่จะนำไปใช้เป็นโลหะรองรับเพลา (Bearing metal) หรือศัพท์ตามท้องตลาดเรียกว่า "ตุ๊กตา" เนื่องจากดีบุกเป็นโลหะที่อ่อนเกินไป จึงต้องเติมโลหะอื่น เช่นทองแดง และพลวงปนเข้าไปด้วย เพื่อให้โลหะผสมมีความแข็งขึ้น ตามธรรมดาเพลาที่หมุนอยู่ตลอดเวลานั้น เราจะใช้โลหะชนิดเดียวกัน หรือต่างชนิดแต่มีความแข็งใกล้เคียงกันเป็นโลหะรองรับนั้นเป็นการไม่ปลอดภัย เพราะเมื่อน้ำมันหล่อลื่นซึ่งเป็นฟิล์มบาง ๆ รองรับอยู่อีกชั้นหนึ่งนั้นเกิดแตกรั่วไหลออกไป จะทำให้เกิดการเสียดสีระหว่างโลหะรองรับและเพลาในบริเวณนั้น ถ้าโลหะทั้งสองมีความแข็งเท่ากันแล้ว โลหะที่รองรับอาจจะทำให้เพลาเกิดเป็นรอยหรือทำความเสียหายให้แก่ตัวเพลาได้ อีกประการหนึ่งเป็นที่เชื่อกันว่าตัวดีบุกเองนั้น มีคุณสมบัติอุ้มน้ำมันได้ ถ้าระบบการหล่อลื่นเกิดเสียหายขึ้นในบริเวณเล็ก ๆ ทันทีทันใด ผิวหน้าที่สะอาดของดีบุกจะช่วยทำให้เกิดการหล่อลื่นต่อไปได้ ชั่วระยะเวลาหนึ่งโดยไม่ทำความเสียหายให้แก่เพลา นอกจากนั้นโลหะรองรับเพลาที่มีส่วนผสมของดีบุกจะช่วยทำให้เพลาซึ่งเป็นของสำคัญและมีค่าปลอดภัยยิ่งขึ้น กล่าวคือ เมื่อระบบการหล่อลื่นเกิดขัดข้องขึ้นอย่างทันทีทันใด ไม่มีน้ำมันไปหล่อเลี้ยงเลย ขณะที่เพลาหมุนไปเรื่อย ๆ จะเกิดความร้อนขึ้น ความร้อนนี้จะทำให้โลหะรองรับเพลาละลายไหลออกมาเสียก่อนที่จะทำความเสียหายให้แก่เพลา

คุณสมบัติที่เด่นอีกประการหนึ่งของดีบุกก็คือ มีจุดหลอมตัวต่ำ ดังนั้นเมื่อนำไปผสมกับโลหะอื่นบางชนิดเช่นผสมกับตะกั่ว บิสมัท แคดเมี่ยม และอินเดียม จะได้โลหะผสมที่มีจุดหลอมตัวต่ำมาก เรียกกันว่า Fusible alloys หรือโลหะผสมหลอมละลาย โลหะผสมหลอมละลายบางชนิดมีจุดหลอมตัวต่ำกว่าจุดน้ำเดือดเสียอีก โลหะผสมเหล่านี้ใช้ในงานได้หลายอย่าง เช่น ทำเป็นลิ้นปลอดภัยสำหรับควบคุมอุณหภูมิ ใช้ในวงจรไฟฟ้า ใช้เป็นโลหะบัดกรี ใช้เป็นแบบหล่อและทำท่อโค้ง ฯลฯ

ดีบุก เมื่อผสมกับตะกั่ว และพลวงตามส่วนสัดที่ถูกต้องจะใช้เป็นโลหะตัวพิมพ์ได้ โลหะตัวพิมพ์โดยทั่วไปนั้นควรจะมีคุณสมบัติหลายประการ กล่าวคือ จะต้องมีจุดหลอมตัวต่ำหล่อได้ง่าย มีความแข็งและรับแรงกดดันได้สูงในขณะที่ใช้พิมพ์ ต้านทานต่อการสึกหรอได้ดี เมื่อหล่อแล้วจะหดตัวแต่น้อย ในขณะนี้นิยมใช้โลหะผสมของตะกั่วดีบุกและพลวง ซึ่งปรากฏว่ามีคุณสมบัติอยู่ในช่วงที่เหมาะสม และราคาของโลหะผสมนี้ก็ไม่สูงนัก อย่างไรก็ตาม ส่วนผสมย่อมขึ้นอยู่กับลักษณะของการใช้งานมากกว่า ในปัจจุบันนี้คำว่าโลหะตัวพิมพ์หมายถึงโลหะผสมของโลหะทั้งสามเป็นองค์ประกอบที่สำคัญ

การที่ใช้ดีบุกที่ผสมกับโลหะอื่น ๆ เพื่อทำเป็นโลหะตัวพิมพ์นั้น เพราะว่าดีบุกจะช่วยทำให้โลหะผสมนั้นหลอมเหลวง่ายขึ้น หล่อได้สะดวกช่วยให้โลหะผสมเหนียวขึ้น ไม่เปราะและทำให้เนื้อโลหะผสมเนียนขึ้น ทำเป็นลวดลายละเอียดได้ดี

ในสมัยโบราณคนรู้จักใช้โลหะชนิดหนึ่งซึ่งเป็นโลหะผสมของทองแดงกับดีบุก ทำเป็นอาวุธ เครื่องใช้ไม้สอย ใช้ในงานศิลป ในการตกแต่งและหล่อรูปโลหะต่าง ๆ นับเป็นเวลาพัน ๆ ปีมาแล้ว เรียกกันว่า "บรอนซ์" คนสมัยนั้นรู้จักบรอนซ์ก็เพราะบังเอิญเอาแร่ทองแดงซึ่งมีแร่ดีบุกปนอยู่โดยธรรมชาติมาถลุง โลหะที่ได้จากการถลุงแร่ทองแดงปนดีบุกนี้ปรากฏว่านำมาใช้ในการหล่อได้ดี จึงใช้เป็นโลหะสำหรับหล่อทำอนุสาวรีย์ รูปศิลปต่าง ๆ กันตลอดมา แม้ในปัจจุบันนี้ก็ยังเป็นที่นิยมกันอยู่ แรกเริ่มเดิมทีนั้น คำว่า "บรอนซ์" หมายถึงโลหะผสมของทองแดงและดีบุกเท่านั้น ต่อมาคำว่า "บรอนซ์" นี้หมายความถึงโลหะผสมอื่น ๆ ด้วย ถึงแม้ว่าในโลหะผสมนั้นจะไม่มีดีบุกปนอยู่ด้วยก็ได้ เช่น อลูมิเนี่ยมบรอนซ์ เป็นต้น โลหะผสมที่มีทองแดงเป็นส่วนใหญ่ปนดีบุกแต่เพียงบางส่วนนั้น เป็นโลหะผสมที่สำคัญอย่างหนึ่งในบรรดาโลหะผสมทั้งหลายโดยไม่นับรวมไปถึงเหล็ก เช่น ทองแดงผสมกับดีบุกตั้งแต่ 1.25, 5, 8 และ 10 เปอร์เซ็นต์ นำไปใช้งานได้หลายชนิด เช่น ทำแผงทางเดินไฟฟ้า ทำท่อคดงอ สปริง จานคลัทช์ และใช้ในงานที่ต้องการแรงกดดันสูง ต้านทานต่อการสึกหรอ การผุพังต่างๆ ได้ดี ดีบุกเมื่อผสมกับทองแดงแล้ว จะทำให้โลหะผสมมีความต้านทานต่อแรงดึงเพิ่มขึ้น ทำให้แข็งขึ้นและทนทานต่อการผุพังได้มากขึ้นด้วย ดีบุกมีคุณสมบัติที่เป็นโลหะอ่อน ใช้ในงานที่ต้องรับน้ำหนัก หรือที่ต้องการความแข็งแรงไม่ได้ จึงไม่มีคุณค่าในด้านนั้น แต่คุณประโยชน์จากการที่เป็นโลหะอ่อนนั้น ทำให้สามารถรีดดีบุกเป็นแผ่นบาง ๆ และบีบให้เป็นหลอดสำหรับเป็นภาชนะบรรจุสิ่งของได้ การที่ดีบุกสามารถรีดเป็นแผ่นบาง ๆ ได้ และมีคุณสมบัติป้องกันความชื้น ไม่เป็นพิษต่อร่างกาย จึงนิยมใช้ดีบุกแผ่นหรือดีบุกเปลว (Tin foil) เป็นภาชนะห่ออาหารและขนม ปีหนึ่ง ๆ ดีบุกที่ใช้ทำดีบุกเปลวนี้มีจำนวนไม่น้อย ในสมัยก่อนนิยมใช้ดีบุกทำเป็นหลอดบีบ

สำหรับบรรจุอาหาร ยาสีฟัน และอื่น ๆ ต่อมาความนิยมนี้ก็เสื่อมไป เพราะอลูมิเนี่ยมซึ่งเป็นโลหะที่ถูกกว่าแต่นำมาใช้งานได้ดีเช่นเดียวกัน หลอดบีบต่าง ๆ ส่วนมากจึงเป็นอลูมิเนี่ยมหรือโลหะผสมของอลูมิเนี่ยมอย่างมากหลายในปัจจุบัน

จากสถาบันค้นคว้าวิจัยดีบุก ได้ทดลองนำดีบุกมาใช้ผสมในงานหล่อเหล็ก ในห้องทดลอง และในโรงงานอุตสาหกรรม ได้ผลดียิ่ง ทำให้เหล็กหล่อมีคุณสมบัติดีขึ้น

สิ่งที่น่าสนใจเป็นอย่างมากในงานหล่อเหล็ก ซึ่งญี่ปุ่นและเยอรมันได้รายงานว่า ในการเติมดีบุก 0.1 % ลงไปหลอมกับเหล็กแล้ว จะทำให้เหล็กมีความแข็งสูงขึ้น และเนื้อเหล็กสม่ำเสมอกันตลอดทั้งแท่ง ซึ่งเหล็กอย่างนี้กำลังเป็นที่ต้องการกันอย่างมาก

สารเคมี (Chemical compounds)

สารประกอบทางเคมีของดีบุกที่ใช้ในทางอุตสาหกรรมนั้น แต่ก่อนเคยใช้ในอุตสาหกรรมไหมสิ่งทอ และเครื่องเคลือบ ต่อมาความสำคัญของสารเคมีของดีบุกที่มีต่ออุตสาหกรรมดังกล่าวได้ลดน้อยลงไป เนื่องจากการค้นพบสารเคมีชนิดใหม่ที่ให้คุณสมบัติทัดเทียมกันหรือดีกว่า แต่ราคาถูกกว่า บทบาทของสารประกอบทางเคมีของดีบุกจึงซบเซาอยู่พักหนึ่ง ในปัจจุบันนี้ความต้องการกลับเพิ่มขึ้นอย่างน่าพอใจ ทั้งนี้เนื่องมาจากการวิวัฒนาการของการชุบดีบุกด้วยไฟฟ้า ซึ่งต้องใช้สารประกอบทางเคมีเพิ่มขึ้น เช่น Stannous sulphate, stannous chloride, sodium stannate & potassium stannate เป็นต้น นอกจากนี้ บทบาทของสารประกอบทางเคมีของดีบุกชนิดหนึ่งมีชื่อว่า organotin compound ก็กำลังมีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมพลาสติคและสีทาบ้านยิ่งขึ้น

ที่กล่าวมานี้เป็นประโยชน์ของดีบุกโดยทั่วไป สำหรับประเทศไทยปริมาณการใช้ดีบุกภายในประเทศยังอยู่ในอัตราที่ต่ำมาก ส่วนใหญ่ของดีบุกใช้ผสมกับตะกั่วเป็นโลหะบัดกรี ซึ่งใช้ในโรงงานต่าง ๆ รองลงมาก็ใช้ไปในการเคลือบแผ่นเหล็ก ทำโลหะผสมรองรับเพลา และในกิจการอื่น ๆ อีกเพียงเล็กน้อย ในรอบ 5 ปีที่ผ่านมานี้ (พ.ศ. 2505 – 2511) ปริมาณที่ใช้ภายในประเทศประมาณปีละไม่เกิน 200 ลองตัน ความโน้มเอียงทางปริมาณการใช้ดีบุกจะเพิ่มขึ้นเมื่อโรงงานต่าง ๆ ภายในประเทศมีมากขึ้น โดยเฉพาะโรงงานเคลือบผิวแผ่นเหล็กด้วยดีบุก ซึ่งขณะนี้ใช้ดีบุกปีละประมาณ 50 ลองตัน ถ้าได้เพิ่มปริมาณการผลิตเต็มตามโครงการแล้ว ในปีหนึ่ง ๆ จะได้ใช้ดีบุกประมาณ 200 ถึง 250 ลองตัน

ดีบุกเป็นโลหะที่มีราคาค่อนข้างจะแพงเมื่อเปรียบเทียบกับโลหะอื่น ๆ ที่นำมาใช้ในงานอุตสาหกรรมโดยทั่วไป คุณสมบัติของดีบุกมีความดีเด่นหลายประการ ยากที่จะหาโลหะอื่นมาใช้ทดแทนกันได้ ในระยะรอบ 50 ปีที่แล้วมานี้ ดีบุกมีความสำคัญยิ่งต่ออุตสาหกรรมโดยเฉพาะอุตสาหกรรมอาหารกระป๋องของโลกอยู่เสมอ ทั้งในการทำกระป๋องบรรจุอาหารและทำโลหะบัดกรีกระป๋อง (โลหะบัดกรีที่มีส่วนผสมของดีบุกนั้น ส่วนใหญ่นำไปใช้ในการบัดกรีกระป๋อง) การที่ดีบุกมีราคาแพงนี้ ย่อมยังให้เกิดผลสองทาง ผลที่ดีก็ได้แก่ผู้ผลิตแร่และโลหะซึ่งจะขายได้ราคาสูง ตรงกันข้ามกับผู้ใช้หรือผู้บริโภคย่อมต้องใช้ของที่มีราคาแพงตามไปด้วย เมื่อเป็นดังนี้ก็ย่อมเป็นของธรรมดาที่ผู้ใช้ของแพงย่อมต้องพยายามจัดหาหรือให้ได้มาซึ่งโลหะอื่นที่จะใช้ทดแทนกันได้ ความพยายามในเรื่องหาโลหะอื่นมาทดแทนดีบุกนั้นได้กระทำกันมานานพอสมควร มีการค้นคว้าทดลองกันอย่างจริงจังตลอดมา เท่าที่ทราบในขณะนี้โลหะอลูมิเนียมกำลังได้รับความสนใจที่มาจะแทนที่ดีบุกในอุตสาหกรรมอาหารกระป๋อง บริษัทแห่งหนึ่งในสหรัฐอเมริกากำลังดำเนินการทดลองชุบแผ่นเหล็กด้วยอลูมิเนียมอยู่ ตามที่

เปิดเผยมานั้นแจ้งว่า เคลือบได้เรียบร้อยมีความบริสุทธิ์สูงกว่าการเคลือบแผ่นเหล็กด้วยดีบุกแบบจุ่มร้อน (hot-dip coating process) และสามารถเคลือบได้บางกว่าดีบุกมาก คุณค่าต่าง ๆ จากผลการทดลองนั้นเป็นที่น่าพอใจ บริษัทกำลังสร้างโรงงานทดลองเพื่อจะผลิตแผ่นเหล็กเคลือบด้วยอลูมิเนียมขึ้น เพื่อนำไปทดลองใช้ในอุตสาหกรรมต่อไป ส่วนในประเทศอังกฤษก็มีการค้นคว้าทดลองเคลือบแผ่นเหล็กด้วยอลูมิเนียมขึ้น เพื่อนำไปทดลองใช้ในอุตสาหกรรมต่อไป และประสบผลสำเร็จเช่นเดียวกัน เป็นอันว่าโลหะที่กำลังมีบทบาทได้รับความสนใจจากวงการอุตสาหกรรมที่จะมาแทนที่ดีบุกนั้นคืออลูมิเนียม ถึงแม้ว่าในขณะนี้ยังอยู่ในขั้นการทดลองเท่านั้นก็ตาม ในอนาคตความสำคัญของดีบุกในเรื่องอุตสาหกรรมอาหารกระป๋องอาจจะลดน้อยถอยลงไปก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวิทยาการและความเจริญของวิทยาศาสตร์เท่านั้น ในขณะเดียวกันก็เพราะความเจริญทางวิทยาศาสตร์นั่นแหละที่จะทำให้บทบาทของดีบุกมีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมต่าง ๆ มากขึ้นไปอีก