บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 โครงสร้างของเตาเบ้า

เตาเบ้าจะใช้อุปกรณ์หรือเครื่องมือประกอบได้หลายประเภท เช่น เตาหลอม (Melting furnace) เบ้าพักน้ำโลหะ (Pouring ladle) อุปกรณ์ควบคุมปริมาณก๊าซ อุปกรณ์เติมฟลักซ์เพื่อควบคุมการหลอมน้ำโลหะ เตาเบ้าสามารถสร้างได้ไม่ยุ่งยาก และอุปกรณ์ควบคุมการทำงานไม่ซับซ้อน การใช้เตาเบ้าหลอมโลหะมีข้อดีหลายประการ คือ มีการสูญเพลิงต่ำของโลหะขณะหลอมเหลวด้วยเตาเบ้าเปลวไฟไม่ได้สัมผัสกับโลหะโดยตรง เบ้าหลอมได้รับความร้อนตั้งแต่ส่วนล่างขึ้นสู่ส่วนบนจึงเกิดการพาความร้อนจนโลหะมีอุณหภูมิที่สม่ำเสมอ รวมตัวกับออกซิเจนได้น้อย ส่วนผสมในโลหะมีโอกาสสูญเพลิงประมาณ 1 – 2 % สภาวะทางโลหะวิทยาดีกว่าเพราะเบ้าหลอมจะช่วยป้องกันไม่ให้น้ำโลหะสัมผัสกับเปลวไฟ และสิ่งต่าง ๆ ที่เกิดจากการสันดาป โอกาสที่จะเกิดสารออกไซด์ฝังใน (Oxide inclusion) และน้ำโลหะดูดเอาก๊าซเข้าไปน้อย และน้ำโลหะผสมกันดี การใช้งานของเตาเบ้าในการหลอมโลหะต่างชนิดกัน ทำได้ง่ายโดยการการเปลี่ยนเบ้าหลอมเท่านั้น ในการหลอมโลหะถ้าปริมาณน้อย ๆ ควรใช้เตาเบ้าที่สามารถยกเบ้าหลอมออกได้ง่าย ถ้าหลอมในปริมาณมาก ๆ จะใช้เตาเบ้าชนิดเอียงเทน้ำโลหะ การลงทุนต่ำ เตาเบ้ามีราคาถูกและยังประหยัดเนื้อที่กว่าเตาชนิดอื่น ที่มีปริมาณความจุเท่ากัน ติดตั้งง่ายสามารถยึดติดกับพื้นโรงงานได้ และในบางกรณีถ้าไม่ต้องการให้กีดขวางการทำงานอาจทำให้เป็นหลุมฝังลงไปในพื้นโรงงาน ทั้งนี้เพื่อให้ควบคุมและทำงานสะดวก ค่าดูแลรักษาต่ำการบำรุงรักษาเตาเบ้าทำได้ง่ายเพราะไม่มีอุปกรณ์ที่มีความสลับซับซ้อน และมีความสะดวกในการเปลี่ยนเบ้าหลอม

2.2 เทคนิคการสร้างเตาเบ้าที่ใช้หลอมโลหะนอกกลุ่มเหล็ก

การสร้างเตาที่ใช้ในอุตสาหกรรม และสำหรับงานหลอมโลหะ ที่ใช้พลังงานความร้อนจากการสันดาปของเชื้อเพลิงก๊าซหรือน้ำมันเชื้อเพลิง มีจุดมุ่งหมายต่อไปนี้

1. เพื่อให้ความร้อนแก่วัสดุตามจุดมุ่งหมาย
2. เพื่อให้ได้คุณภาพผลผลิตตามจุดมุ่งหมาย
3. เพื่อให้การใช้พลังงานน้อยที่สุด

การวัดเพื่อให้ได้ตามจุดมุ่งหมายสองข้อแรกนั้น ต้องวัดอุณหภูมิภายในเตา ความดัน และบางครั้งต้องวัดปริมาณ ก๊าซออกซิเจน (O_2) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) สำหรับจุดมุ่งหมายข้อสุดท้ายนั้นต้องวัดอัตราการไหลของเชื้อเพลิง และก๊าซออก ซิเจนในไอเสีย ในปัจจุบันมีการติดตั้งอุปกรณ์วาล์วเพื่อปิดเปิดการส่งเชื้อเพลิง และมีการติดตั้ง อุปกรณ์จ่ายเชื้อเพลิงอัตโนมัติเพื่อให้ทำงานในขณะที่อุณหภูมิต่ำ (โยชิฮิโกะ ทาคามูระ, 2543) การประเมินสภาพการสันดาปในการสร้างเตาหลอมโลหะ จำเป็นต้องรักษาอุณหภูมิของวัสดุไม่ให้สูงเกินกว่าระดับที่กำหนดไว้เพราะวัสดุส่วนที่อุณหภูมิสูงเกินไปอาจเสื่อมคุณภาพได้ ปัจจุบันได้มีการปรับปรุงโครงสร้างของเตาหลอมโลหะหรือส่วนของประตูป้อนเข้าออกของวัสดุ และมีการควบคุมความดันภายในเตาเพื่อแก้ปัญหาอุณหภูมิต่ำที่บริเวณเข้าออกวัสดุ เพื่อรักษาอุณหภูมิภายในเตาหลอมโลหะให้สม่ำเสมอ และไม่เกิดความร้อนมากหรือน้อยเกินไปเฉพาะส่วนผนังเตาหลอมโลหะด้านนอกทำจากโลหะที่มีความทนทานต่อการเกิดความคืบ ภายในด้านในจะบุด้วยวัสดุทนไฟและเป็นฉนวนกันความร้อน ส่วนผนังด้านในสุดที่เป็นห้องเผาไหม้จะบุด้วยวัสดุทนไฟที่หล่อขึ้นรูปได้มีความหนาประมาณ 4 – 6 นิ้ว เตาหลอมโลหะนอกกลุ่มเหล็ก เบ้าหลอมจะทำจากวัสดุทนความร้อน มีความแข็งแรงที่อุณหภูมิสูง ส่งถ่ายความร้อนได้ดี ไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำโลหะ เช่น ทำจากอะลูมินาผสมสูง ทำจากคาร์บอนผสมกับซิลิคอนคาร์ไบด์ ส่วนผสมดินทนไฟกับกราไฟต์ ทำจากเหล็กหล่อสีเทาเคลือบผิวด้วยวัสดุทนไฟ และเหล็กเหนียวเคลือบผิวด้วยวัสดุทนไฟ สำหรับเบ้าทำจากโลหะเหล็กจะต้องระวังเพราะอาจมีการปนเปื้อน (Contamination) ของเหล็กกับโลหะที่หลอมเหลวเมื่อใช้งานไปนาน ๆ ที่อุณหภูมิสูง ความหนาของเบ้าหลอมขึ้นอยู่กับขนาดปริมาตรความจุของเบ้า ในการหลอมโลหะต้องมีการตรวจวัดปริมาณต่าง ๆ ประกอบด้วย มวลของวัสดุ อุณหภูมิของวัสดุ อัตราการไหลความดันและอุณหภูมิของเชื้อเพลิง ความดันของอากาศ อุณหภูมิของอากาศ อุณหภูมิของวัสดุที่รับความร้อน และปริมาณก๊าซออกซิเจน ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ที่ปล่องไอเสีย สภาพการสันดาปของเชื้อเพลิง ความดันและอุณหภูมิของเตาหลอมในขณะใช้งาน ดังแสดงในรูปที่ 2.1

2.3 ทฤษฎีการหลอมโลหะนอกกลุ่มเหล็ก

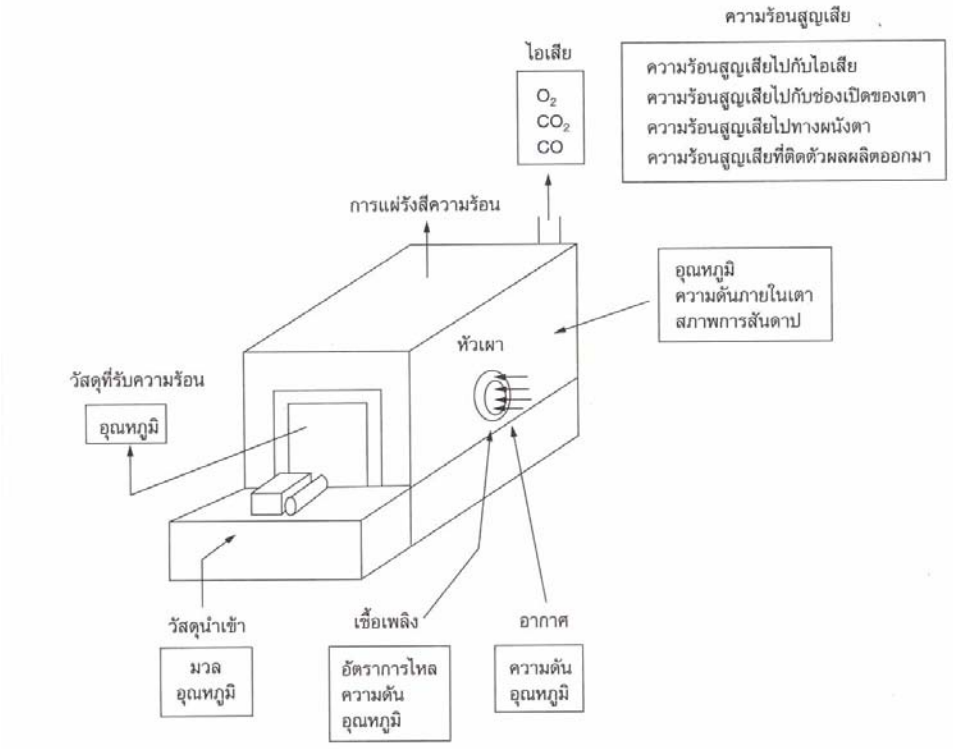
กระบวนการหลอมโลหะนั้น ในขั้นต้นจะต้องมีการเตรียมวัสดุโลหะที่จะหลอมและวัสดุที่ใช้ผสมเพื่อเพิ่มสมบัติอื่น ๆ หรือทำให้โลหะที่หลอมเหลวมีความสะอาดขึ้นในการหลอมโลหะนั้นจะต้องให้โลหะมีอุณหภูมิสูงขึ้น จนกลายเป็นของเหลว จากการที่ต้องเพิ่มพลังงานเข้าไปจะทำให้พลังงานที่แฝงอยู่ในเนื้อโลหะขณะหลอมเหลวมีสูงกว่าขณะโลหะแข็งตัว แม้ที่ระดับอุณหภูมิเดียวกัน

และความร้อนที่ต้องใส่เข้าไปเพื่อให้โลหะเปลี่ยนสถานะจากของแข็งไปเป็นของเหลวโดยอุณหภูมิไม่เปลี่ยนแปลงนั้นมีชื่อว่า ความร้อนแฝงของการหลอมเหลว (Latent heat of fusion) และด้วยสาเหตุที่โลหะไม่ได้มีเนื้อเดียวกันตลอดทั้งก้อน มักมีหลายโครงสร้างในเนื้อโลหะจึงไม่ได้หลอมละลายลงพร้อมกันทุกส่วนของก้อนโลหะ โดยทั่วไปส่วนบริเวณขอบเกรนจะเริ่มหลอมละลายก่อนบริเวณที่เป็นโครงสร้างเกรนผลึกสมบูรณ์ ข้อพิจารณาในการหลอมโลหะมีปัญหาอยู่ 3 ประการในการหลอมละลายโลหะ คือ

1. แนวโน้มของโลหะที่จะดูดซับหรือละลายก๊าซบางชนิดเข้าไปในน้ำโลหะที่หลอมละลาย

2. การทำปฏิกิริยารวมตัวกับก๊าซในบรรยากาศที่อุณหภูมิสูงของโลหะแต่ละชนิด ในการหลอมโลหะจะมีกระบวนการควบคุมการดูดซึมก๊าซจากบรรยากาศ และการรวมตัวกับออกซิเจนของน้ำโลหะ

3. การเติบโตของเกรนที่เกิดขึ้นในชิ้นงานโลหะที่แข็งตัว เพราะอุณหภูมิเทน้ำโลหะสูงเกินไปจะทำให้ธาตุต่าง ๆ รวมตัวกับออกซิเจนได้มากเกินไป ทำให้ส่วนผสมเคมีเปลี่ยนไปหรือเกิดออกไซด์ขึ้นมาลักษณะการแข็งตัวของโลหะจะเปลี่ยนไป การวัดและการควบคุมอุณหภูมิให้ได้ระดับอย่างเหมาะสมจึงเป็นเรื่องที่สำคัญ (วีรพันธ์ สิทธิพงศ์,2535)



รูปที่ 2.1 เตาหลอมโลหะ และปริมาณต่าง ๆ ที่ควรทำการตรวจวัด

ที่มา : โยชิฮิโกะ ทาคามูระ, 2543

2.3.1 การควบคุมโลหะที่หลอมละลาย

เมื่อทำการให้ความร้อนแก่โลหะจนเกิดการหลอมละลายแล้ว ยังไม่สามารถที่จะเทออกจากเตาหลอมได้ จะต้องมีขั้นตอนการทำงานเพื่อเปลี่ยนโครงสร้างทางโลหะวิทยาของโลหะไปเป็นรูปแบบอื่น โดยมีวิธีการอยู่ 3 อย่างคือ

2.3.1.1 การเติมธาตุผสม (Alloying)

การเติมธาตุผสมลงในน้ำโลหะจะคำนึงถึงปริมาณที่ใช้ในการผสม ผลของโครงสร้างที่มีต่อเฟสโลหะหลัก ผลของธาตุผสมที่มีต่อสมบัติทางกล ชนิดของโลหะหลอมที่ต้องการนำไปใช้งาน โดยพิจารณาจากน้ำโลหะเหลวว่ามาจากวัตถุดิบ แท่งโลหะปฐมภูมิ (Primary ingot) ซึ่งมาจากการถลุงโลหะโดยตรง หรือแท่งโลหะทุติยะภูมิ (Secondary ingot) ซึ่งได้จากแท่งโลหะที่ผ่านการใช้งานมาแล้วหรือเศษโลหะจากการหล่อขั้นต้น ในการหลอมโลหะจะมีการเติมธาตุผสมบางชนิดอย่างพิถีพิถัน และถ้าธาตุผสมชนิดใดมีจุดหลอมเหลวต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อโลหะทั้งหมดหรือธาตุผสมชนิดที่ทำปฏิกิริยากับออกซิเจนได้ง่าย จะมีการสูญหายระเหยไปบางส่วนทำให้สัดส่วนผสมของโลหะเจือ (Alloy metal) ไม่เท่ากับที่ได้คาดการณ์ไว้ กระบวนการเติมธาตุผสมนี้จะรวมไปถึงการปรับสินแร่ให้บริสุทธิ์ การควบคุมปฏิกิริยาของโลหะผสมกับออกไซด์ของโลหะด้วย

2.3.1.2 การปรับสภาพความบริสุทธิ์ (Flux for refining)

การปรับสภาพความบริสุทธิ์น้ำโลหะโดยใช้สารเคมีที่เรียกว่า ฟลักซ์ คือสารเคมีที่เติมลงในน้ำโลหะเหลวเพื่อปรับสภาพความบริสุทธิ์ของน้ำโลหะ มีวัตถุประสงค์ในการใช้งาน คือ กำจัดสารมลทินที่ไม่ต้องการ กำจัดก๊าซและออกไซด์ ลดการทำปฏิกิริยากับออกซิเจนที่ผิวหน้าของน้ำโลหะด้วยวิธีการปกคลุมผิวหน้าโลหะหลอมละลาย ลดการทำปฏิกิริยากับก๊าซไฮโดรเจนที่สามารถละลายเข้าผสมในน้ำโลหะหลอมเหลวที่อุณหภูมิสูง ฟลักซ์ที่ใช้ในการหลอมโลหะมีอยู่ 4 ประเภท คือ

1. ฟลักซ์คลุมผิวหน้า (Covering flux) ทำหน้าที่ปิดผิวหน้าน้ำโลหะไว้เป็นการป้อง กันไม่ให้เกิดออกไซด์และการละลายของก๊าซไฮโดรเจน ฟลักซ์ชนิดนี้จะมีจุดหลอมตัวและมีความหนาแน่นต่ำกว่าโลหะหลอมด้วย

2. ฟลักซ์ทำให้สะอาด (Cleaning flux) ทำหน้าที่ป้องกันการเกิดออกไซด์ และช่วยให้ออกไซด์และสิ่งเจือปนอื่น ๆ (Suspended particles) ลอยขึ้นมาอยู่ที่ผิวด้านบน

3. ฟลักซ์กำจัดขี้โลหะ (Drossing – off flux) ส่วนใหญ่ฟลักซ์ชนิดนี้จะใช้ตอนที่เทน้ำโลหะลงในแบบหล่อ ฟลักซ์นี้จะรวมตัวกับออกไซด์ต่าง ๆ ให้มีลักษณะเหนียวทำให้กวาดออกจากน้ำโลหะได้ง่าย และประการสำคัญคือ ช่วยให้พวกขี้โลหะไม่ไหลตามน้ำโลหะเมื่อเวลาเทน้ำโลหะ

4. ฟลักซ์ลดก๊าซ (Degassing flux) ทำหน้าที่เป็นตัวจับก๊าซที่ละลายอยู่ในน้ำโลหะให้ลอยขึ้นมาที่ผิวหน้าน้ำโลหะ (พยูร เกตุกราย, 2523)

2.3.1.3 การสลายก๊าซแทรกซึม (Degassing)

การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงโดยมีอากาศไม่เพียงพอ ผลจากการสันดาปจะได้รีดิ้วก๊าซโดยเฉพาะไฮโดรเจนซึ่งสามารถละลายในน้ำโลหะนอกกลุ่มเหล็กได้ง่าย และแหล่งอื่น ๆ ของไฮโดรเจน คือ ความชื้นของวัสดุที่บรรจุเข้าเตาหลอม เครื่องมือที่ใช้ ผนังเบ้าและความชื้นในอากาศ ก๊าซสามารถละลายในน้ำโลหะได้ดีกว่าในโลหะแข็ง 10 เท่า ดังนั้นเพื่อให้มีก๊าซในน้ำโลหะน้อยที่สุดควรที่จะให้เศษวัสดุ เครื่องมือ วัสดุทนไฟ ฟลักซ์ที่ใช้ต้องแห้งจริง ๆ ก่อนใช้งาน และต้องเทน้ำโลหะที่อุณหภูมิเหมาะสม

2.3.2 การหลอมทองแดงและทองแดงผสม

การหลอมทองแดงบริสุทธิ์ไม่นิยมใช้ในการหลอมเนื่องจากหล่อขึ้นรูปได้ยาก หดตัวมาก และเย็นตัวเร็วมาก การเตรียมวัสดุจะใช้เศษทองแดง แท่งโลหะทองแดงบริสุทธิ์ (Virgin metal) เศษวัสดุ (Secondary alloy scrap) เช่น เศษทองแดง เศษทองเหลือง หรือ เศษบรอนซ์ ที่ต้องทราบส่วนผสมด้วย เศษชิ้นส่วนงานหล่อที่ไม่ใช้งาน (Foundry scrap) เช่น รูเท รูล้น รูเข้า และ ชิ้นงานหล่อที่คัดทิ้งแล้วต่าง ๆ จำเป็นจะต้องตัดให้ได้ขนาดพอดีสะดวกในการชั่งและการบรรจุเข้าเตาหลอม จะต้องสะอาดปราศจากสิ่งสกปรก คราบน้ำมันและความชื้น จะต้องไม่มีขนาดเล็กจนเกินไปเพราะทำให้เกิดออกไซด์มาก และเกิดขี้ตะกรันมากทำให้หลอมยาก และสิ้นเปลืองฟลักซ์ที่ใช้ทำให้โลหะสะอาดมากขึ้นด้วย โดยทั่วไปในการหลอมจะผสมแท่งโลหะบริสุทธิ์ ประมาณ 50 – 60% เศษชิ้นส่วนงานหล่อ ประมาณ 25 – 35% และเศษวัสดุ ประมาณ 10 – 20% นอกจากนี้อาจใช้โลหะรวม (Hardener) ซึ่งเป็นโลหะผสมที่มีส่วนผสมแน่นอน ใช้เติมเข้าไปเพื่อปรับส่วนผสมของทองเหลืองและบรอนซ์ ให้มีส่วนผสมถูกต้องแน่นอนยิ่งขึ้น จะไม่นิยมผสมโลหะบริสุทธิ์เพราะสูญเพลิงมาก ตัวอย่างโลหะผสมที่ใช้ในการหลอมดังแสดงในตารางที่ 2.1

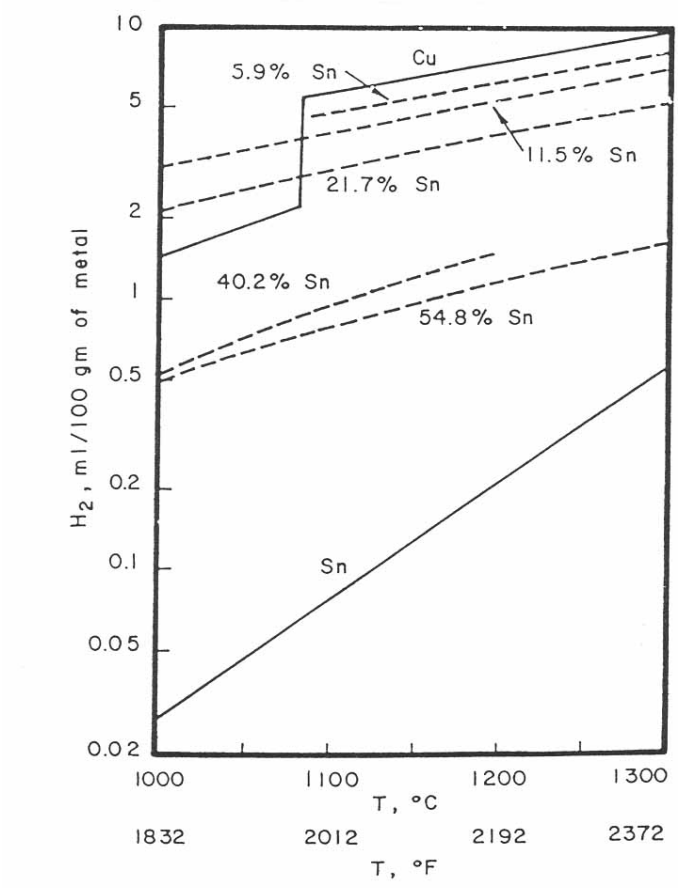
ตารางที่ 2.1 โลหะทองแดงผสมและจุดหลอมเหลว

ที่มา : วิจิตร พงษ์บัณฑิต, 2542

โลหะผสม	อุณหภูมิหลอมละลาย
ทองแดง 73% - แมงกานีส 27%	850 °C
ทองแดง 84% - ซิลิกอน 16%	800 °C
ทองแดง 50% - ดีบุก 50%	780 °C
ทองแดง 50% - อะลูมิเนียม 50%	580 °C

การสูญเพลิงจะมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับการเลือกใช้เตาหลอมว่าเป็นเตาชนิดใด รวมทั้งวัสดุที่เลือกใช้ในการบรรจุลงสู่เตาหลอมอีกด้วย ซึ่งจะมีผลต่อการสูญเพลิงเป็นอย่างยิ่ง โดยเฉพาะโลหะที่ระเหยง่ายที่อุณหภูมิสูง เช่น สังกะสี แคดเมียม และเบริลเลียม ดังนั้นจะต้องระมัดระวังธาตุอันตรายเหล่านี้ และเพื่อเป็นการลดการสูญเสียควรใส่ธาตุเหล่านี้แล้วรีบเทลงสู่แบบหล่ออย่างเร็ว

ปัญหาใหญ่ในการหลอมทองแดงผสมคือ เกิดรูพรุน (Porosity) อันเนื่องมาจากก๊าซที่เกิดจากอากาศหรือการเผาไหม้ซึ่งมีความชื้นทำให้เกิดก๊าซไฮโดรเจน และ ออกซิเจน โดยเฉพาะก๊าซที่มีปัญหาทำให้เกิดรูพรุนนั้นมีอยู่สองชนิด คือ Simple gases และ Complex gases ก๊าซไฮโดรเจนจัดเป็น Simple gases ที่สามารถละลายในน้ำโลหะได้ดีมาก จากรูปที่ 2.2 แสดงถึงความสามารถละลายของก๊าซไฮโดรเจนในโลหะทองแดง และโลหะดีบุก ในโลหะทองแดงเหลวสามารถละลายได้ประมาณ 5.5 มิลลิลิตร/ 100 กรัม ส่วนในโลหะทองแดงแข็งละลายได้ประมาณ 2 มิลลิลิตร/ 100 กรัม เพราะเมื่อโลหะเริ่มแข็งตัวก็จะคายก๊าซออกมา และอีกกรณีหนึ่งถ้ามีแรงดันจากภายนอกสูงก็จะทำให้ก๊าซละลายได้มากขึ้นด้วย



รูปที่ 2.2. ความสามารถละลายของก๊าซไฮโดรเจนในโลหะทองแดงผสมเหลว

ที่มา : วิจิตร พงษ์บัณฑิต, 2542