บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

ในการศึกษาการสึกหรอของผิวเชื่อมพอกแข็งนั้น จะเน้นการศึกษาในเรื่องการสึกหรอที่เกิดขึ้นในขณะใช้งาน ซึ่งเป็นการสึกหรอของแนวเชื่อมพอกผิวแข็ง โดยได้รับการขัดสีหรือการขีดข่วนจากดินที่นำมาผลิตอิฐ ที่ต้องนำมาบดและผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน ดินเหล่านี้ส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นดินเหนียว การผลิตอิฐก่อสร้างจากดินเหนียวธรรมชาติที่มีสารอินทรีย์เป็นสารหล่อลื่นและตัวประสาน หลักการทั่ว ๆ ไป คือ ป้อนดินเข้าสู่เครื่องบด มีการเติมน้ำหากความชื้นต่ำกว่า 8% จากนั้นส่งต่อไปยังเครื่องบดอีกครั้ง เพื่อบดหินหรือดินที่เกาะตัวกันเป็นก้อนใหญ่ให้ละเอียดลง และลำเลียงด้วยสายพานไปสู่เครื่องผสม ที่มีอยู่ด้วยกัน 3 จุด ทำหน้าที่ผสมดินให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกัน เพื่อทำให้ดินร่วนเป็นก้อนเล็ก ๆ จากนั้นส่งเข้าสู่การอัดผ่านลงไปในเบ้า โดยใช้สกรูรีดดินเป็นตัวลำเลียง อัดเป็นเนื้อเดียวกันหลังจากนั้นรีดออกมาเป็นแท่งสี่เหลี่ยมผืนผ้า และถูกตัดเป็นก้อน ๆ โดยแผงเส้นลวด สู่กระบวนการเผาเพื่อให้ได้อิฐที่มีคุณภาพ

1. การสึกหรอ

การสึกหรอเป็นการหลุดของผิววัสดุจากการถูกแรงกระทำขณะที่ผิวเคลื่อนที่สัมผัสกับอีกผิวหนึ่ง การสึกหรอมีหลายรูปแบบ เช่น การสึกหรอจากการไถลระหว่างผิว (Sliding Wear) การขัดถูของอนุภาคกับผิว (Abrasion) การชนของอนุภาคขนาดเล็ก หรือของไหลกับผิว (Erosion) ลักษณะหรือกลไกลการเกิดการสึกหรอของแต่ละชนิดก็แตกต่างกันไป การสึกหรอจะช้าหรือเร็วขึ้นอยู่กับหลายองค์ประกอบ เช่น โครงสร้างของจุลภาพผิว ชนิดของวัสดุ ลักษณะการเคลื่อนที่ของวัสดุ ลักษณะของแรงหรือการภาระ (Nature Loading) ปฏิกิริยาเคมีและอุณหภูมิ เป็นต้น การสึกหรอที่พบเห็นโดยทั่วไปมักมีความซับซ้อนมีหลายกลไกเกิดพร้อม ๆ กัน บางที่ไม่สามารถระบุการสึกหรอที่เกิดได้อย่างแน่นอนว่าเป็นชนิดใด (John T.H. Pearce, 2002)

การสึกหรอเป็นการเปลี่ยนแปลงบริเวณผิวของชิ้นงานในลักษณะที่ไม่พึงประสงค์ เนื่องจากการแยกหลุดของอนุภาพบนผิวชิ้นงาน หรือมีการเสียดสีกันระหว่างการใช้งานอย่างค่อยเป็นค่อยไปในช่วงระยะเวลาหนึ่งซึ่งมีผลทำให้ขนาด รูปร่าง น้ำหนักชิ้นงานเกิดการเปลี่ยนแปลง

การวิเคราะห์องค์ประกอบที่มีผลต่อการสึกหรอของวัสดุที่ประกบเข้าด้วยกันในลักษณะที่มีการเคลื่อนไหว หรือมีการสัมผัสซึ่งกันและกัน พฤติกรรมการสึกหรอของวัสดุขึ้นอยู่กับองค์ประกอบเหล่านี้ เช่น พลังงานทางกลที่ป้อนเข้าไปจะเปลี่ยนเป็นพลังงานทางความร้อน ซึ่งอาจจะก่อให้เกิดปฏิกิริยาทางพื้นผิวที่เกิดจากการเสียดทานก่อให้เกิดการสึกหรอตามมา(Peterson, 1980)

1.1 ปัญหาการสึกหรอทั่วไป

1.1.1 การสึกหรออาจเกิดปฏิกิริยาทางเคมี เช่น เป็นสนิม หรือผุกร่อน วิธีการกำจัดการสึกหรอจากปฏิกิริยาทำได้โดยการเคลือบผิวหน้าอุปกรณ์ ด้วยโลหะชนิดทนการกัดกร่อนทางเคมีและต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น เช่น นิเกิล เหล็กกล้าไร้สนิม ตะกั่ว สังกะสี ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของเคมีนั้น ๆ ด้วย

1.1.2 ชิ้นส่วนที่ถูกกระแทกจากวัสดุซึ่งมีความแข็ง เช่น ใบมีดรถเกรดดิน ผิวหน้าของเครื่องมือ และแม่พิมพ์ บุ้งกี๋ของรถตัก ชิ้นส่วนดังกล่าวเป็นชิ้นส่วนรับแรงกระแทก ซึ่งทำให้ชิ้นส่วนนั้นเกิดการเปลี่ยนขนาดและรูปร่างไปจากเดิมหรือแตกหัก การลดปัญหาควรใช้วัสดุที่มีความแข็งเหนียว วัสดุพอกผิวที่แข็ง ทำให้ส่วนของการพอกผิวแข็งมีอายุการใช้งานได้ยาวนานกว่าเดิม

1.1.3 ชิ้นส่วนสึกหรอกรณีสัมผัส และเสียดสีกับวัสดุอื่น ๆ เช่น แผ่นขุดดินของรถไถนา แผ่นผสมดิน เครื่องโม่หิน สายพานลำเลียงหิน วัสดุเคลือบเพื่อลดการสึกหรอจากการเสียดสีต้องเป็นวัสดุแข็งเช่น โครเมียมคาร์ไบด์ ทังสเตนคาร์ไบด์

1.2 การสึกหรอแบบขูดขีดเป็นร่อง (Abrasive Wear)

การสึกหรอแบบขูดขีดเป็นร่องที่เกิดจากภาระทางกลของการถูกเฉือนออกไปของเนื้อโลหะโดยที่อาจจะเกิดจากมีสิ่งสกปรกปน (Contamminants) เช่น เม็ดทราย ฝุ่นละอองหรือเม็ดแร่ธาตุที่มีความแข็งและคมหลุดลอดเข้าไปแทรกตัวอยู่ระหว่างผิวหน้าสัมผัสของโลหะ หรือเม็ดแร่ธาตุติดอยู่กับผิวหน้าโลหะด้านหนึ่งและได้รับภาระทางกล อีกรูปแบบหนึ่งของการสึกหรอแบบนี้คือ การที่ชิ้นส่วนสองชนิดที่มีความแข็งแตกต่างกันมาก เมื่อมีการสัมผัสและเคลื่อนที่ไปด้วยความเร็วกับภาระทางกล ชิ้นส่วนที่มีความแข็งมากกว่าขูดขีดชิ้นส่วนที่อ่อนกว่า ผลที่เกิดจากการสึกหรอแบบนี้ทำให้เกิดอนุภาคสึกหรอเป็นเส้นเล็ก ๆ เหมือนเส้นด้ายที่ขดตัวโค้งงออยู่ในรูปแบบ

ต่าง ๆ หรือเปรียบเทียบได้กับโลหะที่เกิดจากการกลึงแต่มีขนาดที่มองไม่เห็นด้วยตาเปล่า อนุภาคแบบนี้จะมีขนาดตั้งแต่ประมาณ 5 μm และในบางกรณีอาจจะยาวกว่า 10 μm ก็เป็นได้โดยเฉลี่ยมีความกว้างประมาณ 2–5 μm ในบางครั้งอาจมีผิวสีฟ้าแกมน้ำเงินหรือสีน้ำตาลอมส้มซึ่งแสดงว่าถึงช่วงของความร้อนในขณะถูกฟอร์มตัว การที่ตรวจพบอนุภาคการสึกหรอชนิดนี้เป็นจุดบ่งชี้ว่าสิ่งผิดปกติเกิดขึ้นในระบบการทำงานของเครื่องจักร และควรมีการติดตามสภาพการทำงานต่อไปอย่างใกล้ชิด (เยี่ยมยง ศรีชลัมภ์, 2540)

1.3 **การสึกหรอแบบขัดสีชนิดขูดขีด** (Scratching Abrasive Wear)

เกิดจากผิวหน้าของโลหะถูกขูดขีดด้วยโลหะที่มีความแข็งมากกว่าเม็ดแร่ธาตุที่เคลือบบนผิวหน้าของโลหะที่มีความคม และความแข็งมากกว่ามีผิวหน้าโลหะที่ถูกขัดสี รวมถึงภาระทางกลที่กระทำต่อโลหะนั้นไม่มากนัก ทำให้เกิดการขูดขีดบนหน้าสัมผัสของโลหะเป็นร่องไม่ลึกมาก ซึ่งสามารถเกิดขึ้นได้ทุกทิศทางอาจมองเห็นไม่เห็นชัดเจนและกล่าวได้ว่าการสึกหรอชนิดนี้เกิดในลักษณะสองมิติ (Two Body Abrasive Wear) หรือสามมิติ (Three Body Abrasive Wear) หรืออีกนัยหนึ่งการสึกหรอแบบขูดขีดความเค้นต่ำ (Low Stress Abrasive Wear) ซึ่งลักษณะของตัวอย่างที่เกิดการสึกหรอชนิดนี้คือการขัดถูชิ้นงานกับผ้าทราย การเสียดสีกันระหว่างบุ้งกี๋รถตักกับกองดิน ทราย เป็นต้น

1.4 **การสึกหรอแบบขัดสีชนิดขูดเซาะ** (Gouging Abrasive Wear)

เกิดจากการบดอัดวัสดุจนแตกหรือมีความคมระหว่างผิวหน้าสัมผัสของโลหะ ซึ่งวัสดุมีความแข็งมากกว่าทำให้เกิดการสึกหรอในลักษณะที่เป็นร่องลึกบนผิวหน้าของโลหะทั้งสองด้านโดยภาระทางกลที่กระทำสูงกว่าหรือเกิดการกระแทกบนผิวหน้าของโลหะเป็นไปในลักษณะสามมิติ (Three Body Abrasive Wear) ทำให้เกิดการสึกหรอชนิดนี้ขึ้นหรือการเกิดการสึกหรอแบบขูดขีดความเค้นสูง (High Stress Abrasive Wear) เช่น การบดปูน การบดหิน เป็นต้น

การสึกหรอที่เกิดขึ้นกับใบผสมดินในอุตสาหกรรมอิฐดินเผานั้น มีลักษณะการสึกหรอแบบขัดสีชนิดขูดขีด (Scratching Abrasive Wear) เกิดจากการที่ใบผสมดินมีการเคลื่อนไหว

สัมผัสกับดินเหนียวที่มีส่วนผสมของทรายเป็นหลัก หรือมีการเสียดสีกันระหว่างการใช้งานอย่างค่อยเป็นค่อยไปในช่วงเวลาหนึ่ง ซึ่งมีทำให้ขนาด รูปร่าง และน้ำหนักของใบผสมดินเปลี่ยนไป

1.5 การป้องกันการสึกหรอ

การป้องกันการสึกหรอ ไม่ว่าโดยวิธีใดก็ตามสิ่งที่ต้องทราบเป็นอันดับแรกคือ กลไกการสึกหรอ (Wear Mechanism) โดยทั่วไปแม้การสึกหรอจะเกิดจากหลายกลไกพร้อมกัน แต่อย่างน้อยที่สุดต้องสามารถระบุกลไกหลักได้ (กลไกหลักคือกลไกที่มีผลต่ออัตราการสึกหรอมากที่สุด) จากนั้นจึงจะสามารถเลือกใช้วัสดุและการออกแบบให้เหมาะสมต่อภาวะการใช้งานนั้น ๆ ได้ในหลาย ๆ กรณีพบว่าในการใช้งานต้องการวัสดุที่ต้านทานการสึกหรอได้ดีและต้องมีสมบัติอื่น ๆ ที่เหมาะสมด้วย เช่น ต้องการวัสดุที่มีความแข็งแรงเชิงกลสูง (High Mechanical Strength) ในขณะเดียวกันต้องการให้ขึ้นรูปได้ง่าย (High Conformability) หรือต้องการวัสดุที่ทั้งแข็ง(High Hardness) และเหนียว (High Fracture Toughness) ซึ่งโดยทั่วไปวัสดุที่ความแข็ง (Hard) ก็มักจะเปราะ (Brittle) ดังนั้นถ้ากล่าวโดยรวม วัสดุต้านทานสึกหรอที่เหมาะสมก็มักจะเป็น วัสดุที่มีสมบัติหลาย ๆ อย่างในตัวเอง เหมาะสมกับงานนั้น ๆ ไม่ใช่แต่แข็งมาก หรือเหนียว หรือเฉื่อยต่อปฏิกริยาเคมีอย่างเดียว (สิทธิชัย วิโรจนุปถัมภ์, 2545)

2. การพอกผิวแข็ง

ทางเลือกหนึ่งในการป้องกันการสึกหรอของวัสดุ คือการเพิ่มความสามรถในการต้านทานการสึกหรอให้กับชิ้นงานเฉพาะที่พื้นผิวภายนอกเท่านั้น เนื่องจากการสึกหรอมักจะเริ่มเกิดจากผิวภายนอกทั้งสิ้น กระบวนการที่นิยมใช้ในการป้องกันการสึกหรอที่นิยมใช้มีดังต่อไปนี้

2.1 กระบวนการคาร์บูไรซิ่ง (Carburising)

คาร์บูไรซิ่งเป็นเทคนิคการสร้างผิวแข็งสำหรับเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำวิธีหนึ่ง ซึ่งทำได้โดยการเพิ่มคาร์บอนเข้าไปที่ชั้นผิวหน้าของวัสดุชิ้นงานนั้น ชั้นผิววัสดุที่มีปริมาณคาร์บอนสูงจะมีความแข็งเพิ่มมากขึ้น การเพิ่มปริมาณคาร์บอนสามารถทำได้โดยวิธีการแพค (Pack)

ในการทำ แพคคาร์บูไรซิ่ง ชิ้นส่วนที่ต้องการผ่านกระบวนการจะถูกนำมาอัดอยู่ในวัสดุอื่นที่มีคาร์บอนในปริมาณสูง (Carbonaceous material) เช่นถ่านโค้ก ถ่านไม้ น้ำมัน

โดยอาจจะมีตัวกระตุ้น (Activator) ผสมอยู่ด้วย โดยวัสดุต่าง ๆ เหล่านี้จะถูกบรรจุอยู่ในภาชนะปิด และนำมาให้ความร้อนในเตาที่อุณหภูมิ 850–930°C เมื่อผ่านกระบวนการคาร์บูไรซิ่งแล้วเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำเหล่านี้จะมีปริมาณคาร์บอนที่ผิวเพิ่มขึ้นเป็น 0.6–1.2% และมีความลึกของคาร์บอนถึง 1.25 มิลลิเมตร ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับกระบวนการและระยะเวลาในการทำคาร์บูไรซิ่ง

2.2 **กระบวนการไนตรายดิ้ง** (Nitriding)

กระบวนไนตรายดิ้งเป็นวิธีหนึ่งของกระบวนการทางเคมีความร้อน (Thermochemical process) ในการสร้างชั้นผิวแข็งสำหรับเหล็กกล้าเพื่อเพิ่มความแข็ง และความแข็งในการล้า (Fatigue strength) ซึ่งมีผลต่อความต้านทานการสึกหรอของวัสดุนั้น ๆ ชิ้นส่วนที่ต้องการผ่านกระบวนการถูกนำมาให้ความร้อนที่ประมาณ 500°C ภายใต้บรรยากาศก๊าซแอมโมเนีย หรือก๊าซผสมของไนโตรเจน ไฮโดรเจน และแอมโมเนีย นานประมาณ 50–100 ชั่วโมง กระบวนการไนตรายดิ้งจึงใช้สำหรับสร้างผิวแข็งให้กับเหล็กกล้าผสม (Alloy steel) เท่านั้น โดยทั่วไปเหล็กกล้าที่ใช้ทำไนตรายดิ้งจะมีส่วนผสมประมาณ 0.2–0.5% C, 1.0% Al และไม่เกิน 2.0% Cr, 0.2% Mo จะทำให้มีความแข็งลึกถึง 0.4 มิลลิเมตร สามารถมีความแข็งได้ถึง 1100 H_D (Vickers diamond hardness)

2.3 **กระบวนการพลาสม่าไนตรายดิ้ง** (Plasma Nitriding)

พลาสม่าไนตรายดิ้งหรือไอออนไนตรายดิ้งเป็นกระบวนการแบบพลาสม่า สำหรับทำไนตรายดิ้งของเหล็กกล้าอีกวิธีหนึ่ง ชิ้นงานที่ต้องการทำพลาสม่าไนตรายดิ้งจะถูกบรรจุไว้ในห้องหรือถังสุญญากาศ โดยให้ชิ้นงานเหล็กกล้าเป็นขั้วลบ และผนังด้านในของถังสุญญากาศเป็นขั้วบวก และใช้ก๊าซไนโตรเจนเป็นตัวทำปฏิกิริยาทางไฟฟ้า ผิวชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการนี้สามารถมีความแข็งได้ถึง 1100 H_D (Vickers diamond hardness) ในกระบวนการนี้ชิ้นงานจะได้รับความร้อนจากการทำพลาสม่าและการชนของไนโตรเจนไอออน 500–600°C

2.4 **กระบวนเชื่อมด้วยแก๊สออกซีอเซทีลีน** (Oxy-Acetylene Welding)

การเชื่อมด้วยแก๊สออกซีอเซทีลีน ได้ถูกนำมาใช้ประโยชน์ในการพอกผิวแข็ง โดยใช้เครื่องมือแบบง่าย ๆ ซึ่งทำให้ต้นทุนถูกกว่าการเชื่อมพอกผิวโดยใช้การเชื่อมแบบอาร์คด้วยไฟฟ้า

แต่มีกระบวนการที่ค่อนข้างยุ่งยากกว่า ในการเชื่อมด้วยแก๊สออกซีอเซทีลีนใช้การควบคุมด้วยมือ จะต้องใช้ผู้ปฏิบัติงานที่มีความชำนาญ เพื่อให้ได้รอยเชื่อมที่มีการยึดเกาะ และมีความเรียบตามที่ต้องการ ความเร็วในการเชื่อมจะน้อยกว่าเมื่อเทียบกับการเชื่อมแบบอาร์คด้วยไฟฟ้า การเชื่อมด้วยแก๊สออกซีอเซทีลีนเหมาะสมที่สุดในการนำไปใช้งานพอกผิวแข็งที่มีพื้นที่น้อย

สำหรับการพอกผิวแข็งด้วยโลหะผสมฐานโคบอลท์ (Cobal–base Alloys) ใช้เปลวลดในการเชื่อม (Carburizing flame) เพื่อช่วยลดออก"ซด์และจะเป็นการเพิ่มคาร์บอนลงในรอยเชื่อม สำหรับการพอกผิวแข็งด้วยโลหะผสมนิเกิลจะใช้เปลวกลางแทน (Neutral flame) ขั้นตอนการปฏิบัติงานส่วนใหญ่จะขึ้นอยู่กับโลหะชิ้นงานที่จะทำการพอกผิวแข็ง สมบัติและคุณภาพของรอยพอก และเงื่อนไขการนำไปใช้งาน

2.5 **การพ่นพอกด้วยเม็ดโลหะ** (Powder Spraying)

การพ่นพอกผิวโลหะด้วยเม็ดโลหะสามารถทำได้โดยการพ่นด้วยผงโลหะบริสุทธิ์ หรือผงโลหะผสมลงบนชิ้นงานตามต้องการ การพ่นผงโลหะเราสามารถพ่นและละลายติดผิวของชิ้นงานโดยใช้ความร้อนจากหัวเชื่อมแก๊ส หรือการเหนียวนำด้วยกระแสไฟฟ้า โดยเชื่อมแก๊สออกซีอเซทีลีนจะถูกสร้างขึ้นมาเพื่อใช้เป็นอุปกรณ์สำคัญของขวดบรรจุผงเม็ดโลหะ ผงเม็ดโลหะจะถูกพ่นออกเมื่อกดคันบังคับของหัวเชื่อม ผงโลหะจะไหลลงมายังปลายของหัวพ่นโดยน้ำหนักของผงโลหะนั้น และไหลไปลงสู่ปลายของหัวพ่นตรงบริเวณเปลวไฟ จากนั้นก็จะถูกเปลวไฟดันไปสู่ชิ้นงานซึ่งรองรับอยู่ เช่น การซ่อมชิ้นส่วนต่าง ๆ ที่สึกหริเสื่อมสภาพ การสึกหรอของเพลา คมตัดที่ขอบของ Die ที่ใช้ในกระบวนการตัด (Blanking) ของการผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ การพ่นพอกด้วยเม็ดโลหะจะใช้ในการพอกผิวแข็งที่ต้องการความหนาไม่มาก

2.6 **การเชื่อมพอกผิวแข็งโดยใช้ลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์** (Hard Facing by With Coated Electrode Arc Welding)

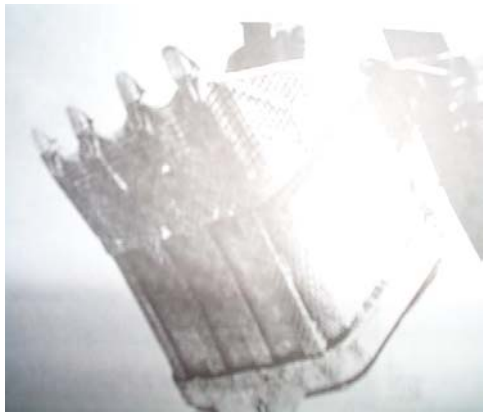
อุปกรณ์ที่ใช้ในการเชื่อมพอกผิวแข็งเหมือนกับอุปกรณ์ที่ใช้ในกรรมวิธีเชื่อมอาร์คแบบธรรมดาด้วยอิเล็ดโทรดที่มีสารพอกหุ้ม ดังนั้นในการเชื่อมรอยต่าง ๆ จะต้องคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี้ ความเร็วในการเดินแนวเชื่อม การตั้งมุมอิเล็ดโทรด แรงเคลื่อนขณะอาร์ค การซึมลึกและส่วนประกอบของสารพอกหุ้ม ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของผิวที่เราจะเชื่อมพอกผิวแข็ง รวมทั้งการเดินแนว

เชื่อมจะใช้วิธีส่ายหรือไม่ส่ายอิเล็ดโทรดก็ได้ โดยให้แนวรอยเชื่อมซ้อนกันหรือชั้นเดียวก็ได้ แต่ทั้งนี้จะต้องคำนึงถึง การบิดตัวของโลหะชิ้นงานด้วยว่าจะยอมให้บิดตัวมากน้อยเพียงใด ทั้งนี้ความกว้างของรอยเชื่อมไม่ควรเกิน 2.5 เท่า ของเส้นผ่านศูนย์กลางอิเล็ดโทรด

สำหรับกระบวนการเชื่อมพอกผิวแข็งโดยใช้ลวดเชื่อมที่มีสารพอกหุ้ม เป็นกระบวนการนำมาใช้ในการเชื่อมพอกผิวแข็งของใบผสมดิน ทั้งนี้เนื่องจากเป็นกระบวนที่มีใช้อยู่ใน บริษัท อำนวยกิจอิฐดินเผา จำกัด และเป็นกระบวนการที่ง่ายไม่ยุ่งยาก รวดเร็ว สะดวก นิยมใช้กันทั่วไป ดังได้กล่าวมาแล้วเบื้องต้น ตลอดจนสะดวกในการเลือกใช้วัสดุพอกผิวแข็งที่มีอยู่ในตลาด

3. **รูปลายของการเชื่อมพอกผิว**

สำหรับการนำการพอกผิวแข็งไปใช้งานนั้น แนวเชื่อมพอกผิวแข็งที่มีแนวขวางตัวกับทิศทางการไหลของของวัสดุจะช่วยดึงวัสดุได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตัวอย่าง เช่น ลูกหีบสำหรับบดหิน เป็นต้น



ภาพประกอบ 2.1 เทคนิคการเชื่อมแนวเชื่อมแบบตาข่าย ของบุ้งกี๋รถตักดิน

แนวเชื่อมที่มีทิศทางขนานกับทิศทางการไหลของวัสดุขัดถูต่าง ๆ จะทำให้การไหลของวัสดุไหลอย่างราบเรียบ ดังนั้นก็จะเป็นการลดการสึกหรอที่เกิดขึ้นด้วย เทคนิคเชื่อมพอกผิวแข็งที่น่าสนใจอีกชิ้นหนึ่งคือ เชื่อมพอกผิวแข็งบนผิวบุ้งกี๋ของรถตักดิน บริเวณที่ต้องสัมผัสกับ กรวด หิน ทราย และวัสดุอื่นในขณะใช้งาน โดยเชื่อมให้แนวเชื่อมตัดขวางเป็นตารางแหหรือตาข่าย พื้นที่เล็ก ๆ ในช่องตาข่ายจะต่ำกว่าแนวเชื่อม พื้นที่จุดนี้เองทำให้วัสดุซึ่งสัมผัสกับบุ้งกี๋เข้ามาอัด

ติดตกค้าง เมื่อใช้บุ้งกี๋ครั้งต่อไปวัสดุและทรายซึ่งติดในพื้นที่จุดนั้นช่วยป้องกันดินและทรายที่จะมาเสียดสีตัวบุ้งกี๋ในครั้งต่อไป

เทคนิคการเชื่อมแบบตาข่ายช่วยในการประหยัดลวดเชื่อมไปในตัวด้วย ดังภาพประกอบ 2.1 นอกจากการเชื่อมแบบตาข่ายฟันของบุ้งกี๋ตักดิน หรือฟันของบุ้งกี๋ขุดหินมีการใช้เทคนิคการเชื่อมอกผิวแข็งแบบลายเส้นดังภาพประกอบ 2.2

ภาพประกอบ 2.2 เทคนิคการเชื่อมแนวเชื่อมแบบลายเส้น ฟันของบุ้งกี๋รถตักดิน

เทคนิคการเชื่อมลายแนวเชื่อมแบบตาข่าย ได้นำมาใช้ในการทดลองในการเชื่อมใบผสมดินเพื่อนำไปใช้งานโดยได้เปรียบเทียบกับเทคนิคการเชื่อมลายแนวเชื่อมแบบวงกลม สี่เหลี่ยม และแบบลายเส้น ทั้งนี้เพื่อหาอัตราการสึกหรอที่เกิดขึ้นในแต่ละลายแนวเชื่อมว่า ลายแนวเชื่อมแบบใดมีการสึกหรอน้อยที่สุด

4. มาตรฐานลวดเติมที่ใช้สำหรับพอกผิวของเยอรมัน (DIN 8555 Part I November 1983)

มาตรฐานลวดเชื่อมเติมประกอบด้วยเส้นลวด (Filler Wire) แท่งลวด (Filler Rods) เส้นลวดอีเล็ดโทรด (Wire Electrodes) และลวดเชื่อมไฟฟ้าหุ้มฟลักซ์ (Cover Electrode) ซึ่งลวดเติมทำด้วยเหล็กกล้าไม่ผสม เหล็กกล้าผสม โลหะผสมแข็ง โลหะแข็งและโลหะผสมนอกกลุ่มเหล็กที่ใช้สำหรับพอกผิวโลหะเหล็ก

4.1. การแบ่งประเภทลวดเติม

Rods และ Wires แบ่งประเภทตามส่วนผสมทางเคมีของลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์และไส้ฟลักซ์ จะแบ่งประเภทตามสมบัติเคมีของเนื้อเชื่อม ดังแสดงตาราง 3.1

4.1.1 โลหะเติมประเภทมีปริมาณเหล็กสูง

(1) Alloy Group 1

โลหะเติมกลุ่มนี้ใช้สำหรับเชื่อมพอกผิวเหล็กกล้าไม่ผสมหรือเหล็กกล้าผสมต่ำ หรือบริเวณที่ไม่ต้องการความแข็งของเนื้อเชื่อมเป็นพิเศษ ในกรณีเนื้อเชื่อมจะไม่สามารถต้านทานการสึกหรอ และเนื้อเชื่อมยังสามารถกลึงแต่งด้วยเครื่องจักรได้อีกด้วย

การนำไปใช้งาน : การเชื่อมพอกเนื้อเชื่อมอ่อน การเชื่อมเติมเนื้อและการเชื่อมรองพื้น

(2) Alloy Group 2

โลหะเติมกลุ่มนี้มีความต้านทานการสึกหรอดีกว่าโลหะผสมกลุ่ม 1 เพราะว่าโลหะเติมกลุ่มนี้มีโครงสร้างพื้นฐานแข็งกว่าและประกอบด้วยคาร์ไบด์ในเนื้อเชื่อม โดยปกติแล้วไม่สามารถกลึงแต่งเนื้อเชื่อมได้

การนำไปใช้งาน : ใช้เชื่อมพอกล้อวิ่ง

(3) Alloy Group 3

โลหะเติมกลุ่มนี้โดยทั่วไปต้องการเนื้อเชื่อมที่มีความแข็งสูงที่อุณหภูมิสูง โดยปกติเนื้อเชื่อมจะมีธาตุ W Cr และในบางครั้งจะผสม Mo Ni V และ Co อีกด้วย โดยทั่วไปเนื้อเชื่อมมีโครงสร้างเป็นมาร์เทนไซด์ เนื้อเชื่อมที่ผ่านการอบอ่อนมาแล้วสามารถกลึงแต่งด้วยเครื่องจักรได้มีความแข็งขณะร้อน (Red Hardness) จนถึงอุณหภูมิ 500^{O}C การเชื่อมต้องให้ความร้อนก่อนเชื่อมและให้เย็นตัวช้าๆ เพื่อป้องกันการแตกร้าว

การนำไปใช้งาน : เครื่องมือใช้งานที่อุณหภูมิสูง (Hot Working)

(4) Alloy Group 4

โลหะเติมกลุ่มนี้มีส่วนผสมของธาตุคล้ายกับเหล็กกล้าไฮสปีด (High Speed Steel) เนื้อเชื่อมมีส่วนผสมของธาตุ W Mo Cr และ V และในหลายกรณีจะเติมธาตุ Co ลงไปด้วย

การกลึงแต่งด้วยเครื่องจักรจะทำได้เฉพาะเนื้อเชื่อมที่ผ่านการอบอ่อนแล้วเท่านั้น ยกเว้นจะกลึงแต่งด้วยการเจียระไน การชุบแข็งไม่มีความจำเป็น แต่ความแข็งจะเกิดขึ้นได้เมื่อมีการ Temper เนื้อเชื่อม 1 หรือ 2 ครั้ง การให้ความร้อนก่อนและหลังเชื่อมต้องทำตามคู่มือของผู้ผลิต

การนำไปใช้งาน : เครื่องมือตัด Mandrels ใบมีดตัด คมดอกเจาะ เป็นต้น

(5) Alloy Group 5

โลหะเติมกลุ่มนี้มีส่วนผสมโครเมียมสูง 5–30% และมีคาร์บอนไม่เกิน 0.2% เนื้อเชื่อมมีความแข็งเพิ่มขึ้นด้วยการมีโครงสร้างมาร์เทนไซท์ การเชื่อมพอกกระทำได้บนโลหะที่มีส่วนผสมคล้ายกันและบนเหล็กกล้าโครงสร้างที่มีความแข็งแรงต่ำอีกด้วย โลหะเติมชนิดนี้ไม่อาจจะกลึงแต่งด้วยเครื่องจักรได้เสมอไป การให้ความร้อนก่อนและหลังเชื่อมกระทำตามคู่มือจากผู้ผลิต

การนำไปใช้งาน : เชื่อมพอกผิวงานต่อต้านการเกิดสเกล (บรรยากาศแก๊สที่มีกำมะถัน) และเมื่อมีโครเมียมผสม 12% หรือมากกว่าและยังจะป้องกันการเกิดสนิมอีกด้วย ได้แก่ งานชิ้นส่วนวาล์ว ชิ้นส่วนของเตา

(6) Alloy Group 6

โลหะเติมกลุ่มนี้คล้ายกับกลุ่มที่ 5 แต่มีปริมาณคาร์บอนผสมอยู่สูง มีความแข็งสูงกว่า 500 HB และมีความต้านทานต่อการเกิดสนิมต่ำเนื้อเชื่อมมีความแข็งในอากาศ (Air Hardening) และการใช้งานทำได้เฉพาะการเจียระไนเท่านั้น การเชื่อมควรให้ความร้อนก่อนเชื่อม 200–300^{O}C

การนำไปใช้งาน : เครื่องมือตัด ใบตัดและลูกรีดสำหรับการรีดเย็น

(7) Alloy Group 7

โลหะเติมชนิดนี้มีเนื้อเชื่อมคล้ายเหล็กกล้าแมงกานีส และยังมีธาตุอื่น ๆ ประกอบอีกดังตาราง 3.1 เนื้อเชื่อมชนิดนี้เหมาะกับงานประเภทที่ต้องการความแข็งเพิ่มขึ้นจากการใช้งาน (Work Hardening) คือจะต้องมีแรงมากระทำจึงจะเกิดความแข็งหรือความแข็งจากการใช้งาน ความแข็งเริ่มจาก 180 จนถึง 550 HB แต่ไม่เหมาะกับงานที่ต้องความต้านทานต่อการสึกหรอจากการเสียดสี เนื้อเชื่อมโดยปกติจะไม่กลึงแต่งด้วยเครื่องจักร ชิ้นงานที่นำมาในขณะเชื่อมจะต้องรักษาอุณหภูมิให้เย็นเท่าที่จะเย็นได้ เพื่อให้ได้ผลของความเหนียว (Toughness) เป็นที่พอใจ

การนำไปใช้งาน : เชื่อมเสริมผิวในกรณีพื้นที่ใหญ่ ได้แก่ แผ่นกันสึกเป็นต้น

(8) Alloy Group 8

โลหะเติมกลุ่มนี้เนื้อเชื่อมมีความเหนียวสูงกว่ากลุ่ม 7 ทำให้ความแข็งเพิ่มขึ้นจากการใช้งาน (Work Hardening) ได้ดี มีความต้านทานต่อการเกิดสนิมไม่ต้องทำการอบชุบ กลึงแต่งด้วยเครื่องจักรได้ ไม่เป็นแม่เหล็ก

การนำไปใช้งาน : ส่วนประกอบของฟันบดหินที่รับภาระไม่รุนแรง รางรถไฟ และชิ้นส่วนของกังหันน้ำ

(9) Alloy Group 9

โลหะเติมกลุ่มนี้มีส่วนผสมเทียบเท่าลวดเชื่อม Ni–Cr ออสเทนไนต์ สามารถใช้เชื่อมกับเหล็กกล้าชนิดเดียวกัน เหล็กโครเมียมและเหล็กกล้าโครงสร้างทั่วไป เนื้อเชื่อมมีความสามารถต้านทานการกัดกร่อนดี เนื้อเชื่อมสามารถทำการขึ้นรูปเย็น และมีความเหนียวสูง ยังสามารถกลึงแต่งด้วยเครื่องจักรได้

การนำไปใช้งาน : ใช้เชื่อมพอกงานที่ทนต่อการกัดกร่อนหรือทนความร้อน

(10) Alloy Group 10

เนื้อเชื่อมที่ได้จากลวดเชื่อมกลุ่มนี้ คล้ายกับเหล็กกล้าโครเมียมที่เพิ่มคาร์บอน และจะเกิดหรือไม่เกิดการก่อตัวของคาร์ไบด์ก็ได้ ปริมาณคาร์บอนผสมอยู่ 2–7% ส่วนโครเมียมไม่เกิน 40% เนื้อเชื่อมจะมีคาร์ไบด์แทรกอยู่ในโครงสร้างออสเทนไนต์ ความแข็งของเนื้อเชื่อมจะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณคาร์บอนแต่ไม่เพิ่มด้วยการอบชุบด้วยความร้อน เนื้อเชื่อมจะกลึงแต่งได้ด้วยการเจียระไนเท่านั้น ถ้าให้ความร้อนเชื่อมจะช่วยลดความไวต่อการแตกร้าวเนื้อเชื่อมทนต่อการสึกหรอ

การนำไปใช้งาน : ใช้สำหรับการเชื่อมซ่อมงานในเหมืองแร่และโรงงานเหล็ก เชื่อมพอกชิ้นส่วนเครื่องจักรก่อสร้าง เครื่องจักรกลเกษตร และฟันบดโลหะผง

4.1.2 โลหะเติมที่มีปริมาณเหล็กต่ำ

(1) Alloy Group 20

โลหะเติม Co–Cr มีความต้านทานต่อการสึกหรอ การกัดกร่อนและการเกิดออกซิเดชั่นที่อุณหภูมิสูงดี สมบัติเด่นอีกประการหนึ่งคือคงความแข็งที่อุณหภูมิสูง ซึ่งสามารถใช้งานที่

อุณหภูมิสูงไม่เกิน 600^{O}C การเชื่อมจะต้องให้ความร้อนก่อนเชื่อม 400–600^{O}C และหลังจากนั้นให้เย็นตัวช้า ๆ และไม่จำเป็นต้องการอบชุบด้วยความร้อน

การนำไปใช้งาน : งานประกอบทุกชนิด บ่าวาล์วไอเสียของเครื่องยนต์สันดาปภายในบ่าวาล์วเครื่องจักรไอน้ำ เพลาปั๊มและชิ้นส่วนที่มีการกัดกร่อนและการเซาะกร่อนรุนแรง (Erosion)

(2) Alloy Group 21

สมบัติของเนื้อเชื่อมที่ได้จากโลหะเติมกลุ่มนี้ ขึ้นอยู่กับส่วนผสมของโครเมียมคาร์ไบด์และทังสเตนคาร์ไบด์ โดยปกติจะนำผงโลหะโครเมียมคาร์ไบด์และทังสเตนคาร์ไบด์ อัดขึ้นรูปเป็น Rod หรือ Core Wire เพื่อนำมาเชื่อม เนื้อเชื่อมมีความสามารถต้านทานการสึกหรอดี ส่วนความเหนียวขึ้นอยู่กับเปอร์เซ็นต์ของคาร์ไบด์ที่ผสมอยู่ในวัสดุพื้นที่ทำหน้าที่ยึดเกาะ การเชื่อมจะต้องให้ความร้อนก่อนเชื่อม 400–600^{O}C และไม่ต้องทำการอบชุบด้วยความร้อน

การนำไปใช้งาน : เครื่องมือและชิ้นส่วนเครื่องจักรที่นำไปใช้กับงานขุดหิน ดอกเจาะและสกรูอัดสำหรับอุตสาหกรรมเซรามิก

(3) Alloy Group 22

เนื้อเชื่อมที่ได้จากโลหะเติม Ni–Cr–B มีความต้านทานต่อการสึกหรอที่เกิดจากการขัดสีของโลหะ และมีความแข็งที่อุณหภูมิสูง ความแข็งที่อุณหภูมิห้องเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณ C Cr และ B คือความแข็งตั้งแต่ 30–60 HRC เนื้อเชื่อมสามารถใช้งานกับอุณหภูมิสูงจนถึง 500^{O}C การเชื่อมจะต้องให้ความร้อนก่อนเชื่อม 400^{O}C และไม่ต้องทำการอบชุบด้วยความร้อน

การนำไปใช้งาน : วาล์ว สกรูเกลียวหนอน เพลาปั๊มคอนกรีตเหลวและปั๊มชนิดอื่น ๆ

(4) Alloy Group 23

โลหะเติมชนิด Ni–Cr–Mo มีสมบัติในการใช้งานที่อุณหภูมิสูง ๆ ได้ดี การเพิ่มความแข็งกระทำได้โดยการอบชุบด้วยความร้อนที่ถูกต้อง

การนำไปใช้งาน : เครื่องมือสำหรับงานขึ้นรูปร้อน หน้าสัมผัสของบ่าวาล์วในอุตสาหกรรมเคมี และใช้เชื่อมเสริมใบมีดตัดงานที่อุณหภูมิสูง

4.1.3 โลหะเติมนอกกลุ่มเหล็ก (Non-Ferrous Filler Metals)

(1) Alloy Group 30

โลหะเติมกลุ่มนี้เป็นโลหะผสมทองแดง–ดีบุก ประกอบด้วย 6–12% Sn และฟอสฟอรัส 0.5% ความแข็งของเนื้อเชื่อมพอกอยู่ระหว่าง 60–130 HB และขึ้นอยู่กับปริมาณผสมของ Sn โลหะผสมกลุ่มนี้ความต้านทานต่อการสึกหรอแบบการไถลระหว่างผิวสูง (Sliding Wear) มีความต้านทานต่อสารละลายเกลือและกรด

การนำไปใช้งาน : เปลือกแบริ่ง เพลา เกจวาล์ว วาล์ว เสื้อหุ้ม เฟืองหนอน และเฟืองเฉียง

(2) Alloy Group 31

โลหะเติมกลุ่มนี้มีอลูมิเนียมผสมหลัก 5–15% สำหรับเนื้อโลหะผสม 2 ธาตุ จะมีความแข็ง 100–200 HB และมีความต้านทานต่อสารเคมี สมบัติทางกล ความต้านทานต่อการกัดกร่อนและสมบัติต่อการนำไปทำงานขึ้นอยู่กับปริมาณของธาตุผสมที่เติมลงไป ได้แก่ Fe Ni และ Mn

(3) Alloy Group 32

โลหะเติมกลุ่มนี้เป็นโลหะผสมทองแดง–นิกเกิล ที่ประกอบด้วยนิกเกิล 5–45% เหล็กผสมจนถึง 1.5% และแมงกานีสผสมจนถึง 3.5% ความแข็งสูงขึ้นไปจนถึง 160 HB เนื้อเชื่อมมีความต้านทานต่อความเค้น (Stress) การกัดกร่อน (Corrosion) การแตกร้าว (Cracking) โดยเฉพาะต้านทานต่อน้ำทะเล

การนำไปใช้งาน : เครื่องกลั่นน้ำ ท่อน้ำทะเล คอนเดนเซอร์ และตัวระบายความร้อน

4.2 สัญลักษณ์

สัญลักษณ์ลวดเชื่อมมุ่งหวังเพื่อให้ความสะดวกในการเลือกและการใช้ลวดเติม และยังบ่งชี้ถึงสมบัติของผิวเนื้อเชื่อม

4.2.1 รหัสแสดงกลุ่มของธาตุผสม

ดังแสดงในตาราง 3.1

ตาราง 3.1 ประเภทของโลหะเติม

Alloy Group	ชนิดของโลหะเติมหรือเนื้อเชื่อม
1	เหล็กกล้าไม่ผสมมีคาร์บอนสูงขึ้นไปจนถึง 4% หรือเหล็กกล้าผสมต่ำที่มีคาร์บอนสูงจนถึง 0.4% และธาตุผสมอื่น ๆ รวมกันไม่เกิน 5% ได้แก่ ธาตุ Cr Mn Mo และ Ni
2	เหล็กกล้าไม่ผสมมีคาร์บอนผสมมากกว่า 0.4% หรือเหล็กกล้าผสมต่ำมีคาร์บอนมากกว่า 0.4% และธาตุผสมอื่น ๆ รวมกันไม่เกิน 5% ได้แก่ ธาตุ Cr Mn Mo และ Ni
3	โลหะผสมที่มีสมบัติของเหล็กกล้าใช้งานร้อน (Hot Working)
4	โลหะผสมที่มีสมบัติของ High Speed Steel
5	โลหะผสมที่มีโครเมียมมากกว่า 5% และคาร์บอนผสมต่ำไม่เกิน 0.2%
6	โลหะผสมที่มีโครเมียมมากกว่า 5.0%และมีคาร์บอนผสมสูงประมาณ 0.2–2.0%
7	โลหะแมงกานีส (ออสเทนไนต์) แมงกานีส 11 – 18% คาร์บอนมากกว่า 0.5% และนิเกิลไม่เกิน 3.0%
8	Cr–Ni–Mn (ออสเทนไนต์)
9	เหล็กกล้า Cr–Ni (มีความต้านทานต่อสนิม กรดและความร้อน)
10	เหล็กกล้าผสมคาร์บอนสูงและโครเมียมสูง โดยไม่ผสมคาร์ไบด์
20	โลหะผสมโคบอลหลัก ธาตุผสม Cr– W อาจเติมหรือไม่เติม Ni และ Mo
21	โลหะผสมคาร์ไบด์ในรูปแบบต่าง ๆ ได้แก่ อัดโลหะผง หล่อหรือแกนลวด
22	โลหะผสมนิเกิลหลัก ธาตุผสม Cr Cr–B
23	โลหะผสมนิกเกิลหลัก ธาตุผสม Mo อาจผสมหรือไม่ผสมโครเมียม
30	โลหะผสมทองแดงหลัก ธาตุผสมดีบุก
31	โลหะผสมทองแดงหลัก ธาตุผสมอลูมิเนียม
32	โลหะผสมทองแดงหลัก ธาตุผสมนิกเกิล

(1) หมายเลขรหัสระบุระดับความแข็ง

ตาราง 3.2 การแบ่งระดับค่าความแข็ง

ระดับความแข็ง	ช่วงความแข็ง
150	125 up to 175 HB
200	over 175 up to 225 HB
250	over 225 up to 275 HB
300	over 275 up to 325 HB
350	over 325 up to 375 HB
400	over 375 up to 450 HG
40	37 up to 42 HRC
45	over 42 up to 47 HRC
50	over 47 up to 52 HRC
55	over 52 up to 57 HRC
60	over 57 up to 62 HRC
65	over 62 up to 67 HRC
70	over 67 HRC

จากตาราง 3.2 แสดงถึงระดับความแข็งของเนื้อเชื่อมที่ไม่ผ่านการปรับปรุงด้วยความร้อน การปรับปรุงด้วยความร้อนทำตามคำแนะนำของผู้ผลิตโลหะเติมที่กำหนดไว้ให้

สำหรับค่าความแข็งเป็นค่าความแข็งของเนื้อเชื่อมที่ได้จากการเชื่อมที่เกิดจากลวดเชื่อมกับฟลักซ์หรือลวดเชื่อมกับแก๊สควบคุม ฟลักซ์และแก๊สคลุมต้องระบุไว้ให้แน่นอน เนื่องจากถ้ามีการเปลี่ยนฟลักซ์และแก๊สคลุมจะทำให้ค่าของความแข็งเปลี่ยนไปด้วย

(2) รหัสอักษรแสดงสมบัติของเนื้อเชื่อม

ถ้าหากจำเป็นต้องใช้อักษรมากกว่า 1 ตัว ให้จัดเรียงตามลำดับตัวอักษร

C = ความต้านทานการกัดกร่อน

G = ความต้านทานการสึกหรอจากการขัดสี

K = ความสามารถในการเพิ่มความแข็ง โดยมีแรงกระทำ (Work Hardening) จากการใช้งาน ได้แก่แรงกด แรงรีดหรือแรงกระแทก

N = ไม่เป็นแม่เหล็ก

P = ต้านทานแรงกระแทก

R = ต้านทานการเกิดสนิม

S = ความสามารถในการตัด

T = มีความแข็งแรงที่อุณหภูมิสูง ได้แก่ เหล็กกล้าเครื่องมือใช้งานอุณหภูมิ

Z = ใช้งานอุณหภูมิสูง ใช้งานที่อุณหภูมิสูงเกิน 600^{O}C

สมบัติของเนื้อเชื่อมขึ้นอยู่กับกรรมวิธีการปรับปรุงด้วยความร้อนกำหนดโดยผู้ผลิต

4.2.2 **รหัสอักษรที่เกี่ยวกับโลหะเติม**

(1) รหัสแสดงกระบวนการเชื่อม

G = การเชื่อมแก๊ส

E = การเชื่อมอาร์กด้วยมือ

MF = Metal–Arc Welding ใช้ลวดไส้ฟลักซ์

TIG = การเชื่อม TIG

MSG = Metal Shielding Gas Welding

UP = การเชื่อมใต้ฟลักซ์

(2) รหัสอักษรระบุกรรมวิธีการผลิตโลหะเติมวิธีการผลิตโลหะเติมกำหนดด้วยสัญลักษณ์ต่อไปนี้

GW = การรีด

GO = การหล่อ

GZ = การดึงลดขนาด

GS = การอัดด้วยโลหะผง

GF = แกนลวดมีไส้

UM = แกนลวดมีฟลักซ์หุ้มภายนอก

5. **สมบัติของธาตุผสมในลวดเชื่อมพอกแข็ง**

สมบัติที่สำคัญของวัสดุที่มีอยู่ในลวดเชื่อมพอกแข็งแต่ละชนิดคือ ต้องมีความแข็งและทนต่อการสึกหรอตลอดจนมีความเหนียวพอสมควร ขึ้นรูปหรือตกแต่งผิวได้ง่าย ซึ่งสมบัติเหล่านี้ขึ้นอยู่กับธาตุผสมต่าง ๆ ที่เติมลงไปในวัสดุลวดเชื่อมพอกแข็ง ธาตุผสมต่าง ๆ เหล่านี้มีผลทำให้เกิดโครงสร้างแบบต่าง ๆ เช่น มาร์เทนไซด์ ออสเทนไนท์ คาร์ไบด์ โครงสร้างที่เกิดขึ้นหลังจากการเชื่อมพอกแข็งนั้น จะทำให้วัสดุบางชนิดที่หลอมรวมกับออสเทนไนท์จะช่วยให้เพิ่มความแข็งเมื่อนำเหล็กเหล่านั้นไปชุมแข็ง ธาตุบางชนิดจะทำให้เกิดคาร์ไบด์ ซึ่งสามารถเพิ่มความต้านทานการสึกหรอ การเลือกลวดเชื่อมพอกแข็งเพื่อนำมาใช้ดีที่สุดนั้นต้องมีความรู้เรื่องสมบัติของธาตุต่าง ๆ ที่เติมและผลที่เกิดขึ้น สรุปได้ดังนี้

5.1 **คาร์บอน** (C)

โดยทั่วไปไม่จัดว่าเป็นธาตุผสม แต่เป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดชนิดหนึ่งในเหล็กกล้าและมีผลอย่างมากต่อสมบัติของเหล็ก สมบัติทางกายภาพและเชิงกลของเหล็กขึ้นอยู่กับปริมาณคาร์บอนคือ ความต้านทานเพิ่มขึ้นเมื่อคาร์บอนเพิ่ม ความเหนียวและความยืดหยุ่นจะลดลง ทนแรงกระแทกได้น้อยแต่ทนต่อการสึกหรอได้ดี ตัดแต่งได้ยากขึ้น ความสามารถในการเชื่อมน้อยลง

5.2 **โครเมียม** (Cr)

โครเมียมในเหล็กกล้าคาร์บอนจะช่วยเพิ่มความแข็งขณะที่ความเหนียวและการทนต่อแรงกระแทกลดลง ความสามารถในการชุบแข็งและความต้านทานการสึกหรอจะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณโครเมียม หากใช้ร่วมกับทังสเตนจะให้ผลมากขึ้น

5.3 **ทังสเตน** (W)

ทังสเตนเมื่อผสมลงในเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ หรือเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง จะทำให้เหล็กมีความสามารถในการทำให้แข็งดีขึ้นเล็กน้อย มีสมบัติใกล้เคียงกับโครเมียมเมื่อใช้ปริมาณมากจะทำให้เกิดคาร์ไบด์ซึ่งแข็งสูงสุด ทนทานต่อการกัดกร่อน และความต้านทานตัวการสึกหรอได้ดีที่สุด

5.4 **นิเกิล** (Ni)

ช่วยเพิ่มความแข็งแรง ความแข็ง ทนทานต่อการกัดกร่อน ความต้านทานแรงกระแทก และความสามารถในการชุบแข็งโดยไม่ลดความเหนียว ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณที่แทรกเข้าไปในเนื้อเหล็ก ธาตุชนิดนี้ไม่ค่อยได้ใช้โดยลำพังมักใช้ร่วมกับโครเมียมและโมลิบดินั่มเพื่อช่วยเพิ่มความแข็งตลอดจนยังไม่ทำปฏิกิริยากับออกซิเจน

5.5 **โมลิบดินั่ม** (Mo)

มีสมบัติคล้ายทังสเตน แต่ให้ผลมากเป็นสองเท่า ช่วยเพิ่มความสามารถและความลึกในการชุมแข็ง ความแข็งแรงที่อุณหภูมิสูงและความแข็งแรงจากการอบคืนตัวได้เช่นเดียวกับโครเมียม ช่วยให้เกิดการจับตัวของคาร์ไบด์อย่างแน่นหนา และเป็นธาตุที่ช่วยไม่ให้เกิดการแตกร้าวได้ง่าย ตลอดจนใช้ทำชิ้นงานอื่น ๆ ที่ต้องการความต้านทานความร้อนและต้านทานการกัดกร่อนได้ดี

5.6 **วาเนเดียม** (V)

ช่วยให้มีเม็ดเกรนมีความละเอียดและแน่น เพิ่มความสามารถในการชุบแข็งและความแข็งเมื่อได้รับความร้อน ใช้ร่วมกับโครเมียมหรือทังสเตนทำให้ความแข็งเพิ่มขึ้น ตลอดจนให้รูปแบบของคาร์ไบด์ที่แข็งแรง

5.7 **แมงกานีส** (Mn)

สมบัติคล้ายนิเกิลมีความแข็งแต่เปราะ และช่วยเพิ่มความสามรถในการชุบแข็ง มีความต้านทานการสึกหรอ ลดการเสียรูปในระหว่างการอบชุมด้วยความร้อน

5.8 **ไนโอเบียม** (Nb)

เมื่อนำไบโอเนียมผสมกับเหล็กจะทำให้เหล็กนั้นไม่เกิดสนิมและทนต่อการกัดกร่อนของสารเคมี อีกทั้งยังทำให้มีความแข็งแรงและทนทานต่อแรงกระแทกเพิ่มขึ้น

5.9 **โบรอน** (B)

โบรอนเมื่อนำมาผสมเหล็ก จะทำให้เหล็กที่ถูกหลอมละลายและปล่อยให้เย็นตัวเกิดนิวเคลียสของเฟอร์ไรต์ได้ช้า และการเปลี่ยนแปลงไปเป็นเฟสออสเทนไนต์ก็ค่อนข้างช้าด้วยเช่นกัน แต่ยังคงเพิ่มความสามารถในการทำให้แข็ง นอกจากนั้นโบรอนยังช่วยดึงโครเมียมรวมตัวกับคาร์บอนเป็นโครเมียมคาร์ไบด์ได้อีกด้วย

6. **สมบัติของโลหะชิ้นงาน** (Properties of Base Metal)

การเลือกใช้ชิ้นงาน ขึ้นอยู่กับความต้องการที่จะนำไปใช้งาน สมบัติทางกายภาพและทางโลหะวิทยาของชิ้นงาน รูปร่าง ส่วนประกอบทางเคมีในช่วงอุณหภูมิหลอมเหลว การหดตัว การขยายตัวของโลหะชิ้นงาน กระบวนการพอกผิวแข็ง ทั้งหมดที่กล่าวมานั้นต้องนำมาพิจารณาในการที่จะเลือกวิธีการเชื่อมหรือกระบวนการเชื่อมที่เหมาะสม ตลอดจนสมบัติทางกายภาพและโลหะวิทยาของตัวพอกผิวแข็งจะเป็นตัวบ่งบอกว่าจะใช้งานในลักษณะใด

6.1 **เนื้อเชื่อมโลหะ** (All Weld Metal)

เนื้อโลหะส่วนที่ได้จากการหลอมละลายของลวดเชื่อมที่ไม่มีผลกระทบจากการเจือจาง (Dilute) ของเนื้อโลหะชิ้นงาน (Base metal) โดยปกติผู้ผลิตลวดเชื่อมจะระบุส่วนผสมทางเคมี (Chemical composition) สมบัติทางกล (Mechanical properties) ความแข็ง (Hardness) และโครงสร้างทางโลหะวิทยาจากเนื้อโลหะเชื่อมเท่านั้น

6.2 **การเชื่อมรองพื้น** (Buffer Layer)

ชั้นแนวเชื่อมที่ทำหน้าที่เป็นตัวประสานต่อระหว่างเนื้อโลหะหนึ่งกับเนื้อโลหะหนึ่ง เพื่อ

ให้เนื้อโลหะเชื่อมหลอมละลายประสานกับเนื้อโลหะชิ้นงานได้ดี หรือให้มีความเหนียวเพิ่มขึ้น การเชื่อมรองพื้นมักระบุหรืออาจต้องใช้ในกรณีที่เป็นการเชื่อมพอกผิวแข็ง แต่ในบางครั้งก็จะระบุในงานเชื่อมที่ใช้ในการต่อชิ้นงาน (Joining) ด้วยเหมือนกัน (สมพร พงศ์ขจร, ม.ป.ป. : 1.01-4)

จำนวนชั้นของรอยเชื่อมและลักษณะพิเศษของการเชื่อมแบบอื่น ๆ โดยเนื้อโลหะของชิ้นงานบางส่วนจะผสมเข้ากับส่วนที่นำมาพอกผิวระหว่างการเชื่อม การผสมอย่างเจือจางนี้โดยปกติแล้วมีอัตราส่วนระหว่างเนื้อโลหะชิ้นงานต่อส่วนผสมที่นำมาพอกผิวแข็งเท่ากับ 10 : 90 (ประสงค์ ท้วมยิ้ม, ม.ป.ป. : 328)

ในการเชื่อมพอกผิวแข็งของใบผสมดินไม่มีการเชื่อมรองพื้นทั้งนี้เนื่องมาจากสาเหตุจากการที่ใบผสมดินเมื่อใช้งานได้ตามกำหนดระยะเวลาแล้ว จะทำการเปลี่ยนเอาใบผสมดินใบใหม่มาทำการเชื่อมพอกผิวแข็ง ส่วนใบผสมดินที่ใช้งานแล้วจะไม่นำมาใช้อีกต่อไป จึงไม่จำเป็นที่จะต้องเชื่อมรองพื้นทั้งนี้เพื่อการประหยัดค่าใช้จ่ายอีกทางหนึ่งด้วย