**แผนการสอน**

**20102-2201 แม่พิมพ์โลหะเบื้องต้น 2 - 0 - 2**

**(Basic Die)**

**หน่วยที่ 5 ชนิดและรูปร่างของวัสดุชิ้นงาน**

| | | |
|---|---|---|
| | **แผนการจัดการเรียนรู้ที่5** | **หน่วยที่5** |
| | ชื่อวิชา แม่พิมพ์โลหะเบื้องต้น | เวลาเรียนรวม 36 ชั่วโมง |
| | ชื่อหน่วย ชนิดและรูปร่างของวัสดุชิ้นงาน | สอนครั้งที่ 10-11 |
| ชื่อเรื่อง ชนิดและรูปร่างของวัสดุชิ้นงาน | | จำนวน 4 ชั่วโมง |

**สาระสำคัญ/แนวคิด**

การทำงานของแม่พิมพ์โลหะนี้จะใช้แผ่นโลหะหรือวัสดุที่จะนำมาอัดขึ้นรูป สอดเข้าไประหว่างแม่พิมพ์ทั้งสองส่วน เมื่อแม่พิมพ์ทั้งสองส่วนเคลื่อนที่เข้าหากัน ตัวพั้นช์จะเคลื่อนที่เข้าไปในดาย เมื่ออัดด้วยแรงที่กำหนดไว้ทำให้เกิดชิ้นงานตามต้องการ ปัจจัยสำคัญที่จะต้องคำนึงถึงในการเลือกวัสดุทำแม่พิมพ์โลหะ ต้องพิจารณาถึงชนิดและปริมาณชิ้นงานที่จะผลิต แม่พิมพ์ที่ทำจากวัสดุต่างชนิดกันและกรรมวิธีแตกต่างกันควรใช้ในการผลิตชิ้นงานต่างชนิดกันด้วย การเลือกวัสดุเพื่อใช้ทำแม่พิมพ์จะต้องเลือกให้เหมาะสมกับการใช้งาน โดยคำนึงถึงความประหยัดในการทำแม่พิมพ์โลหะ ในขณะเดียวกันก็จะต้องคำนึงถึงความแม่ยำของชิ้นงานที่ผลิตตามต้องการด้วย หากเลือกวัสดุโดยคำนึงถึงด้านราคาอย่างเดียวแล้วอาจได้วัสดุที่ไม่ดีพอหรือคุณภาพไม่คงที่ ทำให้เกิดปัญหาติดตามซึ่งต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นภายหลัง

**ด้านคุณธรรม จริยธรรม บูรณาการปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง**

แสดงออกด้าน การตรงต่อเวลา ความสนใจใฝ่เรียนรู้ ความซื่อสัตย์สุจริต ความมีน้ำใจเอื้อเฟื้อแบ่งปัน ความร่วมมือ มีความรับผิดชอบ มีระเบียบวินัย ความมีกริยามารยาท และปฏิบัติตนตามกฎระเบียบสถานศึกษา

**สาระการเรียนรู้**

1. วัสดุโลหะ
2. รูปร่างของชิ้นงาน
3. วัสดุที่ใช้ในการสร้างแม่พิมพ์โลหะ

**จุดประสงค์การเรียนรู้**

1. เพื่อให้รู้วัสดุโลหะ
2. เพื่อให้เข้าใจรูปร่างของชิ้นงาน
3. เพื่อให้รู้วัสดุที่ใช้ในการสร้างแม่พิมพ์โลหะ

**ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง**

1. แยกวัสดุโลหะได้
2. อธิบายรูปร่างของชิ้นงานได้
3. เลือกวัสดุที่ใช้ในการสร้างแม่พิมพ์โลหะได้

**เนื้อหาสาระ**

**1. วัสดุโลหะ**

**วัสดุโลหะ** (Metals) หมายถึง วัสดุที่ได้จากการถลุงสินแร่ต่างๆ ได้แก่ เหล็ก ทองแดง อลูมิเนียม นิเกิล ดีบุก สังกะสี ทองคำ ตะกั่ว เป็นต้น โลหะเมื่อถลุงได้จากสินแร่ในตอนแรกนั้นส่วนใหญ่จะเป็นโลหะที่มีเนื้อค่อนข้างบริสุทธิ์ โลหะเหล่านี้มักจะมีเนื้ออ่อนไม่แข็งแรงเพียงพอที่จะนำมาใช้ในงานอุตสาหกรรมโดยตรง ส่วนมากจะนำไปปรับปรุงคุณสมบัติก่อนที่จะนำไปใช้งาน

**งานปั๊มโลหะแผ่น** หมายถึง การผลิตชิ้นงานจากแผ่นโลหะด้วยการใช้แม่พิมพ์ปั๊มให้ได้รูปร่างชิ้นส่วนที่ต้องการ ชิ้นงานที่จะต้องผลิตด้วยแม่พิมพ์ คือ ชิ้นงานที่ต้องการผลิตเป็นจำนวนมาก หรือชิ้นงานที่มีรูปร่างซับซ้อนต้องการความแม่นยำสูงไม่สามารถผลิตด้วยวิธีการอื่นได้ เพราะแม่พิมพ์มีต้นทุนในการผลิตสูง และต้องอาศัยทักษะในการออกแบบและผลิต

**แผ่นโลหะ** หมายถึง โลหะชนิดต่างๆ ได้แก่ เหล็ก สแตนเลส อลูมิเนียม ทองเหลือง ที่ผ่านกระบวนการรีดให้บาง โดยทั่วไปจะใช้เรียกกันอยู่ที่ความหนาไม่เกิน 6 มิลลิเมตร โดยแผ่นโลหะที่ใช้กันอยู่ในท้องตลาดจะมีความหนาตั้งแต่ 0.1 มิลลิเมตร ขึ้นไป ซึ่งโลหะแต่ละชนิดจะมีการแบ่งออกเป็นหลายเกรดขึ้นอยู่กับชิ้นงานที่ผู้ออกแบบต้องการว่าใช้กับงานประเภทใด

**แม่พิมพ์ปั๊มโลหะ** หมายถึง เครื่องมือที่ใช้ในการกดขึ้นรูปโลหะแผ่นให้มีรูปร่างชิ้นงานตามที่ผู้ออกแบบต้องการ โดยแม่พิมพ์ที่นำมาใช้ในการปั๊มขึ้นรูปชิ้นงาน จะผลิตมาจากวัสดุที่มีความแข็งแรงกว่าโลหะที่ใช้ผลิตชิ้นงาน เพื่อให้แม่พิมพ์มีความทนทานต่อการสึกหรอ โดยผู้ออกแบบจะต้องเลือกวัสดุของแม่พิมพ์ให้เหมาะสมกับประเภทวัสดุของชิ้นงาน

**ประเภทวัสดุโลหะ** วัสดุโลหะสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. วัสดุโลหะประเภทเหล็ก (Ferous Metals) หมายถึง โลหะที่มีพื้นฐานเป็นเหล็กประกอบอยู่ ได้แก่ เหล็กเหนียว เหล็กหล่อ เหล็กกล้า เป็นต้น ซึ่งเป็นวัสดุโลหะที่นำมาใช้งานกันมากที่สุดในวงการอุตสาหกรรม เนื่องจากเป็นวัสดุที่มีความแข็งแรงสูง สามารถปรับปรุงคุณภาพและเปลี่ยนแปลงรูปทรงได้หลายวิธี เช่น การหล่อ การกลึง การอัด การรีดขึ้นรูป เป็นต้น

2. วัสดุโลหะประเภทไม่ใช่เหล็ก (Non-Ferous Metals) หมายถึง โลหะที่ไม่มีส่วนเกี่ยวข้องกับเหล็ก ในขณะที่เป็นโลหะบริสุทธิ์ ได้แก่ ดีบุก อลูมิเนียม สังกะสี ตะกั่ว ทองแดง ทองคำ เงิน ทองคำขาว แมกนีเซียม พลวง เป็นต้น วัสดุโลหะประเภทที่ไม่ใช่เหล็กนี้ บางชนิดมีราคาที่สูงกว่าเหล็กมาก จึงต้องกำหนดใช้กับงานทางอุตสาหกรรมบางประเภทที่เหมาะสมเท่านั้น เช่น ทองแดงใช้กับงานไฟฟ้า ดีบุกใช้กับงานที่ต้องการทนต่อการกัดกร่อนเป็นสนิม อลูมิเนียมใช้กับงานที่ต้องการน้ำหนักเบา เป็นต้น

**สมบัติของโลหะในงานอุตสาหกรรม** เมื่อต้องการนำโลหะมาใช้ประโยชน์ในด้านงานอุตสาหกรรมเพื่อสร้างผลิตภัณฑ์ จะต้องมีคุณสมบัติอย่างครบถ้วนสมบูรณ์ สามารถนำความร้อนได้ดี เป็นตัวนำไฟฟ้าได้ดี มีความคงทน สามารถทนทานต่อสภาพการใช้งาน ไม่เสื่อมอายุได้ง่าย มีอุณหภูมิปกติยกเว้นโลหะประเภท

ปรอท มีความเหนียวและความแข็งสูงยกเว้นโลหะปรอท มีผิวมันขาวซึ่งก็เป็นสีของโลหะทั่วไป สามารถขยายตัวที่อุณหภูมิสูง

**ความเหนียวและความเปราะของโลหะ** ซึ่งมีความแตกต่างและตรงข้ามกันอย่างสิ้นเชิง สังเกตได้จากการที่วัตถุนั้นๆ สามารถยืดออกจากกันได้มากน้อยแค่ไหน หากวัสดุสามารถยืดออกจากกันได้มากแสดงว่ามีความเหนียว แต่หากวัสดุยืดออกจากกันได้น้อยแล้วขาดออกจากกัน แสดงว่าวัตถุนั้นมีความเปราะมากกว่า สำหรับโลหะได้ถูกผลิตขึ้นมาเพื่อให้มีความเหนียวแน่น เพื่อคุณสมบัติในการใช้งานที่คงทนและสามารถทนทานต่อการกระแทกได้ดี ทั้งยังสามารถซึมซับพลังงานก่อนจะเกิดความเสียหายได้มากกว่าวัสดุที่เปราะ จึงสรุปได้ว่าโลหะส่วนใหญ่จะมีความเหนียวมากกว่าความเปราะนั่นเอง

**แร่โลหะ** หมายถึง แร่ที่มีธาตุโลหะเป็นส่วนประกอบสำคัญ สามารถนำไปถลุงหรือแยกเอาโลหะมาใช้ประโยชน์ ซึ่งอาจจำแนกเป็นแร่โลหะพื้นฐาน แร่โลหะหนัก แร่โลหะหายาก แร่โลหะมีค่า แร่ที่ใช้ในอุตสาหกรรมเหล็ก โลหะเป็นแร่ธาตุที่นิยมนำมาใช้งานอย่างแพร่หลาย ทั้งมีคุณสมบัติที่โดดเด่นในหลายๆ ด้าน จึงถูกนำมาใช้ในด้านอุตสาหกรรมมากที่สุด โดยเฉพาะคุณสมบัติในการนำไฟฟ้าและความเหนียวแน่น ที่ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากโลหะนั้นมีความคงทนและสามารถใช้งานได้อย่างคุ้มค่า โดยแร่โลหะแบ่งออกได้เป็นหลายชนิด ดังนี้

1. **แร่เหล็ก** คือ แร่ที่มีความแข็งแกร่งที่สุด สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างหลากหลาย โดยเฉพาะในด้านงานการผลิตที่ต้องการความแข็งแรงเป็นหลัก
2. **แร่เงิน** คือ แร่มีลักษณะเป็นเส้นฝอย เหมาะกับการนำมาใช้ทำเป็นเครื่องประดับเงิน ส่วนใหญ่จะพบอยู่ในสายแร่ที่ปนอยู่กับแร่ทองแดง
3. **แร่กาลีนา** คือ แร่ที่มีสีน้ำเงิน เมื่อนำมาเผาจะได้กลิ่นกำมะถัน และเมื่อนำมาถลุงจะได้ตะกั่ว
4. **แร่ทองแดง** คือ แร่ที่นิยมนำมาผสมกับทองเพื่อให้ได้นาก และนิยมนำมาผสมกับสังกะสีเพื่อให้ได้ทองเหลือง ส่วนมากจะพบปนอยู่กับแร่เงิน
5. **แร่ทองคำ** คือ แร่ที่มักจะพบอยู่ในแร่ชนิดอื่น เมื่อนำมาถลุงจึงจะได้แร่ทองคำที่บริสุทธิ์
6. **แร่ดีบุก** คือ แร่ที่มีความแข็งมากและอยู่ในรูปของก้อนผลึก จะนำเอามาถลุงและทำการตีแผ่เป็นแผ่นบางๆ มีคุณสมบัติกันความชื้น ใช้ในการห่ออาหารและห่อผลิตภัณฑ์บางอย่างที่ต้องป้องกันไม่ให้ถูกความชื้น
7. **แร่อลูมิเนียม** คือ แร่ที่สามารถนำความร้อนและไฟฟ้าได้ดี ส่วนใหญ่จะได้จากการถลุงแร่บอกไซต์
8. **แร่แมงกานีส** คือ แร่ที่นิยมนำมาถลุงเหล็กเป็นโลหะผสม เพื่อให้ได้เหล็กกล้าซึ่งส่วนมากแร่แมงกานีสจะพบในสายแร่ที่อยู่ร่วมกับหินแกรนิต และหินอัคนี เป็นต้น
9. **แร่แมกนีเซียม** คือ แร่ที่นำมาใช้ในอุตสาหกรรมถลุงโลหะ ซึ่งส่วนใหญ่จะมีแร่แมงกานีสปนอยู่ด้วย โดยจะมีลักษณะเป็นโลหะเบาสีขาวอ่อนและมีความเหนียว

**10. แร่ทองคำขาว** คือ แร่ที่เป็นเม็ดสีเทาเงินวาว และมักจะไม่เกิดปฏิกิริยากับสาร

**11. แร่ตะกั่ว** คือ แร่ที่จะพบในรูปของสารตะกั่วและกำมะถัน สามารถนำมาทำเป็นแบตเตอรี่ กระสุนปืน และอื่นๆ ได้อีกมากมาย

**วัสดุในงานอุตสาหกรรม** สามารถแบ่งออกได้ ดังนี้

1. กลุ่มที่เป็นโลหะ
    1.1. โลหะประเภทเหล็ก
    1.2. โลหะประเภทไม่ใช่เหล็ก
2. กลุ่มที่เป็นอโลหะ
    2.1. สารสังเคราะห์
    2.2. สารธรรมชาติ

**1. กลุ่มที่เป็นโลหะ** หมายถึง กลุ่มวัสดุที่ได้จากการถลุงสินแร่ต่างๆ กลุ่มโลหะที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในงานอุตสาหกรรม ได้แก่ เหล็ก อลูมิเนียม ทองแดง ทองเหลือง ทองคำ เงิน ดีบุก สังกะสี เป็นต้น

**สมบัติของโลหะ**

1. เป็นตัวนำไฟฟ้าได้ดี
2. เป็นตัวนำความร้อนได้ดี
3. มีความเหนียวและแข็งแรงสูง
4. มีอุณหภูมิปกติเป็นของแข็ง
5. มีจุดหลอมละลายสูง
6. สามารถทนต่อการทุบตี หรือการยืดขึ้นรูปได้
7. เคาะเสียงดังกังวาน
8. คงทนถาวรไม่ผุพังง่าย
9. มีความถ่วงจำเพาะสูง
10. มีผิวเป็นมันวาวภายหลังที่ทำการตกแต่ง

**โลหะแบ่งออกได้ 2 ประเภท** ดังนี้

**1. โลหะประเภทเหล็ก** (Ferrous Metal) หมายถึง โลหะที่มีเหล็กเป็นส่วนประกอบอยู่ ได้แก่ เหล็กหล่อ เหล็กกล้า เหล็กประสม เหล็กเหนียว เป็นต้น

**2. โลหะประเภทไม่ใช่เหล็ก** (Non–Ferrous Metal) หมายถึง โลหะที่ไม่มีเหล็กเป็นส่วนประกอบอยู่ ได้แก่ อะลูมิเนียม ทองแดง สังกะสี ตะกั่ว ดีบุก เป็นต้น โลหะที่ไม่ใช่เหล็กยังแบ่งออกเป็น พวกโลหะหนักและโลหะเบา นอกจากนี้ยังมีพวกโลหะประสมและโลหะซินเตอร์ ได้แก่ ทองเหลือง บรอนซ์ เงินเยอรมัน นาค ทองเค โลหะแข็ง เป็นต้น

**2. กลุ่มที่เป็นอโลหะ** กลุ่มอโลหะ หมายถึง กลุ่มวัตถุที่ได้จากธรรมชาติหรือได้จากการสังเคราะห์มา กลุ่มวัสดุที่ไม่ใช่โลหะมักจะมีคุณสมบัติตรงกันข้ามกับกลุ่มที่เป็นโลหะ ได้แก่ ยาง แก้ว พลาสติก ไม้ เป็นต้น

**อโลหะแบ่งได้ 2 ประเภท**

1. สารสังเคราะห์ หมายถึง สารที่เกิดจากวัสดุที่สังเคราะห์ หรือผลิตขึ้นด้วยมนุษย์ ได้แก่ ซีเมนต์ กระดาษ แก้ว กระเบื้อง พลาสติก เป็นต้น

2. สารธรรมชาติ หมายถึง สารที่เกิดจากสิ่งมีชีวิตตามธรรมชาติ ได้แก่ หนังสัตว์ ไม้ ยาง ใยหิน เป็นต้น

**สมบัติของอโลหะ**

1. ไม่เป็นตัวนำไฟฟ้า
2. ไม่เป็นตัวนำความร้อน
3. มีจุดหลอมละลายต่ำ
4. ไม่ทนต่อสภาพการทุบตีหรือขึ้นรูป
5. มีผิวหยาบไม่มันวาว
6. เคาะไม่มีเสียงดัง
7. มีความถ่วงจำเพาะต่ำ

**สมบัติของโลหะ** สามารถแยกได้ทั้งหมด 6 ประเภท ดังนี้

1. สมบัติทางกล (Mechanical properties) ได้แก่ ความแข็ง (Hardness) ความแกร่ง (Strength)

2. สมบัติความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียด ได้แก่ โมดูลัสความยืดหยุ่น (Modulus of elasticity)

3. สมบัติทางเคมี (Chemical properties) ได้แก่ ความทนทานต่อการกัดกร่อน
4. สมบัติทางไฟฟ้า (Electrical properties) ได้แก่ ความต้านทานทางไฟฟ้า
5. สมบัติทางความร้อน (Thermal properties) ได้แก่ อุณหภูมิจุดหลอมเหลว
6. สมบัติอื่นๆ ได้แก่ ความสึกหรอ (Wear) และความหนาแน่น

**2. รูปร่างของชิ้นงาน**

**การวางแผ่นชิ้นงาน** (Lay out scrap strip) ขั้นแรกในการออกแบบแม่พิมพ์โลหะ คือ การเขียนรูปร่างลักษณะของแผ่น material strip ที่จะปรากฏ เมื่อผ่านขั้นตอนการทำงานทุกขั้นตอนในแม่พิมพ์โลหะแล้ว ซึ่งจะทำให้กลายเป็น scrap strip และต้องจำไว้เสมอว่าการออกแบบ scrap strip จะต้องเรียงลำดับขั้นตอนในการปั๊มอย่างถูกต้องโดยไม่ข้ามขั้นตอนใดตอนหนึ่งไป

ค่าใช้จ่ายประมาณ 50 – 70 % ในการปั๊มชิ้นส่วนมาจากราคาวัสดุ ดังนั้น การ lay out scrap strip จึงมีผลโดยตรงต่อผลกำไรหรือความสูญเปล่าของวัสดุในงานปั๊มทุกชนิด พื้นที่ของ blank (ส่วนที่นำไปใช้งาน) ควรเป็นพื้นที่ส่วนที่มากที่สุดบนแผ่น strip ในการผลิตด้วยการปั๊ม เพราะพื้นที่ส่วนที่เหลือก็คือเศษที่จะต้องทิ้งไป หากแผ่น strip ที่นำมาปั๊มนั้นไม่มีเศษทิ้งเลย นับได้ว่างานปั๊มนั้นได้ผลถึง 100% ดังนั้น การ lay out scrap strip จึงเป็นสิ่งแรกในการออกแบบแม่พิมพ์โลหะ โดยจะมีผลต่อรูปร่างและขนาดของส่วนประกอบต่างๆ ของแม่พิมพ์โลหะ

**ลักษณะของ Blank แบบต่างๆ** รูปร่างของ Blank (ชิ้นงาน) ส่วนมากจะมีลักษณะคล้ายคลึงกับแบบใดแบบหนึ่งดังรูปที่5.1 พร้อมทั้งแสดงให้เห็นหลักการออกแบบการ lay out material strip อย่างถูกต้อง สามารถนำมาดัดแปลงไปใช้กับชิ้นส่วนที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันได้ จากรูปการ Blank ชิ้นงานแผ่นกลมจะวาง lay out เป็นแบบ 2 แถว ซึ่งจะทำให้ประหยัดวัสดุมากกว่าแบบแถวเดียว ตามปกติแม่พิมพ์ทั่วไปจะใช้วิธีนี้ นอกจากในกรณีที่ Blank มีขนาดใหญ่หรือมีปริมาณการผลิตน้อยๆ

งานแม่พิมพ์โลหะยังมีชิ้นส่วนหลายชนิดที่มีเส้นรอบรูปที่จัด lay out แล้วทำให้สิ้นเปลืองวัสดุมาก จากการศึกษาทำให้พบว่า เราอาจรวมการปั๊มชิ้นส่วน 2 ชนิดหรือมากกว่าบนแผ่น strip เดียวกันได้ คือ ส่วนที่เป็นเศษของชิ้นงานชนิดหนึ่งอาจมีพื้นที่พอที่จะใช้ผลิตชิ้นงานอีกชนิดหนึ่งได้

**การว่างตำแหน่งของ Blank** การจัดวางตำแหน่งของ Blank บนแผ่น Strip สามารถจัดให้แตกต่างกันได้ถึง 11 แบบ การเลือกวิธีการที่ถูกต้องจะต้องคำนึงถึงรูปร่างของชิ้นส่วน ปริมาณการผลิต และการพับหรือขึ้นรูป

**แบบหนึ่งแถว** แสดงให้เห็นถึงแบบ “single-row, two pass” (แบบแถวเดียวป้อนผ่านสองครั้ง) ในแบบแรก blank จะถูกเรียงกันในแนวตั้งเพราะว่าเป็นวิธีที่ดีที่สุดที่จะทำให้ได้จำนวนชิ้นมากที่สุดในแผ่น strip แต่ละชิ้น ทำให้ไม่ต้องเปลี่ยนแผ่น strip บ่อยๆ

**แบบสองแถว** เป็นอีกวิธีการหนึ่งที่จะทำให้ประหยัดวัสดุได้ คือ การจัด layout เป็นแบบ “double – row, two pass” (แบบสองแถวผ่านสองครั้ง)

**แบบสามแถว** ลักษณะชิ้นงานทั้งสองชนิดที่ใช้ triple – row die ที่ทำงานแบบต่อเนื่อง (progressive type)

**การกำหนดขนาดของชิ้นงานกับส่วนที่เหลือ** (Scrap strip allowance) สำหรับการเผื่อส่วนที่เหลือรอบๆ ชิ้นงาน (Blank) เพื่อให้มีความแข็งแรงพอที่จะสามารถตัดชิ้นงานนั้นได้ ถ้าเผื่อไว้น้อยเกินไปอาจจะ

ทำให้ Scrap ที่เหลือนั้นไม่แข็งแรงเกิดการโก่งงอและขาดได้ ทำให้การป้อนชิ้นงานยากและเกิดการผิดพลาดได้ ถ้าเผื่อไว้มากเกินไปก็จะทำให้สิ้นเปลืองวัสดุ

**กำหนดให้**

B = ระยะเผื่อระหว่างชิ้นงาน (Space between part and edge of strip)

C = ระยะการปั๊มตัดชิ้นงาน (Lead of die)

H = ความสูงของรูปชิ้นงาน (Width of part)

L = ความยาวรูปชิ้นงาน (Length of part)

T = ความหนาของวัสดุ (Thickness)

W = ความกว้างของแผ่น Strip (Width of strip)

สูตร ใช้สำหรับการคำนวณหาขนาดของแผ่น Strip ที่มีความหนาเกินกว่า 0.8 มิลิเมตร

B = 1.25 T เมื่อระยะ C น้อยกว่า 63.5 มิลิเมตร

B = 1.5 T เมื่อระยะ C มากกว่า 63.5 มิลลิเมตร

กรณีแผ่น Strip ที่หนาน้อยกว่า 0.8 มม. จะใช้สูตรข้างบนไม่ได้ขนาดของค่า B จะเปลี่ยนไปตามค่าใหม่ของตารางที่5.1 โดยที่แผ่น Strip จะต้องไม่หนากว่า 1 มม. ซึ่งในตารางการเลือกค่าความเผื่อ B โดยใช้ความสัมพันธ์กับความกว้างของแผ่น Strip (W)

| Minimum scrap strip allowance (mm.) | | | |
|---|---|---|---|
| One pass lay out | | Double pass lay out | |
| Strip width W | Space B | Strip width W | Space B |
| 0 to 76.20 mm. | 0.8 mm | 0 to 76.20 mm. | 1.6 mm. |
| 76.20 mm. To 152.40 mm. | 1.6 mm. | 76.20 to 152.40 mm. | 2.3 mm. |
| 152.40 mm. To 304.80 mm. | 2.3 mm. | 152.40 to 304.80 mm. | 3.2 mm. |
| Over 304.80 mm. | 3.3 mm. | Over 304.80 mm. | 3.8 mm. |

ตารางที่5.1 ระยะเผื่อระหว่างชิ้นงานที่น้อยที่สุดที่ยอมให้ได้

การหาค่า Scrap strip allowance โดยการเปรียบเทียบจากรูปชิ้นงานที่มีรูปร่างแตกต่างกันออกไปโดยที่ไม่ต้องคำนึงถึงความหนาของแผ่น Strip

**สรุป** การวางแบบชิ้นงาน (Lay – out scrap strip allowance) สำหรับการวางแบบชิ้นงานที่ใช้ในการออกแบบกันอย่างกว้างขวาง สามารถแบ่งได้ 3 แบบ ดังนี้

1. แบบแถวเดียว (Single row one pass) แผ่นโลหะที่ป้อนผ่านแม่พิมพ์โลหะครั้งเดียว

2. แบบแถวเดียวป้อนผ่านแม่พิมพ์โลหะ 2 ครั้ง (Single row – two passes)

3. แบบสองแถวป้อนผ่านแม่พิมพ์โลหะ 2 ครั้ง (Double row - one or two passes)

**จำนวนของชิ้นงานต่อหนึ่งแผ่น Strip** (Number of blank per strip) กรณีชิ้นงานใหญ่ๆ มีความจำเป็นจะต้องคำนวณหาจำนวนของ Blank ในแผ่น Strip แต่ละแผ่นเพื่อจะได้รู้พื้นที่ของ D ที่สูญเสียไปมีผลต่อการวาง Lay out เพราะถ้ามีเศษมากจะทำให้สิ้นเปลือง

สูตรสำหรับแผ่น Strip ที่ป้อนผ่านครั้งเดียว

Blank per strip A (จำนวนชิ้นงานต่อแผ่น) $= \frac{s-(x+y+2E)}{B}+1$

For the waste and (ส่วนที่เหลือตอนปลาย) D = S – {B (A – 1) + X + Y + 2E}

สูตรสำหรับแผ่น Strip ที่ป้อนผ่าน 2 ครั้ง

Blank per strip A $\frac{s-(x+y+2E)}{0.5B}+1$

For the waste end D = S { 0.5 B (A – 1) + X + Y + 2E}

**การคำนวณหาเปอร์เซ็นต์พื้นที่ใช้งาน** (Percentage of stock used) การหาเนื้อที่ของแผ่น Strip or stock ว่านำไปใช้งานกี่เปอร์เซ็นต์และทิ้งส่วนที่เหลือกี่เปอร์เซ็นต์

สูตรการคำนวณหาเปอร์เซ็นต์พื้นที่ใช้งาน

% of stock used = $\frac{area}{blank}\frac{of}{area}\frac{blank}{}\times 100$

Area of blank = พื้นที่ของชิ้นงาน

Blank area = พื้นที่ที่เผื่อไว้สำหรับปั๊มตัดชิ้นงานได้หนึ่งชิ้นหรือสองชิ้น

**3. วัสดุที่ใช้ในการสร้างแม่พิมพ์โลหะ**

วัสดุที่ใช้ในการสร้างแม่พิมพ์โลหะมีหลายชนิด ทั้งเหล็กกล้าชนิดต่างๆ ซีเมนต์คาร์ไบต์ รวมไปถึงโลหะนอกกลุ่มเหล็ก เช่น พลาสติก ยาง ฯลฯ คุณสมบัติของวัสดุเหล่านี้แตกต่างกัน มีปัจจัยที่สำคัญสำหรับการตัดสินใจเลือก ตามเงื่อนไขที่จำเป็นในการทำแม่พิมพ์โลหะมีอยู่ 2 ประการ ดังนี้

1. จำนวนการผลิตที่จะขึ้นรูปและวิธีการขึ้นรูป

2. ชนิดของวัสดุที่จะใช้งาน การกำหนดเวลาในการสร้างแม่พิมพ์ แม่พิมพ์ที่มีต้นทุนต่ำคุณสมบัติในการใช้งานก็จะต่ำตามไปด้วย นอกจากนั้น ผู้ออกแบบควรจะพิจารณาตัดสินใจเลือกวัสดุที่ใช้ประโยชน์ได้มาก และกรรมวิธีที่เหมาะสมที่สุดกับผลิตภัณฑ์นั้นๆ ดังนี้

**การพิจารณาเลือกวัสดุของชิ้นส่วนแม่พิมพ์โลหะ**

1. จำนวนการผลิตที่ต้องการ
2. สมบัติของแผ่นโลหะ
3. ขนาดความเที่ยงตรงของชิ้นงาน
4. รูปร่างของชิ้นงาน
5. ความสัมพันธ์กับการเสียรูปในการอบชุบแม่พิมพ์โลหะ
6. เครื่องจักรในการทำงานที่มีอยู่
7. ราคาของแม่พิมพ์โลหะ
8. อายุการใช้งานของแม่พิมพ์โลหะ
9. ประเภทของแม่พิมพ์โลหะ

**สมบัติสำหรับเหล็กสร้างแม่พิมพ์โลหะ**

**1. ต้านทานการสึกหรอ (**Wear resistance**)** งานกดอัด ผิวของ Die จะถูกแรงกดและแรงเสียดสีจากวัสดุชิ้นงาน ดังนั้น จึงเป็นจุดอ่อนของการสึกหรอ Dieที่สึกหรอจะทำให้ขนาดของชิ้นงานไม่เที่ยงตรง ถ้าจะทำให้อายุการใช้งานของ Die ยาวนาน จำเป็นต้องใช้วัสดุที่ทนต่อการสึกหรอ

**2. ความเหนียว** (Toughness) แม่พิมพ์กดอัดจะถูกแรงกระแทก (Shock loads) มาก จึงต้องมีความเหนียวสูง คุณสมบัตินี้จะขัดแย้งกันกับการต้านทานการสึกหรอ จึงจะต้องเลือกเอาคุณสมบัติอย่างหนึ่งอย่างใดตามความต้องการนำไปใช้งาน

**3. ขีดจำกัดของความล้าตัว** (Fatigue limit) Die จะได้รับโหลดซ้ำๆ กันหลายครั้ง ดังนั้น จะต้องเลือกวัสดุที่มีขอบเขตการล้าตัวได้สูง สามารถทนต่อโหลดซ้ำๆ กันได้ดี

**4. ต้านทานความเค้นแรงกด** (Fatigue limit) ความเค้นแรงกดสูงๆ ที่เกิดการแพร่กระจายโดยเฉพาะใน Punch ตัดเจาะรูเล็กๆ Punch กดรีดเย็น (Cold extrusion) และ Punch ตอก (Coining) และที่ตัว Die ก็ต้องมีความต้านทานเค้นแรงกดได้สูงด้วย

**5. ทนความร้อน** (Heat resistance) วัสดุแม่พิมพ์โลหะที่ใช้ในงานร้อนและตีขึ้นรูป จะต้องมีคุณสมบัติทางกลที่ดี ใช้งานได้ที่อุณหภูมิสูง ทนต่อความร้อนได้ดี

**6. แปรรูปได้ง่าย** (Forming ease) การเลือกใช้วัสดุต้องพิจารณาในการขึ้นรูปด้วย โดยทั่วไปวัสดุที่มีคุณภาพสูงจะขึ้นรูปได้ยาก

**7. ชุบแข็งได้ง่าย** (Heat - Treatment ease) เลือกใช้วัสดุที่สามารถชุบแข็งได้ง่าย โดยทั่วไปใช้วัสดุเกรดสูง แต่วัสดุเกรดสูงการชุบแข็งจะยากและมีราคาจะแพง จึงมีผลกับราคาแม่พิมพ์โลหะทำให้ต้นทุนการผลิตมีราคาสูง

**8. ต้นทุนต่ำ** (Low cost) การประเมินราคาของวัสดุแม่พิมพ์โลหะ คิดจากอายุการใช้งานของแม่พิมพ์โลหะ อายุต่อการเจียรนัยแม่พิมพ์โลหะ การคิดของราคาต้นทุนแม่พิมพ์โลหะ โดยการนำเอาวัสดุการขึ้นรูป และการบำรุงรักษา ต่อแม่พิมพ์โลหะมาคิดด้วย

**วัสดุที่ใช้ทำคมตัดแม่พิมพ์โลหะ** สมบัติของวัสดุด้าน ความต้านทานการสึกหรอ ความเหนียว ชุบแข็งได้ดี สามารถแปรรูปด้วยเครื่องมือกล และราคา ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นที่จะต้องรู้เพื่อการเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสมกับการใช้งาน ดังนี้

1. เหล็กกล้าคาร์บอนทำเครื่องมือ (Carbon tool steel) SK5 ใช้เป็นวัสดุทำแม่พิมพ์โลหะที่มีราคมต่ำที่สุดและขึ้นรูปด้วยเครื่องมือกลได้ง่าย จึงใช้กันโดยทั่วไปในแม่พิมพ์โลหะธรรมดา มีความแข็ง 58

ถึง 62 HRC. แต่มีความไวต่อการบิดรูปและแตกในระหว่างการชุบแข็ง ความลึกในการชุบแข็งไม่ดี ทนการเสียดสีได้ต่ำมาก

2. เหล็กกล้าผสมทำเครื่องมือ (Alloy tool steel) SKS2, SKS3 มีส่วนคาร์บอนสูงและโครเมียมต่ำ นำมาใช้กันอย่างกว้างขวางสำหรับการตัดเจาะชิ้นงานที่มีความเที่ยงตรง ทนการเสียดสี ลดความเค้นจากการชุบแข็ง มีคุณสมบัติสามารถชุบแข็งได้ลึก ราคาต่ำกว่าในจำพวกเหล็กทำแม่พิมพ์โลหะ (Die steel) ด้วยกัน นำมาใช้ทำแม่พิมพ์โลหะระดับกลางในระหว่างเหล็กทำแม่พิมพ์ (Die steels) SKD1, SKD11 จะใช้กันแพร่หลายและดีกว่า SKS ในด้านความแข็ง สามารถชุบแข็งได้ลึก การบิดรูปเนื่องจากการชุบน้อย ทั้งยังทนการเสียดสีและแรงกระแทก เหมาะสำหรับการตัดเจาะวัสดุที่มีความแข็งแรงและความแข็งแรงสูง

| **ตัวอย่าง วัสดุ ที่ไม่ได้แต่งผิว เหล็กกล้า และแผ่นสแตนเลส สามารถใช้ได้กับแม่พิมพ์ Punching. Drawing , Compression-die และ Wire Drawing Dies** | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **การใช้งาน** | **ชื่อชิ้นส่วน** | **ลักษณะ** | **การผลิตด้วยความเร็วสูง** | **การผลิตด้วยความเร็วขนาดกลางและต่ำ** |
| Cutting edge | Punch | วัสดุผ่านขบวนการแปรรูป | ซีเมนต์คาร์ไบด์, เหล็กไฮสปีด เหล็กทำแม่พิมพ์ชุบแข็ง (60 RC ขึ้นไป)วิธีเคลือบผิว (TD,TIC ฯลฯ) | เหล็กทำแม่พิมพ์, SKS3 ชุบแข็ง (58 RC ขึ้นไป) |
| | Die | | ซีเมนต์คาร์ไบด์,เหล็กไฮสปีด ชุบแข็ง (60 RC ขึ้นไป) วิธีเคลือบผิว (TD,TICฯลฯ) | เหล็กทำแม่พิมพ์ SKS 3 ชุบแข็ง (58 RC ขึ้นไป) |
| Cutting edge Guide | Blank Holder | | SKS3 , SK5 ชุบแข็ง (45 – 55 RC) | SK5 , S50C ชุบแข็ง (25 – 35 ) |
| **การใช้งาน** | **ชื่อชิ้นส่วน** | **ลักษณะ** | **การผลิตด้วยความเร็วสูง** | **การผลิตด้วยความเร็วขนาดกลางและต่ำ** |
| | Stripper | | SKD1, SKD11 , SKS3 Prehardened steel, (50 – 60 RC) | SK5 , S50C ชุบแข็ง (25 – 30 RC ) |
| Cutting edge Fixing | Punch plate | | SKS3, Prehardened steel ชุบแข็ง (50 – 55 RC) | S50C ไม่ชุบแข็ง |
| | Backing plate | | SKS3 ชุบแข็ง (50 – 60 RC) | SKS3, SK5 ชุบแข็ง (40 – 50 RC) |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Guide | Guide post | | SKS3, เหล็กโครงสร้าง ชุบแข็ง (58 – 62 RC) Carbonitriding treatment (58 – 60 RC) | SKS3, SUJ2 ชุบแข็ง (58 – 60 RC) |
| Stock guide | Guide plate | | SKS3, SK5, SKD1, ซีเมนต์คาร์ไบด์ ชุบแข็ง (58 – 62 RC) | SKS3, SK5 , S50Cชุบแข็ง (50-60 RC) หรือไม่ชุบแข็ง |
| | Pilot pin | | SKS3, SKD1 ,SKD11, ซีเมนต์ | SKS3,SKD11 หรือไม่ |
| Locating | Stop pin | ผ่านขบวนการแปรรูป | SKS3 , SUJ 2, SK5 ชุบแข็ง (58 – 60 RC) | SKS3, SUJ2 , SK 5 ชุบแข็ง (58 – 60 RC) |
| Die set | Die holder | | FCD50 , S50C, SS41, FC25 | S50C,SS41 หรือไม่ใช้ |

**หมายเหตุ TD, TIC Process = กรรมวิธีเคลือบผิวโดย Titanium Carbide**

3. เหล็กไฮสปีด (High speed tool steel) SKH 9 มีส่วนผสมของโลหะผสมสูงได้แก่ C, Cr ,W, V ,Co และมีคุณสมบัติความแข็งดี ทนการเสียดสีสูงในอุณหภูมิสูง นิยมนำมาใช้งานแต่ราคาแพง ดังนั้น จึงใช้เฉพาะ Punch และ Die ขนาดเล็ก เหมาะกับการใช้เจาะรูขนาดเล็กบนแผ่นโลหะหนา

4. ซีเมนต์คาร์ไบด์ (Cemented carbide) คือ ผงโลหะผสมของทังสเตนคาร์ไบด์ และโคบอลต์ ทำการอัดเป็นรูปร่างตามต้องการ มีความแข็ง ต้านทานการเสียดสี ได้ดีกว่าวัสดุชนิดอื่นๆ แต่ไม่ทนต่อแรงกระแทก (Shock resistance) มีราคาแพง จึงเหมาะสำหรับแม่พิมพ์โลหะที่มีการผลิตจำนวนมาก (Mass production dies) มีอายุการใช้งานที่ยาวนานกว่าแม่พิมพ์ที่โลหะที่ทำจากเหล็กกล้าประมาณ 5 – 10 เท่า

**การเลือกวัสดุใช้ทำ Die Set** สมบัติของวัสดุที่ใช้ทำ Die set นับว่ามีส่วนสำคัญสามารถเลือกวัสดุที่เหมาะสมได้ ดังนี้

1. เหล็กหล่อ (Cast iron) คือ วัสดุพื้นฐานหลักในงานอุตสาหกรรม เหล็กหล่อมีสมบัติที่ดีหลายอย่าง เช่น ความแข็ง ความแข็งแรง ความสามารถในการแปรรูปด้วยเครื่องมือกล และตลอดจนความสามารถในการหล่อลื่น เหล็กหล่อมีความต้านทานต่อการปะทะกดอัดได้สูง และทำเป็นรูปร่างที่สลับซับซ้อนได้หลายแบบด้วยราคาต้นทุนที่ต่ำ มีการนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายสำหรับการขึ้นรูปขนาดใหญ่ และแม่พิมพ์กดรีดขึ้นรูป (Drawing die) ที่มีส่วนสัมพันธ์กับแรงกดที่ผิวหน้าต่ำ ใช้เหล็กหล่อสีเทา (Gray iron, FC25) และเหล็กทั่วไปที่คล้ายกันเมื่อต้องการความแข็งแรงสูงให้ใช้เหล็กหล่อผสม (Alloy cast iron) หรือเป็นเหล็กหล่อกราไฟต์กลม (Spherical graphite-cast iron)

2. เหล็กกล้าคาร์บอนสำหรับสร้างเครื่องจักร (S50C)

3. เหล็กกล้ารีดสำหรับโครงสร้างทั่วไป (SS41)

**การเลือกวัสดุใช้ทำ Punch และ Die block** อายุการใช้งานของ Punch และ Die block จะเป็นตัวที่บ่งชี้ให้รู้ถึงจำนวนชิ้นงานที่สามารถผลิตได้ เพราะเมื่อใช้งานไปคมตัดของ Punch และ Die block จะค่อยๆ สึกและหมดคม จึงจะต้องมีการลับคมตัดใหม่โดยการเจียระไนผิวหน้า เพื่อให้เกิดคมตัดและนำไปใช้งานใหม่ เมื่อหมดคมก็จะทำการลับคมตัดใหม่อีก จนกระทั่งไม่สามารถลับได้อีกเพราะหมดระยะของคมตัดที่เผื่อไว้ (Land)

เมื่อผู้สร้างแม่พิมพ์โลหะ พิจารณาดูวิธีการทำงานของ Punch และ Die block จึงจะสามารถเลือกวัสดุที่ใช้ในการสร้างได้ โดยต้องทนต่อการสึกหรอ ไม่เปลี่ยนรูป มีความเหนียว และรักษาคมตัดได้ดี สามารถแบ่งตามชนิด (Group) ได้ ดังนี้

1. Best
2. Very Good
3. Good
4. Fair

ขบวนการตัดขึ้นรูปโลหะ สามารถพิจารณาได้จากจำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้ โดยจะเริ่มนับตั้งแต่ Punch และ Die เริ่มทำงานไปจนกระทั่งไม่สามารถทำงานได้ ดังนั้น ผลผลิตจะผลิตได้มากหรือน้อย จึงขึ้นอยู่กับวัสดุที่ใช้ทำแม่พิมพ์โลหะ และชนิดของแผ่นโลหะที่นำมาตัดเจาะหรือขึ้นรูป ในแม่พิมพ์โลหะหนึ่งชุดจะมีส่วนประกอบของแม่พิมพ์โลหะหลายชิ้นมาประกอบกัน รวมไปถึง Punch และ Die block ด้วย ซึ่ง Punch และ Die block นับเป็นชิ้นส่วนที่สำคัญของแม่พิมพ์โลหะ

วัสดุที่นิยมใช้ทำแม่พิมพ์โลหะ ประกอบด้วย เหล็กหล่อสีเทา (Gray iron casting) FC, เหล็กหล่อกาไฟต์กลม (Spheroidal graphite casting) FCD, เหล็กเหนียว (Wrought iron) SS และเหล็กกล้าทำเครื่องมือ (Tool steel) เป็นต้น

**สัญลักษณ์**

**JIS : Japanese Industrial Standards** มาตรฐานของญี่ปุ่น

**AISI : American Iron & Steel Institute** สถาบันผลิตภัณฑ์เหล็กของอเมริกัน

**SAE : Sociery of Automobile Engineers** มาตรฐานของสมาคมวิศวกรรมรถยนต์

**DIN : Deutsche Ingenious Normen** มาตรฐานของเยอรมัน

**NF : Norm Franchise** มาตรฐานของฝรั่งเศส

**SIS : Svenk Industre Standard** มาตรฐานของอังกฤษ

**ตารางที่5.2 เปรียบเทียบคุณสมบัติของเหล็ก**

**1. Carbon tool steels (เหล็กเครื่องมือ)**

| JIS | AISI/SAE | DIN | NF | SIS |
|---|---|---|---|---|
| SK1 | | C30W2 | XC150 | |
| SK2 | W1-1.2 C | C115W2 | XC120 | 1885 |
| SK3 | W1-1.0 C | C100W2 | XC110 | 1880 |
| SK4 | W1-0.9 C | C100W2 | XC 95 | 1880 |
| SK5 | W1-0.9 C | C 85W2 | XC 85 | 1780 |
| SK6 | W1-0.8 C | C 70W2 | XC 65 | 1780 |
| SK7 | | C 70W2 | XC 65 | 1779 |

**2. High speed steels (เหล็กไฮสปีด)**

| JIS | AISI/SAE | DIN | NF | SIS |
|---|---|---|---|---|
| SKH2 | T – 1 | B18 | | 2750 |
| | T – 2 | C18 | Z80W18 | |
| | T – 8 | ECo5 | | |
| SKH 3 | T – 4 | E18Co5 | Z85WK | 2754 |
| | | | 18 – 05 | |
| SKH4A | T – 5 | E18Co10 | Z85WK | 2756 |
| | | | 18 – 10 | |
| SKH4B | T – 6 | E18Co5 | (Z85WK) | |
| | | | 18 – 16 | |
| SKH6 | T7 | ABC11 | | |
| SKH8 | | E18Co3 | | 2752 |
| SKH9 | M – 2 | DMO5 | Z85WD | 2722 |
| | | | 06 – 06 | |

**3. Cutting tool steels (เหล็กเครื่องมือตัด)**

| JIS | AISI/SAE | DIN | NF | SIS |
|---|---|---|---|---|
| SKS1 | | | 120WC45-02 | |
| SKS11 | F3 | 142WV3 | | |
| | | 30W19 | | |
| SKS2 | 07 | 105wcr6 | 100WC15-04 | |
| SKS21 | | | | |
| SKS5 | | 85NiV4 | | 2750 |
| SKS51 | | | | |
| SKS7 | | | | |
| SKS8 | W4 | 125Cr1 | | |

**4. Shock resistance tool steels (เหล็กทนการกระแทก)**

| JIS | AISI/SAE | DIN | NF | SIS |
|---|---|---|---|---|
| SKS4 | S3 | | | |
| | | 45WCrV77 | 40WCDS35- | |
| SKS41 | S1 | | 12 | |
| SKS42 | | | | |
| SKS43 | W2 | 100V1 | | |
| SKS44 | W2 | | | 2900 |

**5. Abrasion resistant & Dimensionary stable tool steels (เหล็กคงตัวและทนการสึกหรอ)**

| JIS | AISI/SAE | DIN | NF | SIS |
|---|---|---|---|---|
| | | 105MrCr4 | | |
| SKS3 | Q1 | | 80M8 | |
| | L5 | | | |
| | L7 | | | |
| | L1 | 100Cr6 | 100C6 | |
| | L6 | | | |
| SKD1 | D3 | 210Cr46 | Z200C12 | |
| SKD11 | D2 | 165CrMoV46 | | 2310 |
| SKD12 | A2 | | | 2260 |
| SKD2 | | | | 2312 |

**6. Hot die steels (เหล็กแม่พิมพ์ร้อน)**

| JIS | AISI/SAE | DIN | NF | SIS |
|---|---|---|---|---|
| SKD4 | | 30WCrV179 | | |
| SKD5 | H20 | 30WCrV3411 | Z30WC09-03 | 2730 |
| | H21 | | | |
| | H12 | 37Cr MoW196 | | |
| | | 45CrMo V67 | 40 CD 67 | |
| SKD61 | H3 | 40 CrMo | Z35CDo5 | 2242 |
| SKT1 | | V2164 | | |
| | L2 | C45W3 | 58CV4 | |
| | | 50Cr W4 | 50CV4 | |
| SKT2 | | | | |
| SKT3 | | | (55 NCD7 – | |
| SKT4 | | (56NiCrMoV7) | 05) | |
| SKT5 | | 55NiCrMoV6 | 60 NCDV 6-02 | 2250 |

**ตารางที่5.3 เปรียบเทียบส่วนผสมทางเคมีของวัสดุแม่พิมพ์**

| Symbol | Chemical Composition **(%)** | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| JIS | AISI | C | Si | Mn | Ni | Cr | Mo | W | V | Co | Rest |
| SK | W1 | 0.60 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | 1.40 | | | - | | | | | | - |
| | S 1 | 0.50 | | | - | 150 | | 2.50 | | | - |
| | S 5 | 0.55 | 2.00 | 0.80 | - | - | 0.40 | - | - | - | - |
| SKS3 | 0 1 | 0.90 | - | 1.00 | - | 0.50 | - | 0.50 | - | - | - |
| SKD12 | A2 | 1.00 | - | - | - | 5.00 | 1.00 | - | - | - | - |
| SKD11 | D2 | 1.50 | - | - | - | 12.00 | 1.00 | - | - | - | - |
| SKD1 | D3 | 2.25 | - | - | - | 12.00 | - | - | - | - | - |
| | D4 | 2.25 | - | - | - | 12.00 | 1.00 | - | - | - | - |
| SKH11 | T15 | 1.50 | - | - | - | 4.00 | - | 12.00 | 5.00 | 5.00 | - |
| SKH51 | M2 | 0.80 | - | - | - | 4.00 | 5.00 | 6.00 | 2.00 | - | - |
| SKH54 | M4 | 1.30 | - | - | | 4.00 | 4.50 | 5.50 | 4.00 | - | |
| | M15 | 0.50 | | - | | 4.00 | 3.50 | 6.50 | 5.00 | 5.00 | |

**สื่อการเรียนรู้**

1. หนังสือเรียน วิชา แม่พิมพ์โลหะเบื้องต้น (Basic Die) รหัสวิชา 20102-2201 บริษัทศูนย์หนังสือเมืองไทย จำกัด
2. Power Point ชนิดและรูปร่างของวัสดุชิ้นงาน
3. สื่อสิ่งพิมพ์ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาบทเรียน
4. สื่อแผ่นภาพ
5. เว็บไซต์ออนไลน์

**กิจกรรมการเรียนรู้ (สัปดาห์ที่10)**

| กิจกรรม | เวลาโดยประมาณ (นาที) |
|---|---|
| **1. ครูเช็คชื่อนักเรียน** | 5 |
| **2. ครูทักทายปราศรัยทั่วไป** อบรมคุณธรรมจริยธรรม การปฏิบัติตนในการเป็นนักเรียน | 5 |
| **3. ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน** ด้วยการสนทนาพูดคุย การซักถาม ดูภาพจากสื่อออนไลน์ และเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับบทเรียน | 5 |
| **4. ขั้นการสอน**<br>- นักเรียนแบ่งกลุ่ม 2-3 คน/กลุ่ม<br>- ครูสอนบรรยายประกอบสื่อ Power Point เรื่อง รูปร่างของชิ้นงาน<br>- สื่อแผ่นภาพ และสื่อ VDO | 50 |
| - นักเรียนแต่ละกลุ่มอภิปรายร่วมกันหน้าชั้นเรียน ในประเด็นเรื่อง รูปร่างของชิ้นงาน ไม่เกินกลุ่มละ 3-5 นาที | 30 |
| **5. ขั้นสรุป** ครูและนักเรียนช่วยกันสรุปเนื้อหา บทเรียน และครูเพิ่มเติมในส่วนที่ยังไม่ครอบคลุมเนื้อหา | 15 |
| **6. ครูมอบหมายงาน** ให้อ่านเนื้อหาเพิ่มเติม เรื่อง รูปร่างของชิ้นงาน | 10 |
| **รวม** | 120 |

**กิจกรรมการเรียนรู้ (สัปดาห์ที่11)**

| กิจกรรม | เวลาโดยประมาณ (นาที) |
|---|---|
| **1. ครูเช็คชื่อนักเรียน** | 5 |
| **2. ครูทักทายปราศรัยทั่วไป** อบรมคุณธรรมจริยธรรม การปฏิบัติตนในการเป็นนักเรียน | 5 |
| **3. ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน** ด้วยการสนทนาพูดคุย การซักถาม ดูภาพจากสื่อออนไลน์ และเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับบทเรียน | 5 |
| **4. ขั้นการสอน**<br>- นักเรียนแบ่งกลุ่ม 2-3 คน/กลุ่ม<br>- ครูสอนบรรยายประกอบสื่อ Power Point เรื่อง วัสดุที่ใช้ในการสร้างแม่พิมพ์โลหะ<br>- สื่อแผ่นภาพ และสื่อ VDO | 40 |
| - ครูให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดหน่วยที่5 | 20 |
| - นักเรียนแต่ละกลุ่มอภิปรายร่วมกันหน้าชั้นเรียน ในประเด็นเรื่อง วัสดุที่ใช้ในการสร้างแม่พิมพ์โลหะ ไม่เกินกลุ่มละ 3-5 นาที | 30 |
| - ครูให้ทำแบบทดสอบหลังเรียน หน่วยที่5 (Post-test) พร้อมเฉลยแบบทดสอบและให้คะแนน | 10 |
| **5. ขั้นสรุป** ครูและนักเรียนช่วยกันสรุปเนื้อหา บทเรียน และครูเพิ่มเติมในส่วนที่ยังไม่ครอบคลุมเนื้อหา | 10 |
| **6. งานที่มอบหมาย** ให้อ่านเนื้อหาเพิ่มเติม เรื่อง วัสดุที่ใช้ในการสร้างแม่พิมพ์โลหะ | 5 |
| **รวม** | 120 |

**การวัดผลและประเมินผล**

| **การวัดผล**<br>(ใช้เครื่องมือ) | **การประเมินผล**<br>(นำผลเทียบกับเกณฑ์และแปลความหมาย) |
|---|---|
| 1. แบบทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) หน่วยที่5 | ไว้เปรียบเทียบกับคะแนนสอบหลังเรียน |
| 2. แบบสังเกตการณ์ทำงานกลุ่ม และการนำเสนอผลงานกลุ่ม | เกณฑ์ผ่าน 50% |
| 3. แบบฝึกหัดหน่วยที่5 | เกณฑ์ผ่าน 50% |
| 4. แบบทดสอบหลังเรียน (Post-test) หน่วยที่5 | เกณฑ์ผ่าน 60% |
| 5. แบบประเมินคุณธรรม จริยธรรม ตามสภาพจริง | เกณฑ์ผ่าน 50% |

**งานที่มอบหมาย**

ค้นคว้าเนื้อหา เรื่อง ชนิดและรูปร่างของวัสดุชิ้นงาน จากสื่อออนไลน์ เพิ่มเติม

**ผลงาน/ชิ้นงาน/ความสำเร็จของผู้เรียน**

1. ผลการนำเสนองานกลุ่ม
2. แบบฝึกหัดหน่วยที่5
3. คะแนนแบบทดสอบหลังเรียน (Post-test) หน่วยที่5 ชนิดและรูปร่างของวัสดุชิ้นงาน

**เอกสารอ้างอิง**

1. หนังสือเรียนวิชาแม่พิมพ์โลหะเบื้องต้น (Basic Die) รหัสวิชา 20102-2201 บริษัทศูนย์หนังสือเมืองไทย จำกัด

2. เว็บไซต์ออนไลน์ และสื่อสิ่งพิมพ์ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาบทเรียน

**บันทึกหลังการสอน**

**1. ผลการใช้แผนการจัดการเรียนรู้**

.....

.....

.....

.....

**2. ผลการเรียนของนักเรียน/ผลการสอนของครู/ปัญหาที่พบ**

.....

.....

.....

.....

**3. แนวทางการแก้ปัญหา**

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

ครูผู้สอน

ลงชื่อ.....

(.....)

หัวหน้ากลุ่มนักเรียน/ตัวแทนนักเรียน

## แบบฝึกหัดหน่วยที่ 5

**ตอนที่ 1** จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

1. วัสดุโลหะ (Metals) หมายถึง
2. วัสดุในงานอุตสาหกรรม แบ่งออกได้เป็นกี่กลุ่ม มีอะไรบ้าง
3. จงยกตัวอย่างสมบัติของโลหะ อย่างน้อย 5 ข้อ
4. อโลหะแบ่งได้กี่ประเภท มีอะไรบ้าง
5. วัสดุที่ใช้ในการสร้างแม่พิมพ์โลหะ มีอะไรบ้าง

**แบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 5**

**คำสั่ง** จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

1. วัสดุโลหะ (Metals) หมายถึง
   ก. โลหะที่มีพื้นฐานเป็นเหล็กประกอบอยู่ ข. แผ่นโลหะด้วยการใช้แม่พิมพ์ปั๊มให้ได้รูปร่าง
   ค. วัสดุที่ได้จากการถลุงสินแร่ต่างๆ ง. โลหะชนิดต่างๆ
2. แร่โลหะ หมายถึง
   ก. แร่ที่มีธาตุโลหะเป็นส่วนประกอบสำคัญ
   ข. แร่ที่เป็นเม็ดสีเทาเงินวาว
   ค. แร่ที่นิยมนำมาถลุงเหล็กเป็นโลหะผสม
   ง. แร่ที่จะพบในรูปของสารตะกั่วและกำมะถัน
3. ข้อใด ไม่ใช่ สมบัติของโลหะ
   ก. เป็นตัวนำไฟฟ้าได้ดี
   ข. เป็นตัวนำความร้อนได้ดี
   ค. มีความเหนียวและแข็งแรงสูง
   ง. มีจุดหลอมละลายต่ำ
4. อโลหะแบ่งได้กี่ประเภท
   ก. 1 ประเภท
   ข. 2 ประเภท
   ค. 3 ประเภท
   ง. 4 ประเภท
5. ข้อใด ไม่ใช่ สมบัติของอโลหะ
   ก. ไม่เป็นตัวนำไฟฟ้า
   ข. ไม่เป็นตัวนำความร้อน
   ค. มีความเหนียวและแข็งแรงสูง
   ง. มีจุดหลอมละลายต่ำ
6. การวางแผ่นชิ้นงาน ขั้นตอนแรกควรทำอะไร
   ก. blank จะถูกเรียงกันในแนวตั้ง
   ข. การเขียนรูปร่างลักษณะของแผ่น material strip
   ค. blank จะถูกเรียงกันในแนวนอน
   ง. การจัดวางตำแหน่งของ Blank บนแผ่น Strip

7. Lay – out scrap strip allowance สามารถแบ่งได้กี่แบบ

ก. 1 แบบ

ข. 2 แบบ

ค. 3 แบบ

ง. 4 แบบ

8. ข้อใดไม่ควรเลือกวัสดุของชิ้นส่วนแม่พิมพ์โลหะ

ก. จำนวนการผลิตที่ต้องการ

ข. สมบัติของแผ่นโลหะ

ค. ขนาดความเที่ยงตรงของชิ้นงาน

ง. ขีดจำกัดของความล้าตัว

9. ข้อใด ไม่ใช่ สมบัติสำหรับเหล็กสร้างแม่พิมพ์โลหะ

ก. อายุการใช้งานของแม่พิมพ์โลหะ

ข. ต้านทานการสึกหรอ

ค. ต้านทานความเค้นแรงกด

ง. ขีดจำกัดของความล้าตัว

10. DIN : Deutsche Ingenious Normen คือมาตรฐานใด

ก. มาตรฐานของญี่ปุ่น

ข. มาตรฐานของเยอรมัน

ค. มาตรฐานของฝรั่งเศส

ง. มาตรฐานของอังกฤษ