

บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎี และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักการ

ในการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองนี้ จะทำการศึกษางานวรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและมีความสัมพันธ์กับสร้างมาตรฐานในการประเมินราคาแม่พิมพ์ตัดและเจาะโลหะแผ่นในอุตสาหกรรมเครื่องจักรกลทางการเกษตรของโรงงานตัวอย่าง ซึ่งได้แก่ ขั้นตอนการผลิตผลิตภัณฑ์ด้วยแม่พิมพ์ ชนิดและองค์ประกอบแม่พิมพ์ตัดและเจาะโลหะแผ่น หลักการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิต และผลจากภาวะเงินเฟ้อต่อราคาแม่พิมพ์ตัดและเจาะโลหะแผ่น นอกจากนี้ สารนิพนธ์ฉบับนี้ยังได้ศึกษาเกี่ยวกับโครงการจัดทำแผนแม่บทอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ เสนอต่อสำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม โดย สถาบันไทย-เยอรมัน(เมษายน 2547) โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 ขั้นตอนการผลิตผลิตภัณฑ์ด้วยแม่พิมพ์

2.2.1.1 การออกแบบผลิตภัณฑ์

ในกระบวนการออกแบบผลิตภัณฑ์นั้นประกอบด้วย 2 ประการ คือ

(1) การศึกษาเบื้องต้น ซึ่งเป็นกระบวนการเตรียมแผนการออกแบบซึ่งได้มาจากการศึกษาค้นคว้าวิจัย และข้อมูลด้านอื่นๆ เช่น การตลาด การผลิต ต้นทุน ประสิทธิภาพที่ใช้รูปร่าง และ ความต้องการของผู้ใช้ เป็นต้น เพื่อกำหนดเป็นแนวทางในการออกแบบผลิตภัณฑ์

(2) การออกแบบ เมื่อได้ข้อมูลเบื้องต้นและแนวทางของผลิตภัณฑ์แล้วจึงนำมาประมวลผลเพื่อออกแบบให้ออกมาเป็นผลิตภัณฑ์ ในรูปของหน้าที่การใช้งานและรูปทรงด้วยการร่างภาพหรือสร้างเป็นหุ่นจำลองที่มีรายละเอียด เพื่อประกอบการอธิบายในการตัดสินใจสร้างเป็นผลิตภัณฑ์ต่อไป

การออกแบบเบื้องต้นได้รับการยืนยัน ให้ดำเนินการผลิต ผู้ออกแบบผลิตภัณฑ์ต้องการดำเนินการเสนอแบบจริงที่สื่อความหมายให้เป็นที่เข้าใจได้ ซึ่งในส่วนนี้คือการเขียนแบบงานที่แสดงโครงสร้างและสัดส่วน ตลอดจนรายละเอียดปลีกย่อยเพื่อขยายความชัดเจนของผลิตภัณฑ์นั้น

ในปัจจุบันการออกแบบและเขียนแบบได้อาศัยคอมพิวเตอร์ เข้ามาช่วยที่รู้จักในนามของคอมพิวเตอร์ ช่วยออกแบบ หรือเขียนแบบ (Computer Aided Design / drafting) ซึ่งข้อมูลที่ป้อนเข้าไปเพื่อให้เกิดเป็นรูปร่างผลิตภัณฑ์ หรือแบบงานจะถูกบันทึกไว้ในส่วนของตัวเก็บข้อมูล (hard disk) ทั้งนี้ เมื่อมีการปรับปรุงผลิตภัณฑ์หรือแบบงานจึงสามารถเรียกกลับมาใช้งานได้อย่างสะดวก รวมทั้งยังเป็นข้อมูลเบื้องต้นที่ส่งต่อไปให้กระบวนการสร้างต้นแบบได้ผลงานที่ถูกต้องและแม่นยำอีกด้วย

2.2.1.2 ต้นแบบ

เมื่อผ่านกระบวนการออกแบบจนสามารถนำไปเป็นสินค้าที่ต้องการผลิตแล้ว เพื่อให้เกิดการมั่นใจในสินค้าควรจัดให้มีการทำต้นแบบขึ้นเพื่อให้เห็นรูปร่าง ขนาด สี สัน ประเภทของวัสดุที่ใช้ เป็นต้น ซึ่งกระบวนการในการสร้างต้นแบบได้มีวิวัฒนาการมาอย่างต่อเนื่อง ดังนี้

ในยุคแรก ๆ ของการทำต้นแบบ ผู้ผลิตสินค้าจะอาศัยช่างฝีมือในการขึ้นรูปต้นแบบจากวัสดุที่มีอยู่ทั่วไป เช่น ดินเหนียว ไม้ ปูนปลาสเตอร์ เป็นต้น ต่อมาเมื่อมีการพัฒนาเครื่องจักรกลและวัสดุที่มีคุณสมบัติเทียบเท่าวัสดุเดิม การทำต้นแบบจึงได้อาศัยเครื่องจักรกลในการขึ้นรูปให้เป็นไปตามการออกแบบและลดระยะเวลาในการทำได้เป็นอย่างมาก

ปัจจุบันได้มีการนำเทคโนโลยีเข้ามาใช้เพื่อการออกแบบและการสร้างต้นแบบเป็นอันมาก เนื่องจากเทคโนโลยีด้านการออกแบบได้อาศัยคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วย จึงทำให้เกิดการพัฒนาข้อมูลจากการออกแบบมาทำการสร้างต้นแบบได้อย่างรวดเร็วโดยให้ชื่อกระบวนการนี้ว่า “rapid prototype” ซึ่งกระบวนการดังกล่าวมีรูปแบบและกรรมวิธีให้ได้มาซึ่งต้นแบบที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับความละเอียด ความเที่ยงตรงของต้นแบบต้องการเช่นใด

2.2.1.3 การออกแบบแม่พิมพ์

ในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ ใดๆ ก็ตามที่มีจำนวนมาก จำเป็นต้องอาศัยแม่พิมพ์ที่สามารถครอบคลุมถึงคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ให้ได้ทั้ง รูปทรง ขนาด น้ำหนัก ตามที่ผู้ออกแบบกำหนดไว้ ซึ่งลักษณะของกรรมวิธีการผลิตที่แตกต่างกันจะส่งผลโดยตรงมาจากแม่พิมพ์ที่นำมาใช้งาน ดังนั้น การออกแบบและสร้างแม่พิมพ์จึงเป็นสิ่งที่มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง

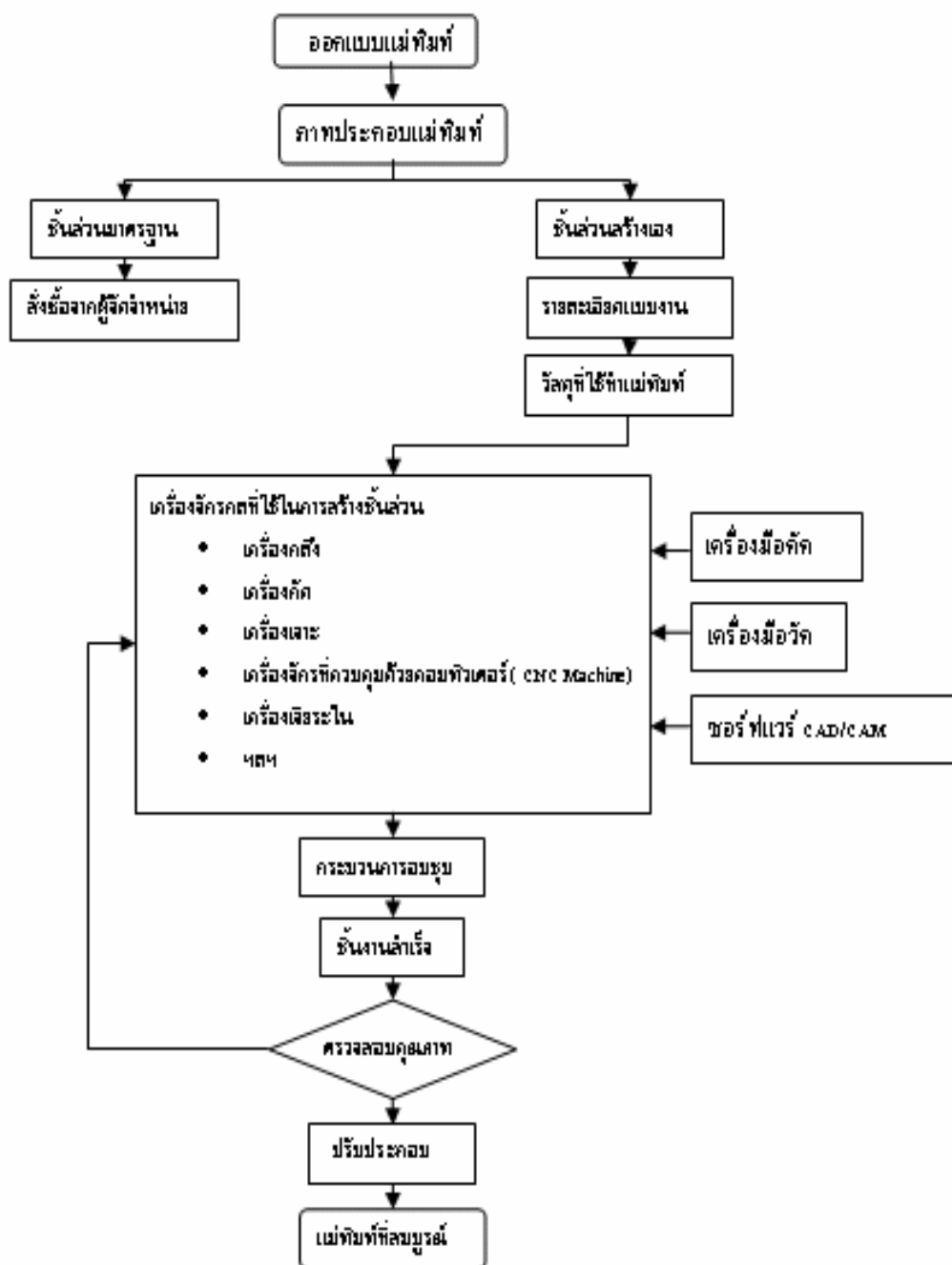
ดังนั้น พอสรุปได้ว่า การออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ต้องคำนึงถึง คุณภาพ การส่งมอบ และราคาที่เหมาะสม ซึ่งเป็นปัจจัยหลักของอุตสาหกรรมนี้ การออกแบบแม่พิมพ์ที่ดีจึงควรพิจารณาถึงปัจจัยต่างๆ ดังนี้

- (1) มาตรฐานการออกแบบ ซึ่งในการออกแบบแต่ละครั้ง จำเป็นต้องมีมาตรฐานที่ดี โดยการกำหนดกฎเกณฑ์ต่างๆ นั้น สามารถกระทำได้ โดยผู้ผลิตแม่พิมพ์เอง หรือเป็นมาตรฐานที่ลูกค้ากำหนดให้
- (2) เลือกใช้ชิ้นส่วนมาตรฐานที่เหมาะสม เพื่อช่วยลดเวลาในการออกแบบ
- (3) สามารถนำแม่พิมพ์ไปใช้ในการผลิตได้โดย ไม่มีอุปสรรคใดๆ เกิดขึ้น
- (4) เลือกวัสดุที่ใช้ทำแม่พิมพ์ได้อย่างเหมาะสมกับปริมาณการผลิต เพื่อลดต้นทุนในการทำแม่พิมพ์
- (5) ลดความสลับซับซ้อน ในการทำงานของแม่พิมพ์ เพื่อให้เกิดความสะดวกและรวดเร็วในการซ่อมบำรุง เมื่อเกิดความเสียหายระหว่างกระบวนการผลิต

ในปัจจุบันการออกแบบแม่พิมพ์ได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องโดยมีการนำคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยให้การออกแบบมีความแม่นยำและถูกต้องมากยิ่งขึ้น เนื่องจากในหน่วยความจำของระบบคอมพิวเตอร์ได้เก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบและการวิเคราะห์ความถูกต้องของการออกแบบไว้อย่างมากมาย ทำให้ลดระยะเวลาการทำงานขั้นตอนนี้เป็นอย่างมาก แต่การออกแบบจะให้สมบูรณ์ได้นั้น บุคลากรที่ทำงานด้านนี้ต้องมีประสบการณ์ในการทำงานที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแม่พิมพ์มาก่อน เพื่อนำประสบการณ์มาใช้ให้เกิดประโยชน์ในระหว่างการผลิตต่อไป

2.2.1.4 การสร้างแม่พิมพ์

การสร้างแม่พิมพ์มีลำดับขั้นตอนของการดำเนินงานตามรูป ดังนี้



ภาพที่ 2.1

แผนผังขั้นตอนการสร้างแม่พิมพ์

2.2.1.5 วัสดุที่ใช้ทำแม่พิมพ์

วัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิตแม่พิมพ์และเครื่องมือสำหรับงานแม่พิมพ์คือเหล็ก โดยเหล็กที่ใช้ในการทำแม่พิมพ์จะอยู่ในกลุ่มของเหล็กกล้าเครื่องมือ ซึ่งเหล็กกล้าเครื่องมือจัดเป็นเหล็กกล้าที่มีคาร์บอนและธาตุผสมอื่นๆในปริมาณสูง เพื่อให้มีความสามารถในการชุบแข็งสูง เหมาะสำหรับการปรับปรุงคุณสมบัติด้านทานการสึกหรอ คุณสมบัติที่สำคัญของเหล็กกล้าเครื่องมือ ได้แก่

(1) ความสามารถในการชุบแข็ง (harden ability) คือ คุณสมบัติที่เหล็กกล้าที่บ่มถึงความยากง่ายในการชุบแข็งและความลึกของเหล็กที่แข็งขึ้นจากการชุบแข็ง คุณสมบัตินี้จะขึ้นอยู่กับส่วนผสมทางเคมีและขนาดของเกรนของเหล็กกล้า โดยเหล็กกล้าที่มีความสามารถในการชุบแข็งสูง จะสามารถทำการชุบแข็งได้ง่ายด้วยลม แต่ถ้าเหล็กกล้าที่มีความสามารถในการชุบแข็งต่ำ การชุบแข็งด้วยลมจะไม่สามารถทำให้ได้เฟสมาร์เทนไซต์ จึงอาจต้องทำการชุบแข็งด้วยน้ำหรือของเหลวอื่น ซึ่งจะมีผลต่อการบิดตัวของชิ้นงานที่ทำการชุบ คุณสมบัตินี้เพิ่มขึ้นตามปริมาณธาตุผสม ดังนั้นการทำให้ได้ชิ้นงานที่มีความแข็งสูงตลอดชิ้น หรือสามารถชุบแข็งได้ลึก จึงควรเลือกใช้เหล็กกล้าที่มีธาตุผสมสูง โดยโคบอลต์เป็นเพียงธาตุเดียวที่ลดคุณสมบัตินี้

(2) ความเหนียว (toughness) คือ ความสามารถในการรับพลังงานของวัสดุ ก่อนที่จะเกิดการแตกหัก เหล็กกล้าเครื่องมือที่ถือว่ามีคุณสมบัติด้านความเหนียวที่ดี คือ กลุ่มที่มีปริมาณคาร์บอนต่ำ หรือปานกลาง คุณสมบัตินี้จำเป็นสำหรับการใช้งานในสภาวะที่ต้องรับแรงกระแทก

(3) ความทนต่อการเสียดสี (wear resistance) คือ ความสามารถทนต่อการถูกขัดสี ซึ่งรวมถึงการเสียดสีของคมตัดด้วย คุณสมบัตินี้จะเกี่ยวข้องกับความแข็งของเหล็ก และปริมาณคาร์ไบด์ที่ไม่ละลาย (คาร์ไบด์ที่ไม่ละลายตัว เมื่อมีการใช้งานในสภาวะที่มีอุณหภูมิสูง) โดยหากเหล็กกล้าเครื่องมือมีความแข็งสูงก็จะทนการเสียดสีได้ดี หรือหากมีคาร์ไบด์ที่ไม่ละลาย (แม้อุณหภูมิสูง) ก็จะทำให้ทนการเสียดสีได้ดีขึ้นเช่นกัน เนื่องจากคาร์ไบด์จะมีความแข็งสูง

(4) การรักษาความแข็งไว้ได้ที่อุณหภูมิสูง (red-hardness) เป็นคุณสมบัติที่จำเป็นสำหรับการใช้งานเหล็กกล้าเครื่องมือที่ต้องได้รับความร้อนจนมีอุณหภูมิสูงกว่า 480 °C โดยธาตุผสมที่ทำให้เกิดคาร์ไบด์ที่เสถียรจะช่วยปรับปรุงคุณสมบัตินี้ ซึ่งจะทำให้เหล็กกล้าเครื่องมือไม่อ่อนลง (ความแข็งลดลง) อันเนื่องมาจากผลของความร้อนในขณะใช้งานที่อุณหภูมิสูง หรือในขณะทำการอบคืนตัว (tempering)

(5) ความสามารถในการตัดเฉือน (mach inability) คือ ความสามารถของโลหะที่ถูกตัดเฉือน ตกแต่งได้ง่าย และมีผิวที่เรียบภายหลังการตัดเฉือน

(6) ความต้านทานการสูญเสียคาร์บอน (resistance to decarburization) การสูญเสียคาร์บอนซึ่งจะเกิดเมื่ออบเหล็กที่อุณหภูมิสูงกว่า 700 °C (1300°F) เป็นผลให้ความแข็งที่ได้ภายหลังการชุบแข็ง ต่ำลง เหล็กกล้าเครื่องมือที่มีคุณสมบัตินี้ต่ำจะต้องมีวิธีป้องกัน/ควบคุมบรรยากาศในการอบชุบความร้อนเพื่อไม่ให้ชิ้นงานสูญเสียคาร์บอนโดยเฉพาะที่ผิว สำหรับเหล็กกล้าเครื่องมือที่มีคาร์บอนเป็นส่วนผสมหลักจะสามารถต้านทานการสูญเสียคาร์บอนได้ดี

(7) การไม่เปลี่ยนรูปร่างหรือขนาด (non deformation properties) คุณสมบัตินี้สัมพันธ์กับความสามารถในการชุบแข็ง โดยทั่วไปเหล็กกล้าที่สามารถชุบแข็งได้ด้วยลมจะมีการบิดตัวน้อยที่สุด เหล็กกล้าที่ทำการชุบแข็งด้วยน้ำมันทำให้เกิดการบิดตัวปานกลาง และเหล็กกล้าที่ทำการชุบแข็งด้วยน้ำทำให้เกิดการบิดตัวสูงที่สุด ดังนั้นในการออกแบบเลือกเหล็กกล้าเครื่องมือจะต้องคำนึงถึงคุณสมบัติด้านนี้ด้วย

เหล็กกล้าเครื่องมือที่นำมาใช้ในการผลิตแม่พิมพ์และเครื่องมือนั้นสามารถแบ่งออกได้ตามลักษณะการใช้งานได้ 6 ประเภทดังนี้

(1) เหล็กกล้าเครื่องมือชุบแข็งด้วยน้ำ เป็นเหล็กกล้าคาร์บอน (plain carbon) ที่ผสมคาร์บอน ตั้งแต่ 0.60-1.40% ดังนั้นคุณสมบัติด้านการชุบแข็ง หรือความลึกของผิวชุบแข็งจึงต่ำและจำเป็นต้องชุบแข็งด้วยน้ำ ในบางกรณีอาจมีการผสมโครเมียมหรือวานาเดียมลงไปเล็กน้อยเพื่อเพิ่มความสามารถในการชุบแข็ง และทนต่อการเสียดสี เหล็กกล้ากลุ่มนี้จะมีราคาถูกกว่ากลุ่มอื่น และมีจุดเด่น คือ สามารถกลึงไสเพื่อตกแต่งชิ้นงานได้ง่าย สูญเสียคาร์บอนที่ผิวน้อย จุดด้อยของเหล็กกลุ่มนี้ คือ การชุบแข็งด้วยน้ำอาจมีผลทำให้ชิ้นงานบิดเบี้ยวได้ง่าย และไม่สามารถทนต่อความร้อนได้ จึงไม่สามารถใช้สำหรับงานตัดที่รุนแรงหรือใช้งานซ้ำๆ กันจนเกิดความร้อนได้ ดังนั้นโดยทั่วไปจึงไม่นิยมใช้งานกัน อาจมีการใช้งานบ้างสำหรับทำเครื่องมือตัดที่ใช้ความเร็วต่ำและตัดด้วยแรงเบาๆ เช่น ไม้ อะลูมิเนียม แม่พิมพ์สำหรับทุบขึ้นรูปเย็น (cold heading) เป็นต้น ตัวอย่างการใช้งานของเหล็กกลุ่มนี้ เช่น W1 W2 และ W5

(2) เหล็กกล้าเครื่องมืองานเย็น (cold work tool steels) เป็นกลุ่มที่ใช้ผลิตเครื่องมือสำหรับนำไปใช้ในงานแปรรูปโลหะที่ไม่ได้ให้ความร้อนก่อนการแปรรูป เช่น แม่พิมพ์ตัดแผ่นโลหะเย็น ไข่มัดตัดกระดาษ คัดเตอร์ เป็นต้น คุณสมบัติสำคัญที่ต้องการสำหรับเหล็กกล้าเครื่องมือกลุ่มนี้ คือ ความสามารถในการกลึงไสดี เปลี่ยนแปลงขนาดน้อยหลังการชุบแข็ง (เนื่องจากการชุบแข็ง

จะทำให้การชุบน้ำมันหรือให้เย็นตัวในอากาศ) ด้านทานการสึกหรอสูง และมีความเหนียวทนแรงอัดกระแทกได้ดี เหล็กกล้าเครื่องมืองานเย็น สามารถจำแนกออกได้เป็น

(3) เหล็กกล้าเครื่องมืองานเย็นประเภทชุบน้ำมัน เป็นกลุ่มที่มีคุณสมบัติด้านทานการสึกหรอสูง และมีความแข็งแรงสูง ซึ่งเป็นผลมาจากมีปริมาณคาร์บอนสูง และคาร์ไบด์ขนาดเล็กที่มีอยู่อย่างกระจุกกระจาย ธาตุผสมเพียงเล็กน้อยของโครเมียม โมลิบดีนัม และทังสเตน ทำให้สามารถชุบแข็งได้ด้วยน้ำมัน ซึ่งมีข้อดีกว่าเหล็กกล้าเครื่องมือชุบแข็งด้วยน้ำ เนื่องจากการชุบแข็งด้วยน้ำมันจะทำให้ชิ้นงานบิดตัว และมีโอกาสแตกละเอียดน้อยกว่าการชุบแข็งด้วยน้ำอย่างมาก ตัวอย่างการใช้งานเหล็กกล้ากลุ่มนี้ ได้แก่ เครื่องทำเกลียวใน (taps) ดอกคว้าน (reamers) ใบตัด (circular cutters) มีดแทงขึ้นรูป (broaches) ดอกเจาะ (drills) แม่พิมพ์เจาะรู (blanking dies) หัวกด (punches) แม่พิมพ์ขึ้นรูป (forming dies) แม่พิมพ์สำหรับงานตัดขอบเย็น (cold-trimming dies) ใบมีดตัดขนาดเล็ก (small shear blades) แม่พิมพ์ดึงขึ้นรูปลึก (deep draw dies) รวมถึงแม่พิมพ์สำหรับพลาสติกหรือยาง เป็นต้น

โดยทั่วไปเกรดที่มีการใช้งานกันมาก ได้แก่ O1 เนื่องจากมีความสามารถในการชุบแข็งสูง และเกรนขยายตัวช้าที่อุณหภูมิสูง นอกจากนี้ยังมีความเหนียวเหนือกว่าเกรดอื่นๆ เล็กน้อย สำหรับเกรด O6 จะมีคุณสมบัติกลึงไสที่ดีในสภาพการอบอ่อน เนื่องจากการฟอร์มตัวของเกล็ดคาร์ไบต์ แต่คุณสมบัติการรักษาความแข็งแรงไว้ได้ที่อุณหภูมิสูงยังต่ำพอๆ กับเหล็กกล้าเครื่องมือชุบแข็งด้วยน้ำ สำหรับการใช้นี้ในงานที่ต้องการอายุการใช้งานที่นานขึ้นอาจใช้เกรด O7 ซึ่งมีคุณสมบัติด้านทานการสึกหรอสูงที่สุด

(4) เหล็กกล้าเครื่องมืองานเย็นประเภทชุบด้วยลม เป็นกลุ่มที่มีธาตุผสมมากกว่า เหล็กกล้าเครื่องมืองานเย็นประเภทชุบน้ำมัน โดยมีปริมาณคาร์บอนสูงและธาตุผสมสูงปานกลาง ซึ่งจากปริมาณธาตุผสมที่สูงทำให้เหล็กกล้าเครื่องมือกลุ่มนี้มีความสามารถในการชุบแข็งสูง ซึ่งเพียงพอที่จะชุบแข็งให้ได้โครงสร้างมาร์เทนไซต์ด้วยลม การเย็นตัวในอัตราที่ต่ำจะทำให้ชิ้นงานบิดเบี้ยวน้อย ลดโอกาสที่ชิ้นงานจะแตกได้ และมีคุณสมบัติการไม่เปลี่ยนรูปร่างหรือขนาดได้เยี่ยมมากในระหว่างการอบชุบความร้อน นอกจากนี้ปริมาณคาร์ไบด์จำนวนมากทำให้มีคุณสมบัติทนต่อการเสียดสีที่ดี อย่างไรก็ตาม แม้ว่าจะมีธาตุผสมที่สูง แต่ก็ยังไม่เพียงพอที่จะทำให้เหล็กกล้ากลุ่มนี้มีคุณสมบัติความสามารถรักษาความแข็งแรงไว้ได้ที่อุณหภูมิสูงได้สูงพอที่จะใช้กับงานร้อน หรืองานตัดความเร็วสูง ดังนั้นส่วนใหญ่เหล็กกลุ่มนี้จึงเหมาะกับงานเย็นเท่านั้น การใช้งานเหล็กกล้าเครื่องมือกลุ่มนี้สามารถใช้งานได้ประเภทเดียวกับกลุ่มที่ชุบน้ำมัน แต่คุณสมบัติที่เหนือกว่าคือ ความสามารถในการชุบแข็ง ซึ่งจะมีข้อได้เปรียบด้านการบิดเบี้ยวของชิ้นงานที่น้อยกว่า และ

เพิ่มความปลอดภัยในระหว่างการชุบแข็ง เกรดที่นิยมใช้งานกันมาก ได้แก่ A2 สำหรับเกรดอื่นที่มีการใช้งานอยู่บ้าง ได้แก่ A6 A8 และ A10 (มีกราฟไฟต์อิสระในโครงสร้าง เพื่อเพิ่มความสามารถในการกลึงไส)

(5) เหล็กกล้าเครื่องมืองานเย็นประเภทคาร์บอนสูงและโครเมียมสูง เป็นกลุ่มที่มีการใช้งานกันมากที่สุดในกลุ่มเหล็กกล้าเครื่องมือเย็น ธาตุผสมหลัก คือ คาร์บอน โครเมียม และโมลิบดีนัม โดยมีคุณสมบัติทนต่อการสึกหรอ และการเสียดสีที่ดีเยี่ยม ทำให้สามารถรักษาคมตัดไว้ได้นาน ซึ่งเป็นผลมาจากการมีปริมาณคาร์ไบด์ในระดับสูง และโครงสร้างเทมเปอร์มาร์เทนไซต์ ภายหลังการชุบแข็งและอบคืนตัว (tempering) อย่างไรก็ตามข้อจำกัดประการสำคัญของเหล็กกล้าเครื่องมือกลุ่มนี้ คือ ความสามารถในการกลึงไสที่ต่ำมาก และมีความเหนียวที่ลดต่ำลงเมื่อเทียบกับเหล็กกล้าเครื่องมืองานเย็นในกลุ่มอื่น

การใช้งานเหล็กกล้าเครื่องมือกลุ่มนี้สามารถใช้กับงานเย็นได้ทุกประเภท เช่น แม่พิมพ์เจาะรู (blanking dies) ใบมีดตัด (slitting cutters) แม่พิมพ์ขึ้นรูป (forming dies) แม่พิมพ์ดึงขึ้นรูปลึก (deep draw die) แม่พิมพ์ดึงลวด (wire draw dies) แม่พิมพ์อัดขึ้นรูปเย็น (cold-extrusion dies) ลูกรีดสำหรับดัดโค้งและขึ้นรูป (bending and forming rolls) ใบมีด (shear blades) ชิ้นส่วนต่างๆ ที่ทนต่อการสึกหรอ เป็นต้น โดยส่วนใหญ่นิยมใช้งานสำหรับงานแม่พิมพ์และหัวกดของงานขึ้นรูปเย็น งานเจาะรู (blanking) เหล็กเกรด D2 จะหาซื้อได้ง่ายและมีการใช้งานมาก สำหรับการใช้งานที่ต้องการอายุยาวนานขึ้นอาจเลือกใช้กลุ่มที่มีคาร์บอนสูงกว่า ได้แก่ D3 D4 และ D7 ซึ่งจะมีความต้านทานต่อการสึกหรอสูงกว่า D2 แต่จะมีข้อจำกัด คือ การกลึงไสทำได้ยากขึ้น

(6) เหล็กกล้าเครื่องมือทนต่อแรงกระแทก (shock resisting tool steels) เป็นเหล็กกล้าเครื่องมือ ที่พัฒนาให้มีความเหนียว ความแข็งแรง และความต้านทานการสึกหรอสูง เพื่อใช้สำหรับงานที่ต้องรับแรงกระแทกซ้ำๆ กัน เช่น สิ่ว (chisel) หัวกด (punch) และแม่พิมพ์โลหะ (die) เป็นต้น โดยความเหนียวสูงเป็นผลจากปริมาณคาร์บอนในระดับปานกลาง และทำให้ภายหลังการอบความร้อนที่เป็นโครงสร้างมาร์เทนไซต์ และมีคาร์ไบด์ละเอียดที่กระจาย กระจาย นอกจากนี้ธาตุแมงกานีส โครเมียม โมลิบดีนัม จะช่วยเพิ่มความสามารถในการชุบแข็ง และช่วยให้คงความแข็งไว้ได้ดีในขณะอบคืนตัว (tempering) ซิลิกอนจะเพิ่มความแข็งให้กับเฟอไรต์ และช่วยให้คงความแข็งไว้ได้ดีในขณะอบคืนตัวด้วย แต่ข้อเสียของเหล็กกล้าเครื่องมือกลุ่มนี้เป็นผลจากปริมาณซิลิกอน ซึ่งจะเร่งให้เกิดการสูญเสียคาร์บอนที่ผิวได้ง่าย ทำให้ความต้านทานต่อการสึกหรอ และความต้านทานต่อความล้าต่ำลง ดังนั้นในการอบชุบความร้อนจะต้องระวังเรื่อง

นี้ให้มาก เกรดที่นิยมใช้งาน เช่น S1 S2 S5 และ S7 โดย S1 เป็นเกรดที่นิยมใช้งานมาก เพราะจะมีส่วนผสมของทั้งสแตนดีย์ ซึ่งจะเพิ่มคุณสมบัติด้านทานการสึกหรอ เพิ่มความเหนียว และเพิ่มความสามารถในการรักษาความแข็งแรงไว้ได้ที่อุณหภูมิสูงให้ดีกว่าเกรด S อื่นๆ จึงสามารถใช้ในงานที่ต้องทนต่อความร้อนได้ การใช้งาน เช่น ลีว ใบมีดตัด แม่พิมพ์ขึ้นรูป ดอกเจาะหิน เป็นต้น

(7) เหล็กกล้าเครื่องมืองานร้อน (hot work tool steels) ในงานบางประเภทที่ต้องใช้อาศัยอุณหภูมิสูงในการแปรรูป เช่น งานตีขึ้นรูปร้อน (hot forging) งานฉีดหล่อ (die casting) งานรีดร้อน (hot extrusion) งานตัดร้อน (hot shear blade) งานอัดร้อน (hot press) สิ่งสำคัญ คือ เหล็กกล้าเครื่องมือจะต้องรักษาคุณสมบัติความแข็งที่อุณหภูมิสูงได้ดี (red hardness) ด้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (thermal shock) ด้านทานต่อการอ่อนตัวที่อุณหภูมิสูง และมีความเหนียวที่ดี ธาตุผสมที่จะทำให้ได้คุณสมบัติเหล่านี้ ได้แก่ โครเมียม โมลิบดีนัม และทั้งสแตน ซึ่งผลรวมของธาตุเหล่านี้จะต้องมีปริมาณอย่างน้อย 5% เหล็กกล้าเครื่องมืองานร้อนที่มีการใช้งานสามารถจำแนกออกได้เป็น

(8) เหล็กกล้าเครื่องมืองานร้อนที่มีโครเมียมเป็นส่วนผสมหลัก จะมีโครเมียมตั้งแต่ 3.25% ขึ้นไป และธาตุผสมอื่นอีกเล็กน้อย เช่น วานาเดียม ทั้งสแตน โมลิบดีนัม ปริมาณคาร์บอนปานกลางจะช่วยส่งเสริมให้มีคุณสมบัติความเหนียวที่ดี คาร์ไบด์ของโครเมียมและธาตุผสมอื่นที่กระจายกระจาย ละเอียดและขยายตัวช้าในขณะใช้งาน ทำให้ได้คงความแข็งแรงที่อุณหภูมิสูง ซึ่งคุณสมบัติที่ดีเหล่านี้ทำให้เหมาะสำหรับใช้ในงานตีขึ้นรูปร้อน และงานฉีดหล่อ (die casting) นอกจากนี้ยังสามารถชุบแข็งได้ด้วยลมแม้ชิ้นงานจะมีขนาดใหญ่ก็ตาม เหล็กกล้ากลุ่มนี้เป็นกลุ่มที่นิยมใช้งานกันมากที่สุด

(9) เหล็กกล้าเครื่องมืองานร้อนที่มีทั้งสแตนเป็นส่วนผสมหลัก เหล็กกล้าเครื่องมือกลุ่มนี้จะด้านทานต่อการอ่อนตัวที่อุณหภูมิสูงได้ดีกว่ากลุ่มที่มีโครเมียมเป็นส่วนผสมหลัก การใช้งาน เช่น แมนเดรลสำหรับแม่พิมพ์งานอัดขึ้นรูปทองเหลือง โลหะนิกเกิลผสม และเหล็กกล้า สำหรับเกรดที่มีการใช้งาน คือ H21 อย่างไรก็ตาม เหล็กเกรดนี้มีความเหนียวที่อุณหภูมิต่ำกว่ากลุ่มที่มีโครเมียมเป็นส่วนผสมหลัก และจะมีราคาแพง เนื่องจากทั้งสแตนเป็นส่วนผสมที่มีราคาสูง การใช้งานจึงไม่นิยมใช้ โดยจะสามารถเลือกใช้ในกลุ่มที่ผสมโมลิบดีนัมแทน ซึ่งจะมีคุณสมบัติใกล้เคียงกัน

(10) เหล็กกล้าเครื่องมืองานร้อนที่มีโมลิบดีนัมเป็นส่วนผสมหลัก เหล็กกล้าเครื่องมือกลุ่มนี้จะมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับกลุ่มที่มีทั้งสแตนเป็นส่วนผสมหลัก จึงทำให้กลุ่มมีข้อได้เปรียบมากกว่าทั้งในด้านราคาที่ถูกลง และความต้านทานต่อการแตกร้าว (heat cracking)

ในขณะที่ใช้งานลักษณะร้อนเย็นสลับกัน แต่ข้อควรระวัง คือ ในการอบชุบจะสูญเสียคาร์บอนที่ผิวได้ง่าย จึงต้องใช้เตาที่ควบคุมบรรยากาศ เกรด

(11) เหล็กกล้าเครื่องมือความเร็วสูง (high speed tool steels) เป็นเหล็กกล้าเครื่องมือที่มีจุดมุ่งหมายหลัก สำหรับใช้เป็นวัสดุในการตัดโลหะด้วยความเร็วสูง เช่น ใบเลื่อย (saws) ใบตัด (milling cutters) เป็นต้น คุณสมบัติสำคัญของเหล็กกล้ากลุ่มนี้ คือ ความสามารถในการรักษาความแข็งของคมตัดที่อุณหภูมิสูงกว่าปกติไว้ได้ (ความแข็งของคมตัดยังคงสภาพเดิม แม้จะเกิดความร้อนจนร้อนจัดเป็นสีแดง) ซึ่งเหล็กกล้าเครื่องมืองานร้อนจะรักษาความแข็งไว้ไม่ได้ เหล็กกล้าเครื่องมือความเร็วสูงที่มีการใช้งานสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ

(12) เหล็กกล้าเครื่องมือความเร็วสูงที่มีทั้งสเทนเป็นส่วนผสมหลัก ปริมาณทั้งสเทนที่สูงมาก (12-20%) จะเพิ่มคุณสมบัติความสามารถรักษาความแข็งไว้ได้ที่อุณหภูมิสูง ปริมาณคาร์บอนกับธาตุผสมที่สูงมีผลทำให้ความสามารถในการชุบแข็งสูง และมีปริมาณคาร์ไบด์ที่มีเสถียรภาพสูง (ไม่สลายตัวที่อุณหภูมิสูง) ซึ่งจะมีผลทำให้ต้านทานการสึกหรอดีเยี่ยม นอกจากนี้ส่วนผสมของวานาเดียมซึ่งฟอร์มตัวเป็นคาร์ไบด์ที่มีเสถียรภาพสูงและกระจายตัว จะช่วยป้องกันการขยายตัวของเกรนได้ในช่วงที่อุณหภูมิสูง และทำให้เกรนมีความละเอียดซึ่งส่งผลถึงความเหนียวของเหล็กด้วย เกรดที่นิยมใช้งาน คือ T1

(13) เหล็กกล้าเครื่องมือความเร็วสูงที่มีโมลิบดีนัมเป็นส่วนผสมหลัก เป็นกลุ่มที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับเหล็กกล้าเครื่องมือความเร็วสูงที่มีทั้งสเทนเป็นส่วนผสมหลัก เนื่องจากโมลิบดีนัมส่งผลให้คุณสมบัติคล้ายคลึงกับการผสมทั้งสเทน โดยพบว่าคุณสมบัติที่สำคัญ เช่น ความสามารถรักษาความแข็งไว้ได้ที่อุณหภูมิสูง การทนต่อการเสียดสี หรือความเหนียวจะใกล้เคียงกัน โดยโมลิบดีนัม 1% จะแทนทั้งสเทนประมาณ 1.6-2.0% สำหรับข้อแตกต่างมีเพียงเล็กน้อย คือ กลุ่มที่ผสมโมลิบดีนัมจะต้องระวังการสูญเสียคาร์บอนในการอบชุบ เนื่องจากทั้งสเทนมีราคาสูงกว่าโมลิบดีนัมมาก ปัจจุบันการใช้งานส่วนใหญ่จึงนิยมกลุ่มที่ผสมโมลิบดีนัม เกรดที่นิยมใช้งาน เช่น M2 M4 และ M42

นอกจากนี้ยังได้มีการพัฒนาเติมธาตุโคบอลต์มากกว่า 10% เพื่อให้ได้คุณสมบัติความสามารถรักษาความแข็งไว้ได้ที่อุณหภูมิสูงได้ดีกว่า 2 กลุ่มแรก ทำให้ได้เหล็กกล้าเครื่องมือความเร็วสูงประเภทซูเปอร์ (super high speed tool steels) แต่สิ่งที่ต้องระวัง คือ การสูญเสียคาร์บอนในระหว่างการอบชุบ และการสั่นและกระแทกแรงๆ เนื่องจากเป็นเกรดที่เปราะมาก

(13) เหล็กกล้าเครื่องมือสำหรับทำแม่พิมพ์พลาสติก (plastic mold steels) เหล็กกล้าเครื่องมือกลุ่มนี้ส่วนใหญ่จะใช้งานในช่วงอุณหภูมิ 175-200°C ภายใต้ความดันสูง มีการ

กั้ดกร่อนจากสารเคมี และต้องรับแรงเสียดสีกับผงพลาสติกด้วย ดังนั้นคุณสมบัติสำคัญจะต่างไปจากเหล็กกล้าเครื่องมือกลุ่มอื่น โดยมีปัจจัยที่ต้องพิจารณาถึงได้แก่ ความสามารถในการกลึงไส ความต้านทานแรงอัด ความแข็งที่ผิวสูง ความแข็งแรงที่แกนสูง ความแน่นอนของขนาด ภายหลังการชุบแข็ง ความสามารถในการขัดผิวให้เรียบ ความต้านทานการกัดกร่อนที่ผิว ซึ่งจากคุณสมบัติข้างต้นหากนำเหล็กกล้าเครื่องมือกลุ่มทำงานเย็นหรือทำงานร้อนมาใช้ก็อาจจะไม่ได้ผลดีเท่ากับการใช้งานเหล็กกล้าที่ใช้งานเฉพาะสำหรับกลุ่มนี้เท่านั้น อย่างไรก็ตาม เหล็กกล้ากลุ่มนี้สามารถใช้ผลิตแม่พิมพ์งานหล่อแบบฉีดสำหรับโลหะผสมที่มีอุณหภูมิจุดหลอมเหลวต่ำ เช่น สังกะสี และตะกั่วได้เช่นกัน

ตารางที่ 2.1

การใช้งานเหล็กกล้าเครื่องมือ

กระบวนการ	คุณสมบัติที่ต้องการ
งานฉีดหล่อ (die casting)	รักษาความแข็งแรงไว้ได้ที่อุณหภูมิสูง ต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (thermal shock) ต้านทานต่อการอ่อนตัวที่อุณหภูมิสูง การบิดเบี้ยวต่ำ ความสามารถในการกลึงไสสูง ความแน่นอนของ
และยาง(plastic mould)	ความต้านทานแรงอัด ความแข็งที่ผิวสูง ความแข็งแรงที่แกนสูง ความสามารถในการกลึงไส ความ
งานตีขึ้นรูปร้อน (hot forging)	ความเหนียว รักษาความแข็งแรงไว้ได้ที่อุณหภูมิสูง ต้านทานต่อการอ่อนตัวที่อุณหภูมิสูง ต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (thermal shock) ทนการสึกหรอ
งานรีดขึ้นรูปร้อน (hot extrusion)	ความเหนียว รักษาความแข็งแรงไว้ได้ที่อุณหภูมิสูง ต้านทานต่อการอ่อนตัวที่อุณหภูมิสูง ต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (thermal shock) ทนการสึกหรอ
งานทุบหัวเย็น (cold heading)	ความเหนียว ความแข็ง ทนการสึกหรอ รักษาความแข็งแรงไว้ได้ที่อุณหภูมิสูง จากการแปรรูป ต้านทานต่อการอ่อนตัวที่อุณหภูมิสูง
หัวกดรีดขึ้นรูปเย็น (cold extrusion punch)	ความแข็ง ทนการสึกหรอ ทนการเสียดสี รักษาความแข็งแรงไว้ได้ที่อุณหภูมิสูง (ถ้ามีการใช้งานที่อุณหภูมิสูง) ต้านทานต่อการอ่อนตัวที่อุณหภูมิสูงจากการแปรรูป
แม่พิมพ์รีดขึ้นรูปเย็น (cold extrusion die)	ความเหนียว ทนการสึกหรอ

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)
การใช้งานเหล็กกล้าเครื่องมือ

กระบวนการ	คุณสมบัติที่ต้องการ
(hot shearing)	ความเหนียว สามารถรักษาคมตัดได้ดี รักษาความแข็งแรงได้ที่อุณหภูมิสูง ด้านทนต่อการอ่อนตัวที่
งานตัดโลหะเย็น (cold shearing)	ความแข็งแรง ความเหนียว สามารถรักษาคมตัดได้ดี สามารถรับแรงกระแทกซ้ำๆ ได้
แม่พิมพ์ดึงขึ้นรูปลึก (deep draw die)	ความแข็งแรง ความเหนียว ทนต่อการสึกหรอ

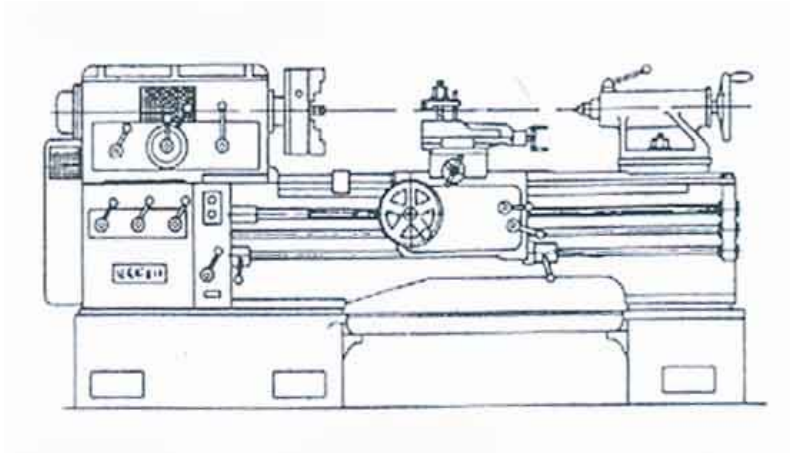
2.2.1.6 เครื่องจักรกล เครื่องมือและซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการผลิตแม่พิมพ์

เครื่องจักรกลที่ใช้ในการผลิตแม่พิมพ์

เครื่องจักรที่ใช้ในการตัดเฉือนโลหะในอุตสาหกรรมแม่พิมพ์แต่ละประเภทจะมีลักษณะคล้ายคลึงกัน โดยเครื่องจักรที่มักพบโดยทั่วไปในอุตสาหกรรมแม่พิมพ์สามารถจำแนกได้ดังต่อไปนี้

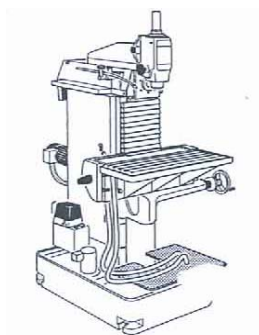
(1) เครื่องกลึง (lathe) ใช้สำหรับขึ้นรูปชิ้นงานให้มีรูปร่างลักษณะเป็นทรงกระบอกโดยชิ้นงานจะหมุน มีดกลึงจะยึดอยู่กับที่แล้วเคลื่อนที่เข้าหาชิ้นงาน การกลึงใช้ผลิตชิ้นส่วนแม่พิมพ์ที่มีลักษณะเป็นทรงกลมเป็นส่วนมาก เช่น ปลอกนำ เพลานำ ปลอกรองรับเพลาดัน ขั้ว สลักดันกลับ ปลอกเพลาดันปลด และยังสามารถผลิตชิ้นส่วนของเบ้าและคอร์ได้ ในกรณีที่เป็นรูปร่างทรงกระบอก ชิ้นงานที่มีรูปร่างเป็นเกลียวนอกและเกลียวใน เช่น เกลียวที่ปลายของเพลากะหุ้ม ส่วนเบ้าหรือส่วนคอร์ที่เป็นเกลียว การกลึงมีหลายวิธีเพื่อให้ได้ชิ้นงานที่มีรูปร่างตามต้องการคือ กลึงปาดหน้า (facing) เพื่อลดขนาดความยาวของชิ้นงานพร้อมกันนั้นก็ปาดผิวหน้าให้เรียบ กลึงปอก (turning) เพื่อลดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของชิ้นงาน กลึงเรียว (tapering) เพื่อให้ชิ้นงานมีรูปทรงเรียวตามต้องการ กลึงโค้งรัศมี (curved cutting) เพื่อให้ชิ้นงานมีรัศมีโค้ง กลึงเจาะร่อง (grooving) เพื่อก่อให้เกิดร่องขึ้นบนชิ้นงาน กลึงตัด (parting off) เพื่อตัดแยกชิ้นงานให้ขาดออกจากกัน กลึงคว้านรูใน (boring) ใช้กับงานทำรูในขนาดใหญ่ ปกติมักเริ่มต้นด้วยการเจาะรูด้วยดอกสว่านก่อนที่จะทำการคว้านให้ได้ขนาดตามต้องการ กลึงเกลียวนอก (external Threading) เพื่อทำเกลียวนอก กลึงเกลียวใน (internal Threading) เพื่อทำเกลียวใน กลึงขึ้นรูป

(forming) ใช้ขึ้นรูปชิ้นงานให้มีรูปร่างและขนาดตามต้องการ โดยการลัดบีบให้ได้กับรูปร่างที่จะใช้
 ทำการกลึง กลึงขึ้นลาย (knurling) ใช้ขึ้นลายบนเนื้อวัสดุ ส่วนใหญ่ใช้กับชิ้นงานที่เป็นส่วนมือจับ
 เพื่อกันลื่น รูปเครื่องกลึงแสดงในรูป



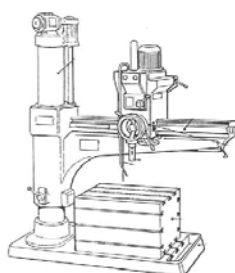
ภาพที่ 2.2
 เครื่องกลึง

(2) เครื่องกัด (milling) (ภาพที่ 2.3) เป็นเครื่องจักรกลที่ใช้ผลิตชิ้นส่วนของแม่พิมพ์ได้มากมายโดยตัดเฉือนแผ่นแม่พิมพ์ในลักษณะของการปาดผิวด้วยมีดกัดที่มีรูปทรงต่าง ๆ กันให้เป็นแอ่งหรือบ้ำที่ต้องการได้ นอกจากนี้การใช้มีดกัดที่มีรูปฟอร์มหน้าตัดแบบต่างๆจะทำให้สามารถกัดชิ้นงานให้มีรูปร่างตามต้องการได้ แต่หากต้องใช้ในงานกัดที่มีรูปทรงสามมิติจะกระทำได้ยากและมักจะพบอยู่เสมอในการทำบ้ำและคอร์ของแม่พิมพ์ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้เครื่องจักรที่มีการลอกแบบ เช่น เครื่องกัดลอกแบบและเครื่องกัด CNC เป็นต้น กัดผิวเรียบ (plain milling) เพื่อทำให้การลดขนาดของชิ้นงานและได้ผิวราบเรียบกัดร่อง (slot cutting) เพื่อให้เกิดร่องสี่เหลี่ยมขึ้นบนชิ้นงาน กัดข้าง (side cutting) เพื่อตบแต่งของข้างของชิ้นงานให้เรียบ กัดบ้ำ (pocketing) เพื่อกัดชิ้นงานให้เป็นหลุมลึกลงไป กัดรูปร่าง (contouring) เพื่อกัดให้ได้รูปร่างโค้งเว้าตามที่ต้องการ



ภาพที่ 2.3
เครื่องกัด

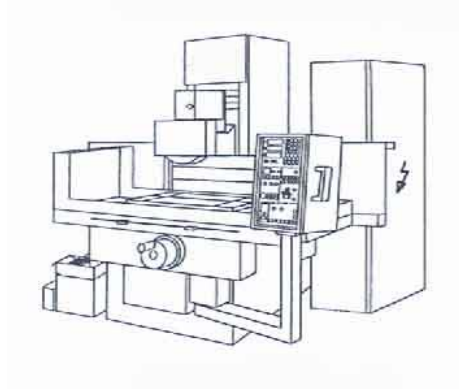
(3) เครื่องเจาะ (drilling) จากรูป เป็นเครื่องที่มีใช้อยู่ทั่วไปเหมาะสำหรับงานที่ไม่ต้องการความละเอียดมาก เช่น เจาะรูระบบหล่อเย็น เจาะรูร้อยสกรูสำหรับยึดแม่พิมพ์ เจาะรูทำเกลียว เจาะรูสำหรับปลดสลัก และสลักต้นกลีบ สำหรับเครื่องเจาะที่มีความเที่ยงตรงสูงสามารถใช้เจาะรูใส่ปอกหน้าและเพลานำได้เจาะ (drill) เพื่อให้ได้รูตามที่ต้องการ การเจาะมีหลายลักษณะ คือ การรีมเมอร์ (ream) เพื่อให้ได้รูที่มีผิวเรียบและค่าคาตเคลื่อนตามที่ต้องการ การทำเกลียวใน (tap) เพื่อทำเกลียวใน การลบมุมคม (chamfer) เพื่อลบมุมคมที่ปากรูเจาะ การทำบ่าฉาก (counter bore) เพื่อทำบ่าฉากใส่หัวสกรู การทำบ่าองศา (counter sink) เพื่อทำบ่าองศาใส่หัวสกรู



ภาพที่ 2.4
เครื่องเจาะ

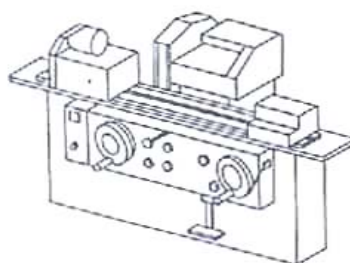
(4) เครื่องเจียรระไน (grinding) ใช้ผลิตชิ้นส่วนที่ต้องสวมประกอบเข้าด้วยกัน เช่น ผิวของแผ่นแม่พิมพ์ ชิ้นส่วนที่ต้องการความเที่ยงตรงสูงและมีผิวสัมผัสที่เรียบเสมอกัน โดยจะทำการเจียรระไนลดขนาดชิ้นส่วนเหล่านี้โดยใช้หินขัดไปทำการตัดเฉือนชิ้นงาน เครื่องเจียรระไนมีอยู่ 2 ชนิด คือ

เครื่องเจียระไนราบ (surface grinding) ในรูป ใช้สำหรับงานเจียระไนผิวราบให้เรียบแบนขนานกับเจียระไนผ่าฉากหรือเจียระไนผิวงานให้เป็นมุมต่างๆ



ภาพที่ 2.5
เครื่องเจียระไนราบ

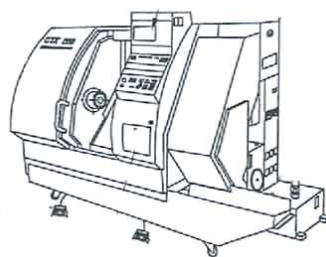
เครื่องเจียระไนกลม (cylindrical grinding) ใช้สำหรับผลิตชิ้นส่วนทรงกระบอกสามารถเจียระไนทั้งผิวนอกและผิวภายในของชิ้นงานให้มีความเที่ยงตรง และคุณภาพความละเอียดของผิวตามที่ต้องการ ดังแสดงในรูป



ภาพที่ 2.6
เครื่องเจียระไนกลม

(5) เครื่อง NC และ CNC (numerical control and computerized numerical control) เป็นเครื่องจักรที่ถูกควบคุมการทำงานด้วยอนุกรมของรหัสควบคุมเครื่อง รหัสประกอบไปด้วยตัวเลข ตัวอักษร และสัญลักษณ์อื่นๆ รหัสเหล่านี้จะถูกแปลงให้เป็นสัญญาณไฟฟ้าแล้วส่งไปกระตุ้นให้มอเตอร์และอุปกรณ์ต่างๆ ของเครื่องจักรทำงานในลักษณะของการเคลื่อนที่และการปรับเปลี่ยนอัตราเร็วในการเคลื่อนที่รวมถึงการทำงานอื่นๆ ด้วย อนุกรมรหัสป้อนเข้าเครื่องจักรเพื่อควบคุมเครื่องจักรให้ผลิตชิ้นงานตามที่ต้องการเรียกว่าโปรแกรมชิ้นงาน (part program of work piece program) ความยาวของโปรแกรมจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับลักษณะของชิ้นงานว่ามีความ

ซับซ้อนของรูปร่างมากนักน้อยเพียงใด อุปกรณ์ที่เป็นตัวเชื่อมระหว่างโปรแกรมขึ้นงานกับเครื่องจักร เรียกว่า NC unit ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของเครื่องจักรนั้นๆ และถ้าเครื่องจักร NC มี คอมพิวเตอร์ประกอบเข้าไปเพื่อเพิ่มสมรรถนะของเครื่องจักรขึ้นอีก ไม่ว่าจะเป็นด้านการเขียน และ ตรวจสอบโปรแกรมให้ง่ายขึ้นเร็วขึ้น การป้อนโปรแกรมและการติดต่อกับเครื่องที่สะดวกขึ้น และการควบคุมเครื่องโดยผู้ปฏิบัติงานกับเครื่องที่ง่ายขึ้นเหล่านี้ เครื่องจักรนั้นๆจะเรียกว่าเครื่องจักร CNC



ภาพที่ 2.7
เครื่องจักร CNC

ปัจจุบันได้มีการพัฒนา เครื่องจักร CNC ให้มีสมรรถนะในการทำงานที่มีความเร็วในการตัดเฉือนเพื่อขึ้นรูปชิ้นงาน ที่เรียกว่า เครื่องจักร high speed machining มาใช้ในการสร้างแม่พิมพ์ ซึ่งเป็นเครื่องจักรที่นำมาใช้กับเหล็กที่มีความแข็ง 60-63 HRc ที่ต้องอาศัยเครื่องมือตัด และชุดจับยึดเครื่องมือตัดให้เหมาะสมกับแต่ละขั้นตอนการผลิต เพื่อให้ได้แม่พิมพ์ที่มีคุณภาพ นอกจากนี้การเลือกแบบการเดินของเครื่องมือตัด (tool path) ข้อมูลการตัด และวิธีการตัด ก็เป็น ปัจจัยที่สำคัญที่ทำให้การผลิตมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ทำให้เกิดการใช้ เครื่องจักร high speed machining ในงานทำแม่พิมพ์อย่างแพร่หลาย โดยมีจุดประสงค์เพื่อลดต้นทุนการผลิตโดยเฉพาะ ในงานเก็บผิวงานละเอียดขั้นสุดท้าย ของชิ้นงานที่มีผ่านขบวนการชุบแข็งมาแล้ว ทำให้ประหยัด แรงงานในงานขัดด้วยมือและเวลาประกอบแม่พิมพ์ให้น้อยลง

2.2.1.7 เครื่องมือตัด

ในการผลิตชิ้นส่วนใดๆ ด้วยกระบวนการตัดเฉือนที่ผ่าน เครื่องมือช่วยที่เป็นหัวใจหลักของการขึ้นรูปคือ เครื่องมือตัด (cutting tool) เนื่องจากเครื่องมือตัดทำหน้าที่ในการตัดเฉือนเนื้อวัสดุออกให้ได้ตามขนาดที่แบบงานต้องการ ซึ่งเครื่องมือตัดที่ใช้อยู่ในกระบวนการตัดเฉือนมีอยู่ด้วยกัน 3 กลุ่ม คือ

(1) คมตัด (cutting edge) เป็นส่วนที่ต้องสัมผัสกับวัสดุงานตลอดเวลา ทำให้ต้องมีความแข็งและความเหนียวมากกว่าวัสดุงาน ซึ่งทำจากวัสดุหลากหลายชนิดเช่น เหล็กคาร์บอนสูง (high carbon) เหล็กความเร็วสูง (high speed steel) เหล็กคาร์ไบด์ (carbide) เป็นต้น โดยวัสดุเหล่านี้ถูกนำมาสร้างให้เป็นคมตัดที่เหมาะสมกับลักษณะการนำไปใช้งานกับเครื่องจักรกลประเภทต่างๆ เช่น มีดกลึง ดอกเจาะ (twist drill) มีดกัด (milling cutter) ดอกตัดเกลียว (tap or die) เป็นต้น

(2) ล้อหินเจียรระไน (grinding wheel) เป็นการนำวัสดุประเภทที่ได้มาจากธรรมชาติหรือสารสังเคราะห์ เช่น ผงเพชร อลูมิเนียมออกไซด์ ซิลิกอนคาร์ไบด์ เป็นต้น นำมาผสมกับตัวประสานแล้วอัดขึ้นรูปให้เป็นรูปทรงต่างๆ ล้อหินเจียรระไนนี้โดยมากจะนำไปใช้กับชิ้นงานที่ต้องการขนาดตามพิภคที่กำหนด ผิวงานที่ต้องการความเรียบ หรือชิ้นงานที่ผ่านกรรมวิธีชุบแข็งมาแล้ว

(3) วัสดุนำไฟฟ้า ชิ้นงานบางประเภทจำเป็นต้องผ่านกรรมวิธีชุบแข็งก่อน แล้วจึงขึ้นรูปให้ได้ชิ้นงานสำเร็จ ดังนั้นเครื่องจักรที่สามารถขึ้นรูปชิ้นงานประเภทนี้ได้เครื่องมือตัดต้องมีคุณสมบัติที่เหนือกว่าความแข็งที่ชิ้นงานนั้นมีอยู่ ซึ่งเครื่องจักรที่สามารถขึ้นรูปชิ้นงานประเภทนี้ได้ จะมีก็แต่เพียงเครื่องเจียรระไนและเครื่องจักรที่ใช้กระแสไฟฟ้าเป็นตัวทำให้เกิดรูปร่างของชิ้นงาน สำหรับเครื่องจักรที่ใช้กระแสไฟฟ้าจำเป็นต้องมีสื่อเป็นตัวนำไฟฟ้า ซึ่งวัสดุที่ใช้เป็นตัวนำได้แก่ ทองแดง ทองเหลือง เงิน และกราไฟต์ ซึ่งทำหน้าที่เหมือนเครื่องมือตัดเพื่อให้เกิดรูปร่างตามต้องการ

2.2.1.8 เครื่องมือวัดละเอียด

ในระหว่างการสร้างชิ้นส่วนต่างๆ ที่เป็นส่วนประกอบของแม่พิมพ์ จำเป็นต้องมีการตรวจสอบขนาดของชิ้นงานตลอดระยะเวลาการทำงาน ดังนั้นเครื่องมือวัดละเอียดจึงมีบทบาทในการควบคุมขนาดของชิ้นงานให้เป็นไปตามแบบงานที่กำหนด สำหรับเครื่องมือวัดละเอียดที่ใช้เป็นประจำมีดังนี้

(1) ฉาก เป็นเครื่องมือวัดละเอียดที่ใช้ในการตรวจสอบความได้ฉากของผิวงานที่ผ่านการขึ้นรูปในงานที่เป็นรูปทรงเหลี่ยม

(2) เวอร์เนียคาลิเปอร์ เป็นเครื่องมือวัดพื้นฐานที่ผู้อยู่ในแวดวงการสร้างชิ้นงานทั่วไปต้องมีความรู้ในการใช้งาน เพราะเวอร์เนียคาลิเปอร์จะเป็นเครื่องมือวัดละเอียดที่ใช้งานครอบคลุมรูปทรงทางเรขาคณิตของชิ้นงาน เช่น ทรงกระบอก ทรงกลม รูปเหลี่ยมต่าง เป็นต้น โดย

ค่าความละเอียดของเวอร์เนียคาลิเปอร์นี้ มีค่า 0.01 มิลลิเมตร ซึ่งมีทั้งการอ่านค่าด้วยสเกล และอ่านค่าเป็นตัวเลข (digital display)

(3) ไมโครมิเตอร์ มีการใช้งานเช่นเดียวกับเวอร์เนียคาลิเปอร์ แต่ความละเอียดของสามารถอ่านได้ถึง 0.001 มิลลิเมตร

(4) เกจวัดขนาด เป็นเครื่องมือวัดละเอียดที่ใช้ในการเทียบค่าของเครื่องมือวัดละเอียดตัวอื่นๆ หรือนำมาใช้เพื่อการตรวจสอบความถูกต้องของขนาดชิ้นงาน สามารถวัดค่าความละเอียดได้ถึง 0.0001 มิลลิเมตร

นอกจากนี้เครื่องมือวัดละเอียดบางชนิดยังถูกนำมาใช้ในการควบคุมคุณภาพของชิ้นงาน เช่น เกจวัดระยะพิทของเกลียว เกจวัดรัศมีความโค้ง นาฬิกาวัด รวมทั้งเครื่องวัด 3 แกน (coordinate measuring machine) เป็นต้น

2.2.1.9 ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในระบบการผลิต

(1) CAD (Computer Aided Design) เป็นซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการออกแบบแม่พิมพ์ ซึ่งมีทั้งการออกแบบ 2D และ 3D ซอฟต์แวร์สำหรับงาน CAD เช่น AutoCAD, UG, Pro Engineer, CATIA, Solid Work, VisiCAD เป็นต้น

(2) CAM (Computer Aided Manufacturing) เป็นซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการคำนวณสร้างเส้นทางเดินของเครื่องมือตัด (tool path) และสร้างรหัสตัวเลข ตัวอักษร (NC-CODE) เพื่อควบคุมการเคลื่อนที่ของเครื่องจักร CNC ซอฟต์แวร์สำหรับงาน CAM เช่น Hyper Mill, Cimatron, Master Cam, UG เป็นต้น

2.2.1.10 การอบชุบโลหะ (heat treatment)

การอบชุบโลหะ นับว่าเป็นขั้นตอนสุดท้ายหรือรองสุดท้ายของการผลิตชิ้นส่วนโลหะต่าง ๆ เป็นกระบวนการเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติและคุณภาพของชิ้นส่วนโลหะหรือแม่พิมพ์ และเครื่องมือที่ทำด้วยโลหะให้เหมาะสมกับการใช้ โดยมีการรักษาอุณหภูมิในเวลาที่เหมาะสมแล้วนำไปทำให้เกิดการเย็นตัว โดยใช้สารชุบชนิดต่าง ๆ เช่น น้ำ น้ำมัน ลม หรืออากาศ เป็นต้น เพื่อให้ได้โครงสร้างและคุณสมบัติของวัสดุตามต้องการ การอบชุบอาจทำให้โลหะอ่อนลง กลับสู่สภาพเดิม แข็งขึ้น หรือเพิ่มความเหนียว แต่โดยทั่วไปเมื่อคุณสมบัติด้านหนึ่งเด่นขึ้น คุณสมบัติด้านอื่นจะด้อยลง เช่น การอบชุบเหล็กกล้าเพิ่มความแข็ง จะทำให้เหล็ก มีความแข็ง ความแข็งแรง และเปราะขึ้น แต่ความเหนียว ความสามารถยืดตัวลดลง การอบชุบเพื่อให้มีคุณสมบัติ ดีทุกด้านนั้นเป็นไปได้ จึงต้องเลือกคุณสมบัติที่สำคัญที่สุดไปใช้งาน

2.2.1.11 การปรับประกอบ (assembly and fitting) และการทดลองแม่พิมพ์ (try-out)

ขั้นตอนการปรับประกอบแม่พิมพ์เป็นขั้นตอนที่สำคัญขั้นตอนหนึ่ง ซึ่งแม่พิมพ์จะมีคุณภาพเพื่อนำไปใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ได้ ต้องผ่านการปรับประกอบอย่างพิถีพิถัน เนื่องจากชิ้นงานทุกชิ้นที่ผ่านการสร้างขึ้นมานั้นต้องนำมาประกอบให้ได้ตามแบบงานที่กำหนด ซึ่งบางครั้งชิ้นงานที่สร้างมานั้นอาจมีบางจุดยังมีความบกพร่องเกิดขึ้น เช่น ขนาดที่คลาดเคลื่อนไป การลบคมขอบชิ้นงาน เป็นต้น เมื่อพบจุดบกพร่องต่างๆ แล้วต้องแก้ไขให้ถูกต้อง ซึ่งบุคลากรกลุ่มนี้ต้องมีความเชี่ยวชาญและชำนาญเพราะต้องอาศัยเวลาในการปฏิบัติงานอย่างต่อเนื่อง

เมื่อผ่านการปรับประกอบที่สมบูรณ์แล้วจึงนำแม่พิมพ์ไปทำการทดลองขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ตามขอบข่ายของแม่พิมพ์แต่ละชนิด เพื่อตรวจสอบการทำงานของแม่พิมพ์ ถ้ายังมีข้อบกพร่องอีกก็จำเป็นต้องนำกลับมาทำการแก้ไขจนกระทั่งผลิตภัณฑ์ที่มีความสมบูรณ์ครบถ้วนตามต้องการ

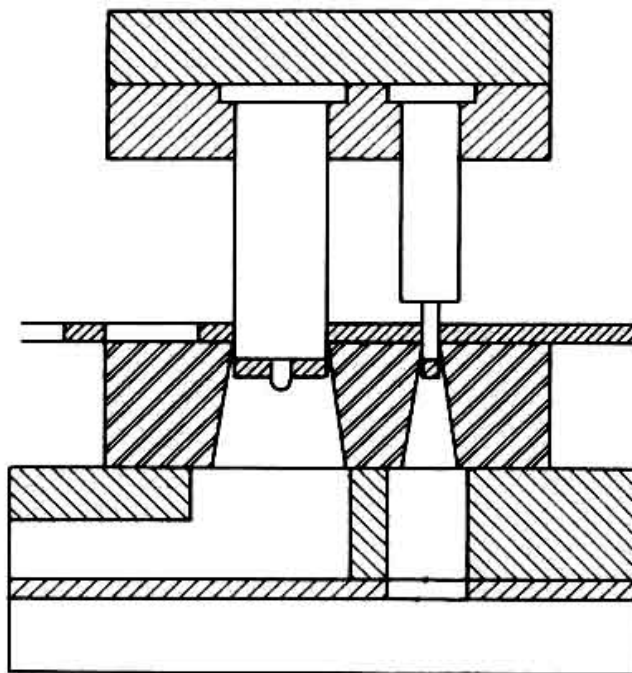
2.2.2 แม่พิมพ์ขึ้นรูปโลหะแผ่นแบบตัดและเจาะ

แม่พิมพ์โลหะ หมายถึงแม่พิมพ์ที่ใช้ในการผลิตชิ้นส่วนหรือผลิตภัณฑ์โลหะแม่พิมพ์โลหะสามารถจำแนกออกได้ดังนี้

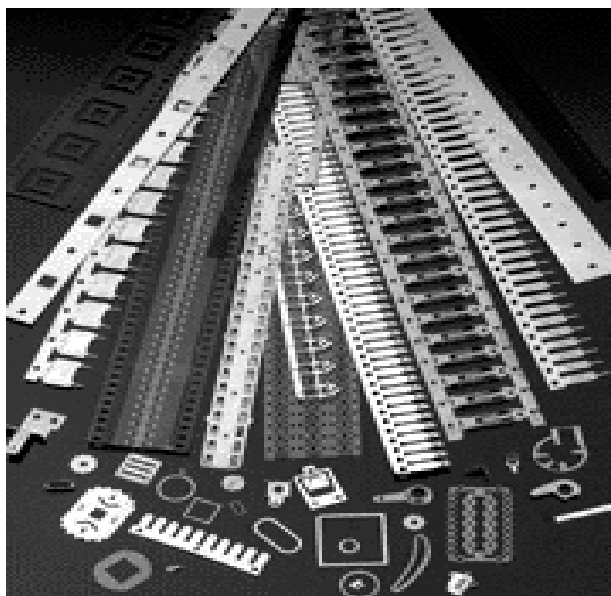
แม่พิมพ์ปั๊ม (stamping) ดังแสดงในรูป 2.8 เป็นวิธีการนำแผ่นเหล็ก (strip) เข้ามาสู่ยังเครื่องปั๊มที่มีแม่พิมพ์ประกอบติดอยู่กับแท่นปั๊ม เมื่อแผ่นสตริปเข้ามายังแท่นปั๊มในตำแหน่งที่ต้องการแล้ว แท่นปั๊มจะกดลงมายังแผ่นสตริปเพื่อให้ได้ชิ้นงานตามแบบแม่พิมพ์ ชิ้นงานที่ได้จากแม่พิมพ์ปั๊ม เช่น ชิ้นส่วนยานยนต์ ชิ้นส่วนเครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เป็นต้น

หากพิจารณาแม่พิมพ์งานโลหะทั้งหมดจะสามารถแบ่งได้เป็น 5 กลุ่ม ดังแสดงในตารางที่ 2.2 ซึ่งส่วนของแม่พิมพ์ตัดและเจาะจะจัดอยู่ในกลุ่ม blanking ทั้งหมด ดังนั้นในการศึกษาข้อมูลแม่พิมพ์ของโรงงานตัวอย่างสามารถพิจารณาเฉพาะแม่พิมพ์ในกลุ่มนี้ได้

ซึ่งเมื่อพิจารณาเพิ่มเติมในส่วนของแม่พิมพ์งานขึ้นรูปโลหะแผ่นในกลุ่ม blanking นี้ก็ยังสามารถแบ่งแยกออกได้เป็น 14 ชนิด โดยมีลักษณะการทำงาน ดังตารางที่ 2.3



ภาพที่ 2.8
แม่พิมพ์ปั๊มรูป

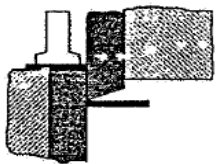
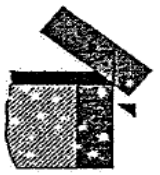
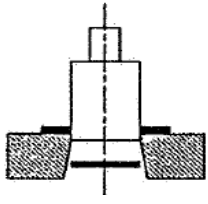
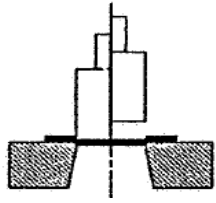
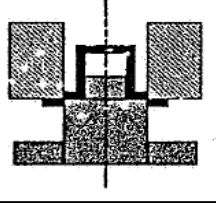
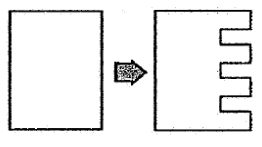


ภาพที่ 2.9
ผลิตภัณฑ์จากแม่พิมพ์ปั๊ม

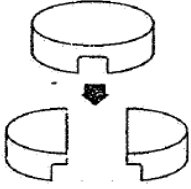
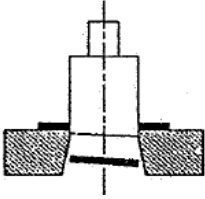
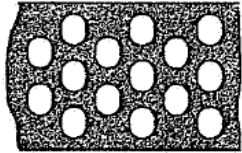
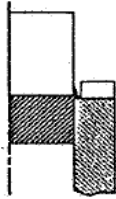
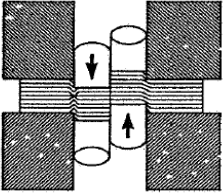
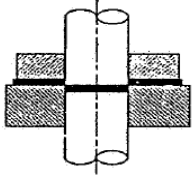
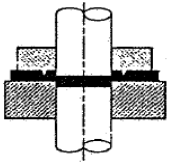
ตารางที่ 2.2
ชนิดของแม่พิมพ์ขึ้นรูปโลหะแผ่น

No.	Blanking Group	Bending & Forming Group	Drawing Group	Compression Group	Miscellaneous Group
1	Shearing	Bending	Drawing	Cold extrusion	High energy rate forming
2	Bevel Shearing	Forming	Redrawing	Forward extrusion	Magnetic forming
3	Blanking	Burring	Reverse redrawing	Backward extrusion	Electro discharge forming
4	Half-blanking	Flanging	Ironing	Forward and backward extrusion	
5	Trimming	Curling		Impact extrusion	
6	Notching	Seaming		Upsetting	
7	Slitting	Hemming		Coining	
8	Parting	Beadling		Sizing	
9	Piercing	Embossing		Heading	
10	Perforating	Necking		Swaging	
11	Shaving	Bulging		Cold forging	
12	Reciprocating blanking	Hydro forming			
13	Finish blanking				
14	Fine blanking				

ตารางที่ 2.3
แม่พิมพ์งานขึ้นรูปโลหะแผ่นในกลุ่มแม่พิมพ์ตัด

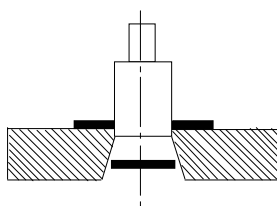
ชื่อกระบวนการ	ภาพร่าง	คำอธิบาย
Shearing		เป็นงานตัดทั่วๆ ไปที่ใช้คมตัด เฉือนโลหะให้ขาดออกจากกัน
Bevel shearing		เป็นงานตัดริมขอบของชิ้นงานโดยมีคมตัดด้านบนเอียงทำมุมกับแนวดิ่ง
Blanking		เป็นงานตัดที่ต้องการเอาส่วนที่ถูกตัดไปแปรรูปเป็นชิ้นงานต่อ โดยส่วนที่ถูกตัดจะรูปร่างตามที่ได้ออกแบบไว้
Half Blanking		เป็นงานพื้นที่จะหลุดก่อนที่ชิ้นงานจะขาด
Trimming		เป็นงานตัดขอบส่วนที่ไม่ต้องการออกจากชิ้นงานที่ขึ้นรูปแล้ว
Notching		เป็นงานตัดเป็นรูปร่างต่างๆ ที่ขอบหรือริมของชิ้นงาน
Slitting		การตัดเป็นเส้นตรงตามความยาวของ coils หรือ strips ใช้ในการตัดแยกโลหะแผ่นเล็กออกจากแผ่นใหญ่

ตารางที่ 2.3 (ต่อ)
แม่พิมพ์งานขึ้นรูปโลหะแผ่นในกลุ่มแม่พิมพ์ตัด

ชื่อกระบวนการ	ภาพร่าง	คำอธิบาย
Parting or Separating		เป็นการตัดแยกชิ้นงานออกเป็น 2 ส่วนหรือมากกว่า
Piercing		เป็นการตัดเจาะรูเพื่อนำรูไปใช้ ต่างกับ Blanking ที่นำเศษของรูไปใช้งาน
Perforating		เป็นการตัดเจาะรูหลายรูพร้อมกัน ซึ่งส่วนใหญ่รูเหล่านี้จะมีรูปร่างและขนาดเท่ากันทั้งหมด
Shaving		เป็นการตัดครั้งที่ 2 หลังจาก Shearing หรือ Cutting มาแล้วเพื่อทำให้ผิวขอบของชิ้นงานเรียบ
Reciprocating blanking		เป็นการตัดที่เพิ่มพunchและคายอีกหนึ่งชุด โดยชุดแรกจะทำงานเมื่อ Half-blanking แล้วพunchและคายชุดที่สองจะทำ Half-blanking เหมือนชุดแรก แต่ในทิศทางตรงข้าม เป็นวิธีจัดการ Burr ของชิ้นงานเพื่อให้ได้ชิ้นงานที่ดีขึ้น
Finish blanking		เป็นการตัดที่ละเอียดโดยที่ช่องว่างของพunchและคายและรัศมีมุมคายจะน้อยมาก ทำให้ผิวเรียบ ขนาดแม่นยำขึ้น
Fine Blanking		เป็นวิธีการตัดละเอียดที่มีแผ่นยึด ซึ่งมีส่วนนูนรูปสามเหลี่ยมใกล้กับพunch เพื่อทำให้เกิดความเค้นอัดสูงที่ผิวตัด ทำให้ผิวตัดเรียบ โดยขณะตัดจะมี Cushion รองรับชิ้นงานเพื่อให้เกิด Burr น้อยที่สุด

ในกระบวนการตัดชิ้นงานโลหะออกจากกัน หากแบ่งเป็นกลุ่มใหญ่ก็จะมีแบ่งแยกออกเป็น 2 ชนิด ซึ่งจัดกลุ่มในกลุ่มการขึ้นรูปแบบกลุ่ม blanking นี้เอง เช่นเดียวกับแม่พิมพ์ตัดและเจาะโลหะแผ่นของโรงงานตัวอย่าง โดยจะเป็นแม่พิมพ์ตัดหรือแม่พิมพ์เจาะนั้นขึ้นอยู่กับว่าจะนำส่วนในของชิ้นงานไปใช้งาน ซึ่งส่งผลให้ส่วนประกอบของแม่พิมพ์มีความแตกต่างกันด้วย ได้แก่

2.2.2.1 แม่พิมพ์ตัด (blanking die)

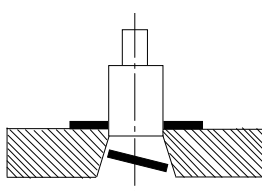


ภาพที่ 2.10

แม่พิมพ์ตัด

แม่พิมพ์ตัด หมายถึง แม่พิมพ์ที่ใช้สำหรับตัดโลหะแผ่นให้มีรูปทรงตามที่ต้องการ แล้วนำเอาโลหะแผ่นที่ได้ซึ่งเรียกว่า “blank” ไปผ่านการทำงานขั้นตอนต่อไป เพื่อให้ได้ชิ้นส่วนที่มีรูปทรงตามที่ต้องการ

2.2.2.2 แม่พิมพ์เจาะ (piercing die)



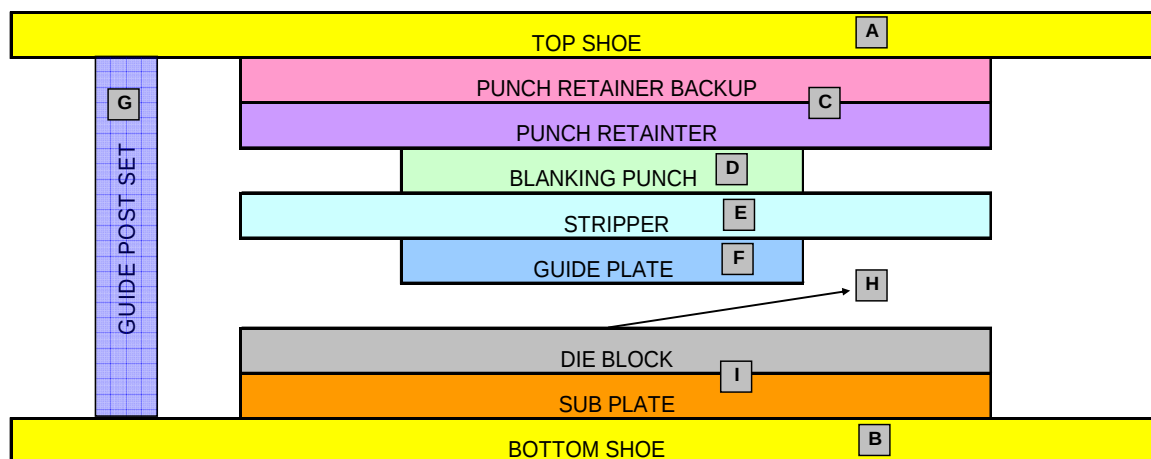
ภาพที่ 2.11

แม่พิมพ์เจาะ

แม่พิมพ์เจาะ หมายถึง แม่พิมพ์ที่ใช้สำหรับตัดและเจาะชิ้นส่วน ซึ่งได้ผ่านขั้นตอนการ press มาก่อนแล้ว โดนส่วนที่ถูก pierce หรือ trim ออก จะเป็นส่วนที่ไม่ต้องการในชิ้นงาน

2.2.2.3 ส่วนประกอบหลักของแม่พิมพ์ตัดและเจาะ

ทั้งแม่พิมพ์ตัดและเจาะมีส่วนประกอบคล้ายคลึงกัน สามารถแบ่งออกเป็นส่วนต่างๆ ได้ดังนี้



ภาพที่ 2.12

ส่วนประกอบหลักของแม่พิมพ์ตัดและเจาะ

A: TOP SHOE ฐานพิมพ์บนส่วนที่ใช้ยึด punch จะเคลื่อนที่ขึ้นลงด้วยข้อเหวี่ยงของ press m/c

B: BOTTOM SHOE ฐานพิมพ์ล่างเป็นส่วนที่ใช้ยึดตายและจะยึดติดกับ แผ่นที่ยึดติดกับฐานของ press m/c

C: PUNCH RETAINER เป็นแผ่นยึดและรองรับ punch ที่มีลักษณะเป็นก้อนเหล็ก แผ่นรูปสี่เหลี่ยมสำหรับยึดส่วนบนของ punch ให้ติดกับ top shoe ด้วยสกรูและสลักกันเคลื่อน โดยตัว punch จะสวมอัดอยู่กับ punch retainer ซึ่งส่วนบนจะทำหน้าที่เป็นปากไว้พอดีกับหัว punch

D: BLANKING PUNCH ใช้สำหรับตัดชิ้นงานให้ได้รูปร่างตามที่ต้องการ โดยการทำให้ส่วนล่างของ punch มีรูปร่างและขนาดตามชิ้นงานที่ต้องการ

E: STRIPPER PAD ทำหน้าที่กันไม่ให้ strip plate ติด punch ขึ้นไปหลังจากที่เครื่องทำการตัดแล้ว

F: STRIPPER GUIDE PLATE เพื่อกำหนดตำแหน่งของชิ้นงาน ทำให้การทำงานสะดวกและรวดเร็วยิ่งขึ้น

G: GUIDE POST SET สลักหรือแกน หรือเสาที่ยึดติดกับฐานพิมพ์ล่าง (bottom shoe) และมีปลอกนำยึดติดกับฐานพิมพ์บน (top shoe) ทำหน้าที่ในการกำหนดทิศทางการเคลื่อนที่ในแนวตั้งของแม่พิมพ์ชุดบน

H: DIE ส่วนมากจะทำจากเหล็กกล้าทำเครื่องมือและเมื่อทำการไส เจาะ และ เจียรในตบแต่งได้ตามแบบแล้วจะทำการชุบแข็งตรงส่วนที่ต้องทำการเจาะหรือตัดขึ้นส่วน ส่วนรูอื่นๆ คือ รูเกลียวสำหรับยึด die block ให้ติดกับ die holder และส่วนประกอบอื่นๆ นอกจากนี้ก็มีรูที่คว้านสำหรับใส่สลัก (dowel pin) เพื่อป้องกันไม่ให้ die block เคลื่อนที่ไปจากตำแหน่งเดิม

I: DIE BLOCK เป็นส่วนที่ยึดตายแยกส่วนไว้ด้วยกัน

จากการเก็บข้อมูลแม่พิมพ์ของโรงงานตัวอย่างและสอบถามจากผู้ผลิตแม่พิมพ์ที่ทำการซื้อขายชิ้นส่วนกับโรงงานตัวอย่างพบว่า ในส่วนของแม่พิมพ์ตัดและเจาะในงานโลหะแผ่นจะมีโครงสร้างส่วนที่เป็นมาตรฐาน สามารถสั่งซื้อได้จากผู้ผลิตทั่วไปทั้งในและต่างประเทศ และส่วนที่ต้องออกแบบซึ่งจะออกแบบและผลิตโดยผู้ผลิตชิ้นส่วนที่ทำการผลิตแม่พิมพ์เอง ซึ่งทำให้แม่พิมพ์แต่ละชิ้นมีความแตกต่างกัน ดังนี้

โครงสร้างส่วนที่เป็นมาตรฐาน ได้แก่ die set หรือ ชุดพื้นฐานแม่พิมพ์ แบ่งออกเป็นชนิดที่ทำจากเหล็กหล่อและชนิดที่ทำจากเหล็กเหนียว จะประกอบไปด้วย top shoe, bottom shoe ยึดติดมากับ guide post set ซึ่งสามารถสั่งซื้อจากผู้ผลิตเป็นชิ้นส่วนสำเร็จมาโดยเลือกชนิดวัสดุ ขนาดความกว้าง ความยาว ความหนา plate จำนวน ตำแหน่ง และการจัดวางของ guide post ได้

ตัวอย่าง die set ที่เป็นส่วนประกอบตายตัวของแม่พิมพ์ตัดและเจาะ แบบต่างๆ ที่โรงงานตัวอย่างใช้



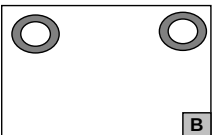
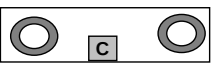
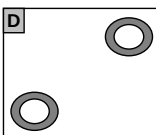
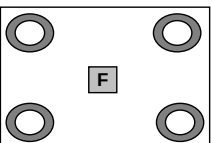
ภาพที่ 2.13

ตัวอย่าง die set แบบต่างๆ

การจัดวาง guide post ที่ประกอบมากับ die set จะมีรูปแบบต่างๆเป็นมาตรฐานสำหรับผู้ผลิตทั่วไปดังตารางที่ 2.5

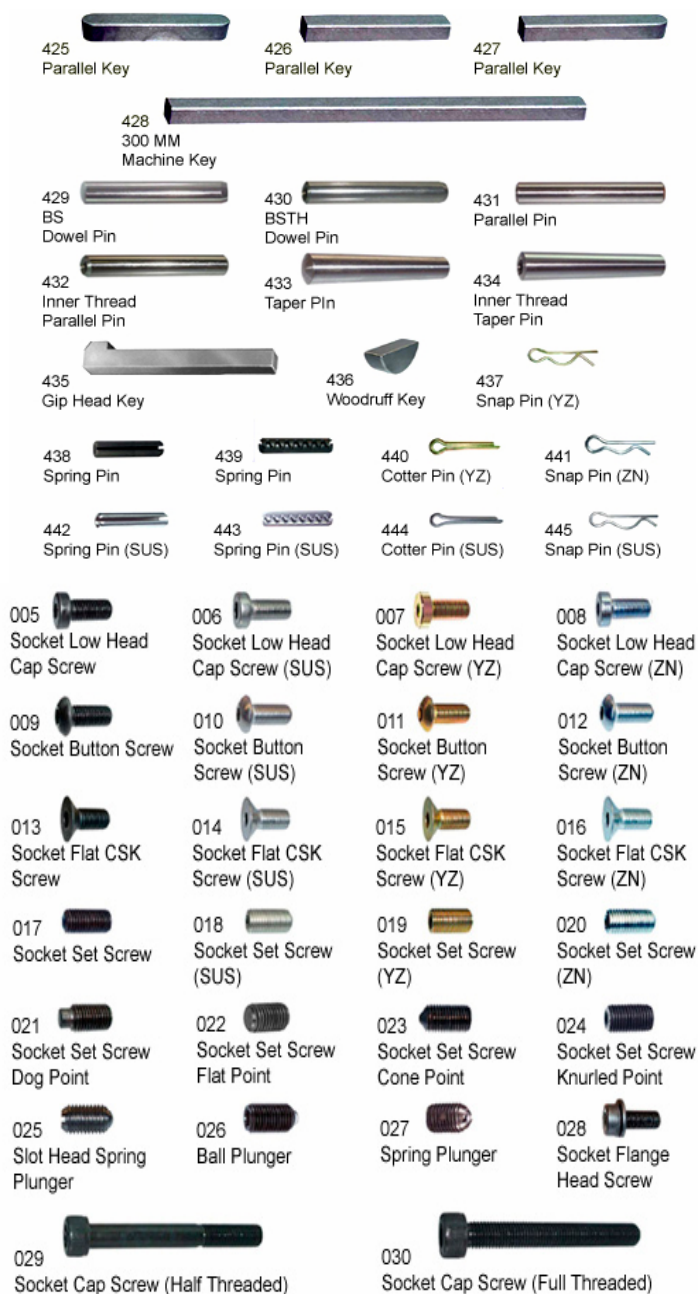
ตารางที่ 2.4

การจัดวาง guide post มาตรฐานในชุด die set

No.	ชื่อชนิดการจัดวาง	ภาพร่าง	คำอธิบาย
1	S		Plate มาตรฐาน (มีตามขนาด W x L ต่างๆ)
2	B		Plate มาตรฐานแบบมี Guide Post 2 เสา 1 ด้าน
3	C		Plate มาตรฐานแบบมี Guide Post 2 เสาข้าง
4	D		Plate มาตรฐานแบบมี Guide Post 2 เสามุมตรงข้าม
5	F		Plate มาตรฐานแบบมี Guide Post 4 เสา

โครงสร้างส่วนประกอบอื่น ได้แก่ ส่วนของ punch die และ plate ที่ใช้ในการยึด นำเจาะชิ้นงาน รวมถึงชิ้นส่วนมาตรฐานเช่น bolt, nut, pin, spring ต่างๆ ก็จะมีขนาดแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิดของชิ้นงานที่ทำการตัดและเจาะ ขนาดชิ้นงาน ความหนาชิ้นงาน ชนิดของวัสดุ และ die life ที่ต้องการ ซึ่งจะส่งผลต่อราคาของแม่พิมพ์เช่นกัน

นอกจากส่วนประกอบหลักของแม่พิมพ์ตัดและเจาะโลหะแผ่นที่ได้กล่าวถึงแล้วนั้นในแม่พิมพ์ตัดและเจาะโลหะแผ่น จะมีส่วนประกอบอื่นๆ ที่เป็นชิ้นส่วนมาตรฐานเช่น โบลท์, น็อต, สกรู เป็นต้น ดังแสดงในภาพที่ 2.14



ภาพที่ 2.14

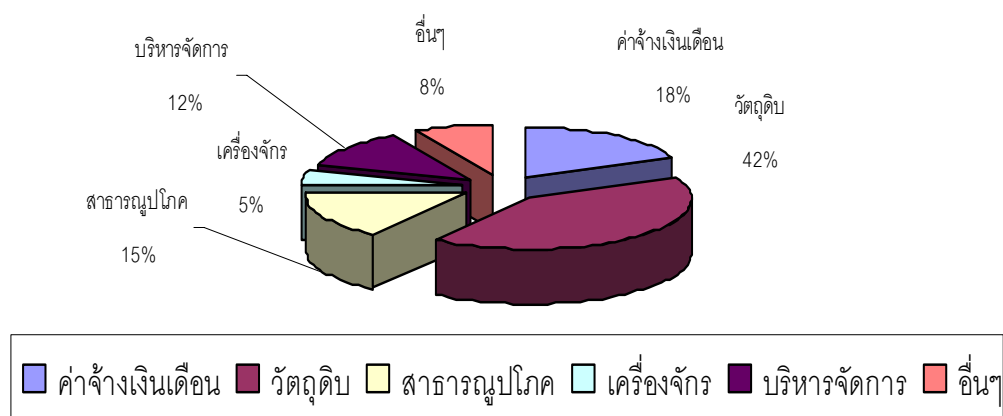
ตัวอย่างส่วนประกอบอื่นๆ ของแม่พิมพ์จัด/เจาะ

2.2.3 หลักการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตในอุตสาหกรรม

เพื่อทำการสร้างมาตรฐานในการประมาณราคาแม่พิมพ์ตัดและเจาะโลหะแผ่นได้ สารนิพนธ์ฉบับนี้จึงได้ศึกษาถึงหลักการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตในอุตสาหกรรม เพื่อเป็นแนวทางในการประเมินราคาด้วย เนื่องจากความแตกต่างของผลิตภัณฑ์ และช่วงของการผลิต ทำให้โครงสร้างต้นทุนการผลิตมีความต่างกันสูง บริษัทที่ผลิตเครื่องจักรกลขั้นสุดท้าย มักจะมีขั้นตอนการผลิตหลักคือ การซื้อชิ้นส่วนประกอบ ต้นทุนการผลิตร้อยละ 60 จึงอยู่ที่ชิ้นส่วนที่นำมาใช้ประกอบ แต่บริษัทที่ผลิตชิ้นส่วนสำหรับเครื่องจักรกล ต้นทุนการผลิตส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของวัตถุดิบที่ใช้ เช่น เหล็กเหนียว เหล็กหล่อ และทองเหลือง บริษัทที่แปรรูปไปเป็นบริษัทที่นำเข้าชิ้นส่วนหลัก 2 – 3 ชิ้นเข้ามาประกอบเข้าด้วยกันอย่างง่าย ๆ ในประเทศ ซึ่งเป็นธุรกิจนำเข้าหรือตัวแทนจำหน่ายในประเทศมากกว่าผู้ผลิต ต้นทุนการผลิตกว่าร้อยละ 80 จะเป็นตัวเครื่องจักรเอง

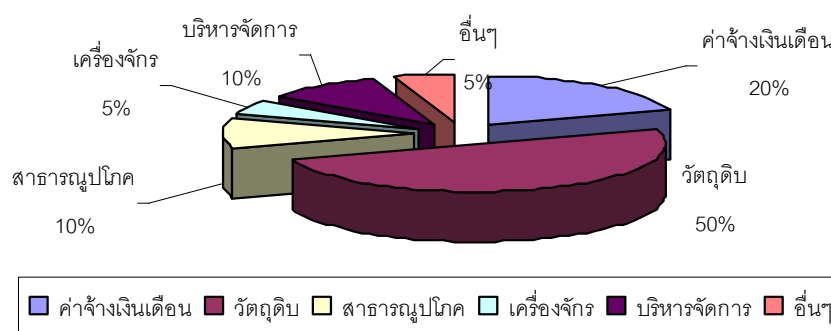
อย่างไรก็ตาม โครงสร้างต้นทุนการผลิตของอุตสาหกรรมประเภทนี้ กว่าร้อยละ 60 จะอยู่ในรูปชิ้นส่วนและวัตถุดิบ สัดส่วนต้นทุนที่สำคัญรองลงมาคือ ค่าจ้างเงินเดือน ซึ่งมีสัดส่วนที่ร้อยละ 15 – 20 นอกจากนั้นแล้ว ค่าสาธารณูปโภคจะเป็นต้นทุนที่มีความสำคัญ เป็นอันดับสามจากการสำรวจพบว่า ต้นทุนด้านเครื่องจักรมีสัดส่วนค่อนข้างต่ำเนื่องจากการที่โรงงานไม่มีการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตมากนัก ทำให้อายุการใช้งานของเครื่องจักรค่อนข้างยาวนานถึง 20 – 40 ปี ส่วนมาก เป็นการซ่อมเครื่องจักรที่เสีย เป็นเหตุให้มีโรงกลึงขนาดเล็กเกิดขึ้นมากมาย เพื่อให้บริการผลิตชิ้นส่วนทดแทน

ดังนั้นการวิเคราะห์ต้นทุนตามชนิดของงานอาจทำได้โดย แบ่งแยกปัจจัยที่ส่งผลต่อต้นทุนออกมาเป็นสัดส่วนที่เกิดขึ้น เช่นตัวอย่างดังภาพที่ 2.15 – 2.16 และตารางที่ 2.2



ภาพที่ 2.15

ตัวอย่างโครงสร้างต้นทุนการผลิตชิ้นส่วนงานหล่อ



ภาพที่ 2.16

ตัวอย่างโครงสร้างต้นทุนการผลิตเครื่องจักรเพื่ออุตสาหกรรมอาหาร

ตารางที่ 2.5

ตัวอย่างโครงสร้างต้นทุนการผลิตเครื่องจักรเพื่องานก่อสร้าง

ชนิดของต้นทุน	สัดส่วน (%)
ค่าจ้างเงินเดือน	12 – 15
วัตถุดิบ	70 – 80
สารานุกรมโรค	2 – 3
เครื่องจักร	2 – 3
บริหารจัดการ	6 - 8
อื่นๆ	5

2.2.4 ภาวะเงินเฟ้อและผลกระทบต่อราคาแม่พิมพ์

2.2.4.1 ความหมายของเงินเฟ้อ (inflation)

ภาวะเงินเฟ้อ หรือ เงินเฟ้อ (inflation) หมายถึง การที่ระดับราคาราคาของสินค้าหรือการบริการในช่วงระยะเวลาหนึ่งราคาสูงขึ้นเรื่อยๆ อย่างต่อเนื่อง ซึ่งเป็นหน่วยวัดในรูปแบบของอัตราร้อยละ จากดัชนีราคา

ภาวะเงินเฟ้อ เป็นภาวะตรงข้ามกับ ภาวะเงินฝืด อัตราเงินเฟ้ออาจมีได้หลายอัตรา เนื่องจากเราสามารถคำนวณหาอัตราเงินเฟ้อได้จากสินค้าแต่ละชนิด หรือ อัตราเงินเฟ้อที่มีอิทธิพลและผลกระทบเฉพาะกลุ่ม เป็นต้น ดัชนีเงินเฟ้อที่สำคัญมี 2 ดัชนี ได้แก่ ดรรชนีราคา

ผู้บริโภค (CPI) , เกิดจากการสุ่มสินค้าบางตัวมาคำนวณ, ตัวหักลด GDP (GDP deflator) , ค่าที่แสดงระดับราคาของ GDP ในช่วงระยะเวลานั้นเปรียบเทียบกับระดับราคาของผลิตภัณฑ์ในปีก่อน

2.2.4.2 สาเหตุของการเกิดเงินเฟ้อ

สาเหตุการเกิดเงินเฟ้อแบ่งได้เป็น 2 สาเหตุหลักๆ ได้แก่

(1) ดึงทางด้านอุปสงค์ การเพิ่มขึ้นของความต้องการสินค้าและบริการอาจมาจากหลายสาเหตุ เช่น การต้นทุนในการผลิตสินค้าสูงขึ้น (cost-push inflation) ทำให้ผู้ผลิตต้องปรับราคาสินค้าขึ้น สาเหตุที่ทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น เช่น การเพิ่มขึ้นของค่าจ้างแรงงาน การเกิดวิกฤตการณ์ทางธรรมชาติ การเพิ่มกำไรของผู้ประกอบการ การเปลี่ยนแปลงของราคาสินค้านำเข้า ซึ่งอาจเพิ่มไปตามภาวะ ตลาดโลก หรือผลของอัตราแลกเปลี่ยน

(2) ความต้องการสินค้าและบริการที่เพิ่มขึ้นมากกว่าที่มีอยู่ในขณะนั้นๆ จึงดึงให้ราคาสินค้าเพิ่มสูงขึ้น (demand-pull inflation) หรือ มีแรงเปลี่ยนแปลงของปริมาณเงิน การดำเนินนโยบายการคลังของภาครัฐบาล การเพิ่มขึ้นของอุปสงค์ในต่างประเทศ และการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมผู้บริโภคของประชาชน

2.2.1.1.3 ผลกระทบของการเกิดเงินเฟ้อ

(1) ผลต่อความต้องการถือเงิน ภาวะเงินเฟ้อจะทำให้ค่าของเงินลดลง เพราะเมื่อราคาสินค้าแพงขึ้น เงินเท่าเดิมจะซื้อของได้น้อยลงความต้องการถือเงินจะขึ้นอยู่กับการคาดคะเนราคาสินค้าหรือค่าของเงินด้วย ค่าของเงินยิ่งต่ำ คนจะยิ่งพยายามถือเงินให้น้อยลง โดยจะมีการใช้จ่ายซื้อสินค้าและบริการมากขึ้น

(2) ผลกระทบต่อรัฐบาล รัฐบาลมักจะได้รับประโยชน์จากภาวะเงินเฟ้อ คือ ภาวะเงินเฟ้อจะทำให้ประชาชนมีรายได้ที่เป็นตัวเงินเพิ่มสูงขึ้น ถ้ารัฐเก็บภาษีในอัตราก้าวหน้า ก็จะได้ภาษีได้มากขึ้น มีรายได้มากขึ้น ส่วนทางด้านรายจ่ายของรัฐนั้นถ้าเป็นจำนวนที่คงที่ เช่น เงินเดือน, บำนาญ, เงินสงเคราะห์ต่าง ๆ รัฐก็จะได้ประโยชน์เพราะเงินนั้นมีค่าน้อยลง ถ้ารัฐมีการกู้ยืมมากรัฐจะได้ประโยชน์ฐานะลูกหนี้ เพราะจำนวนเงินที่จ่ายในแต่ละส่วนจะมีค่าน้อยลง และเนื่องจากรัฐมีรายได้มากขึ้น การชำระหนี้ทั้งเงินต้นและดอกเบี้ยจึงทำได้โดยไม่ลำบากในการเก็บรักษามูลค่า และเป็นสื่อกลางในการแลกเปลี่ยนได้เลย

เมื่อเกิดเงินเฟ้อจะทำให้มีการเปลี่ยนแปลงในการกระจายรายได้ของบุคคล เช่น

(1) ผู้มีรายได้เป็นจำนวนเงินคงที่ตายตัวหรือรายได้ประจำจะเสียเปรียบ เพราะค่าใช้จ่ายต่างๆ จะสูงขึ้นเนื่องจากสินค้าแพงขึ้น แต่รายได้ที่เป็นตัวเงินยังคงเดิม เช่นข้าราชการ,

ผู้มีรายได้น้อยกว่า 100 บาท ในกรณีที่ผู้มีรายได้น้อยกว่า 100 บาท หรือมีรายได้น้อยกว่า 100 บาท เป็นตัวเงินที่เปลี่ยนแปลงได้ง่าย เช่น พ่อค้า, นักธุรกิจ มักจะได้ประโยชน์จากการทำให้ได้กำไรมากขึ้น

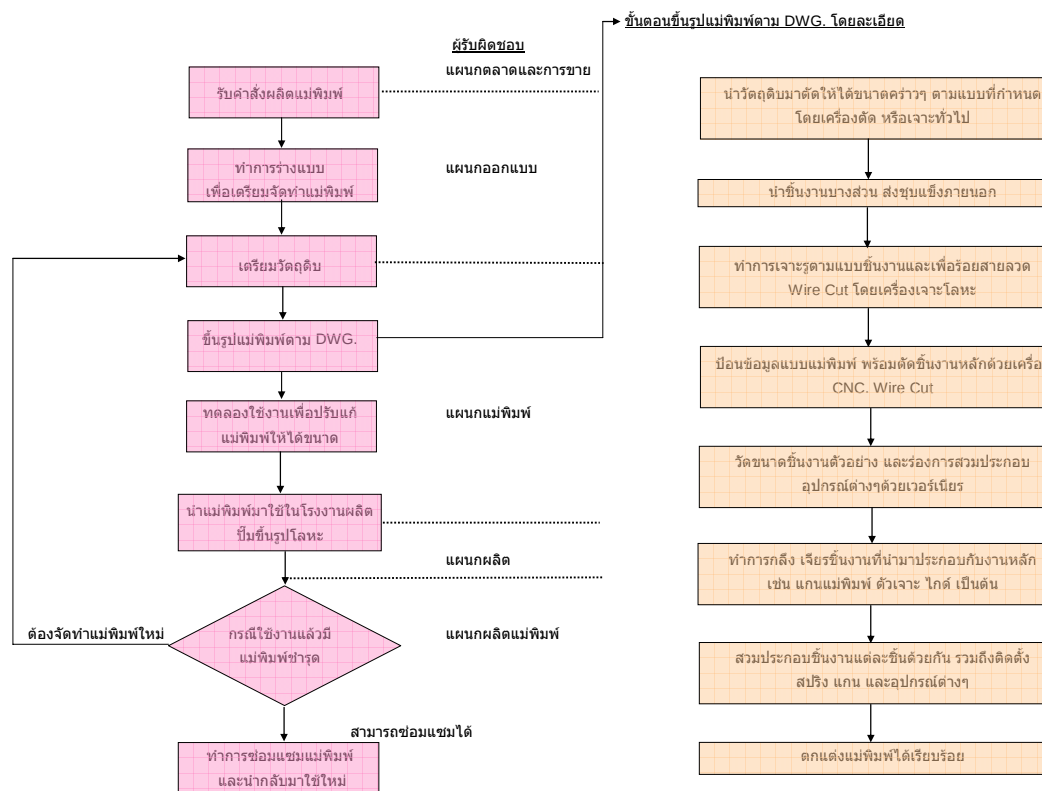
(2) ลูกหนี้จะได้เปรียบในขณะที่เจ้าหนี้เสียเปรียบ เนื่องจากเงินที่นำไปชำระหนี้คือนั้นมีอำนาจซื้อลดลง เนื่องจากค่าของเงิน ลดต่ำลงไปเรื่อย ๆ เพราะราคาสินค้าสูงขึ้น

(3) ผู้ถือทรัพย์สินที่เป็นตัวเงินแน่นอน เช่น เงินสด เงินฝากประจำ หุ้นกู้ จะเสียเปรียบ เพราะเงินลดค่าลงในขณะที่ผู้ถือทรัพย์สินที่มีราคาไม่แน่นอนมักจะเสียเปรียบ เพราะราคาของทรัพย์สินมักจะสูงขึ้นเรื่อย ๆ เช่น ที่ดิน อาคารบ้านเรือน เครื่องมือเครื่องจักร กักตุนสินค้า

2.3 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.3.1 การปรับปรุงกระบวนการผลิตแม่พิมพ์โลหะของอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์

วิทย์ วรณวิจิตร (2547, วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต. วิศวกรรมศาสตร์ (วิศวกรรมอุตสาหกรรม) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. บัณฑิตวิทยาลัย) ทำการวิจัยกระบวนการผลิตแม่พิมพ์โลหะของอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ ซึ่งผลการวิจัยทำให้สามารถปรับปรุงกระบวนการผลิตแม่พิมพ์ของโรงงานโดยศึกษากระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการผลิตแม่พิมพ์ ซึ่งครอบคลุมตั้งแต่การรับคำสั่งซื้อและคำสั่งผลิตจากลูกค้า ขั้นตอนการผลิตแม่พิมพ์ ดังแสดงในภาพที่ 2.17 ตลอดจนถึงการใช้งานแม่พิมพ์ สภาพปัญหาเกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตและออกแบบแม่พิมพ์ ได้แก่ ผลิตแม่พิมพ์ได้ล่าช้ากว่ากำหนด มีชิ้นส่วนประกอบแม่พิมพ์เสียในกระบวนการผลิตแม่พิมพ์ โดยได้ทำการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาโดยใช้ผังก้างปลา และทำการปรับปรุงในด้านต่างๆ ของกระบวนการผลิตแม่พิมพ์ตามที่ได้จำแนกออกออกมา โดยผลจากการปรับปรุง พบว่า จำนวนการผลิตแม่พิมพ์ล่าช้า มีค่าลดลงจาก 12.50% ในหนึ่งเดือนลดลงจนเหลือ 0% จำนวนชิ้นส่วนประกอบแม่พิมพ์เสียในกระบวนการผลิตมีสัดส่วนลดลงจาก 7.69% ลดลงเหลือ 2.73% จำนวนการซ่อมแซมแม่พิมพ์ระหว่างใช้งาน มีจำนวนลดลงเหลือ 2 ถึง 4 ครั้งในแต่ละเดือน



ภาพที่ 2.17

ขั้นตอนการผลิตแม่พิมพ์ของโรงงานผลิตแม่พิมพ์

2.3.2 การปรับปรุงการออกแบบแม่พิมพ์ตัดโดยใช้การจำแนกและระบบรหัส และระบบอิงพารามетริก

ศรยุทธ พรพิรานนท์ (2540, วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต. วิศวกรรมศาสตร์ (วิศวกรรมอุตสาหการ), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. บัณฑิตวิทยาลัย) ทำการวิจัยกระบวนการออกแบบแม่พิมพ์โลหะของอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อออกแบบระบบจำแนกชนิดและการให้รหัส ออกแบบระบบฐานข้อมูลในการสนับสนุนการออกแบบแม่พิมพ์ตัด (blanking die) และเสนอแนวทางการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบระบบอิงพารามетริก (Parametric CAD System) ในการออกแบบแม่พิมพ์ตัด สำหรับกระบวนการอัดขึ้นรูปโลหะในกลุ่มงานตัด รวมถึงมีการกำหนดหลักเกณฑ์ประเมินอายุการใช้งานของแม่พิมพ์จากการศึกษาแสดงได้ดังตารางที่ 2.6 การกำหนดชนิดของแม่พิมพ์จากปริมาณการผลิตชิ้นส่วนจากการศึกษาแสดงได้ดังตารางที่ 2.7 และการศึกษาถึงการเลือกใช้วัสดุแม่พิมพ์จากปริมาณการผลิตชิ้นส่วนดังตารางที่ 2.8 แล้วทำการเลือกเกณฑ์ที่ใช้ในการจำแนกชนิดแม่พิมพ์ และระบบรหัสที่ใช้ระบุกลุ่มของแม่พิมพ์จากนั้นทำการออกแบบและสร้างระบบฐานข้อมูลเพื่อช่วยในการค้นหาแบบของแม่พิมพ์ที่เคยออกแบบแล้วที่มี

ลักษณะเหมือนหรือคล้ายกันตามระบบจำแนกชนิดโดยใช้ระบบรหัสในการสืบค้นต่อจากนั้น ทำการศึกษาลักษณะและความสามารถของคอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบระบบเดิมกับระบบอิงพาราเมตริก รวมทั้งศึกษาความสามารถและวิธีการใช้ซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบระบบอิงพาราเมตริกที่ใช้ในการวิจัย แล้วทำการทดลองออกแบบและสร้างโมเดลของแม่พิมพ์ตัดชนิดขึ้นงานกลม เพื่อเสนอแนวทางการใช้งาน ผลที่ได้จากการวิจัยคือ ระบบการจำแนกแม่พิมพ์ที่ใช้กระบวนการขึ้นรูปโลหะในกลุ่มงานตัด ได้แก่ รูปร่าง ขึ้นงานขนาดของขึ้นงาน แรงตัด วัสดุขึ้นงาน ความหนาของขึ้นงานและทิศทางการป้อนวัสดุ เป็นเกณฑ์ในการแบ่ง โดยใช้ระบบรหัสชนิดผสม 8 หลักเพื่อระบุกลุ่มของแม่พิมพ์ ระบบฐานข้อมูลช่วยค้นหารายการแม่พิมพ์ตัดที่มีลักษณะคล้ายกัน โดยใช้ระบบรหัสในการสืบค้น และการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยการออกแบบระบบอิงพาราเมตริกในการออกแบบแม่พิมพ์ตัด ทำได้โดยสมการหรือเงื่อนไขที่สร้างขึ้นในการออกแบบแม่พิมพ์ที่มีความสัมพันธ์กับขนาดส่วนต่างๆ ของชิ้นส่วนแม่พิมพ์และขึ้นงาน

ตารางที่ 2.6

หลักเกณฑ์ประเมินอายุการใช้งานของแม่พิมพ์

ลักษณะการทำงาน ของแม่พิมพ์	วัตถุดิบ ที่ผลิตขึ้นงาน	ความหนาของวัตถุดิบ ผลิตขึ้นงาน	อายุการเปลี่ยนแปลงของชุดตัด		อายุการเปลี่ยนแปลงของชุดขึ้นรูป		วัตถุดิบราคาต่ำ ชนแข่งได้
			วัตถุดิบราคา ปานกลาง	วัตถุดิบราคาสูง	วัตถุดิบราคาปาน กลาง	วัตถุดิบราคาสูง	
Progressive Single	1. เหล็ก	0.3 - 0.8 mm.	1 - 1.3 ล้าน	1.5 - 2.5 ล้าน	2 - 2.5 ล้าน	2.5 - 4 ล้าน	5 - 8 หมั่น 3 - 5 หมั่น
		1 - 3 mm.	3 - 5 แสน	4 - 7 แสน	0.8 - 1 แสน	-	
		4 - 8 mm.	1 - 2 แสน	2 - 3 แสน	5 - 7 หมั่น	-	
	2. ทองเหลือง	0.25 - 0.8 mm.	1 - 1.3 ล้าน	1.5 - 2.5 ล้าน	2 - 2.5 ล้าน	2.5 - 4 ล้าน	< 1 ล้าน
	3. สแตนเลส	0.3 - 0.4 mm.	6 - 8 ล้าน	7 - 9 แสน	7 - 8 หมั่น	-	-
		0.5 - 0.8 mm.	3 - 5 ล้าน	4 - 7 แสน	1 - 1.3 หมั่น	-	-
Deep drawing Progressive Single	4. สังกะสี	0.3 - 0.8 mm.	1 - 1.3 ล้าน	-	5 - 8 ล้าน	-	-
	อลูมิเนียม	-					
	ทองแดง	-					
	ทองขาว	-					

ตารางที่ 2.7

การกำหนดชนิดของแม่พิมพ์จากปริมาณการผลิต

ปริมาณการผลิตชิ้นงาน	โครงสร้างของแม่พิมพ์
<200	แม่พิมพ์ทดลอง
<5,000	แม่พิมพ์อายุสั้น
<10,000	แม่พิมพ์ขั้นตอนเดียว ป้อนด้วยมือ
10,000 - 50,000	แม่พิมพ์ผสม (compound die)
>1,000,000	แม่พิมพ์ progressive carbide

ตารางที่ 2.8

การเลือกใช้วัสดุแม่พิมพ์จากปริมาณการผลิตชิ้นส่วน

ชนิดของแม่พิมพ์	ปริมาณการผลิต	วัสดุที่ใช้ทำแม่พิมพ์
แม่พิมพ์ทดลอง	น้อยมาก	พลาสติก, สังกะสีเจือ, เหล็กเหนียว, เหล็กหล่อ
Blank Die	น้อย	เหล็กแผ่น(บริเวณคมตัด)
	ปานกลาง	เหล็กกล้าคาร์บอน(SK3, SK5)
	มาก	เหล็กเครื่องมือ(SKD11, SKD12)
	มาก	เหล็กเครื่องมือ(SKD11, SKD12)
Bend Die	น้อย	เหล็กเหนียว, เหล็กหล่อ
	ปานกลาง	เหล็กหล่อ, เหล็กกล้าคาร์บอน(SK3, SK5)
	มาก	เหล็กกล้าเจือ(SKS3)
	มาก	เหล็กเครื่องมือ(SKD11, SKD12)
Draw Die	น้อย	เหล็กหล่อ
	ปานกลาง	เหล็กหล่อ, เหล็กกล้าเจือ(SKS3)
	มาก	เหล็กเครื่องมือ(SKD11, SKD12)
	มาก	เหล็กเครื่องมือ(SKD11, SKD12)

2.3.3 โครงการจัดทำแผนแม่บทอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ เสนอต่อสำนักงาน

เศรษฐกิจอุตสาหกรรม โดย สถาบันไทย-เยอรมัน (เมษายน 2547)

2.3.3.1 เทคโนโลยีแม่พิมพ์และโครงสร้างต้นทุนการผลิต

ในการสร้างแม่พิมพ์เพื่อนำไปใช้ในการผลิตแต่ละครั้งจำเป็นต้องคิดคำนวณราคาของการสร้างให้เหมาะสม ซึ่งหลักการคำนวณราคาแม่พิมพ์นั้นต้องคำนึงถึงขนาด รูปร่าง ความสลับซับซ้อน ความละเอียดและความเที่ยงตรงของแม่พิมพ์ โดยตัวแปรตัวหนึ่งในการคำนวณนั้นต้องกล่าวถึง ต้นทุนการผลิต ซึ่งประกอบด้วย 2 ส่วนด้วยกัน คือ ต้นทุนคงที่ และต้นทุนแปรผัน ในส่วนของต้นทุนคงที่นั้นเป็นต้นทุนส่วนที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงหรือแปรผันกับส่วนอื่น โดยภาคอุตสาหกรรมจะพิจารณาที่ อาคารและที่ดิน เครื่องจักร เครื่องมือวัดละเอียด และซอฟต์แวร์ ซึ่งสิ่งที่กล่าวมานี้จะเป็นส่วนที่เกิดขึ้นในช่วงต้นของการดำเนินงานของโรงงาน ส่วนต้นทุนแปรผันจะเกิดการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาขึ้นอยู่กับลักษณะของแม่พิมพ์ที่ต้องการสร้าง ซึ่งต้นทุนนี้ได้มาจากวัตถุดิบ เครื่องมือตัด กรรมวิธีอบชุบ ค่าแรง ค่าไฟฟ้าและอื่นๆ (ค่าทำผิวสำเร็จ ค่าสารหล่อเย็น อุปกรณ์เสริม) โดยมีรายละเอียดในการพิจารณาดังนี้

2.3.3.1.1 ต้นทุนคงที่

● เครื่องจักรและเครื่องมือวัดละเอียด

เครื่องจักรและเครื่องมือวัดเป็นปัจจัยในการสร้างแม่พิมพ์เป็นอันดับต้นซึ่งเป็นต้นทุนหลักของการผลิต เนื่องจากเครื่องจักรและเครื่องมือวัดละเอียดที่ใช้ในอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ยังต้องอาศัยการนำเข้าจากต่างประเทศ ทำให้มีราคาค่อนข้างสูง ทั้งนี้มีสาเหตุมาจากประเทศไทยยังไม่สามารถผลิตเครื่องจักรหรือเครื่องมือให้ทัดเทียมกับเครื่องจักรที่นำเข้าจากต่างประเทศ ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น

● ซอฟต์แวร์

ซอฟต์แวร์เป็นส่วนหนึ่งของต้นทุนการผลิต เนื่องจากในการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ในปัจจุบันได้หันมาใช้ซอฟต์แวร์เข้าช่วยให้การทำงานมีความถูกต้องและแม่นยำมากยิ่งขึ้น ดังนั้นโรงงานผลิตแม่พิมพ์จึงได้ลงทุนจัดหาซอฟต์แวร์มาใช้ ซึ่งราคาของซอฟต์แวร์ที่มีลิขสิทธิ์ถูกต้องตามกฎหมายจะมีราคาระหว่าง 300,000 - 2,000,000 บาท (โดยประมาณ) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับซอฟต์แวร์ที่นำมาใช้นั้นอยู่ในงานประเภทใด เช่นถ้านำมาใช้ในการวิเคราะห์งานซอฟต์แวร์ก็จะมีราคาแพงกว่าซอฟต์แวร์ที่ใช้ในงานเขียนแบบ ซึ่งซอฟต์แวร์ที่ใช้ในอุตสาหกรรมแม่พิมพ์เช่น Unigraphics DelCam Pro Engineering Solid Work AutoCAD Cimatron Catia Cadkey Moldflow Pam Stamp และ Ansys เป็นต้น

2.3.3.1.2 ต้นทุนแปรผัน

● วัตถุดิบ

ในการสร้างแม่พิมพ์ 1 ชุดจะมีชิ้นส่วนที่นำมาประกอบส่วนใหญ่สองส่วนคือ ชิ้นส่วนมาตรฐานและชิ้นส่วนที่สร้างขึ้นเอง ซึ่งทั้งสองส่วนนี้เป็นวัตถุดิบประเภทเหล็กแทบทั้งสิ้น โดยเฉลี่ยแล้วจะใช้เหล็กเครื่องมือเป็นส่วนใหญ่ ทำให้ราคาของวัตถุดิบเป็นต้นทุนที่มีอัตราส่วนอยู่ในเกณฑ์ที่สูง เนื่องจากแม่พิมพ์ที่สร้างขึ้นต้องแปรตามขนาดและรูปร่างของสินค้านั่นเอง

● ค่าแรง

เนื่องจากบุคลากรที่อยู่ในโรงงานแม่พิมพ์ส่วนมากจะเป็นช่างฝีมือหรือวิศวกรที่มีประสบการณ์ ความเชี่ยวชาญและความชำนาญในการใช้เครื่องมือ เครื่องจักรเป็นอย่างดี ทำให้ได้รับค่าตอบแทนที่ค่อนข้างสูงกว่า ช่างฝีมือในอุตสาหกรรมประเภทอื่น ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับต้นทุนด้านวัตถุดิบแล้ว สามารถกล่าวได้ว่ามีสัดส่วนที่ใกล้เคียงกัน

● เครื่องมือตัด

เครื่องจักรที่ใช้ในการสร้างชิ้นส่วนของแม่พิมพ์จะมีลักษณะที่แตกต่างกัน ดังนั้นเครื่องมือตัดจึงขึ้นอยู่กับลักษณะการนำไปใช้งานกับเครื่องจักรแต่ละชนิด เช่น เครื่องกัด (milling machine) ควรใช้มีดกัด (milling cutter) ที่วัสดุมีดเป็น high speed steel ถ้าใช้เครื่องกัดควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ (CNC milling machine) ที่มีความเร็วรอบสูงๆ ควรเลือกใช้มีดกัดที่วัสดุมีดเป็น carbide เพื่อลดเวลาในการทำงาน แต่ราคาของมีดกัด carbide แพงกว่า ดังนั้นเครื่องมือตัดจึงมีผลต่อการพิจารณาราคาแม่พิมพ์ด้วย

● การอบชุบ

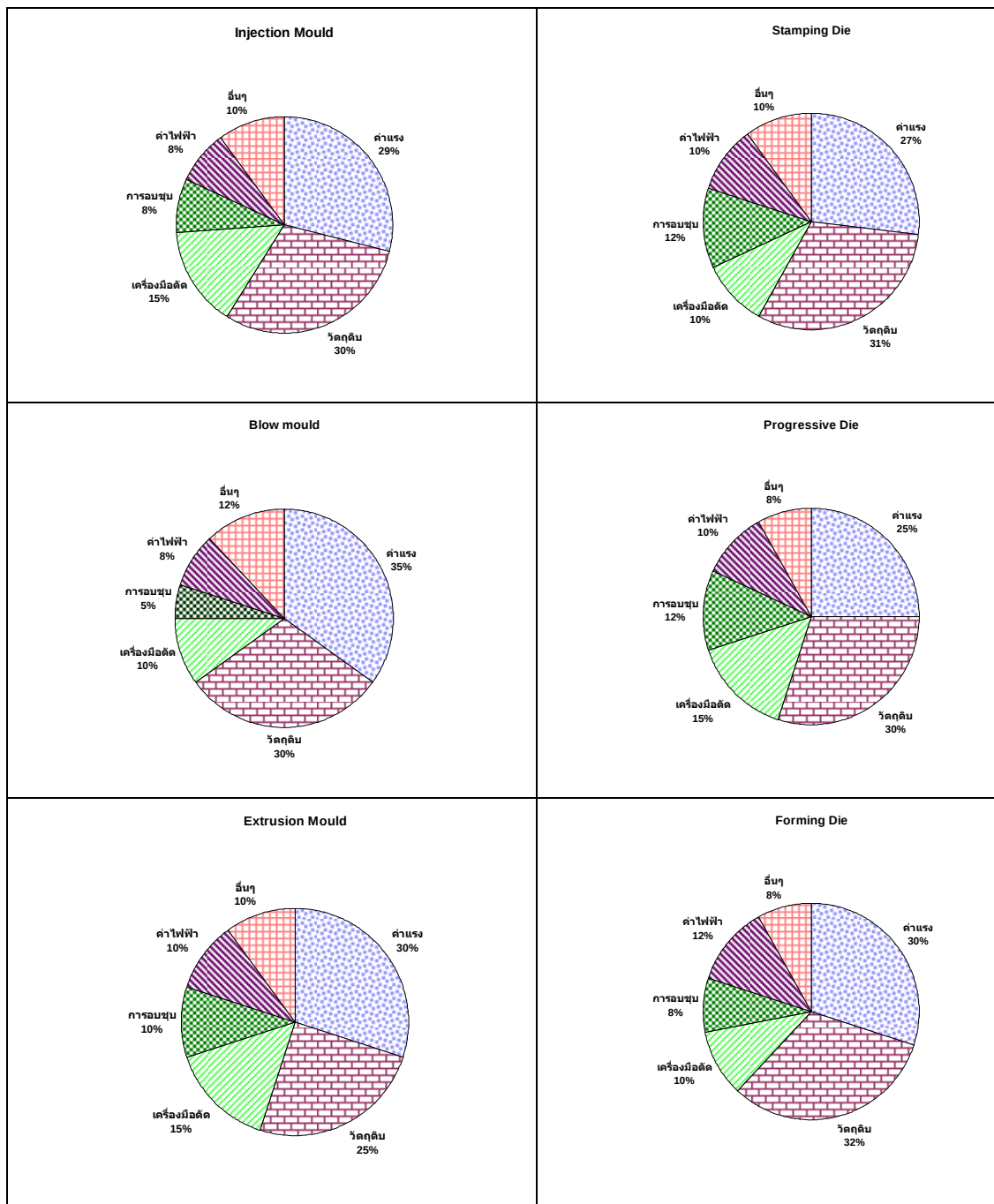
การอบชุบเป็นการเพิ่มความแข็งแรงให้กับวัสดุที่ต้องการให้เป็นเครื่องมือ โดยส่วนใหญ่โรงงานที่สร้างแม่พิมพ์จะส่งชิ้นส่วนนี้ไปให้กับบริษัทที่มีความเชี่ยวชาญและมีประสบการณ์ในงานประเภทนี้ ซึ่งต้นทุนของแม่พิมพ์จะแปรผันตามน้ำหนักของชิ้นส่วนที่ต้องการอบชุบ

● อื่นๆ

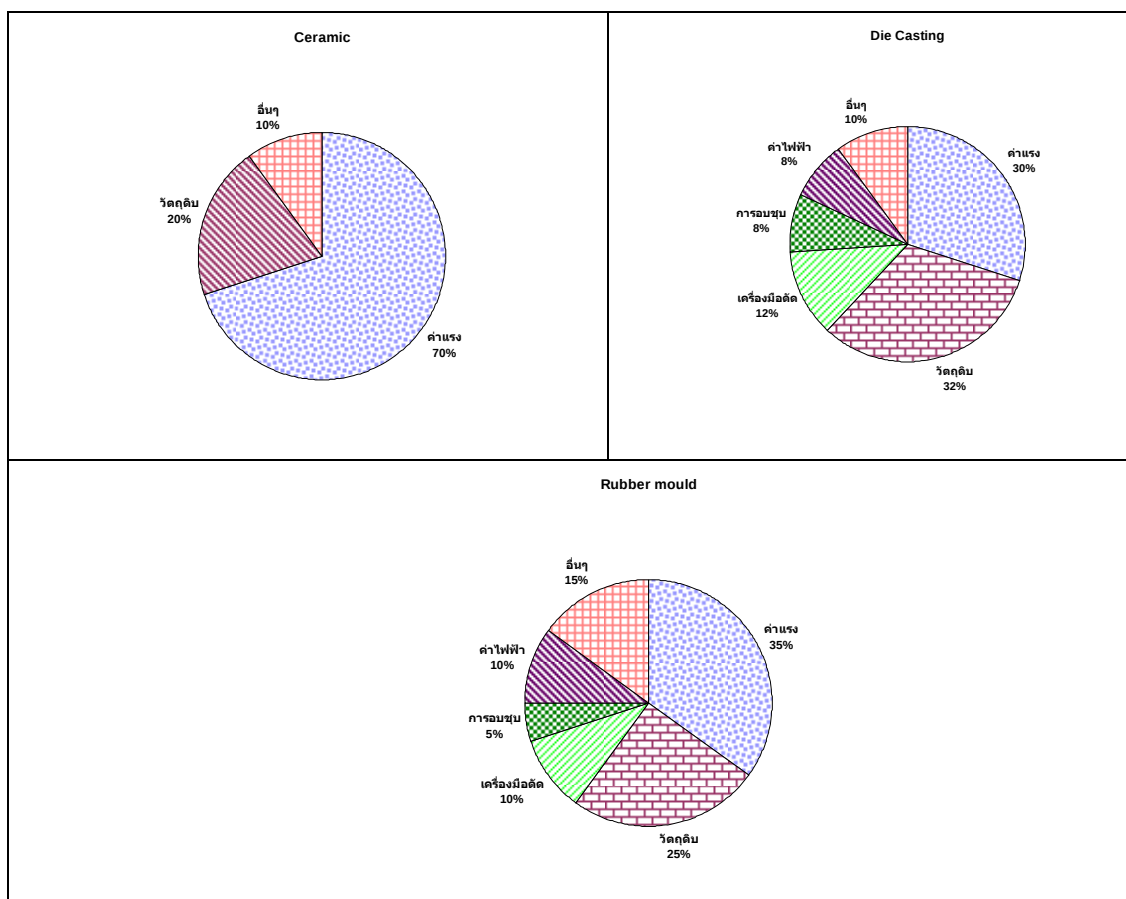
นอกเหนือจากต้นทุนที่กล่าวมาข้างต้น ในการสร้างแม่พิมพ์ยังมีต้นทุนที่เป็นส่วนเสริมให้แม่พิมพ์มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้นเช่น การทำผิวงานสำเร็จ(ขัดผิว) อุปกรณ์เสริมพิเศษ (hot runner) เป็นต้น ซึ่งต้นทุนส่วนนี้ขึ้นอยู่กับความต้องการของการสั่งทำแม่พิมพ์

จากการรวบรวมข้อมูลของโครงการแผนแม่บทอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ในปี พ. ศ. 2546 พบว่าสัดส่วนของต้นทุนแม่พิมพ์ชนิดต่างๆ สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 2.9 นี้

ตารางที่ 2.9
ต้นทุนการผลิตแม่พิมพ์ชนิดต่างๆ



ตารางที่ 2.9 (ต่อ)
ต้นทุนการผลิตแม่พิมพ์ชนิดต่างๆ



พบว่า ต้นทุนแปรผันของการสร้างแม่พิมพ์เกือบทุกชนิดจะอยู่ที่ค่าวัสดุ เฉลี่ยประมาณร้อยละ 30 และค่าแรงอยู่ที่ร้อยละ 25-30 ยกเว้นแม่พิมพ์เซรามิกส์ที่มีค่าแรงสูงถึง ร้อยละ 70 ค่าเครื่องมือตัด คิดเป็นร้อยละ 10-15 ในงานแม่พิมพ์ขึ้นรูปโลหะจะมีค่าอบชุบที่ ร้อยละ 8-12 และอื่นๆ อีกประมาณร้อยละ 10

อ้างอิงจากการวิจัยโครงการจัดทำแผนแม่บทอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ เสนอต่อสำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม โดย สถาบันไทย-เยอรมัน (เมษายน 2547) พบว่า โครงสร้างต้นทุนของสถานประกอบการแต่ละขนาดมีความแตกต่างกันในด้านของต้นทุนของ เครื่องจักร เครื่องมือและอุปกรณ์ ค่าแรงและวัสดุ ซึ่งสาเหตุที่ทำให้ต้นทุนแปรผันในการผลิตแม่พิมพ์ของโรงงานแต่ละขนาดไม่เท่ากันมีดังนี้

โรงงานขนาดเล็ก สาเหตุที่โรงงานขนาดเล็กมีโครงสร้างต้นทุนในการผลิตต่ำ เพราะว่ายังใช้เครื่องจักรแบบ manual ในการผลิตเป็นส่วนใหญ่และเครื่องจักรที่ใช้ส่วนมากจะผลิตจาก

ประเทศไต้หวัน ซึ่งมีราคาถูกและความเที่ยงตรงน้อยกว่าเครื่องจักรที่ผลิตจากประเทศญี่ปุ่น หรือประเทศแถบยุโรป ดังนั้นจึงต้องอาศัยประสบการณ์และความชำนาญของช่างเป็นอย่างมาก ประกอบกับเลือกใช้วัตถุดิบที่ไม่ได้มาตรฐานนำมาผลิตแม่พิมพ์ และค่าแรงของพนักงานในโรงงานขนาดเล็กมีอัตราจ้างที่ต่ำ ทำให้เกิดปัญหาการย้ายงานของพนักงานบ่อยๆ ดังนั้นโรงงานขนาดเล็กจึงผลิตแม่พิมพ์ที่มีความเที่ยงตรงและมีคุณภาพต่ำกว่าโรงงานขนาดอื่นๆ

โรงงานขนาดกลาง มีการนำเทคโนโลยีที่ทันสมัยเข้ามาช่วยในการผลิตแม่พิมพ์เพิ่มมากยิ่งขึ้น เช่น เครื่องจักร CNC เป็นต้น และยังมีการใช้เครื่องจักรแบบ manual ร่วมในการผลิตด้วย ประกอบกับมีการเลือกใช้วัตถุดิบที่มีคุณภาพเพิ่มมากขึ้นและค่าแรงของพนักงานมีอัตราจ้างที่สูงกว่าโรงงานขนาดเล็ก แต่มีความแตกต่างกันไม่มากนักขึ้นอยู่กับศักยภาพของแต่ละโรงงาน แต่โดยเฉลี่ยโรงงานขนาดกลางจะมีต้นทุนในการผลิตใกล้เคียงกับโรงงานขนาดเล็ก

โรงงานขนาดใหญ่ มีการใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยเข้ามาช่วยในการผลิตเป็นส่วนใหญ่ และมีการเลือกใช้วัตถุดิบที่มีคุณภาพ ทำให้แม่พิมพ์ที่ผลิตมีคุณภาพและความเที่ยงตรงสูง ประกอบกับค่าแรงในโรงงานขนาดใหญ่มีอัตราจ้างที่สูง ส่งผลให้โครงสร้างต้นทุนของโรงงานขนาดใหญ่สูงตามไปด้วย

จากการรวบรวมข้อมูลของโครงการแผนแม่บทอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ในปี พ. ศ. 2546 พบว่าต้นทุนแปรผันของแม่พิมพ์ชนิดต่างๆ แบ่งตามขนาดของโรงงาน โดยแบ่งเป็นโรงงานขนาดใหญ่ และโรงงานขนาดกลางและเล็ก สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 2.10

ตารางที่ 2.10

การเปรียบเทียบต้นทุนแปรผันของแม่พิมพ์ชนิดต่างๆ แบ่งตามขนาดของโรงงาน

