หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เทคนิคการซ่อม-ออกแบบแม่พิมพ์ที่มีความละเอียดขนาดเล็ก

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมและเทคโนโลยีทางด้านแม่พิมพ์ในประเทศไทยได้มีความก้าวหน้าขึ้นเป็นลำดับ และหลายบริษัทในอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ได้มีการวางแผนระยะยาว เพื่อที่จะผลิตแม่พิมพ์ให้ได้ด้วยการพึ่งพาเทคโนโลยีที่พัฒนาด้วยตนเอง หรือจากเทคโนโลยีของบริษัทร่วมลงทุน และพึ่งพาชิ้นส่วนที่ผลิตขึ้นเองภายในประเทศให้มากที่สุด เพื่อเพิ่มโอกาสในการแข่งขันในตลาดเสรีของโลกอนาคต โดยการนำเอามาตรฐาน ISO 9000, QS9000 และอื่น ๆ อีก มาใช้ภายในองค์กรของตนเอง และในส่วนของแม่พิมพ์โปรเกรสซีฟว์ (PROGRESSIVE DIE) ที่ใช้ในการผลิตชิ้นส่วน-อุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ จัดเป็นแม่พิมพ์ที่มีความละเอียดปานกลางถึงสูง จะมีการซ่อมบำรุงดังจะได้กล่าวต่อไปดังนี้

การเจียระไนคมตัดพันช์-ดาย

การเจียระไนคมตัดพันช์-ดาย จะกระทำภายหลังจากได้ผลิตงานไปแล้วจำนวนหนึ่ง โดยปรกติมักจะกำหนดเป็นจำนวนชิ้นต่อการเจียระไน 1 ครั้ง หรือกำหนดเป็นจำนวนสโตรค (จำนวนครั้งในการตัดชิ้นงาน) ต่อการเจียระไน 1 ครั้ง ซึ่งชิ้นส่วนพันช์หรือดายที่จะเจียรไนนั้นจะเป็นชิ้นส่วนประเภทที่มีคมตัด (CUTTING EDGE) โดยปรกติแล้วพันช์หรือดายที่ใช้ในแม่พิมพ์ที่มีความละเอียดนั้นมักจะออกแบบเป็นคนละชิ้นกับพันช์เพลท (PUNCH PLATE) หรือพันช์แพด (PUNCH PAD) และดาย เพลท (DIE PLATE) ซึ่งเรียกว่า อินเสิร์ท พันช์ (INSERT PUNCH) หรืออินเสิร์ท ดาย (INSERT DIE) เพื่อความสะดวกในการเปลี่ยนอินเสิร์ท พันช์ หรืออินเสิร์ท ดาย ชิ้นใหม่เมื่ออินเสิร์ทตัวเดิมชำรุดเสียหายหรือหมดอายุการใช้งาน และนอกจากนี้ยังสามารถปรับเคลียแร็นซ์ (CLEARANCE) ได้สะดวกและรวดเร็วยิ่งขึ้น

การกำหนดช่วงเวลาในการเจียระไนคมตัด

เมื่ออินเสิร์ท พันช์ และอินเสิร์ท ดาย ได้ผ่านการตัดชิ้นงานมาแล้ว จะมีผลให้คมตัดของอินเสิร์ท พันช์และอินเสิร์ท ดาย สึกหรอหรือที่อ ทำให้ชิ้นงานที่ตัดได้มีขนาดรอยเยิน (BURR) ที่มีขนาดโตขึ้นเรื่อย ๆ อันอาจจะมีผลให้ขนาดชิ้นงานที่ได้มีขนาดโตกว่าขนาดกำหนดตามแบบ และนอกจากนี้ยังทำให้เกิดความร้อน เนื่องจากการเสียดสีระหว่างชิ้นงานหรือเศษตัด (SCRAP) กับผนังของรูอินเสิร์ท ดาย สะสมขึ้นเรื่อย ๆ จนทำให้เกิดการหลอมติดกัน และไม่สามารถตกลงสู่ด้านล่างได้ จึงเกิดการติดขัดในรูอินเสิร์ท ดาย และทำให้แม่พิมพ์เสียหายได้ ดังนั้นเพื่อป้องกันปัญหาข้างต้น จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการกำหนดช่วงเวลาในการเจียระไนคมตัดว่าควรจะทำเมื่อใด ซึ่งถือว่าเป็นการซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน (PREVENTIVE MAINTENANCE, PM) วิธีหนึ่ง อย่างไรก็ตาม อายุของคมตัดอินเสิร์ท พันช์และอินเสิร์ท ดาย มีปัจจัยที่เกี่ยวข้องและมีผลกระทบอยู่หลายประการคือ

- ขนาดรูปร่างของชิ้นงาน
- ขนาดความหนาและชนิดของวัสดุที่นำมาใช้ในการผลิตชิ้นงาน
- ชนิดของวัสดุที่นำมาใช้ในการผลิตอินเสิร์ทพันช์ หรืออินเสิร์ทดาย
- ชนิดของน้ำมันหรือสารหล่อลื่นที่ใช้ขณะผลิตชิ้นงาน
- คุณภาพของผิวงานเจียระไนคมตัด
- อื่น ๆ เช่น เคลียแร็นซ์ระหว่างอินเสิร์ท พันช์ และอินเสิร์ท ดาย, คุณภาพของการอบชุบหรือความแข็งของอินเสิร์ท พันช์ และอินเสิร์ท ดาย เป็นต้น

ขนาด, รูปร่างของชิ้นงาน

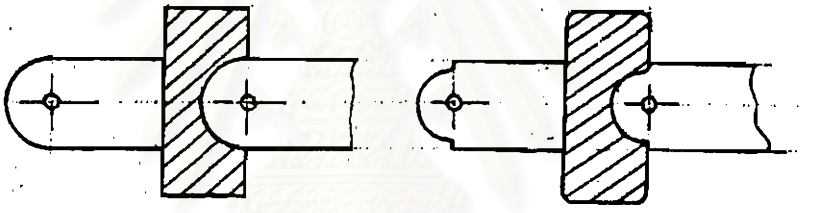
ขนาดของชิ้นงานมีผลกระทบต่อการกำหนดช่วงเวลาในการเจียระไนคมตัด กล่าวคือ ขนาดของชิ้นงานที่ใหญ่พันช์และดาย จะมีความแข็งแรงมากกว่าชิ้นงานที่มีขนาดเล็ก (รูปที่ 2.1) และนอกจากนี้รูปร่างของชิ้นงานที่มีรูปร่างซับซ้อน, มีรัศมีขนาดเล็ก และมีมุมต่อเป็นมุมแหลมหรือมุมฉาก ย่อมมีโอกาสที่ช่วงเวลาดังกล่าวจะสั้นกว่าชิ้นงานที่มีรูปร่างง่าย ๆ มีมุมที่จุดต่อด้วยโค้งรัศมีขนาดใหญ่ เพราะพันช์หรือดาย จะทำจากวัสดุที่แข็งซึ่งมีคุณสมบัติเปราะนั่นเอง

ตารางที่ 2.1 แสดงองค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่ออายุคมตัดของอินเสิร์ท พันช์ และอินเสิร์ท ดาย

องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่ออายุคมตัด / อายุคมตัด	ขนาดและรูปร่างของชิ้นงาน	ขนาดความหนาและชนิดวัสดุชิ้นงาน	ชนิดวัสดุของอินเสิร์ทพันช์-ดาย	ชนิดของน้ำมันหรือสารหล่อลื่น	คุณภาพผิวของงานเจียระไนคมตัด	เคลียแร็นช์	คุณภาพของการอบชุบอินเสิร์ทพันช์-ดาย
มาก	แข็งแรงไม่ซับซ้อน	ความหนาน้อย มีความอ่อน	ทังสเตนคาร์ไบด์	มีคุณสมบัติลดการสึกหรอ, ระบายความร้อนได้รวดเร็ว	ผิวเจียระไนราบเรียบ, ไม่เกิดรอยไหม้	เหมาะสมต่อขนาดความหนาวัสดุ, เคลียแร็นช์ตามแนวเส้นรอบรูปชิ้นงานสม่ำเสมอ	ชุบแข็งได้สม่ำเสมอตลอดชิ้นอินเสิร์ทพันช์—ดาย
ปานกลาง			กลุ่มเหล็กเครื่องมือ				
น้อย	อ่อนแอ, ซับซ้อนมาก	ความหนามาก, แข็งมาก	กลุ่มเหล็กคาร์บอน	มีคุณสมบัติลดการสึกหรอและระบายความร้อนได้น้อยกว่า	ผิวเจียระไนเป็นคลื่น, เกิดรอยไหม้	เคลียแร็นช์มากหรือน้อยเกินไปและไม่สม่ำเสมอตลอดแนวเส้นรอบรูปชิ้นงาน	ความแข็งของผิวชุบไม่สม่ำเสมอ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 2.1 แสดงรูปร่างชิ้นงานที่มีขนาดใหญ่ (แข็งแรง) และเล็ก (อ่อนแอ)



รูปที่ 2.2 แสดงรูปร่างชิ้นงานที่อ่อนแอ, ซับซ้อน และชิ้นงานที่แข็งแรง, ไม่ซับซ้อน

ขนาดความหนาและชนิดของวัสดุที่นำมาใช้ในการผลิตชิ้นงาน

ถึงแม้ว่าขนาดความหนาและชนิดของวัสดุ ซึ่งมีคุณสมบัติและส่วนผสมต่าง ๆ กันนั้น จะไม่ได้ทำให้เกิดการสึกหรอของคมตัดอินเสิร์ท พันช์ และอินเสิร์ท ดาย อย่างแปรผันตรงก็ตาม แต่ก็มีแนวโน้มว่าวัสดุที่มีความหนาน้อยกว่าและอ่อนกว่า จะมีผลทำให้คมตัดของอินเสิร์ทพันช์และอินเสิร์ท ดาย สึกหรอได้ช้ากว่าวัตถุดิบที่มีความหนาและแข็งแรงมากกว่า หรือกล่าวได้ว่าจำนวนครั้งในการตัดชิ้นงานต่อการเจียระไนจะมากกว่านั่นเอง

ชนิดของวัสดุที่นำมาใช้ในการผลิตพันช์หรือดาย

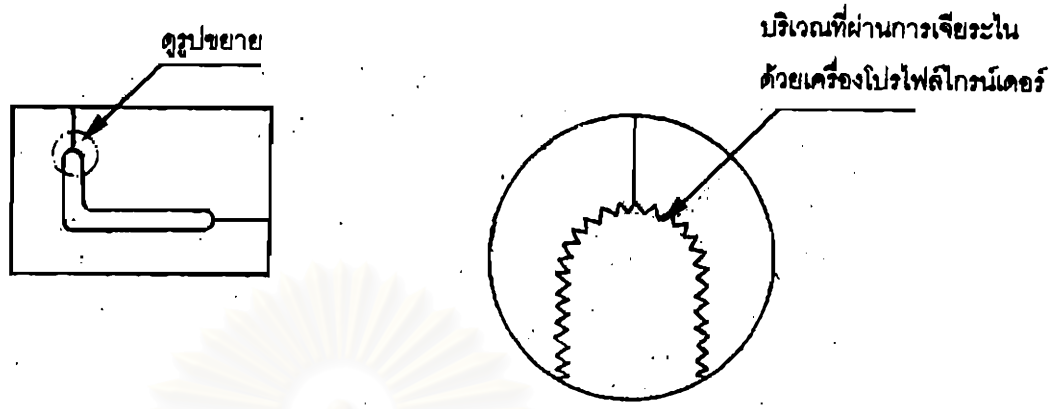
โดยปรกติแล้ววัสดุที่จะนำมาทำเป็นคมตัด ในงานตัดเฉือนจะต้องมีความแข็ง, ต้านทานต่อการสึกหรอ, ต้านทานต่อการหลอมละลายติดและการขูดขีด, ต้านทานต่อการบิ่นหรือแตกหัก และมีความเหนียวนุ่ม (TOUGHNESS) ด้วย การเลือกชนิดของวัสดุทำอินเสิร์ท พันช์ หรืออินเสิร์ทดาย ขึ้นอยู่กับปริมาณชิ้นงานที่จะทำการผลิตด้วย ถ้าปริมาณการผลิตน้อย อาจใช้วัสดุที่มีคาร์บอนผสม หรือเหล็กคาร์บอน ถ้ามีปริมาณการผลิตปานกลางถึงมากอาจใช้วัสดุประเภทเหล็กเครื่องมือ (TOOL STEEL) และถ้ามีปริมาณการผลิตมาก ๆ อาจใช้วัสดุประเภททังสเตนคาร์ไบด์ และทำการเคลือบผิวด้วย เพื่อลดจำนวนครั้งในการซ่อมบำรุงด้วยการเจียระไนลับคมตัด ให้มีจำนวนครั้งลดลง อันเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้งานเครื่องปั๊มในการผลิตชิ้นงานได้มากยิ่งขึ้นด้วย

ชนิดของน้ำมันหรือสารหล่อลื่นที่ใช้ขณะผลิตชิ้นงาน

หน้าที่ของน้ำมันหรือสารหล่อลื่นที่ใช้ในการผลิตชิ้นงานคือ เพื่อลดการสึกหรอของคมตัด พันช์และดาย และระบายความร้อนที่เกิดจากการตัดเฉือนขึ้นรูป ช่วยยืดอายุการใช้งานของคมตัดและแม่พิมพ์ด้วย การเลือกชนิดน้ำมันหรือสารหล่อลื่นควรพิจารณาตามลักษณะการใช้งาน เช่น เป็นงานตัดเฉือน (CUTTING) งานดัด (BENDING), งานขึ้นรูป (DRAWING), ฯลฯ ต้องการลดการสึกหรอของคมตัด, การทำปฏิกิริยาต่อผิววัตถุดิบก่อนตัดขึ้นรูป ซึ่งอาจจะผ่านการชุบเคลือบผิว (PLATING) มาแล้ว ตลอดจนคำนึงถึงการล้างทำความสะอาดก่อนที่จะทำการชุบเคลือบผิวในขบวนการต่อจากการตัดเฉือนขึ้นรูปชิ้นงานแล้วด้วย

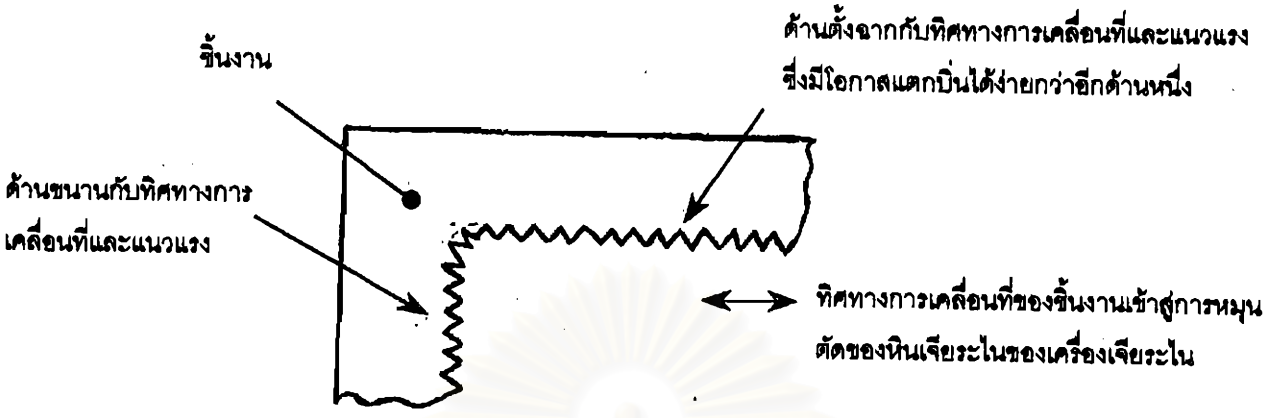
คุณภาพของผิวงานเจียระไนคมตัด

เนื่องจากแม่พิมพ์ที่มีความละเอียดขนาดเล็กทั่วไปแล้ว เพื่อความเที่ยงตรงและแม่นยำในการผลิตอินเสิร์ท พันช์ และอินเสิร์ท ดาย ขั้นตอนสุดท้ายจะต้องนำมาเจียระไนขอบคมตัดด้วยเครื่องโปรไฟล์ ไกรน์เดอร์ (PROFILE GRINDER) ดังนั้นจึงมีรอยเจียระไนเว้า ๆ แหว่ง ๆ เกิดขึ้น ซึ่งจะสังเกตได้โดยการนำคมตัดของอินเสิร์ทพันช์หรืออินเสิร์ทดาย ไปส่องดูด้วยกล้องที่มีกำลังขยายมาก ๆ (รูปที่ 2.3)



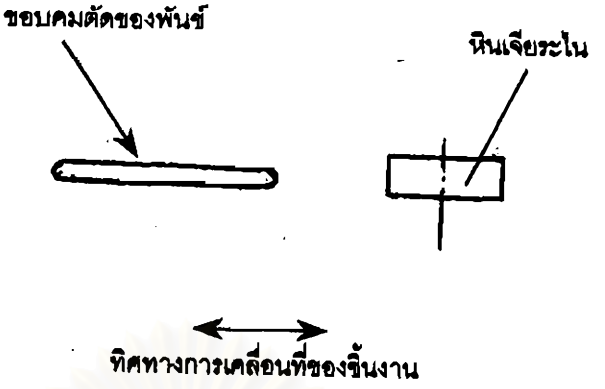
รูปที่ 2.3 แสดงบริเวณขอบคมตัดของอินเสิร์ท ตาย ที่ผ่านการเจียระไนด้วยเครื่องโปรไฟล์ไกรน์เดอร์

ดังนั้นเมื่อมีการเจียระไนคมตัดอินเสิร์ท พันช์ และอินเสิร์ท ตาย ภายหลังการตัดเฉือนขึ้นรูป และเกิดรอยเยินหรือสึกหรอขึ้นแล้ว เพื่อทำให้เกิดคมตัดขึ้นใหม่ อาจจะต้องพิจารณาทิศทางการวางอินเสิร์ท และทิศทางในการป้อนหินเจียระไนของเครื่องเจียระไนราบ เพราะการเจียระไนจะทำให้บริเวณส่วนที่ผ่านการเจียระไนด้วยเครื่องโปรไฟล์ ไกรน์เดอร์มาแล้ว ได้รับผลกระทบจากหินเจียระไนทั้ง 2 ทิศทาง (รูปที่ 2.4) จะทำให้บริเวณปลายแหลมของขอบคมตัดของอินเสิร์ท พันช์ และอินเสิร์ท ตาย ซึ่งเป็นจุดอ่อนแอถูกกระทำด้วยแรงกระแทกของหินเจียระไน อาจทำให้เกิดการแตกหักหรือบิ่นได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งอินเสิร์ท พันช์ และอินเสิร์ท ตาย ที่ทำจากทังสเตนคาร์ไบด์ ซึ่งมีคุณสมบัติแข็งแต่เปราะ อย่างไรก็ตามเนื่องจากลักษณะรูปร่างของคมตัดจะมีขอบคมตัดอย่างน้อยในสองทิศทาง ซึ่งเป็นไปตามลักษณะรูปร่างคมตัดนั้น ๆ จึงต้องพิจารณาว่าขนาดความยาวของขอบคมตัดในทิศทางใดยาวกว่ากัน ก็ให้จัดวางในลักษณะให้ได้รับแรงกระแทกน้อยกว่าอีกทิศทางหนึ่งนั่นเอง แต่อย่างไรก็ตามอาจจะมีข้อจำกัดด้านอื่น ที่อาจจะไม่สามารถวางอินเสิร์ท พันช์ และอินเสิร์ท ตาย ตามวิธีดังกล่าวได้ เช่นข้อจำกัดทางด้านรูปร่างลักษณะของอินเสิร์ท พันช์ และอินเสิร์ท ตาย



รูปที่ 2.4 แสดงทิศทางขอบคมตัดที่ตั้งฉากและขนานในการรับแรงจากการเจียระไน

รูปที่ 2.5 การวางตามทิศทางการเคลื่อนที่ของอินเสิร์ท พันซ์ แต่จะทำให้อินเสิร์ท พันซ์ อ่อนแอ เมื่อเจียระไนอาจแตกหักได้ง่าย



รูปที่ 2.6 การวางตามรูปร่างลักษณะของอินเสิร์ท พันช์ เพื่อให้ชิ้นงานสามารถรับแรงกระแทกได้มากกว่าและไม่แตกหักง่ายขณะเจียระไน

เพราะฉะนั้นไม่ว่าจะวางด้านใดก็จะไม่สามารถหลีกเลี่ยงการแตกหักหรือบิ่นของคมตัดได้ ร้อยเปอร์เซ็นต์ จึงควรใช้หินน้ำมัน (OIL STONE) ขนาดความละเอียดของเม็ดเกรนมากกว่าหรือเท่ากับเบอร์ 1000 ขึ้นไป และนำผิวด้านเรียบวางบนระนาบของอินเสิร์ท ตาย แล้วเคลื่อนที่ขัดเบา ๆ ร่วมกับน้ำมันอย่างสม่ำเสมอเพียงเล็กน้อย ก็จะช่วยลดรอยแตกบิ่นได้ อย่างไรก็ตาม ควรทำโดยผู้มีประสบการณ์หรือผู้ชำนาญแล้วเท่านั้น มิฉะนั้น จะทำให้เกิดเสียคมตัดจนถึงกับต้องเจียระไนใหม่ ส่วนอินเสิร์ท พันช์ไม่อาจขัดละเอียดด้วยวิธีนี้เนื่องจากมีขนาดเล็ก (แต่ขนาดใหญ่ ๆ ก็สามารถทำได้เช่นกัน) ดังนั้นในการเจียระไนลับคมตัดอินเสิร์ท พันช์ จะต้องระมัดระวังเป็นพิเศษ โดยในช่วงที่ใกล้จะเจียระไนเสร็จให้หมั่นกรีดหน้าหินเจียระไนให้เกิดความคมตัดใหม่ และการป้อนให้ป้อนตัดให้น้อยลง และภายหลังการเจียระไนเสร็จให้ตรวจยืนยันว่ามีการแตกบิ่นหรือไม่ โดยการส่องดูด้วยกล้องขยาย ถ้ามีการแตกบิ่นต้องทำการเจียระไนใหม่ และถ้าไม่มีการแตกบิ่นก็ให้ใช้โลหะอ่อน มาทำการขูดเศษหรือรอยเยินที่เกิดขึ้นเนื่องจากการเจียระไนคมตัด ตามเส้นรอบรูปคมตัด ซึ่งทำได้ทั้งอินเสิร์ท พันช์ และอินเสิร์ท ตาย เพื่อช่วยให้ประสิทธิภาพในการตัดเฉือนชิ้นงานดียิ่งขึ้น

เคลียแร็นซ์หรือช่องว่างต่อด้านระหว่างพันช์และดาย

เคลียแร็นซ์ระหว่างพันช์และดายนั้น ยิ่งในงานที่ต้องการความละเอียด หรือให้ขอบของชิ้นงานเรียบและสวยงาม ยิ่งต้องใช้เคลียแร็นซ์น้อย จะทำให้คมตัดสึกหรอได้เร็วกว่าปกติ หรือในกรณีที่เคลียแร็นซ์ระหว่างพันช์และดาย ตามแนวขอบคมตัดไม่เท่ากัน กล่าวคือด้านหนึ่งแคบและทำให้ด้านตรงกันข้ามกว้าง ก็จะมีผลให้คมตัดสึกหรอได้เร็วกว่าปรกติเช่นกัน

คุณภาพการอบชุบพันช์และดาย

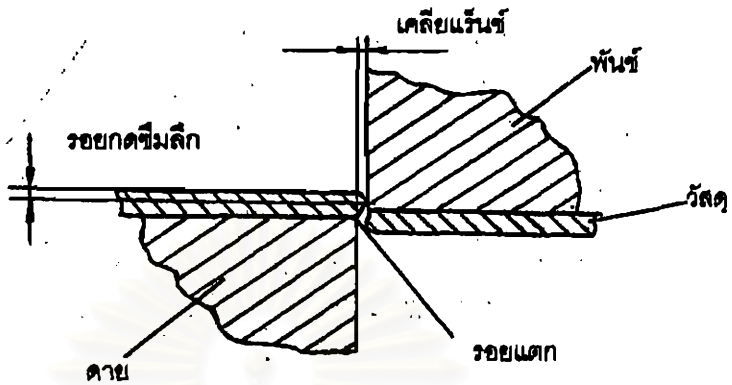
คุณภาพของการอบชุบพันช์และดายมีผลต่ออายุของคมตัดเช่นกัน เช่นการชุบแล้วไม่ได้ความแข็งตามต้องการ, ความแข็งของพันช์และดายไม่สม่ำเสมอ ทำให้เกิดการสึกหรอและต้องเจียระไนเร็วกว่าปรกติ

การออกแบบและตรวจสอบเคลียแร็นซ์ระหว่างพันช์และดาย

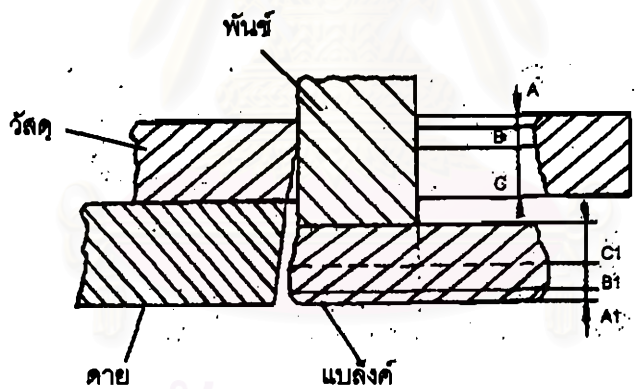
ในแม่พิมพ์ที่มีพันช์และดายประเภทที่เป็นคมตัด เพื่อใช้ในการตัดเฉือนชิ้นงานนั้น โดยปรกติแล้วจะออกแบบให้มีช่องว่างระหว่างพันช์และดาย เพื่อให้เหมาะสมกับสภาพการใช้งานตัดเฉือนนั้น ๆ ซึ่งช่องว่างระหว่างพันช์และดายนี้เรียกว่า เคลียแร็นซ์ (CLEARANCE)

เคลียแร็นซ์คืออะไรและสำคัญอย่างไร

เคลียแร็นซ์ คือ ค่าช่องว่างระหว่างคมตัดของพันช์และดายคู่นั้น ๆ และถ้าเคลียแร็นซ์ระหว่างขอบคมตัดถูกต้องและเหมาะสมแล้ว จะทำให้ได้รอยแตกของการตัดเฉือนชิ้นงานที่มาบรรจบกันพอดี และทำให้ส่วนของวัตถุที่ถูกเฉือนเกลี้ยงเกลาอีกด้วย ฉะนั้นเพื่อให้รอยตัด (CUT EDGE) ที่เหมาะสมได้นั้นเคลียแร็นซ์ที่ถูกต้องถือว่าเป็นสิ่งสำคัญ ซึ่งการออกแบบเคลียแร็นซ์ที่ถูกต้องจะต้องคำนึงถึง ชนิด, ความหนา และสภาพการอบอ่อน (TEMPER) ของวัสดุชิ้นงานด้วย สำหรับเคลียแร็นซ์, รอยกดขีมลึก (PENETRATION) และรอยแตกนั้น แสดงดังในรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 แสดงเคลียแร็นซ์, รอยกดซึมลึก และรอยแตก



แนวขอบโค้งมน	A และ A1
คัท แบนด์	B และ B1
รอยแตก	C และ C1

รูปที่ 2.8 แสดงลักษณะของรอยตัด (CUT EDGE)

จากรูปที่ 2.8 แสดงให้เห็นถึงลักษณะของรอยตัดบนแผ่นวัสดุ (STOCK) หรือชิ้นงาน แบล็งค์ (BLANK) เคลียแร็นซ์ตามปรกติทั่วไป ที่มุมส่วนบนของรอยตัดของแผ่นวัสดุ (แสดงด้วย A) และที่มุมด้านล่างของแบล็งค์ (แสดงด้วย A1) ซึ่งจะเกิดแนวขอบโค้งมน (EDGE RADIUS) บริเวณที่ขอบคมตัดของพันช์และดายสัมผัสกับแผ่นวัสดุ อันเนื่องมาจากคุณสมบัติ พลาสติก

ดิฟอเมชัน (PLASTIC DEFORMATION) กำลังจะเข้ามาแทนที่นั่นเอง และเมื่อทำการตัดโลหะหรือวัสดุที่อ่อน จะสังเกตเห็นแนวขอบโค้งมนได้ชัดเจนยิ่งขึ้น เช่นเดียวกันกับกรณีที่เคลียแร็นซ์มากเกินไป จะทำให้แนวขอบโค้งมนนี้มีรัศมีที่กว้างกว่ายิ่งขึ้น อีกทั้งยังทำให้รอยเยิน (BURR) เกิดขึ้นได้มากในบริเวณมุมตรงกันข้ามด้วยเช่นกัน

เคลียแร็นซ์มากเกินไป เคลียร์แร็นซ์น้อยเกินไป

รูปที่ 2.9 แสดงเคลียแร็นซ์ที่มากและน้อยจนเกินไป

ในปฏิบัติการตัดทางอุดมคติแล้ว รอยกดขีมลึกที่พันช์กระทำกับวัสดุ จะมีความลึกโดยประมาณเท่ากับ 1 ส่วน 3 ของความหนาวัสดุก่อนที่รอยแตกจะเกิดขึ้นและมีแรงกระทำเท่ากับส่วนของวัสดุที่อยู่ภายในช่องว่างของดาย (DIE OPENING) ซึ่งส่วนของความหนาที่บริเวณรอยกดขีมลึกจะเป็นมันเงามากปรากฏอยู่บนรอยตัดเป็นแถบที่เปล่งปลั่งตามแนวเส้นรอบรูปของชิ้นงาน และอยู่ติดกับแนวขอบโค้งมน (รูปที่ 2.8 ที่ตำแหน่ง B และ B1) เมื่อเคลียแร็นซ์ที่ใช้ตัดไม่เพียงพอจะส่งผลให้แถบนี้ของโลหะถูกตัดก่อนที่การแยกของเนื้อโลหะจะเสร็จลงอย่างสมบูรณ์ ดังแสดงในรูปที่ 2.9 และเมื่อได้ใช้เคลียแร็นซ์ในการตัดที่ถูกต้องแล้ว ที่ด้านล่างรอยตัดทั้งที่วัสดุและส่วนที่ถูกตัดออก (SLUG) จะมีลักษณะหยาบ และทำให้ได้มุมรอยแตกที่เอื้อให้รอยแตกจากด้านล่าง ของแถบการตัดหรือคัท แบนด์ (CUT BAND) เกลี้ยงเกลา เพราะว่ารอยแตกที่เริ่มเกิดจากด้านบน-ล่าง ขยายไปหากันและกัน ส่วนเคลียแร็นซ์ที่มากเกินไปจะทำให้มีผลต่อมุมเอียงหรือความเอียงที่เกิดตั้งแต่รอยตัด สำหรับการปฏิบัติการการตัดที่ได้อธิบายมานี้นั้น ที่ด้านตรงกันข้ามกับวัสดุซึ่งพันช์จะได้เคลื่อนที่ผ่านเข้าไปนั้น เมื่อภายหลังการตัดแล้วจะมีขนาดเช่นเดียวกับขนาดของช่องว่างของดาย

ความกว้างของคัทแบนด์ (CUT BAND) สามารถบ่งบอกถึงความแข็งของวัสดุได้ ถ้าหากว่าเคลียแร็นซ์และความหนาวัสดุถูกกำหนดให้มีค่าคงที่แล้ว จะได้ว่า คัทแบนด์ที่กว้างกว่าวัสดุจะ

ยิ่งมีความอ่อนกว่า และในวัสดุที่มีความแข็งกว่าจะต้องการเคลียแร็นซ์ที่กว้างกว่า อันจะทำให้เกิดรอยขีมลึกโดยพันช์น้อยกว่ากลุ่มโลหะอ่อน (DUCTILE MATERIAL)

ข้อควรพิจารณาในการออกแบบ

1. ช่องว่างหรือเคลียแร็นซ์ระหว่างดาย และอีกด้านหนึ่งของพันช์ มีอิทธิพลอย่างมากต่อแรงตัดเฉือนปริมาณงาน และรูปร่างขอบตัดเฉือนในงานตัดเฉือน (SHEARING)

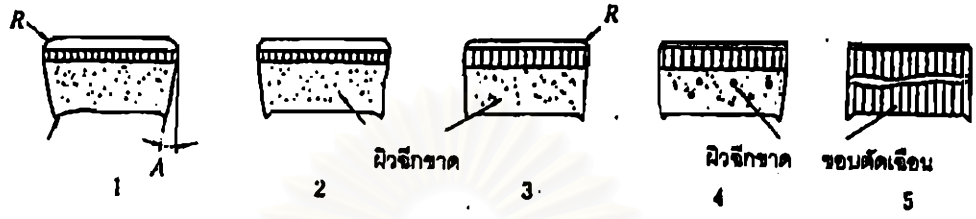
2. การเร่งความเร็วในการตัด (BLANKING) จะเพิ่มคุณภาพของขอบตัดเฉือนได้

3. ความแม่นยำในขนาดของผลิตภัณฑ์, ขนาดของผลิตภัณฑ์จะเปลี่ยนแปลงคิดเป็นสัดส่วนที่น้อยในช่วงเคลียแร็นซ์ระหว่าง 0 ถึง 5 เปอร์เซ็นต์ จะเป็นกรณีที่เกิดขึ้นมากที่สุด และส่วนใหญ่จะยังคงไม่มีการเปลี่ยนแปลงระหว่างช่วง 5 ถึง 25 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นขนาดจะกลับมาเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยอีกครั้งเมื่อเคลียแร็นซ์เกินกว่า 25 เปอร์เซ็นต์ ในโลหะนั้นกรณีที่เคลียแร็นซ์ต่ำกว่า 2 เปอร์เซ็นต์ ขนาดของผลิตภัณฑ์ที่ตัดออกมาจะมีขนาดโตกว่าขนาดดายเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

4. เพื่อเป็นการรับประกันคุณภาพที่สม่ำเสมอของขอบตัดเฉือน ของผลิตภัณฑ์ที่มีรูปร่างประณีตนั้น เคลียแร็นซ์ของส่วนที่เว้าเข้าข้างใน จะต้องมีขนาดโตกว่าชิ้นส่วนอื่น ๆ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การออกแบบเคลียแร็นซ์



รูปที่ 2.10 แสดงลักษณะรอยตัดเฉือนที่เคลียแร็นซ์ต่างกัน

ตารางที่ 2.2 เปอร์เซ็นต์ของวัสดุต่าง ๆ ตามลักษณะรอยตัดเฉือนในรูปที่ 2.10

วัสดุ \ รูปแบบเคลียแร็นซ์		เปอร์เซ็นต์เคลียแร็นซ์				
		1	2	3	4	5
เหล็กแผ่นคาร์บอนต่ำ		สูงสุด 21	11.5~12.5	8~10	5~7	1~2
เหล็กแผ่นคาร์บอนสูง		สูงสุด 25	17~19	14~16	11~13	2.5~5
สเตนเลสแผ่น		สูงสุด 23	12.5~13.5	9~11	3~5	1~2
อลูมิเนียมผสม	ความเค้นแรงดึง $\leq$ 23 ก.ก./ม.ม.^{2}	สูงสุด 17	8~10	6~8	2~4	0.5~1
	ความเค้นแรงดึง $\geq$ 23 ก.ก./ม.ม.^{2}	สูงสุด 20	12.5~14	9~10	5~6	0.5~1
ทองเหลืองแผ่น	อบอ่อน	สูงสุด 21	8~10	6~8	2~3	0.5~1
	½ H	สูงสุด 24	9~11	6~8	3~5	0.5~1.5
ฟอสเฟอร์บรอนซ์แผ่น		สูงสุด 25	12.5~13.5	10~12	3.5~5	1.5~2.5
ทองแดงแผ่น	อบอ่อน	สูงสุด 25	8~9	5~7	2~4	0.5~1
	½ H	สูงสุด 25	9~11	6~8	3~5	1~2

ตารางที่ 2.3 ลักษณะรอยตัดเฉือนที่แตกต่างกันตามเคลียแร็นซ์ที่แตกต่างกันในรูปที่ 2.10

รูปแบบเคลียแร็นซ์ / วัสดุ	1	2	3	4	5
มุมรอยแตก (BREAKING ANGLE, A)	14~16 องศา	8~11 องศา	7~11 องศา	6~11 องศา	-
ส่วนโค้งมนจากการตัด (SHEAR DROOP, R)	10~20%	8~10%	6~8%	4~7%	2~5%
ขอบตัดเฉือน (SHEARED EDGE)	10~20%	15~25%	25~40%	35~55%[1]	50~70%[2]
ผิวฉีกขาด (TORN SURFACE)	70~80%	60~75%	50~60%	35~50%[3]	25~40%[4]
รอยเอิน (BURR)	โต, ทำให้ชิ้นส่วนดึงขึ้นรูปผิดส่วนไป	ปรกติ, งานดึงขึ้นรูปเท่านั้น	ปรกติ, งานดึงขึ้นรูปเท่านั้น	ปานกลาง, รอยเอิน ถูกกดอัดในส่วนดึงขึ้นรูป	โต, รอยเอินถูกกดอัดในส่วนดึงขึ้นรูป
การประยุกต์ไปใช้งาน	เมื่อไม่มีความจำเป็นในคุณภาพของขอบตัดเฉือนหรือความเรียบมากนัก	1/3 ของความหนาจะเป็นรอยเอินและขอบตัดเฉือน, 2/3 จะเป็นผิวฉีกขาด, ใช้ในงานที่ไม่ต้องการขอบตัดเฉือนที่โต, แม่พิมพ์มีอายุยาวนานที่สุด	ความเค้นคงเหลือน้อยที่สุด, ใช้ในงานที่วัสดุแข็งมากกว่าหรืองานที่หลีกเลี่ยงการแข็งตัวเนื่องจากการใช้งาน	เกิดขอบตัดเฉือนที่สองขึ้น, ใช้ในงานตัดขอบให้สวยงามหรืองานที่ใช้ขอบอื่น ๆ	ใช้ในงานที่ต้องการขอบตัดเฉือนตรง, ทำรัศมีที่พันช์และภายในงานแบลงกิ้งสำเร็จรูป, แม่พิมพ์มีอายุสั้นที่สุด

1. เป็นจุด ๆ , เหมือนกับขอบตัดเฉือนที่สอง
2. ผลรวมของขอบตัดเฉือนครั้งแรกและครั้งที่สอง
3. ผิวฉีกขาดจะหยาบ
4. ผลรวมของผิวฉีกขาด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.4 เปอร์เซ็นต์เคลียแร็นซ์ของวัสดุต่าง ๆ สำหรับงานทั่วไป

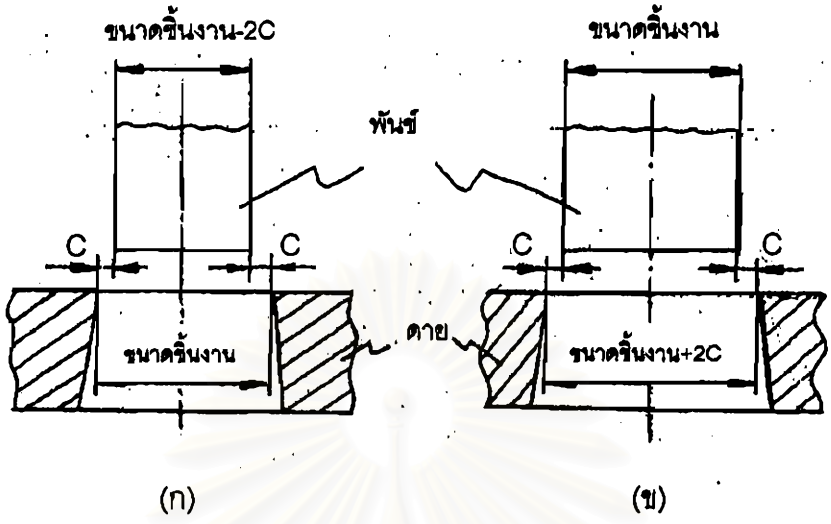
วัสดุ	เปอร์เซ็นต์เคลียแร็นซ์
เหล็กบริสุทธิ์ (ZYUNTETSU), (PURE IRON)	6 ~ 9
เหล็กอ่อน (NANKOU), (MILD STEEL)	6 ~ 9
เหล็กแข็ง (KOU KOU), (HARD STEEL)	8 ~ 12
เหล็กซิลิกอน (KEISOKOU), (SILICON STEEL)	7 ~ 11
สเตนเลส (SUTENLESU KOU), (STAINLESS STEEL)	7 ~ 11
ทองแดงแข็ง [DOU (KOUSITSU)], (HARD COPPER)	6 ~ 10
ทองแดงอ่อน [DOU (NANSITSU)], (SOFT COPPER)	6 ~ 10
ทองเหลืองแข็ง [OO DOU (KOUSITSU)], (HARD BRASS)	6 ~ 10
ทองเหลืองอ่อน [OO DOU (NANSITSU)], (SOFT BRASS)	6 ~ 10
ฟอสเฟอร์บรอนซ์ (RINSEI DOU), (PHOSPHOR BRONZE)	6 ~ 10
นิเกิลซิลเวอร์ (YOU HAKU), (NICKEL SILVER)	6 ~ 10
อลูมิเนียมแข็ง [ALUMINIUM (KOUSITSU)], (HARD ALUMINIUM)	6 ~ 10
อลูมิเนียมอ่อน [ALUMINIUM (NANSITSU)], (SOFT ALUMINIUM)	6 ~ 10
อลูมิเนียมผสมแข็ง [ALUMINIUM GOUKIN (KOUSITSU)], (HARD ALUMINIUM ALLOY)	5 ~ 8
อลูมิเนียมผสมอ่อน [ALUMINIUM GOUKIN (NANSITSU)], (SOFT ALUMINIUM ALLOY)	6 ~ 10
ตะกั่ว (NAMARI), (LEAD)	6 ~ 9
เพอร์มาลอย (PAMAROI), (PERMALLOY)	5 ~ 8

ตารางที่ 2.5 เคลียแรนซ์สำหรับงานที่ต้องการความเที่ยงตรงและงานทั่วไป

วัสดุ	เปอร์เซ็นต์เคลียแรนซ์	
	งานเที่ยงตรง	งานทั่วไป
เหล็กอ่อน (NANKOU), (MILD STEEL)	2 ~ 5	6 ~ 10
เหล็กแข็ง (KOU KOU), (HARD STEEL)	4 ~ 8	9 ~ 13
เหล็กซิลิกอน (KEISOKOU), (SILICON STEEL)	4 ~ 6	7 ~ 12
สเตนเลส (SUTENLESU KOU), (STAINLESS STEEL)	3 ~ 6	7 ~ 11
ตะกั่ว (NAMARI), (LEAD)	1 ~ 3	4 ~ 7
ทองเหลือง (OO DOU), (BRASS)	1 ~ 4	5 ~ 10
ฟอสเฟอร์บรอนซ์ (RINSEI DOU), (PHOSPHOR BRONZE)	2 ~ 5	6 ~ 10
นิเกิลซิลเวอร์ (YOU HAKU), (NICKEL SILVER)	2 ~ 5	6 ~ 10
อลูมิเนียมอ่อน [ALUMINIUM (NANSITSU)], (SOFT ALUMINIUM)	1 ~ 3	4 ~ 8
อลูมิเนียมแข็ง [ALUMINIUM (KOUSITSU)], (HARD ALUMINIUM)	2 ~ 5	6 ~ 10
เพอร์มาลอย (PAMAROI), (PERMALLOY)	2 ~ 5	6 ~ 8

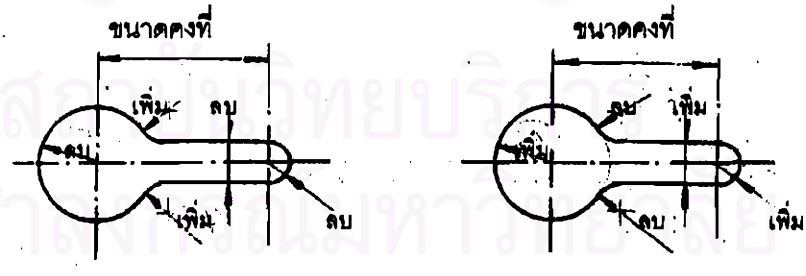
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.11 แสดงตำแหน่งที่ออกแบบเคลียแร็นซ์ให้สัมพันธ์กับชิ้นงาน, ขนาดพันช์และดาย, (ก) ส่วนที่ถูกตัดออกเป็นส่วนที่ต้องการให้เป็นชิ้นงาน, (ข) ส่วนที่ถูกตัดออกคือส่วนที่เป็นเศษ

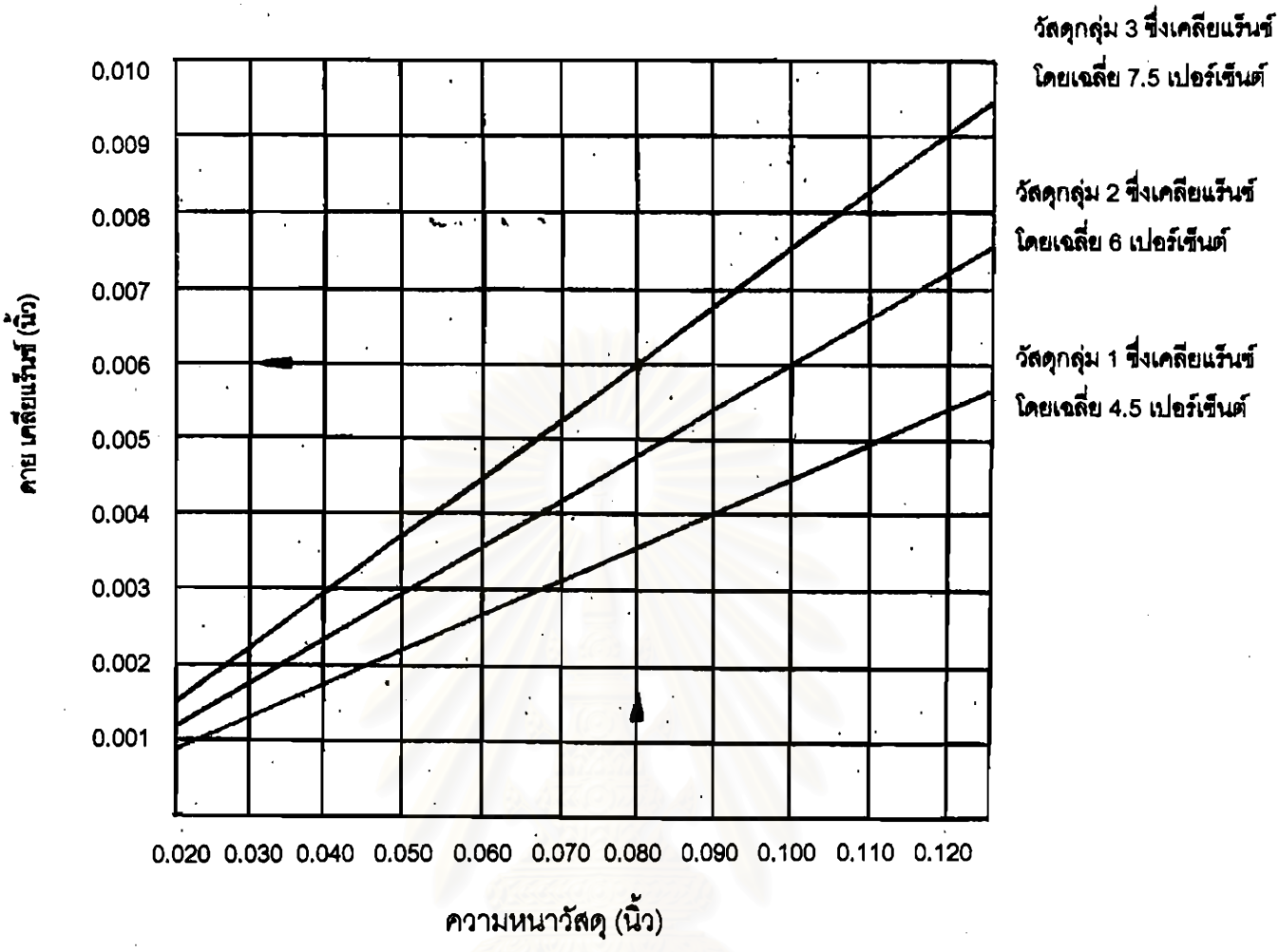
ตำแหน่งของเคลียแร็นซ์ที่ถูกต้อง (ตามรูปที่ 2.11) จะเป็นตัวกำหนดขนาดรูและขนาดชิ้นงานที่ตัด (BLANK) โดยขนาดพันช์จะเป็นขนาดที่ควบคุมขนาดรู และขนาดดายจะเป็นขนาดที่ควบคุมขนาดชิ้นงานที่ตัด



(ก) การคิดเคลียแร็นซ์เพื่อกำหนดขนาดพันช์ (งานแบลังกิ้ง)

(ข) การคิดเคลียแร็นซ์เพื่อกำหนดขนาดดาย (งานเพียรซิ่ง)

รูปที่ 2.12 แสดงวิธีการคิดขนาดของพันช์และดายตามลักษณะงาน



รูปที่ 2.13 แสดงเคลียแร็นซ์ของแม่พิมพ์ที่แบ่งตามกลุ่มวัสดุ โดยการใช้เปอร์เซ็นต์ความหนาของโลหะตามที่แนะนำ (ค่าที่ได้เป็นเคลียแร็นซ์ต่อด้าน)

จากรูป (ก) จะแสดงให้เห็นถึงเคลียแร็นซ์ C สำหรับงานตัดตามขนาดที่กำหนดให้ ด้วยการทำดายให้มีขนาดเท่ากับขนาดงานที่กำหนดให้ และพันซ์จะมีขนาดเล็กกว่าเท่ากับเคลียแร็นซ์โดยรวมเป็น 2C, จากรูป (ข) ซึ่งแสดงเคลียแร็นซ์สำหรับงานเจาะรูตามขนาดที่กำหนดให้ ด้วยการทำพันซ์ให้มีขนาดเท่ากับขนาดที่กำหนดให้ และดายจะมีขนาดโตกว่าเท่ากับเคลียแร็นซ์โดยรวมเป็น 2C

การประยุกต์ใช้งานของเคลียแร็นซ์สำหรับการเจาะรูที่มีรูปร่างไม่สม่ำเสมอ ดังแสดงในรูปที่ 2.12 นั้น ที่รูป (ข) รูเจาะที่ต้องการจะมีขนาดเท่ากับพันซ์ ขณะที่รูป (ก) ขนาดชิ้นงานที่ตัดจะมีขนาดเดียวกันกับขนาดดาย

แผนภูมิเคลียแร็นซ์ต่อหนึ่งด้านของผู้ผลิตรายหนึ่ง สำหรับกลุ่มวัสดุต่าง ๆ โดยมีความหนาวัสดุจนถึง 0.125 นิ้ว จากแผนภูมิเคลียแร็นซ์แม่พิมพ์ (ตามรูปที่ 2.13) ที่แนะนำให้หาเคลีย

แร็นซ์แม่พิมพ์ที่ยอมรับได้ และใช้สำหรับการออกแบบแม่พิมพ์ขึ้นมาใช้งานโดยกำหนดกลุ่มวัสดุที่จะได้อธิบายต่อไป และยังใช้สำหรับพิจารณาตั้งเปอร์เซ็นต์ความหนาวัสดุล่วงหน้าของแม่พิมพ์ที่ได้รับการออกแบบสำหรับผลิตชิ้นส่วนต้นแบบ

กลุ่มที่ 1 อลูมิเนียมผสม 1100 และ 5052 ซึ่งอบอ่อนแล้ว เคลียแร็นซ์โดยเฉลี่ยที่แนะนำสำหรับงานพันชิ่ง (PUNCHING) และแบล็งกิ้ง (BLANKING) ปรกติ คือ 4.5 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ

กลุ่มที่ 2 อลูมิเนียมผสม 2024 และ 6061, ทองเหลือง ซึ่งผ่านการอบอ่อนมาแล้ว, เหล็กรีดเย็นที่ความอ่อนหมดไปแล้ว (DEAD SOFT), สเตนเลสอ่อน เคลียแร็นซ์โดยเฉลี่ยที่แนะนำสำหรับงานพันชิ่งและแบล็งกิ้งปรกติ คือ 6 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ

กลุ่มที่ 3 เหล็กรีดเย็นความแข็งครึ่งหนึ่ง (HALF HARD), สเตนเลสความแข็งครึ่งหนึ่งและความแข็งเต็มที่ เคลียแร็นซ์โดยเฉลี่ยที่แนะนำสำหรับงานพันชิ่งและแบล็งกิ้งปรกติ คือ 7.5 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ

ตัวอย่างเช่นในรูปที่ 2.13 ถ้าเราดูที่ความหนาวัสดุ 0.080 นิ้ว เคลียแร็นซ์ของแม่พิมพ์สำหรับวัตถุกลุ่มที่ 1 คือ 0.0036 นิ้ว, สำหรับวัสดุกลุ่มที่ 2 คือ 0.0048 นิ้ว, สำหรับวัสดุกลุ่มที่ 3 คือ 0.006 นิ้ว

การปรับเปลี่ยนให้สามารถใช้แม่พิมพ์ร่วมกันได้

บ่อยครั้งเพื่อให้เกิดผลดีเชิงเศรษฐศาสตร์ ในการใช้แม่พิมพ์เดิมที่ได้ออกแบบตามชนิดและความหนาของวัสดุที่กำหนดให้แล้ว เพื่อทำการพันชิ่ง และแบล็งกิ้งวัสดุที่ชนิด และความหนาแตกต่างกันไปจากเดิม รูปที่ 2.14 จะแสดงแผนภูมิที่สะดวกกับจุดมุ่งหมายดังกล่าว

ซึ่งจะไม่เหมือนกับในรูปที่ 2.13 ที่มีฐานอยู่บนค่าเฉลี่ย, ซึ่งแผนภูมินี้จะมีฐานอยู่บนช่วงของเคลียแร็นซ์ 3.4 ถึง 6.8 เปอร์เซ็นต์, 4.5 ถึง 9 เปอร์เซ็นต์ และ 5.6 ถึง 11.2 เปอร์เซ็นต์ สำหรับวัสดุกลุ่มที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ โดยกลุ่มวัสดุเป็นกลุ่มเดียวกันกับในรูปที่ 2.13

ตัวอย่างที่ 1 แม่พิมพ์ที่ทำขึ้นสำหรับใช้กับอลูมิเนียมผสม 5052 ความหนา 0.030 นิ้ว สามารถที่จะใช้กับวัสดุชนิดเดียวกันที่ความหนา 0.064 นิ้วได้หรือไม่ วัสดุนี้จัดอยู่ในวัสดุกลุ่มที่ 1 จากรูปที่ 2.13 จะได้เคลียแร็นซ์คือ 0.0012 นิ้ว และที่ค่า 0.0012 นิ้ว ในรูปที่ 2.14 หาค่าจุดต่ำสุดและสูงสุด สำหรับวัสดุกลุ่มที่ 1 จากการลากเส้นแนวนอนที่ตัดกับจุดนี้. แสดงช่วงของวัสดุที่

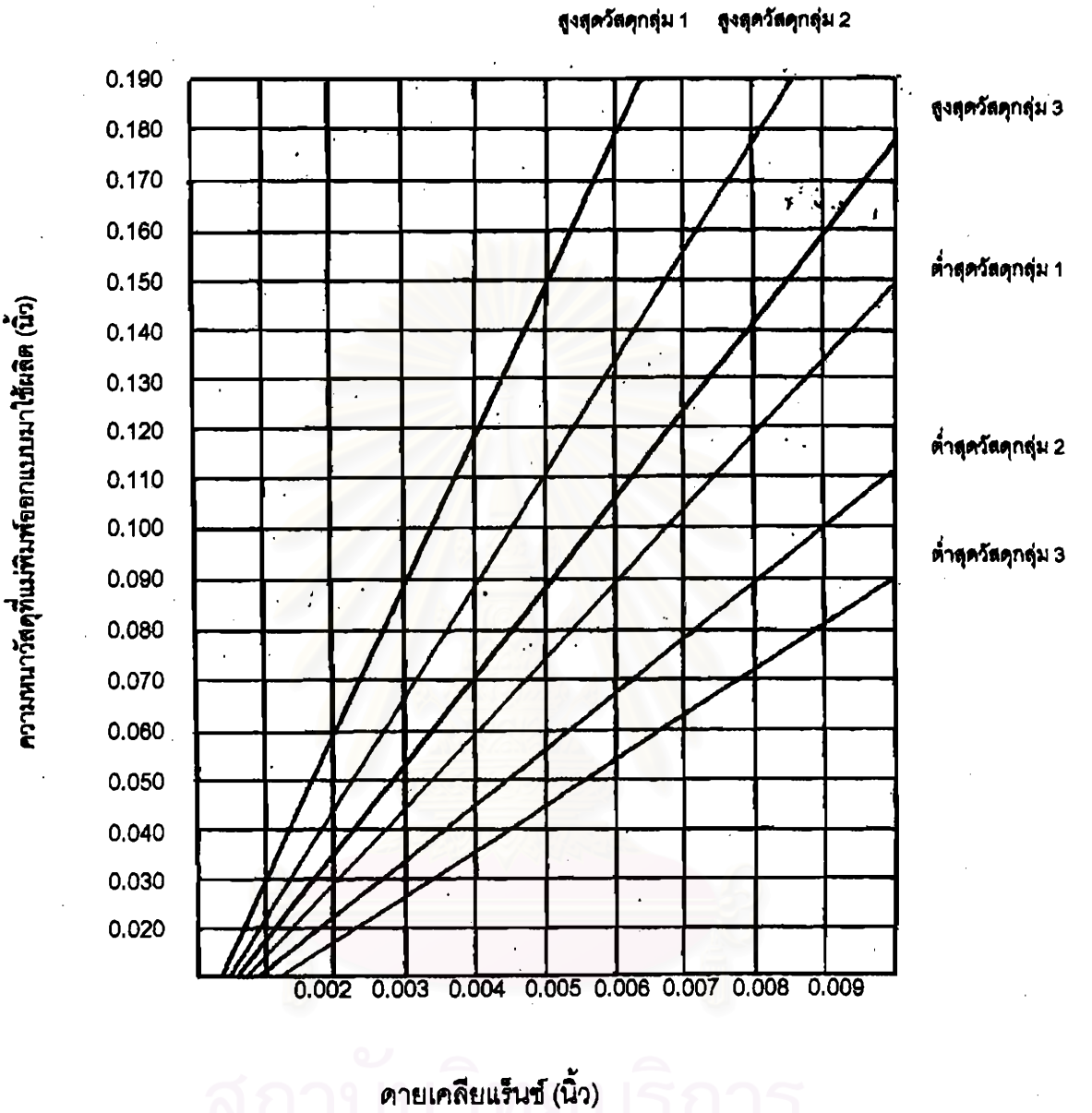
ยอมได้อยู่ระหว่าง 0.020 นิ้ว ถึง 0.040 นิ้ว ดังนั้นวัสดุ 0.064 นิ้วจึงมีความหนาเกินกว่าค่าสูงสุดที่ยอมได้

ตัวอย่างที่ 2 แม่พิมพ์ที่ทำขึ้นสำหรับใช้กับอลูมิเนียมผสม 2024 ความหนา 0.090 นิ้ว สามารถที่จะใช้กับเหล็กรีดเย็นความแข็งครึ่งหนึ่ง ที่หนา 0.042 นิ้ว ได้หรือไม่ จากเดิมที่แม่พิมพ์ทำขึ้นสำหรับวัสดุกลุ่มที่ 2 ด้วยเคลียแร็นซ์ 0.0054 นิ้ว (จากรูปที่ 2.13) วัสดุที่มุ่งหมายคือวัสดุกลุ่มที่ 3 ดังนั้นที่เคลียแร็นซ์ 0.0054 นิ้วในรูปที่ 2.14 หาค่าจุดต่ำสุดและสูงสุดสำหรับวัสดุกลุ่มที่ 3 จากการลากเส้นแนวนอนที่ตัดกับจุดนี้ แสดงช่วงของวัสดุที่ยอมได้อยู่ระหว่าง 0.048 ถึง 0.096 นิ้ว สำหรับเหล็กรีดเย็นความแข็งครึ่งหนึ่ง ตามที่ความหนาที่มุ่งหมายคือ 0.042 นิ้ว หรือน้อยกว่าช่วงที่ต่ำที่สุด แม่พิมพ์จึงไม่สามารถใช้ได้ โดยเหตุที่ว่าเคลียแร็นซ์ของแม่พิมพ์เดิมจะต้องต่ำกว่าช่วงค่าต่ำที่สุด สำหรับวัสดุกลุ่มที่ 3 ที่ หนา 0.042 นิ้ว

ตัวอย่างที่ 3 แม่พิมพ์ที่ทำขึ้นสำหรับใช้กับเหล็กรีดเย็นความแข็งครึ่งหนึ่ง ที่ความหนา 0.060 นิ้ว สามารถที่จะใช้กับอลูมิเนียมผสม 6061 ที่หนา 0.064 นิ้วได้หรือไม่ จากเดิมที่แม่พิมพ์ได้รับการออกแบบสำหรับวัสดุกลุ่มที่ 3 ด้วยเคลียแร็นซ์ 0.0045 นิ้ว (จากรูปที่ 2.13) วัสดุที่มุ่งหมายคือวัสดุกลุ่มที่ 2 ดังนั้นที่เคลียแร็นซ์ 0.0045 นิ้ว ในรูปที่ 2.14 หาค่าจุดต่ำสุด และสูงสุดสำหรับวัสดุกลุ่มที่ 2 จากการลากเส้นแนวนอนที่ตัดกับจุดนี้แสดงช่วงความหนาของวัสดุที่ยอมได้อยู่ระหว่าง 0.050 ถึง 0.100 นิ้ว โดยเหตุที่ความหนาที่มุ่งหมาย คือ 0.064 นิ้ว อยู่ภายในช่วงดังกล่าวแม่พิมพ์จึงสามารถใช้ได้

ด้วยการรู้เคลียแร็นซ์เพียงอย่างเดียวของแม่พิมพ์เดิมที่ได้สร้างขึ้นมาแล้ว จากรูปที่ 2.14 อาจจะใช้หาความหนาของวัสดุกลุ่มใด ๆ เพื่อจะหาว่าแม่พิมพ์สามารถใช้ได้หรือไม่ด้วย

ตัวอย่างที่ 4 เคลียแร็นซ์ที่กำหนดให้คือ 0.0045 นิ้ว ด้วยแม่พิมพ์ที่มีเคลียแร็นซ์ตามนี้จะสามารถใช้ได้กับสเตนเลสที่มีความแข็งเต็มที่ ที่หนา 0.062 นิ้ว ได้หรือไม่ วัสดุนี้เป็นวัสดุกลุ่มที่ 3 ตามค่า 0.0045 นิ้ว จากรูปที่ 2.14 หาค่าจุดสูงสุดและต่ำสุดสำหรับวัสดุกลุ่มที่ 3 จากการลากเส้นแนวนอนที่ตัดกับจุดนี้ แสดงช่วงความหนาที่ยอมได้สำหรับสเตนเลสที่มีความแข็งเต็มที่ คือ 0.040 ถึง 0.080 นิ้ว โดยเหตุที่ความหนามุ่งหมายอยู่ในช่วงดังกล่าว แม่พิมพ์จึงสามารถใช้ได้



รูปที่ 2.14 แผนภูมิการปรับเปลี่ยนความหนาวัสดุ โดยมีฐานบนเคลียแร็นซ์แม่พิมพ์ที่ได้รับการสร้างขึ้นมาแต่เดิมแล้ว

ช่วงเคลียแร็นซ์สำหรับทำการตัดได้อย่างดีและสม่ำเสมอกัน สำหรับอลูมิเนียม เป็นไปตามตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2.6 เคลียแร็นซ์รวมทั้งหมด (TOTAL CLEARANCE) สำหรับงานแบล็งกิ้งอลูมิเนียม

โลหะผสม	ช่วงของเคลียแร็นซ์, เปอร์เซ็นต์ความหนาวัสดุ
1100 – 0	7 ~ 16
1100 – T	8 ~ 17.5
2017 - T	10 ~ 18

เคลียแร็นซ์สำหรับงานพันซิ่งเหล็กแผ่นบางสำหรับงานไฟฟ้า (ELECTRICAL STEEL LAMINATIONS) แสดงในตารางที่ 2.7 ซึ่งจัดเรียงตามลำดับการลดลงของความจุซิลิกอน ซึ่งข้อมูลจะบ่งชี้ว่า ความจุของซิลิกอนยิ่งมากกว่าก็ต้องการใช้เคลียแร็นซ์ที่มากกว่าด้วย วัตถุดิบที่อ่อนกว่าจะต้องการเคลียแร็นซ์ที่น้อยกว่า

ตารางที่ 2.7 แสดงเคลียแร็นซ์ต่อด้านซึ่งมีหน่วยเป็นนิ้ว สำหรับแม่พิมพ์ลามิเนชั่น

ขนาดของเหล็ก	29 เกจ (0.0155 นิ้ว)	26 เกจ (0.0186 นิ้ว)	24 เกจ (0.0249 นิ้ว)
เกรดสำหรับทรานสฟอร์เมอร์	0.0007	0.00085	0.001
ไดนาโมพิเศษ	0.0007	0.00085	0.001
ไดนาโม	0.0006	0.00075	0.0009
งานไฟฟ้า	0.0006	0.00075	0.0006
อาร์เมเจอร์	0.0005	0.00065	0.0008
อาร์เมเจอร์สำหรับส่งออก	0.0005	0.00065	0.0008

ข้อมูลได้รับความเอื้อเฟื้อจากบริษัท STERLING TOOL

เคลียแร็นซ์สำหรับวัสดุที่ไม่เป็นโลหะ

สำหรับวัสดุที่ไม่เป็นโลหะ ซึ่งอาจจะนอกเหนือกว่า เซลลูโลสอะซีเตท (CELLULOSE ACETATE), ผ้าและกระดาษ เคลียแร็นซ์รวมทั้งหมดระหว่างพันช์และดาย ควรจะเป็น 2.5 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ สำหรับไมก้า (MICA) (ข้อมูลได้รับจากบริษัท ENGLAND MICA) ตัวอย่างเช่น กระดาษทิชชูจะต้องตัดได้อย่างเรียบร้อย กล่าวคือน้ำหนักครึ่งส่วนล่างของแม่พิมพ์ใหม่แต่เพียงอย่างเดียวนั้นไม่เพียงพอที่จะทำให้เปิดดายเซ็ตขึ้นได้ ซึ่งโดยปรกติแล้วแม่พิมพ์ที่สึกหรอโดยทั่ว ๆ ไป สามารถที่จะแยกดายเซ็ตด้วยการเขย่าและไม่จำเป็นต้องเคาะด้วยค้อน

เคลียแร็นซ์และค่าเผื่อสำหรับแม่พิมพ์ตัดขอบเรียบ (SHAVE DIES)

เมื่อต้องการตัดขอบเรียบเพียงครั้งเดียวเท่านั้น เคลียแร็นซ์มาตรฐานของผู้ผลิตชั้นนำที่ใช้คือ 0.001 นิ้วต่อด้าน ในบางกรณีเคลียแร็นซ์อาจจะเป็น 1.5 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ และจากผู้ผลิตรายเดียวกันนี้ จะใช้ค่าเผื่อในการตัดขอบเรียบต่อด้านเป็น 10 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ บวกด้วยพิกัดความเผื่อ 0.002 ± 0.001 นิ้ว ค่าเผื่อน้อยที่สุดที่ใช้ได้คือ 0.005 นิ้ว

เฟืองขนาดเล็กควรจะใช้ค่าเผื่อ 0.0035 นิ้ว สำหรับทุก ๆ ความหนา 1/32 นิ้ว ของชิ้นงานที่ตัด, การปฏิบัติการตัดขอบเรียบแบบ 2 ขั้นตอน ควรจะย้ายค่าเผื่อ 2/3 ในการตัดขอบเรียบครั้งแรก และนำมาสมดุลย์ในการตัดขอบเรียบครั้งที่สอง

ค่าเผื่อสำหรับการตัดขอบเรียบกับโลหะที่อ่อนกว่า จะต้องโตกว่าที่ใช้กับโลหะที่แข็งกว่า ตารางเปรียบเทียบ ตารางที่ 2.8 และตารางที่ 2.9 ซึ่งนำมาจากแผ่นข้อมูลมาตรฐานของผู้ผลิตรายอื่น

ดายที่ตัดรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 1 นิ้ว ต้องคอยดูแลอย่างใกล้ชิด เนื่องจากขนาดชิ้นงานที่ตัดที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางต่ำกว่า 1 นิ้ว จึงต้องคอยดูว่าจะมีขนาดเพิ่มขึ้นอย่างไร ค่าเผื่อควรจะเพิ่มให้กับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของพันช์ หรือลบออกจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของดาย (ตารางที่ 2.10) ในกรณีที่รูปร่างที่กำหนดให้เป็นรูปร่างที่ไม่สม่ำเสมอ ควรที่จะเพิ่มหรือลดขนาดโดยรอบพันช์ หรือดาย เป็น 1.5 เท่าของค่าในตาราง

ตารางที่ 2.8 ค่าเผื่อต่อด้านสำหรับการตัดของเรียบ (นิ้ว) สำหรับเหล็ก, ทองเหลืองและเงิน

วัสดุ / ความหนาของแบล็งค์ (นิ้ว)	เหล็ก			
	ความแข็ง 90-105 RB	ความแข็ง 75-90 RB	ความแข็ง 50-66 RB	ทองเหลืองและเงินเยอรมัน
เมื่อทำการตัดขอบเรียบเพียงครั้งเดียว				
3/64 (0.0468)	0.0025	0.003	0.004	0.005
1/16 (0.0625)	0.003	0.004	0.005	0.006
5/64 (0.0780)	0.0035	0.005	0.006 ~ 0.007	0.007
3/32 (0.0938)	0.004	0.006	0.007 ~ 0.008	0.008
7/64 (0.1094)	0.005	0.007	0.009 ~ 0.011	0.01
1/8 (0.1250)	0.007	0.009	0.012 ~0.014	0.014
เมื่อทำการตัดขอบเรียบต้องใช้การตัดขอบเรียบครั้งที่สอง				
3/64 (0.0468)	0.00125	0.0015	0.002	0.0025
1/16 (0.0625)	0.0015	0.002	0.0025	0.003
5/64 (0.0780)	0.00175	0.0025	0.003 ~ 0.0035	0.0035
3/32 (0.0938)	0.002	0.003	0.0035 ~ 0.004	0.004
7/64 (0.1094)	0.0025	0.0035	0.0045 ~ 0.0055	0.005
1/8 (0.1250)	0.0035	0.0045	0.006 ~0.007	0.007

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.9 ค่าเผื่อในการตัดขอบเรียบสำหรับอลูมิเนียม

ความหนา (นิ้ว)	ค่าเผื่อในการตัดครั้งแรก (นิ้ว)	ค่าเผื่อในการตัดครั้งสุดท้าย (นิ้ว)
0.03	-	0.004
0.05	-	0.006
0.06	-	0.007
0.08	0.007	0.003
0.100	0.008	0.004
0.125	0.010	0.005
0.175	0013	0.007
0.250	0.020	0.010

ตารางที่ 2.10 ค่าเผื่อชดเชยสำหรับการเปลี่ยนแปลงขนาดของชิ้นงานในลักษณะรูกลม

ความหนาวัสดุ (เกจ)	ค่าเผื่อ * (นิ้ว)
น้อยกว่า เกจ 22	0.001
เกจ 22 ~ 16	0.0015
เกจ 16 ~ 10	0.002

* เพิ่มให้กับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพันช์ หรือลบออกจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตาย

จุดมุ่งหมายในการตรวจเคลียแร็นซ์

การตรวจสอบเคลียแร็นซ์หรือช่องว่างระหว่างพันซ์และดาย มีจุดมุ่งหมายหลายประการ ได้แก่

1. ตรวจสอบเพื่อดูว่าเคลียแร็นซ์ภายหลังการเจียระไนคมตัดทั้งพันซ์และดาย เพื่อให้เกิดคมตัดใหม่นั้น จะยังคงสามารถใช้ได้ต่อไปอีกหรือไม่

2. ตรวจสอบภายหลังการเจียระไนและภายหลังการประกอบชิ้นส่วนที่ถอดออกมาเจียระ-ไน เช่น อินเสิร์ท พันซ์ หรืออินเสิร์ท ดาย เพราะภายหลังการเจียระไนคมตัดและนำมาตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์แล้ว รอยที่อหรือสึกหรอได้ถูกเจียระไนออกไปหมดแล้ว แต่เมื่อนำมาประกอบแล้วเกิดความผิดพลาดในขณะประกอบ ทำให้เกิดการแตกบิ่นหรือสึกหรอที่คมตัดขึ้นได้ จึงควรมีการตรวจสอบเพื่อแก้ไขปัญหานี้

3. ตรวจสอบเพื่อปรับแก้ไขเคลียแร็นซ์ เมื่อเกิดปัญหากับชิ้นงานหรือในกรณีเปลี่ยนชิ้นส่วนอินเสิร์ท พันซ์ และอินเสิร์ท ดาย คู่ใหม่ ซึ่งเกิดความผิดพลาดในการผลิตชิ้นส่วนแต่สามารถปรับแก้แล้วนำมาใช้งานได้

4. ตรวจสอบเพื่อยืนยันการป้องกันการประกอบผิดของช่างซ่อมบำรุง อันจะเป็นการป้องกันความเสียหายที่จะเกิดกับแม่พิมพ์ เมื่อนำแม่พิมพ์ไปติดตั้งหรือผลิต เพราะลักษณะรูปร่างอินเสิร์ท พันซ์และอินเสิร์ท ดาย บางรูปร่างไม่สามารถออกแบบเพื่อป้องกันการประกอบผิดได้

5. ตรวจสอบเพื่อยืนยันเคลียแร็นซ์ภายหลังการประกอบว่าถูกต้อง และเหมาะสมหรือไม่ โดยการเปรียบเทียบกับการตรวจสอบครั้งก่อนหน้า ซึ่งได้ผ่านการผลิตชิ้นงานที่ดีมาแล้ว

6. ตรวจสอบเพื่อวิเคราะห์ปัญหาต่าง ๆ เช่น ปัญหาที่แม่พิมพ์เสียหายระหว่างการผลิตชิ้นงาน ปัญหาชิ้นงานมีขนาดไม่ได้ตามขนาดกำหนดในแบบ, ปัญหาชิ้นงานมีลักษณะรูปร่างภายนอกแตกต่างจากครั้งก่อนหน้า ซึ่งในบางครั้งอาจมีความจำเป็นที่ต้องพิจารณาเคลียแร็นซ์เพื่อเปรียบเทียบกันระหว่างที่ยังไม่ได้ติดตั้งแม่พิมพ์กับภายหลังติดตั้งแม่พิมพ์บนเครื่องจักรแล้ว เพื่อวิเคราะห์ว่าปัญหาที่เกิดขึ้นนั้นมีสาเหตุมาจากความคลาดเคลื่อนของเครื่องปั๊มหรือแม่พิมพ์

วิธีการตรวจสอบเคลียแร็นซ์

วิธีการตรวจสอบเคลียแร็นซ์ต่อไปนี้ เหมาะสำหรับแม่พิมพ์ที่มีความละเอียดขนาดเล็กที่มีเคลียแร็นซ์ไม่เกิน 6 เปอร์เซ็นต์ของความหนาของวัสดุ โดยในที่นี้เครื่องมือวัดที่จะเป็นเครื่องมือช่วยในการตรวจสอบเคลียแร็นซ์ คือกระดาษทิชชูแผ่นเรียบ อย่างไรก็ตามการตรวจสอบด้วยกระดาษทิชชูนั้นไม่สามารถวัดค่าออกมาเป็นการวัดเชิงปริมาณหรืออ่านเป็นตัวเลขได้เช่นเดียวกันกับเครื่องมือวัดอื่น ๆ จึงมีความจำเป็นอยู่เองที่ผู้ตรวจสอบจักต้องใช้ทักษะหรือฝึกฝนประสบการณ์ในขั้นแรกนี้ การตรวจเคลียแร็นซ์ของแม่พิมพ์ใด ๆ นั้น จะตรวจสอบขณะที่ประกอบสตริปเปอร์เพลทอยู่หรือไม่ ขอให้พิจารณาดังนี้

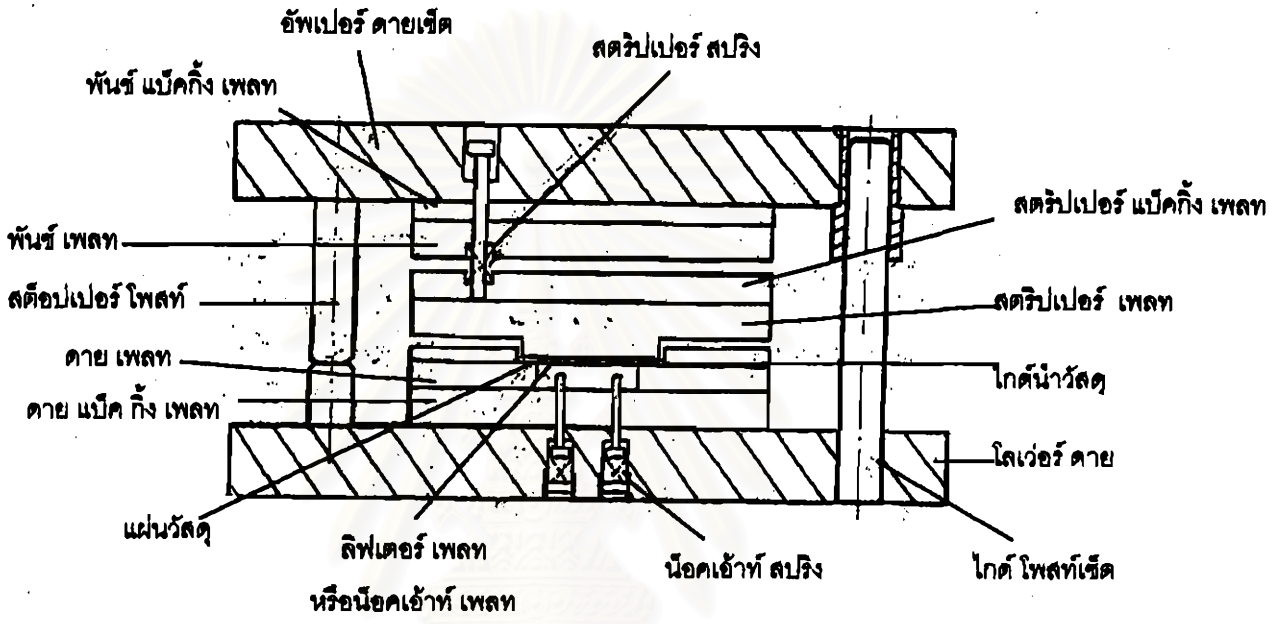
1. ในกรณีที่สตริปเปอร์ เพลทนั้นไม่ได้ออกแบบให้ทำหน้าที่เป็นไกด์นำ หรือทำหน้าที่กำหนดตำแหน่งของพันช์ ซึ่งจะมีช่องว่างระหว่างพันช์กับสตริปเปอร์เพลทต่อด้านเท่ากับ 0.05 ถึง 0.1 ม.ม. จะตรวจสอบโดยการประกอบสตริปเปอร์ เพลทอยู่หรือไม่ก็ได้

2. ในกรณีที่สตริปเปอร์ เพลทนั้นได้ถูกออกแบบให้ทำหน้าที่เป็นไกด์นำ หรือทำหน้าที่กำหนดตำแหน่งของพันช์ ก่อนที่จะเคลื่อนที่ตัดเฉือนวัสดุและเคลื่อนที่เข้าไปในรูดาย ซึ่งจะมีช่องว่างระหว่างพันช์ กับสตริปเปอร์ เพลทต่อด้านเท่ากับ 0.005 ถึง 0.01 ม.ม. จะต้องตรวจสอบขณะที่ประกอบสตริปเปอร์ เพลทอยู่เท่านั้น เพราะเป็นภาวะที่ทำการตัดเฉือนขึ้นรูปชิ้นงานในสภาวะปรกติของพิมพ์ ยกเว้นการตรวจสอบในกรณีที่เปลี่ยนอินเสิร์ท พันช์ หรืออินเสิร์ท ดาย หรือเปลี่ยนทั้งอินเสิร์ท พันช์ และอินเสิร์ท ดายพร้อมกัน จะต้องตรวจสอบทั้งในขณะที่ประกอบและไม่ประกอบสตริปเปอร์ เพลทอยู่ เพื่อทำการเปรียบเทียบและหรือตรวจสอบชิ้นส่วนใหม่เหล่านี้ว่าถูกต้องหรือไม่

และไม่ว่าจะตรวจสอบในกรณีที่ 1 หรือ 2 ถ้าสตริปเปอร์ เพลทมีการออกแบบให้เป็นแบบเคลื่อนที่ได้ (MOVABLE STRIPPER) จะต้องมีการถอดชิ้นส่วนที่เป็นสปริงหรืออื่น ๆ ที่ทำหน้าที่ส่งแรงจับยึดชิ้นงาน และปลดชิ้นงาน ให้กับสตริปเปอร์ เพลทออกเสียก่อน รวมทั้งสปริงต่าง ๆ ของชุดน็อคเอ้าท์ หรือลิฟเตอร์ เพลท ที่อยู่ด้านดายหรือโลเวอร์ ดายเซ็ต (LOWER DIESET)

ลำดับขั้นตอนการตรวจสอบเคลียแร็นซ์ด้วยกระดาษทิชชูแผ่นเรียบ

การตรวจสอบอาจปฏิบัติตามขั้นตอนต่อไปนี้หรือประยุกต์ให้เหมาะสมกับลักษณะแม่พิมพ์นั้น ๆ



รูปที่ 2.15 แสดงโครงสร้างต่าง ๆ ของแม่พิมพ์ ในลักษณะโครงภาพตัดหมุน

1. ถอดชิ้นส่วนที่เป็นสปริงหรืออื่น ๆ ที่ส่งแรงให้กับสตริปเปอร์ เพลท และน็อคเอ้าท์เพลท หรือ ลิฟเตอร์ เพลท

2. ทดสอบการเคลื่อนที่ขึ้นลงของสตริปเปอร์ เพลท จะต้องสามารถเคลื่อนที่ได้คล่องตัว เหมือนขณะอยู่ในสภาวะการตัดเฉือนขึ้นรูป

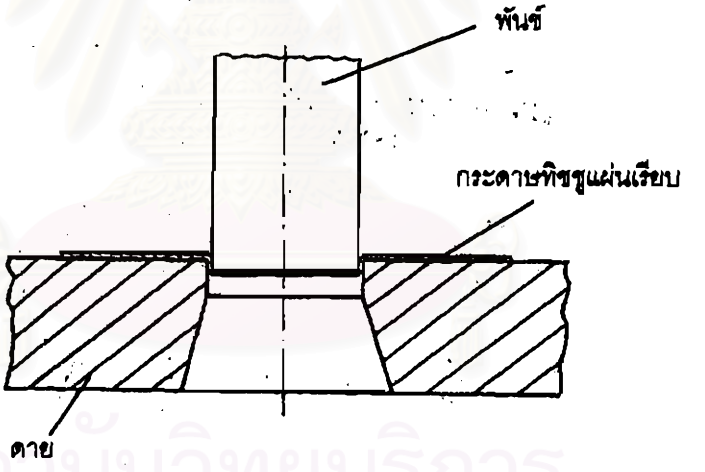
3. เช็ดทำความสะอาดที่ดาย เพลท, สตริปเปอร์ เพลท รวมทั้งบริเวณปลายพันช์ที่จะทดสอบเคลียแร็นซ์ของคมตัด ต้องไม่มีคราบน้ำมันติดอยู่ เพื่อให้การวิเคราะห์รอยตัดกระดาษได้ดียิ่งขึ้น

4. ตัดกระดาษทิชชูแผ่นเรียบให้ได้ขนาดโตกว่าแนวเส้นรอบรูปของขอบคมตัด พันช์ และดาย คู่นั้น ๆ พอประมาณ และวางกระดาษทิชชูทับบนเส้นรอบรูปคมตัดบนดาย หรือ ดาย เพลท

5. ยกชุดอัพเปอร์ดายเซ็ทขึ้นโดยใช้ ฮอยส์ เครน (HOIST CRAIN) ขนาดเล็ก ซึ่งเป็นแบบส่งกำลังด้วยโซ่ที่สามารถใช้มือควบคุมการเคลื่อนที่ได้ จะทำให้การควบคุมการเคลื่อนที่ทำได้ดีกว่าแบบอื่น ๆ และให้ตรวจยืนยันการเคลื่อนที่ของสตริปเปอร์ เพลทอีกครั้ง

6. สวมชุด อัพเปอร์ ดายเซ็ท (UPPER DIESET) ให้เข้าคู่กับ โลเวอร์ ดายเซ็ต (LOWER DIESET) โดยมีไกด์ โพสท์เซ็ต (GUIDEPOST SET) เป็นตัวกำหนดตำแหน่งให้แม่พิมพ์สวมเข้ากันได้ถูกต้อง

7. เคลื่อนชุดอัพเปอร์ ดายเซ็ต เข้าคู่กันกับโลเวอร์ ดายเซ็ต ทางด้านล่างอย่างช้า ๆ ต้องเคลื่อนที่อย่างได้ระนาบและไม่เกิดการขัดตัวหรืองัดเกิดขึ้น จนกระทั่งสัมผัสแนบสนิทกันสนิทโดยน้ำหนักตัวของชุดอัพเปอร์ ดายเซ็ตเอง ซึ่งเป็นตำแหน่งที่พันช์จะเคลื่อนที่ผ่านเข้าไปในขอบคมตัดของดายเล็กน้อย และถือเป็นตำแหน่งการทำงานตัดเฉือนโลหะตามปรกติ (ดังรูปที่ 2.16) แม่พิมพ์ที่ออกแบบเป็นชนิดถอดอินเสิร์ท พันช์ และอินเสิร์ท ดายได้จะมีสต็อปเปอร์โพสท์เป็นตัวกำหนดระยะนี้



รูปที่ 2.16 แสดงขณะพันช์เคลื่อนที่ตัดกระดาษทิชชูแผ่นเรียบและเคลื่อนที่เข้าไปในดาย

8. เคลื่อนชุดอัพเปอร์ ดายเซ็ตออกจากชุดโลเวอร์ ดายเซ็ต

9. ตรวจสอบและวิเคราะห์รอยตัดบนกระดาษ ซึ่งการตรวจสอบในระยะแรกนั้น ผู้ตรวจสอบที่ยังไม่มีความชำนาญ อาจใช้กล้องจุลทรรศน์ช่วยในการวิเคราะห์จะทำให้วิเคราะห์ได้ง่ายขึ้น ผลการวิเคราะห์มีดังนี้

9.1 กระดาษมีรอยฉีกขาดอย่างเห็นได้ชัด แสดงว่าเคลียแรนซ์แคบหรือน้อยเกินไป ต้องแก้ไข

9.2 กระดาษไม่มีรอยขาดแต่มีรอยที่ลู่ไปตามพันช์ที่เคลื่อนที่เข้าไปในดาย แสดงว่าเคลียแร็นซ์กว้างหรือมากเกินไปต้องแก้ไข

9.3 กระดาษมีรอยฉีกขาดบ้าง แต่มีเยื่อกระดาษบาง ๆ อยู่ แสดงว่าเคลียแร็นซ์พอดี

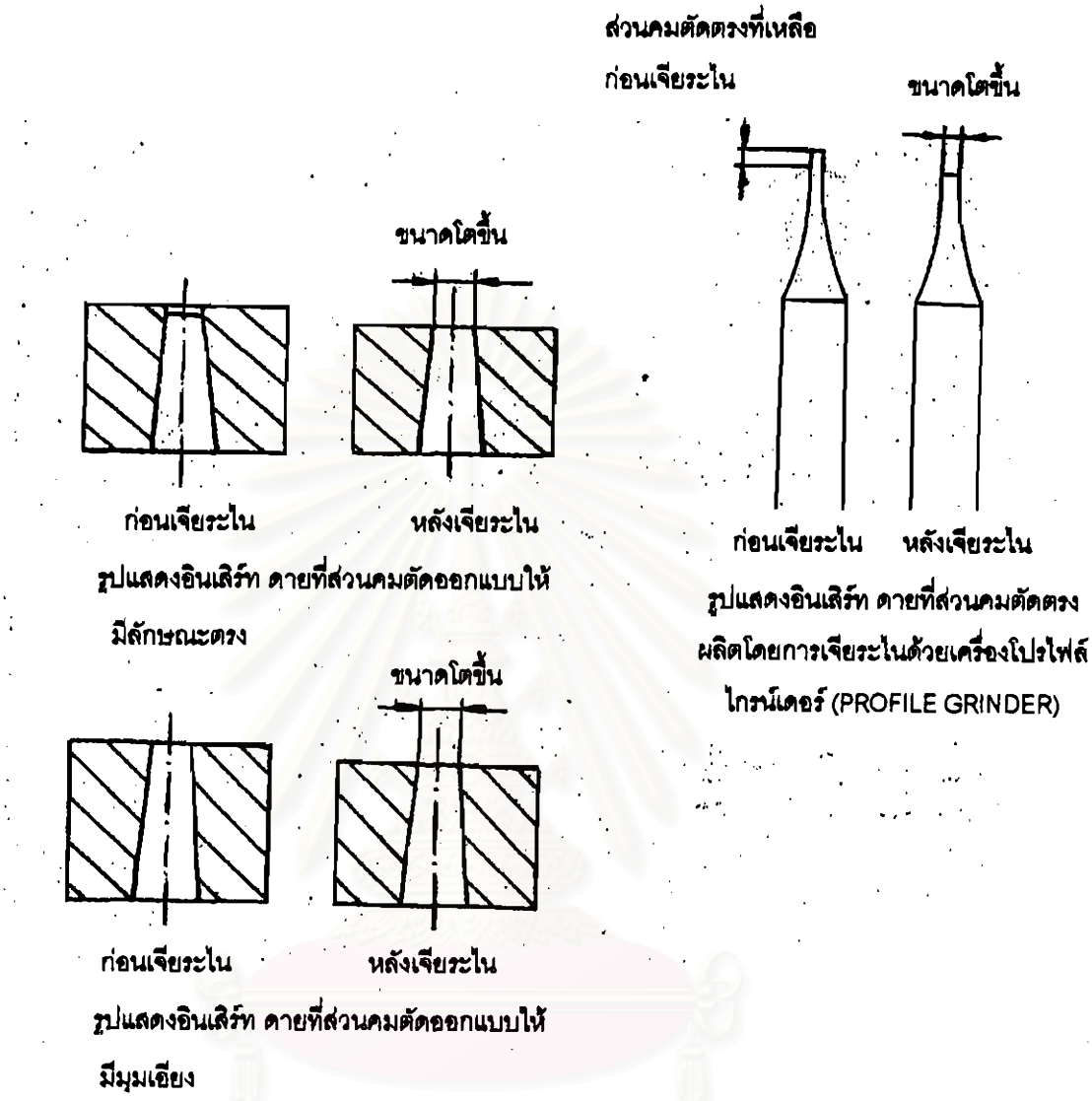
อย่างไรก็ตามผลการวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบเคลียแร็นซ์ที่ถูกต้อง ควรตรวจสอบยืนยันอีกครั้งกับรอยตัดชิ้นงาน เมื่อนำแม่พิมพ์ไปผลิตอีกครั้งหนึ่ง และเนื่องจากการออกแบบเคลียแร็นซ์ให้เหมาะสมกับแต่ละลักษณะงานมีความแตกต่างกัน ดังนั้นภายหลังการวิเคราะห์และตรวจยืนยันกับชิ้นงานที่ตัดเฉือนจริงแล้ว ควรทำตัวอย่างผลการตัดกระดาษในข้อ 9.1 ถึง 9.3 เพื่อใช้อ้างอิงเคลียแร็นซ์ที่ดีและไม่ดีของแม่พิมพ์นั้น ๆ ในโอกาสต่อ ๆ ไปด้วย

การปรับแก้เคลียแร็นซ์

เมื่อการตรวจสอบเคลียแร็นซ์ระหว่างพันช์และดายไม่บรรลุจุดมุ่งหมาย ตามที่ได้ออกแบบไว้ จะดำเนินการแก้ไขดังนี้

1. เมื่อตรวจสอบภายหลังการเจียระไนคมตัดพันช์ และดายแล้ว เคลียแร็นซ์มากเกินไป เนื่องจากพันช์หรือ ดาย หมดอายุการใช้งาน ทำให้ไม่สามารถใช้งานได้ ดูรูปที่ 2.17

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปแสดงอินเสิร์ท ดายที่ส่วนคมตัดออกแบบให้มีลักษณะตรง

รูปแสดงอินเสิร์ท ดายที่ส่วนคมตัดตรง ผลิตโดยการเจียระไนด้วยเครื่องโปรไฟล์ไกรน์เดอร์ (PROFILE GRINDER)

รูปแสดงอินเสิร์ท ดายที่ส่วนคมตัดออกแบบให้มีมุมเอียง

รูปที่ 2.17 แสดงลักษณะต่าง ๆ ของอินเสิร์ทพันช์ และอินเสิร์ท ดาย ที่ไม่สามารถใช้งานต่อไปได้ภายหลังการเจียระไนลับคมตัด เนื่องจากหมดอายุการใช้งาน

จากรูป แสดงให้เห็นถึงลักษณะคมตัดเปรียบเทียบก่อนและหลังเจียระไนแล้ว ทำให้ใช้งานต่อไปไม่ได้ การตรวจสอบว่าพันช์หรือดายนั้น ๆ สามารถใช้งานได้อีกต่อไปหรือไม่ อาจใช้วิธีการตรวจสอบเคลียแร็นซ์ด้วยการตัดกระดาษทิชชูแผ่นเรียบก็ได้ หรือถ้าผู้ซ่อมมีความชำนาญประกอบกับเครื่องมือในการตรวจสอบเพียงพอ ก็สามารถตรวจสอบด้วยวิธีการต่อไปนี้ได้ เช่น

1.1 ตรวจสอบความยาวหรือความสูงของพันช์ หรือดายเทียบกับขนาดในแบบซึ่งสามารถดูได้จากแบบของอินเสิร์ทพันช์หรืออินเสิร์ทดาย ได้ว่าเมื่อมีความยาวหรือความสูงลด

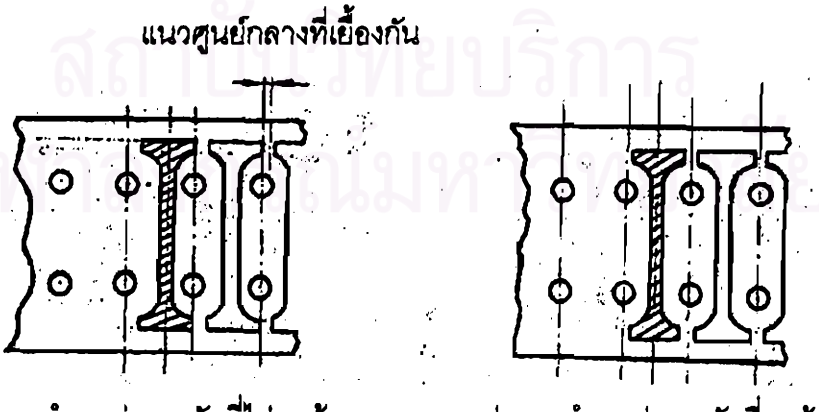
ลงเหลือเท่าใด จึงจะไม่สามารถใช้งานต่อไปได้ แต่บางครั้งการผลิตชิ้นส่วนมาไม่ได้ตามแบบ อาจมีผลให้อินเสิร์ท พันช์หรืออินเสิร์ท ตายนั้น ๆ หมดอายุการใช้งานก่อนหรือหลังขนาดที่ระบุไว้ในแบบก็ได้

1.2 ตรวจสอบขนาดคมตัดของอินเสิร์ท พันช์หรือตาย เทียบกับแบบโดยการใช้เครื่องมือวัด เช่น เมเฌอร์ สโคป (MEASURE SCOPE) หรือ โปรไฟล์ โปรเจ็คเตอร์ (PROFILE PROJECTOR) เป็นต้น แต่วิธีนี้อาจมีความคลาดเคลื่อนอยู่บ้างในกรณีที่แม่พิมพ์มีความละเอียดและถูกออกแบบให้มีเคลียแร็นซ์น้อย ๆ จึงทำให้ผลการวัดขนาดส่วนคมตัดของอินเสิร์ทตาย และอินเสิร์ท พันช์ ใกล้เคียงกันมาก

2. เมื่อประกอบอินเสิร์ท พันช์ และอินเสิร์ท ตายแล้วเกิดความผิดพลาด จนทำให้เกิดการแตกบิ่นหรือสึกหรอของคมตัดขึ้น จะทำให้ผลการตัดกระดาษทิชชูตรงส่วนนี้ไม่เกิดการฉีกขาด ในขณะที่บริเวณขอบคมตัดอื่น ๆ ตามเส้นรอบรูปเกิดการฉีกขาด จึงต้องทำการถอดอินเสิร์ท พันช์ และอินเสิร์ท ตาย ที่แตกบิ่นหรือสึกหรอนั้น ออกมาเจียระไนลับคมตัดใหม่ พร้อมกับหาวิธีป้องกันไม่ให้เกิดการประกอบผิดในลักษณะเดียวกันนี้อีก

3. เมื่อเปลี่ยนชิ้นส่วนอินเสิร์ท พันช์ หรือ อินเสิร์ท ตาย ชิ้นใหม่ แล้วทำให้เกิดปัญหากับขนาดของชิ้นงาน ให้ทำการตรวจสอบยืนยันอีกครั้งว่ามีสาเหตุมาจากการเปลี่ยนชิ้นส่วนใหม่เข้าไปจริง โดยการตรวจสอบจากสเกลิตัน (SKELETON) หรือแผ่นวัสดุที่ถูกตัดเฉือนขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์นั้น ๆ ด้วยการเปรียบเทียบสเกลิตัน ระหว่างก่อนและหลังทำการเปลี่ยนชิ้นส่วน

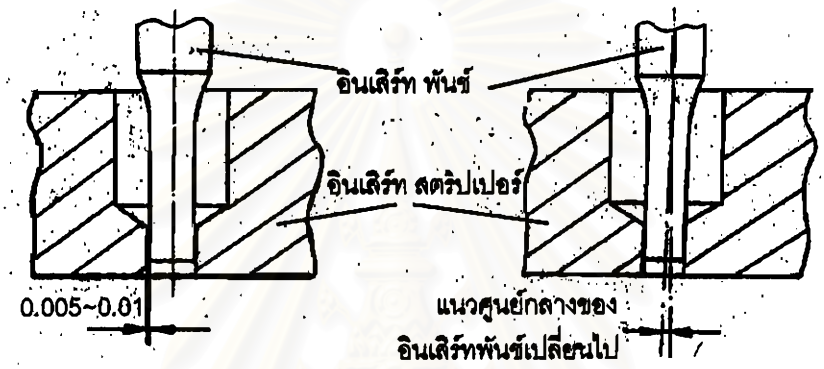
3.1 ในกรณีเปลี่ยนชิ้นส่วนใหม่ แล้วทำให้ขนาดของการตัดเปลี่ยนไปเนื่องจากแนวศูนย์กลางของอินเสิร์ท พันช์ และอินเสิร์ท ตาย เปลี่ยนไป (รูปที่ 2.18)



รูปแสดงตำแหน่งการตัดที่ไม่ถูกต้อง รูปแสดงตำแหน่งการตัดที่ถูกต้อง

รูปที่ 2.18 แสดงลักษณะแนวศูนย์กลางการตัดของอินเสิร์ท พันช์ และอินเสิร์ท ตาย ที่ถูกต้องและไม่ถูกต้อง

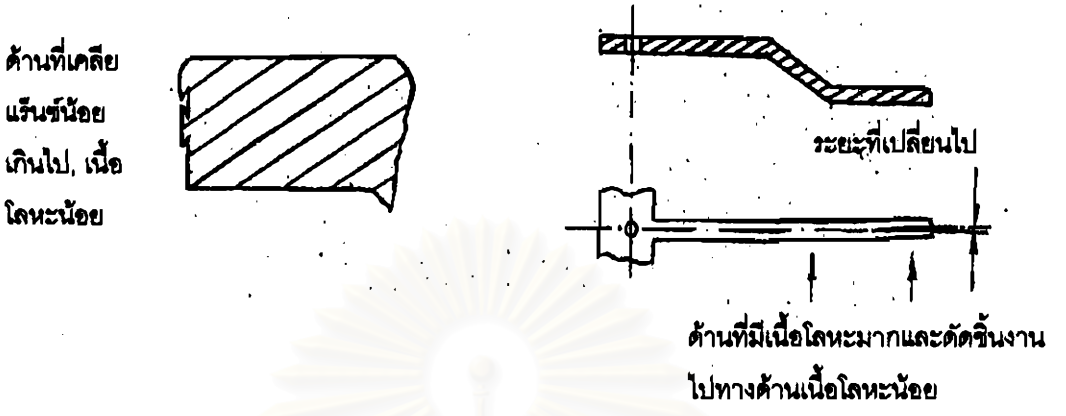
และเมื่อทราบสาเหตุว่าเกิดจากการเปลี่ยนชิ้นส่วนใหม่เข้าไปก็อาจจะพิจารณาเปลี่ยนชิ้นส่วนหรือปรับแก้ชิ้นส่วนนั้น ๆ ใหม่อีกครั้ง ในกรณีนี้มักจะเกิดขึ้นเมื่อทำการเปลี่ยนสตริปเปอร์ อินเสิร์ท ที่ได้รับการออกแบบให้ทำหน้าที่เป็นไกด์นำพันช์ ซึ่งจะมีช่องว่างระหว่างพันช์กับสตริปเปอร์อินเสิร์ท ต่อด้านเท่ากับ 0.005 ถึง 0.01 ม.ม. เพราะสามารถเป็นไกด์นำหรือบังคับให้พันช์เคลื่อนที่เข้าสู่ดายตามทิศทางที่ต้องการได้ (รูปที่ 2.19)



รูปที่ 2.19 แสดงอิทธิพลของอินเสิร์ท สตริปเปอร์ที่มีผลต่อแนวศูนย์กลางของอินเสิร์ท พันช์

3.2 กรณีเปลี่ยนชิ้นส่วนใหม่แล้วทำให้ขนาดของการตัดขึ้นรูปเปลี่ยนไป เนื่องจากเคลียแร็นซ์ตามแนวเส้นรอบรูปไม่เท่ากัน

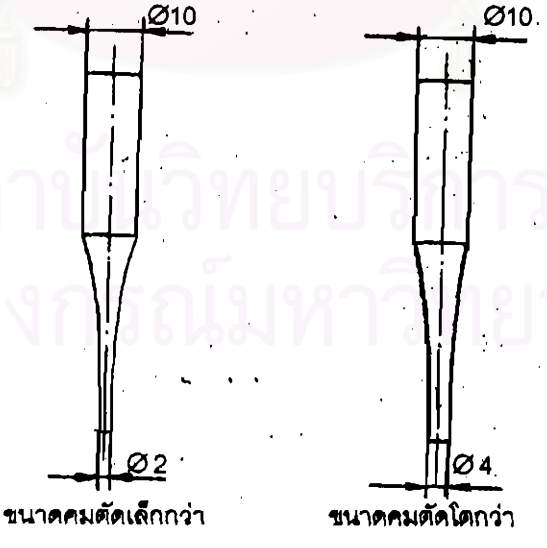
ไม่ว่าการเปลี่ยนชิ้นส่วนอันใหม่อันได้แก่ อินเสิร์ท พันช์, อินเสิร์ท ดาย หรืออินเสิร์ทสตริปเปอร์ แล้วทำให้เคลียแร็นซ์ในการตัดเฉือนไม่เท่ากันตลอดแนวเส้นรอบรูปคมตัด ก็จะมีผลทำให้เกิดลักษณะรอยตัดที่แตกต่างกัน และเมื่อผ่านขบวนการตัดขึ้นรูปแล้ว จะทำให้ชิ้นงานด้านที่มีเนื้อโลหะมากขยายตัวได้มากกว่า จึงดันให้ชิ้นงานเอียงหรือบิดไปด้านที่มีเนื้อโลหะน้อยกว่า (ดังรูปที่ 2.20) ซึ่งจะมีผลทำให้ขนาดชิ้นงานเปลี่ยนไป จึงต้องทำการปรับหรือเปลี่ยนชิ้นส่วนใหม่อีกครั้ง



รูปที่ 2.20 แสดงอิทธิพลของเคลียแร็นซ์ที่มีผลกระทบต่อรอยตัด และทิศทางการดัดขึ้นรูปของชิ้นงาน

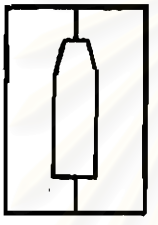
4. เมื่อตรวจสอบเพื่อยืนยันป้องกันการประกอบผิดของช่างซ่อมบำรุง

4.1 ประกอบอินเสิร์ทพันซ์ที่มีขนาดโคนพันซ์เท่ากัน แต่ขนาดคมตัดไม่เท่ากัน อย่างไรก็ตามลักษณะการประกอบผิดเช่นนี้ จะเกิดก่อนที่จะทราบผลการตรวจสอบเคลียแร็นซ์ได้ เพราะว่าช่วงที่จะประกอบสตริปเปอร์เพลท เข้ากับแม่พิมพ์จะไม่สามารถประกอบเข้ากันได้ เนื่องจากคมตัดของพันซ์มีขนาดหรือรูปร่างต่างไปจากชิ้นส่วนเดิมนั่นเอง (รูปที่ 2.21)

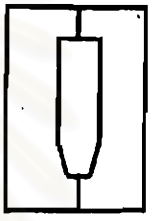


รูปที่ 2.21 แสดงขนาดอินเสิร์ท พันซ์ที่ขนาดโคนพันซ์เท่ากัน แต่คมตัดมีขนาดและหรือรูปร่างที่แตกต่างกัน

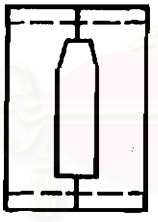
4.2 ประกอบอินเสิร์ท ดายหรืออินเสิร์ท สตริปเปอร์ สลับตำแหน่งหรือกลับทิศทางกัน ลักษณะการประกอบผิดเช่นนี้ โดยส่วนใหญ่มักจะเกิดขึ้นกับอินเสิร์ท ดายและอินเสิร์ท พันช์มากกว่า เพราะว่าเมื่อทำการเจียระไนลับคมตัดจะมีการถอดเฉพาะอินเสิร์ท พันช์ และอินเสิร์ท ดายเท่านั้น ส่วนอินเสิร์ท สตริปเปอร์จะไม่ถูกถอดออก และจะทราบว่ามีการประกอบผิดเมื่อทำการตรวจสอบเคลียแร็นซ์ด้วยการตัดกระดาษทิชชู เนื่องจากขณะที่อัพเปอร์ดายเซ็ตเคลื่อนที่เข้าหาโลเว่อร์ดายเซ็ต เพื่อตรวจสอบเคลียแร็นซ์นั้น พันช์จะไม่สามารถเคลื่อนเข้าไปภายในดายได้ เนื่องจากการประกอบอินเสิร์ทดายสลับตำแหน่งหรือกลับทิศทางกันนั่นเอง



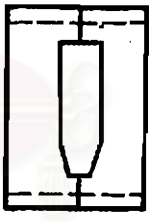
อินเสิร์ทดายที่ประกอบถูกต้อง



อินเสิร์ทดายที่ประกอบผิด



อินเสิร์ทดายที่ประกอบถูกต้อง



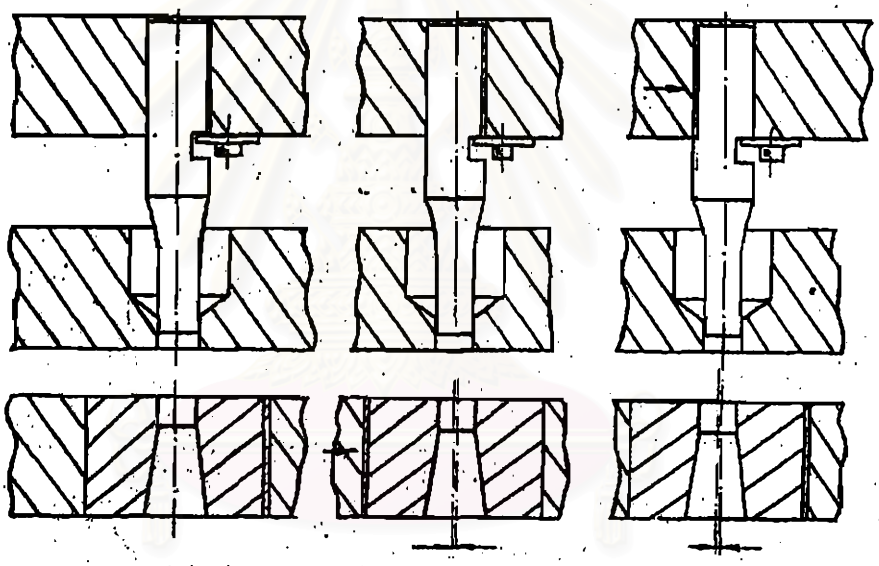
อินเสิร์ทดายที่ประกอบผิด

รูปที่ 2.22 แสดงอินเสิร์ทดายและอินเสิร์ทสตริปเปอร์ ที่มีโอกาสประกอบผิดได้

อย่างไรก็ตาม การตรวจสอบยืนยันเพื่อป้องกันการประกอบผิดอีกวิธีหนึ่งที่สามารถทำได้ คือ ภายหลังการประกอบชิ้นส่วนอินเสิร์ทเสร็จแล้ว ให้นำแผ่นสเกลดันของการตัดเฉือนขึ้นรูปครั้งที่ผ่านมา นำมาเทียบกับลำดับการตัดเฉือนขึ้นรูปทั้งที่พันช์เพลท, สตริปเปอร์เพลท และดายเพลท แต่วิธีนี้ช่างซ่อมบำรุงมักจะลืม ควรออกแบบหัวข้อการตรวจสอบ "การประกอบด้วยการเทียบสเกลดัน" เอาไว้ในใบตรวจสอบของการซ่อมบำรุงแม่พิมพ์ด้วย

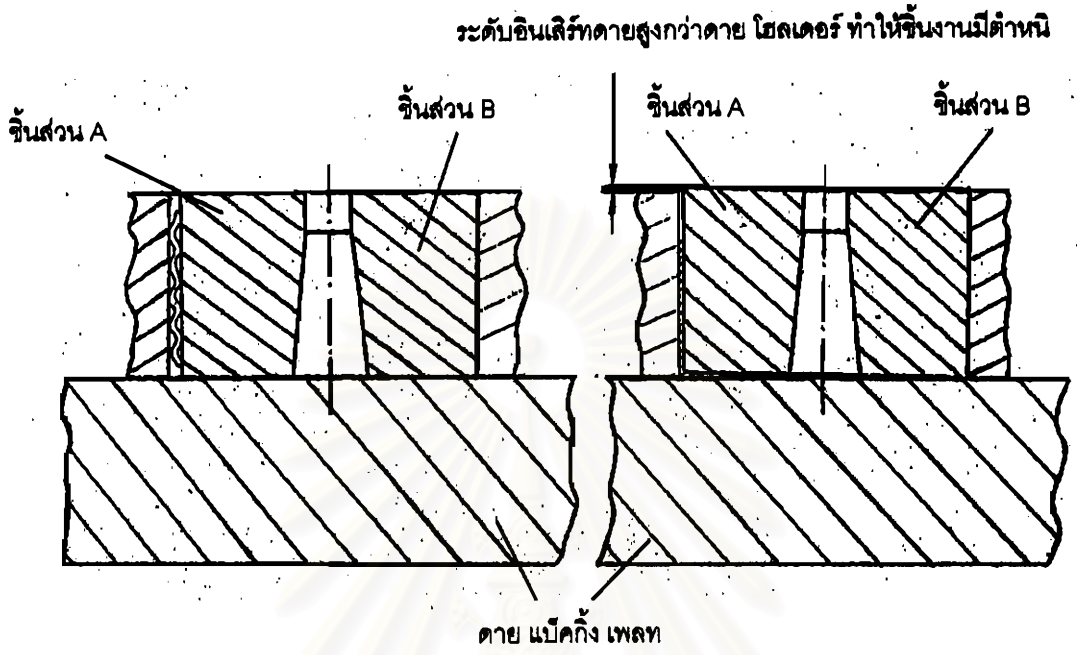
5. เมื่อตรวจสอบยืนยันเคลียแร็นซ์ภายหลังการประกอบแล้ว ผลการตรวจสอบปรากฏว่าไม่ถูกต้องเมื่อเปรียบเทียบกับผลการตรวจสอบในครั้งก่อนหน้า ซึ่งเคยผ่านการผลิตชิ้นงานที่ดีมาแล้ว อันอาจจะมีสาเหตุมาจาก

5.1 ชิ้นส่วนอินเสิร์ทที่ผ่านการแมชินิ่ง (MACHINING) มาผิดจากแบบและได้ถูกปรับแก้ให้สามารถใช้งานได้โดยการเจียระไนและเสริมสเปเซอร์ (SPACER) หรือแผ่นชิม (SHIM) ด้านข้างมาแล้ว แต่ภายหลังการถอดออกมาเจียระไนคมตัดแล้ว ได้ประกอบสเปเซอร์สลับด้าน ทำให้เคลียแร็นซ์จากการตรวจสอบเปลี่ยนไป ดังนั้นต้องถอดออกมาตรวจสอบอีกครั้ง แล้วควรเขียนค่าความหนาของสเปเซอร์ไว้ด้านข้างของชิ้นส่วนอินเสิร์ทนั้น ๆ เพื่อให้ช่างซ่อมบำรุงคนอื่น ๆ ทราบ และถือเป็นการเตือนความจำได้อีกด้วย



รูปที่ 2.23 แสดงลักษณะการประกอบชิ้นส่วนอินเสิร์ท ร่วมกับสเปเซอร์

5.2 สเปเซอร์ด้านข้างที่หักหรือยับย่น และหรือเลื่อนไปรองอยู่ใต้อินเสิร์ท พันซ์ หรืออินเสิร์ท ตาย มักจะเกิดขึ้นกับการประกอบสเปเซอร์แผ่นบาง ๆ เช่น 0.005 ถึง 0.05 มม. อันมีผลกระทบต่อเคลียแร็นซ์ให้เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม จึงควรถอดออกมาตรวจสอบ และเปลี่ยนสเปเซอร์ที่ดีเข้าไปแทนในตำแหน่งที่ถูกต้อง และให้ตรวจยืนยันเคลียแร็นซ์โดยการตัดกระดาษทิชชูแผ่นเรียบที่จุดนี้อีกครั้ง



รูปที่ 2.24 แสดงลักษณะการประกอบสเปเซอร์ด้านข้างที่หักหรือยับย่น และที่เลื่อนไปรองอยู่ใต้อินเสิร์ท ดาย

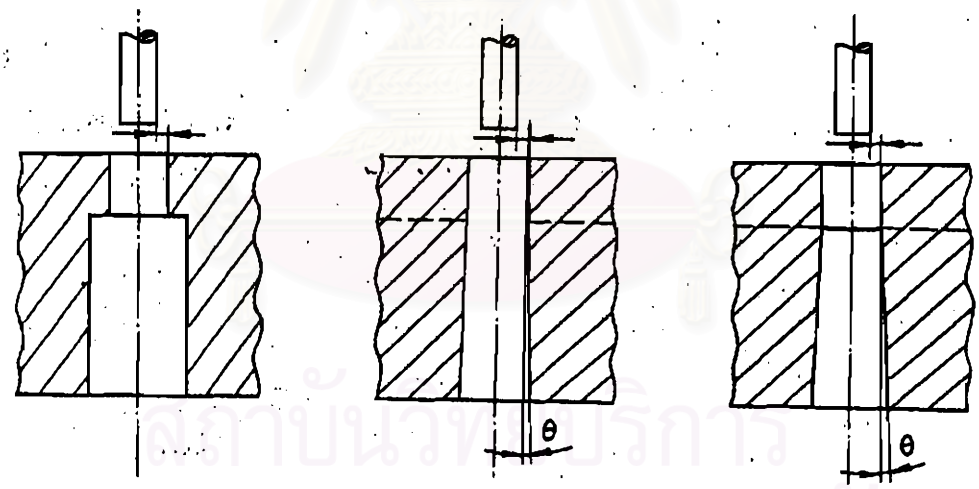
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การป้องกันความเสียหายเนื่องจากสแครป (SCRAP) หรือเศษตัดถูกดึงขึ้นมาบนดายเพลท

ปัญหาความเสียหายของแม่พิมพ์เกิดได้จากหลายสาเหตุ ความเสียหายที่เกิดจากสาเหตุที่สแครปหรือเศษตัดถูกดึงขึ้นมาบนดายเพลท ก็เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้แม่พิมพ์ชำรุดเสียหาย จึงควรจะได้นำวิธีการป้องกันและแก้ไขที่เกิดจากสาเหตุนี้ เพื่อให้ได้คุณภาพในงานซ่อมบำรุงแม่พิมพ์และการผลิตผลิตภัณฑ์ วิธีการป้องกันและแก้ไขมีดังต่อไปนี้

1. **สาเหตุเนื่องจากเคลียแร็นซ์หรือช่องว่างระหว่างคมตัดของพันช์และดายมากเกินไป**

สาเหตุนี้อาจจะมีผลมาจากการออกแบบ และกำหนดเคลียแร็นซ์มากเกินไป โดยผู้ออกแบบ, จากการเจียระไนลับคมตัด และทำให้อินเสิร์ทชิ้นนั้นคมตัดหมดอายุการใช้งานพอดี

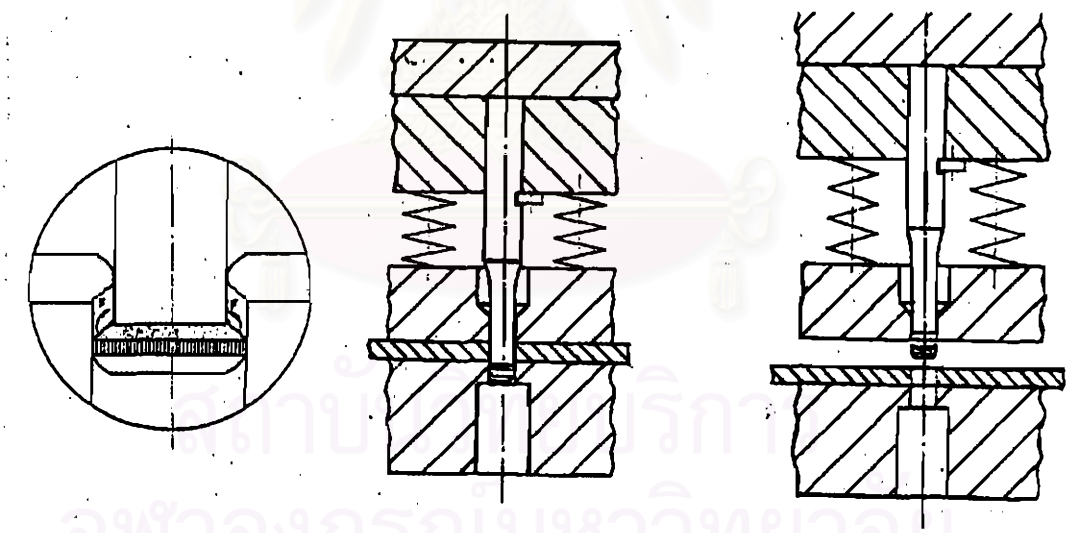


รูปที่ 2.25 แสดงเคลียแร็นซ์ที่มากเกินไประหว่างคมตัดพันช์และดาย ที่มีการออกแบบมุมหลบหรือรีลีฟว์ แองเกิล (RELIEF ANGLE) หลาย ๆ ลักษณะ [ในรูปรีลีฟว์ แองเกิล เท่ากับ ซีต้า (θ)]

ดังนั้นเมื่อทราบว่าสาเหตุเกิดจากการที่ออกแบบเคลียแร็นซ์มากเกินไป ก็ให้ทำการออกแบบให้เคลียแร็นซ์ลดลง โดยอาจใช้ข้อมูลจากการทดลอง หรือเปิดอ่านค่าจากตารางที่เหมาะสมนำมาใช้ (ดังแสดงในตารางที่ 2.2~2.10) ส่วนการที่ขอบคมตัดมีเคลียแร็นซ์มากไปเนื่องจากหมดอายุการใช้งานนั้น อาจจะตรวจพบในช่วงการตรวจสอบเคลียแร็นซ์ด้วยการตัดกระดาษทิชชูแผ่นเรียบ ก็จะทำให้ทราบว่าควรที่จะทำการเปลี่ยนชิ้นส่วนอินเสิร์ทที่หมดอายุนั้น ๆ ได้แล้ว

2. สาเหตุเนื่องจากมีอำนาจแม่เหล็กตกค้างอยู่ในแม่พิมพ์

สาเหตุนี้มีผลจากอำนาจแม่เหล็กของโต๊ะหรือแท่นวางชิ้นงาน สำหรับเจียระไนชิ้นงานของเครื่องเจียระไนราบ และจะเกิดอำนาจแม่เหล็กขึ้นได้อย่างมากกับชิ้นส่วนคมตัดที่ทำจากเหล็กทำให้ชิ้นงานที่ผลิตด้วยเหล็ก เมื่อทำการตัดจะถูกดูดติดกับพันช์ขึ้นไปภายหลังการตัด และจะหลุดออกจากปลายพันช์ตกลงสู่ดายเพลท โดยการปลดของสตริปเปอร์เพลท

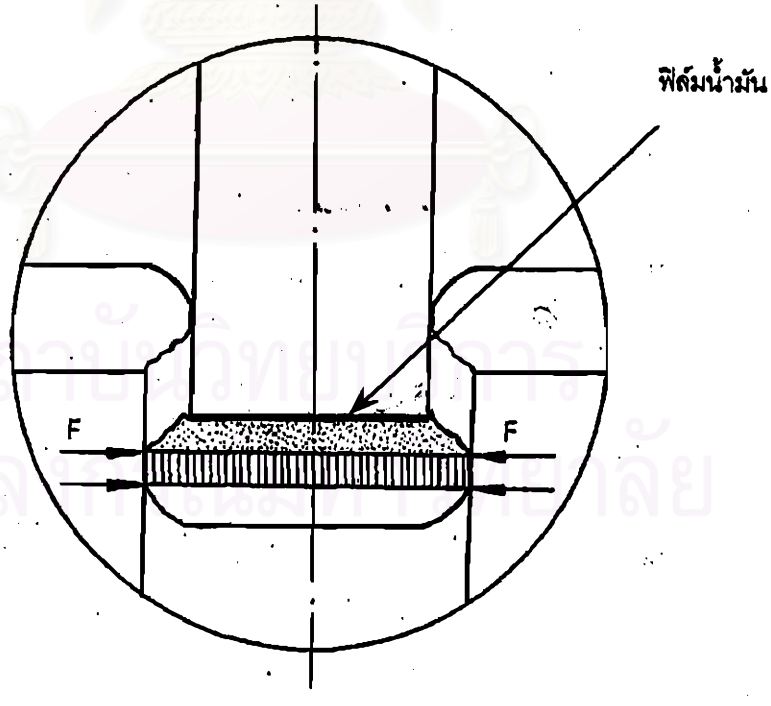


รูปที่ 2.26 แสดงการเคลื่อนที่ทำงานของแม่พิมพ์ ให้คมตัดของพันช์และดายเคลื่อนที่ตัดวัตถุดิบ และปลดเศษหรือชิ้นงานออกจากปลายพันช์ ด้วยสตริปเปอร์ เพลท ตกลงสู่ดายเพลท

ดังนั้นการแก้ไขและป้องกันไม่ให้เกิดปัญหาเช่นนี้อีก ภายหลังจากเจียระไนลับคมตัดแล้ว ควรที่จะต้องทำลายอำนาจแม่เหล็กออกจากชิ้นส่วนนั้น ๆ ด้วยเครื่องทำลายอำนาจแม่เหล็ก (DEMAGNI TIZER)

3. สาเหตุเนื่องจากน้ำมันตัดที่ใช้หล่อลื่นและระบายความร้อนที่เกิดจากการตัดที่มีความหนืดมากเกินไป

สาเหตุนี้เกิดขึ้นเนื่องจากการเลือกใช้น้ำมันหรือสารหล่อลื่นขณะผลิตผลิตภัณฑ์ไม่เหมาะสม กล่าวคือมีความหนืดมากเกินไป ซึ่งอาจจะเกิดจากคุณสมบัติของตัวสารหล่อลื่นเอง หรืออุณหภูมิขณะนั้นต่ำมาก ซึ่งเกิดในประเทศที่อยู่ในเขตหนาว ทำให้เพิ่มความหนืดของสารหล่อลื่นมากกว่าปรกติ และเมื่อเกิดการตัด จะทำให้แผ่นฟิลม์น้ำมันหรือสารหล่อลื่น ที่อยู่ระหว่างพันช์และชิ้นงานหรือเศษตัด มีแรงยึดติด (ADHESION) มากจนชนะแรงเสียดทานระหว่างชิ้นงานหรือเศษตัดกับผนังรูดาย ทำให้ชิ้นงานหรือเศษตัดติดขึ้นมากับปลายพันช์ และถูกปลดด้วยสตริปเปอร์ตกลงสู่ดายเพลท

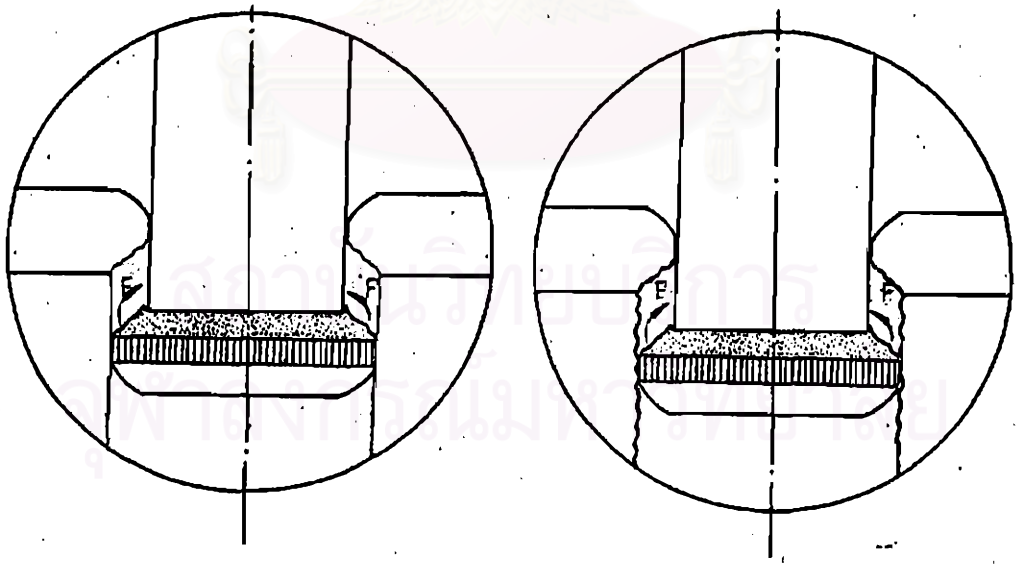


รูปที่ 2.27 แสดงการยึดติดของชิ้นงานหรือเศษตัดกับปลายพันช์ เนื่องจากแรงยึดของฟิล์มน้ำมัน

ดังนั้นควรพิจารณาเลือกค่าความหนืดของน้ำมันให้เหมาะสมกับสภาวะการใช้งานที่เหมาะสมกับงานปั๊มนั้น ๆ อย่างไรก็ตามข้อจำกัดในการเลือกใช้น้ำมันหรือสารหล่อลื่นนั้นอาจจะต้องพิจารณาถึง ความสามารถในการหล่อลื่นคมตัด, ความสามารถในการระบายความร้อน, ความสามารถในการป้องกันการสึกหรอของคมตัด หรือแม้แต่การกำจัดสารหล่อลื่นที่ตกค้างอยู่กับชิ้นงานก่อนเข้าสู่ขบวนการชุบเคลือบผิว เป็นต้น

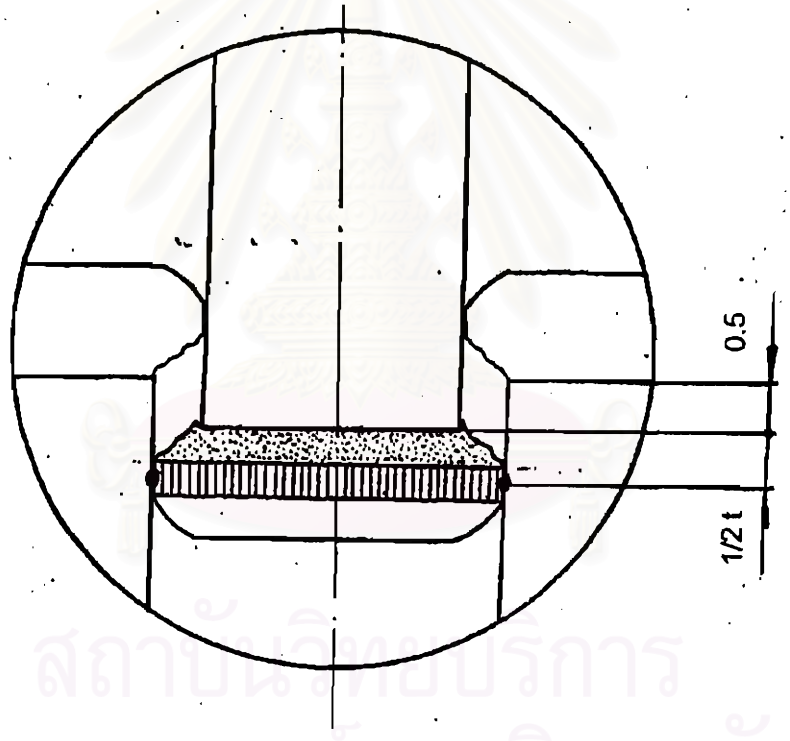
4. ผนังรูดายส่วนคมตัดมีความเรียบของผิวมาก

ในแม่พิมพ์ที่มีความละเอียดปานกลางถึงละเอียดโดยทั่วไปแล้ว การผลิตคมตัดของพันช์หรือดายและผลิตด้วยการใช้เครื่องไวร์ คัท (WIRE CUT) ซึ่งมีค่าความหยาบผิวอยู่ในระดับหนึ่ง แต่ในแม่พิมพ์ที่ต้องการความละเอียดสูง และใช้ทังสเตนคาร์ไบด์ในการผลิตพันช์หรือดายแล้วจะใช้เครื่องเจียระไนรูปร่างเข้ามาใช้ในการผลิต ทำให้ได้ผิวที่มีความหยาบน้อยกว่างานไวร์ คัท โดยทั่ว ๆ ไป และเมื่อความหยาบน้อย จึงทำให้แรงเสียดทานระหว่างผนังรูดายกับชิ้นงานหรือเศษตัดน้อยกว่าแรงยึดติดกันระหว่างชิ้นงานหรือเศษตัดกับปลายพันช์ ทำให้ชิ้นงานหรือเศษตัดติดขึ้นไปได้เช่นกัน



รูปที่ 2.28 แสดงการยึดติดกันระหว่างชิ้นงานหรือเศษตัดกับผนังรูดายและปลายพันช์ที่ผลิตโดยการเจียระไน (ละเอียด) และไวร์คัท (หยาบ)

การแก้ปัญหาและป้องกันไม่ให้เกิดขึ้น จะทำได้โดยใช้แท่งอิเล็คโทรด (ELECTRODE) ที่ทำจากส่วนผสมของโลหะเงินและทังสเตน ซึ่งในภาษาญี่ปุ่นเรียกว่า "งินตัน" (GINTAN) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 ถึง 2 ม.ม. มาเจียระไนให้ปลายแหลม แล้วประกอบเข้ากับทอร์ชหรือหัวเชื่อม ของเครื่องเชื่อมพิเศษที่มีชื่อเรียกทางการค้าว่า "STANLEY" I JR DEPOSITRON เพื่อทำการอาร์คปลายอิเล็คโทรดกับผนังรูดายก่อนการเจียระไนลับคมตัด เพื่อให้สามารถล็อคชิ้นงานหรือเศษตัดเอาไว้ได้ (รูปที่ 2.29) และขณะทำการอาร์คต้องระวังไม่ให้ส่วนของแท่งอิเล็คโทรดอาร์คกับขอบคมตัด เพราะจะทำให้คมตัดเสียหาย ดังนั้นขณะที่ทำการอาร์คควรส่องดูตำแหน่งที่จะอาร์คด้วยกล้องจุลทรรศน์หรือกล้องขยาย



รูปที่ 2.29 แสดงลักษณะการอาร์คผนังรูดายด้วยอิเล็คโทรดและระยะที่จะทำการอาร์ค

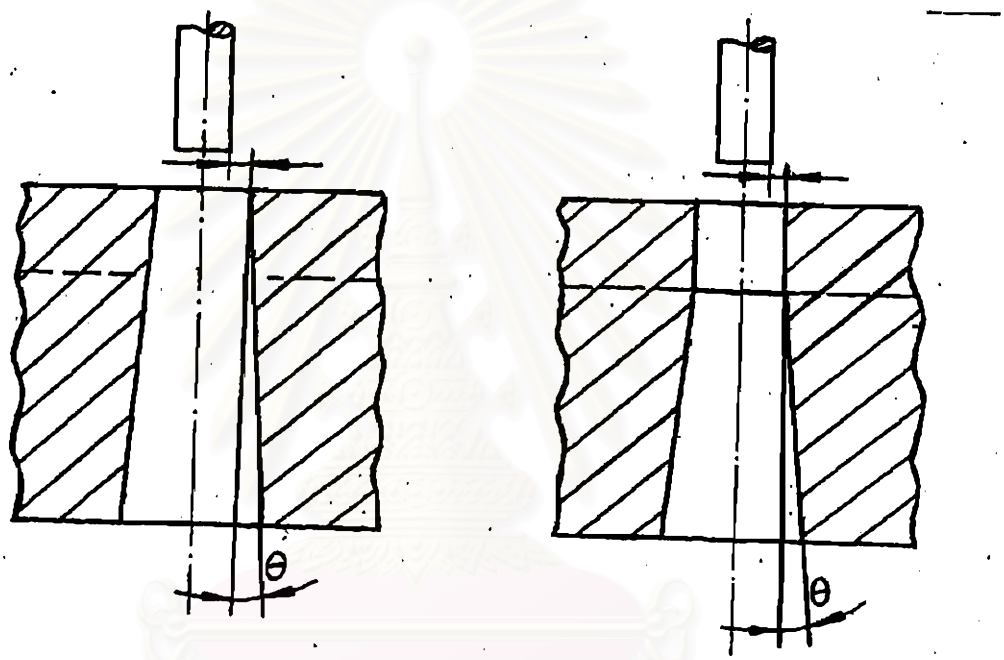
ระยะที่จะทำการอาร์ค = ระยะที่พันช์เคลื่อนที่เข้าไปตัดวัตถุดิบ + ครึ่งหนึ่งของความหนาวัสดุ

$= 0.5 + (0.5\ t)$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5. สาเหตุเนื่องจากมุมหลบ หรือรีลิฟว์ แองเกิล มากเกินไป

เมื่อออกแบบให้รูดายมีขนาดมุมหลบที่มากจะเกิดผลดี คือเศษตัดหรือชิ้นงานจะตกสู่ด้านล่างได้ง่าย อย่างไรก็ตามในกรณีที่ออกแบบให้มีมุมหลบที่มากเกินไป ก็จะทำให้เศษตัดหรือชิ้นงานติดปลายพันช์ขึ้นมาบนดายเพลทได้ง่ายเช่นกัน



รูปที่ 2.30 แสดงมุมหลบที่ออกแบบมากเกินไป ทำให้เศษตัดหรือสแครปถูกดึงขึ้นมาบนดาย เพลท

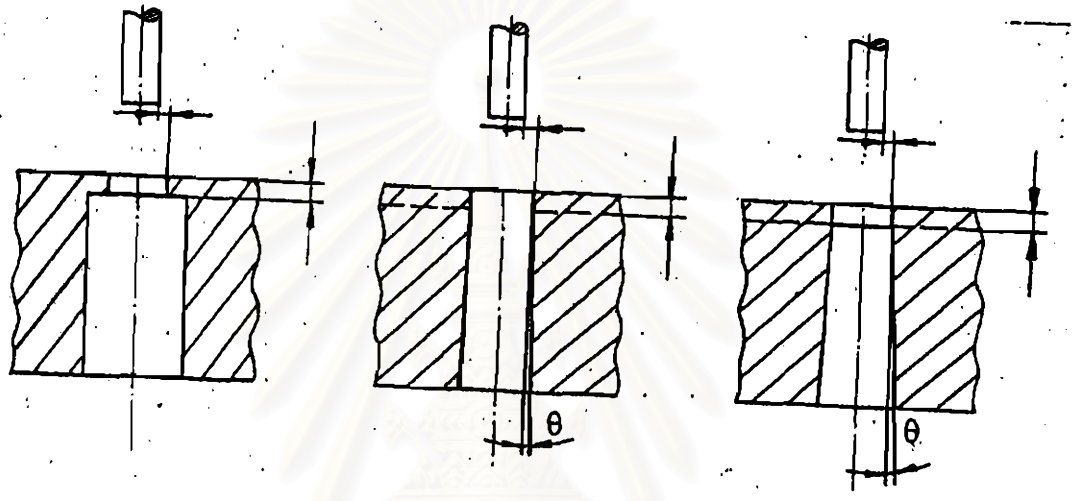
แนวทางป้องกันและแก้ไขปัญหาทำโดยการลดขนาดมุมหลบ ให้มีขนาดเล็กลงโดยอาจจะเลือกข้อมูลจากตารางที่ 2.11 มาใช้ในการออกแบบ

ตารางที่ 2.11 แสดงมุมหลบที่ใช้ออกแบบสำหรับดายที่มีการออกแบบต่างกัน ซึ่งสัมพันธ์กับความหนาวัตถุดิบ (t)

มุมหลบเอียงของส่วนคมตัดเอียง			มุมหลบเอียงเริ่มจากขอบคมตัด		มุมหลบเอียง 2 ชั้น (ขั้น)				มุมหลบเอียงของส่วนคมตัดตรง			มุมหลบของคมตัดตรงแบบเป็นขั้น		
90°+ b° 2°-5°														
t	b	l	ความหนาวัตถุดิบ (t)	มุมแอลฟา (α)	t	α	มุมแบต้า (β)	L	t	β	l	t	X	l
~0.5	0°10'~0°15'	3~5	0.1~0.5	6'~12'	~0.5	4°~6°	1°	2~3	~0.5	30'~1°	2~3	~0.5	0.2~1.0	2~3
0.5~1.0	0°15'~0°20'	4~6	0.5~1.7	10'~20'	~1.3			2.5~4	~1.3		2.5~4	~1.3		3~4
1~2	0°20'~0°30'	5~8			~2.7		2°	3~5	~2.7	1°~2°	3~5	~2.7		4~5
2~4	0°30'~0°45'	6~9			~4.0			5~8	~5.8		5~8	~4.0		5~8
4~6	0°45'~1°00'	7~10											กรณีพันธุ์รูปร่างกลม 2x < P	

6. สาเหตุเนื่องจากขนาดคมตัดที่เหลือเหลือน้อยกว่าหรือเท่ากับความหนาวัตถุดิบ

เมื่อขนาดคมตัดที่เหลือภายหลังการเจียระไนลับคมตัดแล้ว มีความหนาใกล้เคียงกับความหนาวัตถุดิบ เศษตัดหรือสแครปก็มีโอกาสที่จะถูกดึงขึ้นมาบนดายเพลทได้ ประกอบกับวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตชิ้นงานมีความบางมาก ก็ยิ่งเพิ่มโอกาสที่จะเกิดปัญหามากยิ่งขึ้นไปอีก

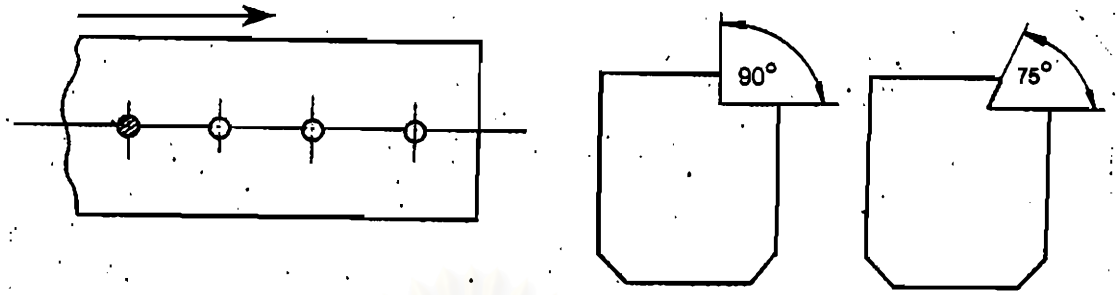


รูปที่ 2.31 แสดงขนาดคมตัดที่เหลือน้อยเกินไปของดายภายหลังการเจียระไนลับคมตัด

แนวทางการป้องกันและแก้ไขไม่ให้เกิดปัญหา ก็คือจะต้องตรวจสอบขนาดคมตัดที่เหลือด้วยกล้องจุลทรรศน์ว่ามีเคลียแร็นซ์มากเกินไปหรือไม่ หรือดูจากแบบก็จะทราบว่าดายจะหมดอายุเมื่อเจียระไนไปด้วยความลึกสะสมเท่าใด

7. สาเหตุที่เศษตัดหรือชิ้นงานมีขนาดเล็ก, กลม หรือรูปเหลี่ยมปรกติ และไม่สามารถที่จะออกแบบให้สามารถล็อคตัวเองกับผนังรูดายได้

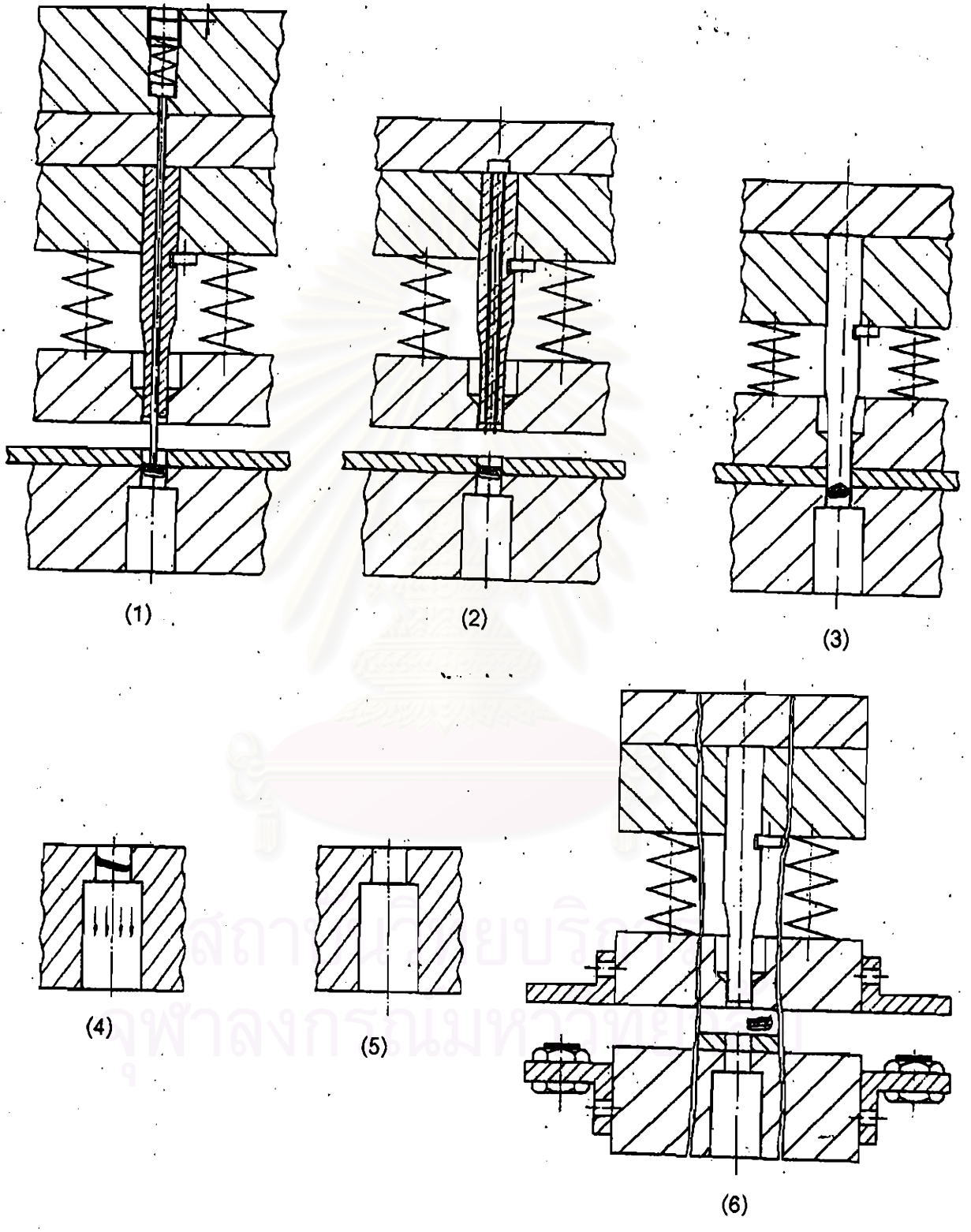
เมื่อเศษตัดหรือชิ้นงานมีขนาดเล็ก ๆ จะทำให้แรงเสียดทานระหว่างขอบที่ถูกตัดตามแนวเส้นรอบรูปกับผนังรูดายได้น้อยกว่าเศษตัดหรือชิ้นงานที่มีขนาดใหญ่ ประกอบกับรูปร่างของเศษตัดหรือชิ้นงานมีรูปร่างที่ไม่สามารถล็อคตัวเองกับผนังรูดายได้ ซึ่งในกรณีนี้อาจเกิดจากทักษะในการออกแบบของผู้ออกแบบแม่พิมพ์เองหรือรูปร่างชิ้นงานหรือเศษตัดไม่สามารถออกแบบแก้ไขให้ล็อคตัวเองได้เลย



รูปที่ 2.32 แสดงรูปร่างที่ไม่สามารถออกแบบช่วยให้ล็อคตัวเองได้ลักษณะกลม, รูปเหลี่ยมและรูปที่สามารถออกแบบให้ล็อคตัวเองได้ ตามลำดับ

สำหรับการป้องกันในส่วนนี้ หากว่าเป็นรูปร่างที่ไม่สามารถออกแบบช่วยในการล็อคตัวเองได้ จะต้องใช้วิธีการป้องกันอื่น ๆ มาช่วย ส่วนกรณีรูปร่างที่ออกแบบช่วยได้ ผู้ออกแบบจะต้องหมั่นฝึกฝนหาความรู้ในการออกแบบเพิ่มเติม เพื่อที่ว่าจะได้เลือกออกแบบขบวนการตัดเฉือนขึ้นรูป หรือที่เรียกว่า การวางเลย์เอ้าท์ (LAYOUT) สำหรับผลิตชิ้นงานนั้น ๆ อย่างไร จึงจะเหมาะสมที่สุด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.33 แสดงลักษณะต่าง ๆ ของวิธีป้องกันชิ้นงานหรือเศษตัด ถูกดึงขึ้นมาบนดายเพลท

นอกจากนี้แล้วสาเหตุอื่นที่ทำให้ชิ้นงานหรือเศษตัดถูกดึงขึ้นมาบนดาย เพลท ก็ยังมีอีก เช่น วัตถุดิบที่นำมาใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ ถ้ามีความแข็งมากก็จะทำให้เกิดปัญหานี้ได้ง่ายกว่าวัตถุดิบที่อ่อน วิธีการที่จะป้องกันหรือช่วยแก้ปัญหานี้มีดังต่อไปนี้ (ดูรูปที่ 2.33 ประกอบ ตามลำดับ)

1. ทำหรือใส่คิกเกอร์ พิน (KICKER) ที่ตัวพันช์ สำหรับปลดชิ้นงานหรือเศษตัดไม่ให้ติดที่ปลายพันช์

2. ทำรูที่ตัวพันช์สำหรับใช้อากาศ หรือลมอัดเป่าชิ้นงานหรือเศษตัด ให้หลุดออกจากปลายพันช์ภายหลังการตัด

3. ทำเชียร์ แองเกิล หรือ เชียร์ คะคุ (SHEAR ANGLE, SHEAR KAKU) ที่คมตัดพันช์ เพื่อทำให้เศษตัดตัดงอเสียรูปร่าง และติดอยู่ภายในดาย (จะทำเช่นนี้ในกรณีที่ส่วนตัดออกเป็นชิ้นงานไม่ได้)

4. ใช้ระบบสูญญากาศ (VACUUM) ซึ่งเป็นแรงดันที่ต่ำกว่าบรรยากาศ (NEGATIVE PRESSURE) มาดูดชิ้นงานหรือเศษตัดจากทางด้านดาย

5. ทำมุมหรือเพิ่มรัศมีที่ขอบคมตัดของดาย เพื่อให้ผลการตัดเฉือนโลหะ หรือรอยแตกของการตัดเฉือนไม่ดี จึงทำให้ชิ้นงานหรือเศษตัดติดอยู่ภายในผนังรูดายได้

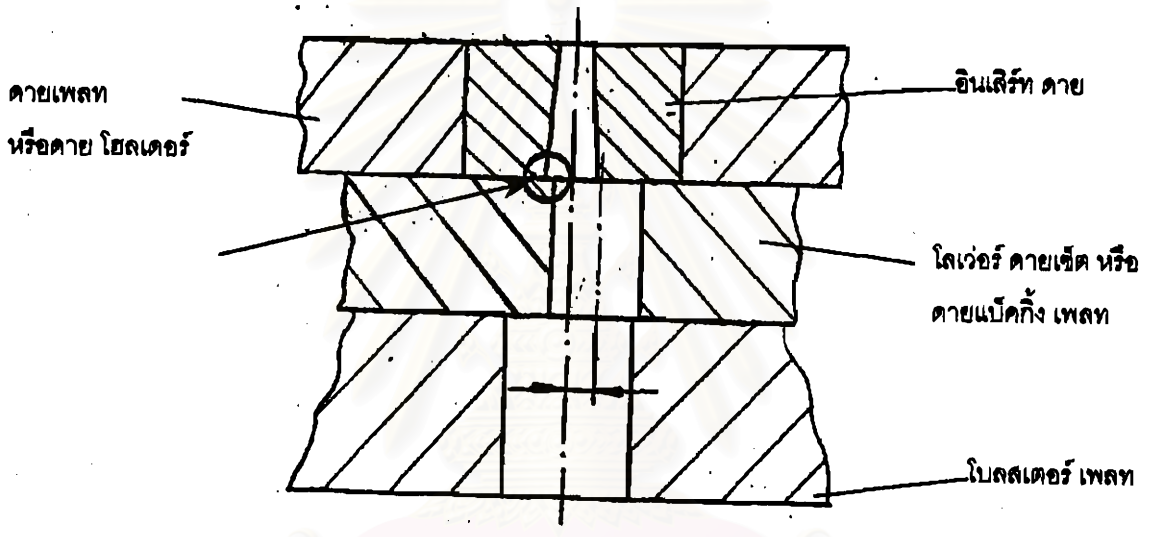
6. ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับการที่ชิ้นงานหรือเศษตัดถูกดึงขึ้นมาบนดาย เพลท เพื่อป้องกันความแตกหักเสียหายของชิ้นส่วนต่าง ๆ ของแม่พิมพ์ที่อาจจะเกิดขึ้นได้ ซึ่งการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับนี้ถือว่าเป็นการป้องกันขั้นที่สอง กล่าวคือเมื่อชิ้นงานหรือเศษตัดถูกดึงขึ้นมาบนดาย เพลทแล้วจึงถูกตรวจพบแล้วส่งสัญญาณไปหยุดเครื่องปั๊ม ทำให้เป็นการป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับ เครื่องปั๊ม แม่พิมพ์ และชิ้นงานนั่นเอง

การป้องกันเศษตัดหรือสแครปอุดแน่น-หลอมติดในรูดาย (คะซุ ทซึมะริ โบะอุชิ)

ปัญหาเศษตัดหรือสแครปอุดแน่น-หลอมติดในรูดาย หรือที่ภาษาญี่ปุ่นเรียกว่า "คะซุ ทซึมะริ" มีสาเหตุมาจากหลายสาเหตุ เช่น แนวศูนย์ของดายหรืออินเสิร์ท ดาย กับส่วนที่อยู่ด้านล่างไม่ตรงกัน, คมตัดของพันช์หรือดายเกิดรอยแตกบิ่น, คมตัดของพันช์หรือดายทื่อ, มุมเอียงหรือมุมหลบน้อยเกินไป, ผนังรูดายมีความหยาบเกินไป, ขาดสารหล่อลื่น ทำให้สแครปหรือเศษ

ตัดจับตัวกันเป็นแท่ง เหล่านี้ล้วนเป็นสาเหตุที่ทำให้คุณภาพงานในการซ่อมบำรุง และประสิทธิภาพในการผลิตลดลง นอกจากนี้ยังก่อให้เกิดความยุ่งยากในการถอดชิ้นส่วนที่มีปัญหาเพื่อทำการซ่อมแก้ไขตามมาอีกด้วย รายละเอียดของแต่ละสาเหตุและแนวทางป้องกันไม่ให้เกิดขึ้นมีดังนี้

1. **สาเหตุเนื่องจากแนวศูนย์ของดายหรืออินเสิร์ท ดาย กับ ดาย แบ็คกิ้ง เพลท (DIE BACKING PLATE) หรือโลเว่อร์ ดาย เพลท (LOWER DIE PLATE) และโบลสเตอร์ เพลท (BOLSTER PLATE) ของเครื่องปั๊มที่อยู่ด้านล่างไม่ตรงกัน**

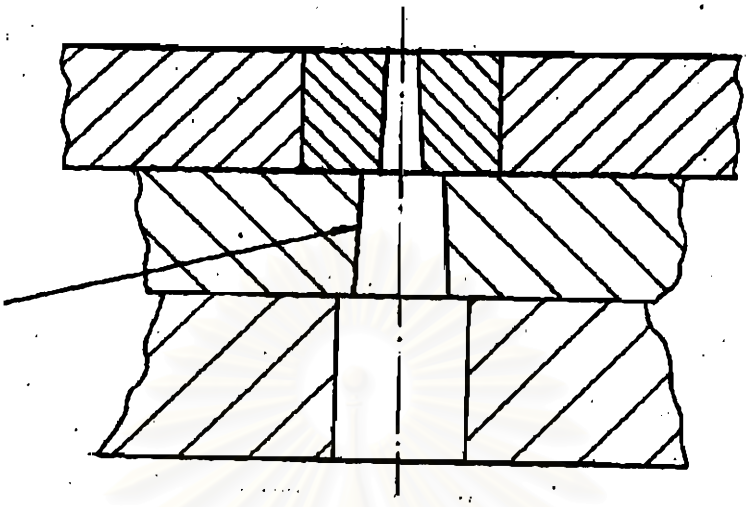


รูปที่ 2.34 แสดงแนวศูนย์ที่ไม่ตรงกันระหว่างอินเสิร์ท ดาย กับส่วนที่อยู่ด้านล่าง

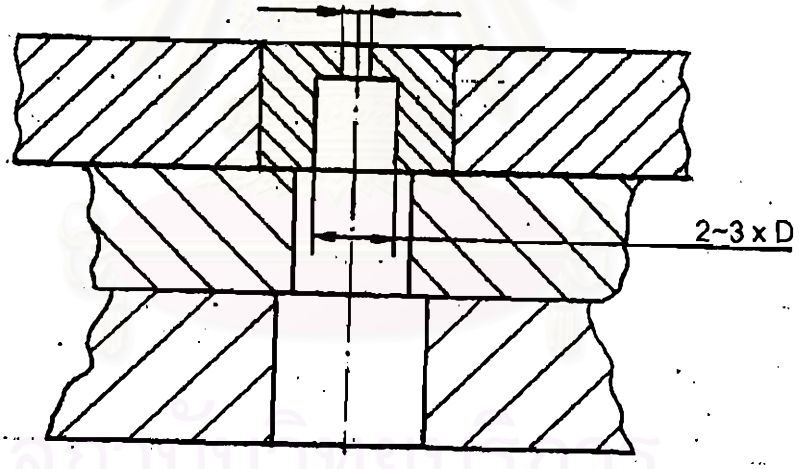
เมื่อแนวศูนย์ของอินเสิร์ท ดาย กับส่วนที่อยู่ด้านล่าง (รูปที่ 2.34) ไม่ตรงกัน จะทำให้เศษตัดหรือชิ้นงานมีโอกาสที่จะขัดตัวกับขอบด้านบนของส่วนที่อยู่ด้านล่าง แล้วทำให้เกิดการขัดตัวและล็อคตัวเองในรูดาย และทำให้เกิดปัญหาขึ้น ดังนั้นการป้องกันหรือแก้ไขอาจดำเนินการได้ดังนี้

1.1 ทำดาย แบ็คกิ้งเพลท หรือโลเว่อร์ ดายเพลทขึ้นใหม่ (รูปที่ 2.34 และ 2.36) โดยใช้เครื่องที่มีความแม่นยำยิ่งขึ้น หากพบว่าเกิดจากเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตแม่พิมพ์เป็นสาเหตุ หรือแก้ไขแบบหากพบว่ามีการออกแบบผิดพลาด แต่วิธีนี้จะเสียค่าใช้จ่ายสูง ถ้าต้องการแก้ไขเพียงจุดใดจุดหนึ่งในแม่พิมพ์โปรเกรสซีฟว์

1.2 ใช้เครื่องเจียระไนขนาดเล็ก ๆ เจียระไนส่วนที่ไม่ต้องการออก

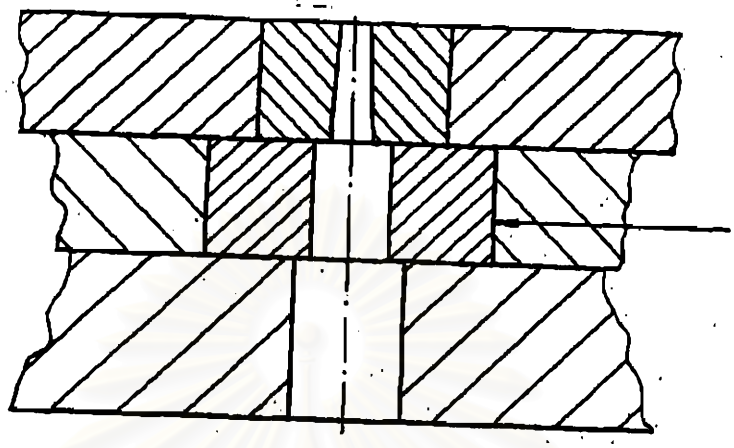


รูปที่ 2.35 แสดงการทำมุมเอียงที่แป๊คกิ้ง เพลท หรือโลเว่อร์ ดาย



รูปที่ 2.36 แสดงการทำการขยายขนาดรูที่ผนังรูดายให้มีขนาดโตขึ้น

1.3 ทำอินเสิร์ท แก้ไขเฉพาะตำแหน่ง โดยการออกแบบแก้ไขระยะแนวศูนย์ที่ผิดพลาดแล้วให้ทำการไวร์คัท ดาย แป๊คกิ้ง เพลท หรือโลเวอร์ดาย และทำชิ้นส่วนที่ออกแบบแก้ไขแล้วนั้นมาทำการประกอบแก้ไขโดยการสวมอัดเข้าด้วยกัน (รูปที่ 2.37)



รูปที่ 2.37 แสดงการออกแบบแก้ไขอินเสิร์ท เพื่อให้ได้แนวศูนย์ที่ต้องการ

2. สาเหตุเนื่องจากคมตัดพันช์หรือดายบิ่น

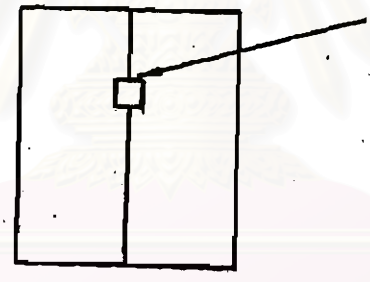
เมื่อคมตัดของพันช์หรือดายบิ่น จะทำให้ ณ ตำแหน่งนี้เกิดสภาวะการตัดเฉือนที่ไม่ปรกติ ทำให้เกิดครีบหรือรอยเยินมากขึ้น เพราะความคมของขอบคมตัดสูญเสียไป วัสดุจึงเกิดการขาดออกจากกันเนื่องจากการดึงแทนการตัดเฉือน ก่อให้เกิดความร้อนสะสมมากกว่าปรกติ จนกระทั่งเกิดการหลอมละลายติดในที่สุด

การป้องกันไม่ให้รอยเยินมีขนาดโตขึ้นจนทำให้เกิดการหลอมติดในรูดายเนื่องจากคมตัดพันช์หรือดายบิ่น คือ ให้ทำการตรวจสอบระหว่างการผลิต เพราะว่าในระหว่างที่ทำการผลิตชิ้นงานนั้นอาจจะมีสาเหตุต่าง ๆ ที่ทำให้คมตัดของพันช์หรือดายเกิดบิ่นขึ้นได้ โดยการทำใบตรวจสอบและกำหนดให้มีหัวข้อที่ต้องทำการตรวจสอบ เช่น ตรวจสอบลักษณะชิ้นงานหรือเศษตัดว่ามีรอยเยินเป็นอย่างไร, ตรวจนับจำนวนเศษตัดว่าตกสู่ด้านล่างครบตามจำนวนขั้นตอนในการตัดเฉือนของแม่พิมพ์นั้น ๆ และให้ตรวจติดตามทุก ๆ 10 นาที หรือตามความเหมาะสมของลักษณะแม่พิมพ์ และการผลิตก็จะช่วยให้ทราบสภาวะที่ผิดปรกติ และทำการหยุดเครื่องปั๊มได้ทันก่อนจะเกิดความเสียหายยิ่งขึ้น จากนั้นจึงไปวิเคราะห์สาเหตุที่ทำให้คมตัดบิ่น และป้องกันไม่ให้เกิดขึ้น แล้วทำการเจียระไนลับคมตัดพันช์และดายที่บิ่นนั้นใหม่ ก็จะสามารถดำเนินการผลิตต่อไปได้อีก

3. สาเหตุเนื่องจากคมตัดพันช์หรือดายที่ใช้ทำการตัดเฉือนรูปร่างเล็ก ๆ เกิดที่อชิ้น

เมื่อคมตัดของพันช์หรือดายที่อ ก็จะมีผลให้การขาดออกจากกันของการตัดเฉือน มีแนวโน้มที่จะเกิดจากแรงดึงคล้ายกับงานขึ้นรูปโลหะ (METAL FORMING) โดยเฉพาะอย่างยิ่งลักษณะงานที่มีรูปร่างขนาดเล็ก ๆ และด้วยลักษณะการตัดเฉือนเช่นนี้ จะทำให้เกิดความร้อนสะสมขึ้นได้ง่าย และเกิดการหลอมละลายติดได้เช่นกัน

แนวทางป้องกันไม่ให้เกิดขึ้นนั้น สำหรับวิธีการออกแบบอินเสิร์ทดาย สำหรับงานที่มีรูปร่างขนาดเล็ก ๆ ไม่ควรจะออกแบบในลักษณะดายแยกส่วน (SEGMENT DIE) เพราะจะทำให้เกิดแรงเสียดทาน ณ จุดต่อนั้น ๆ ในขณะทำการตัดเฉือน (รูปที่ 2.38) และนอกจากนี้ควรต้องทำการตรวจสอบในระหว่างทำการผลิตเช่นเดียวกันกับในข้อ 2 ที่ผ่านมา และยังต้องทำการออกแบบมุมหลบของผนังรูดาย ให้มีขนาดโตกว่าเศษตัดหรือชิ้นงาน (รูปที่ 2.35 และ 2.36)



รูปที่ 2.38 แสดงดายแยกส่วน ซึ่งไม่เหมาะสมกับลักษณะงานที่มีรูปร่างขนาดเล็ก

4. สาเหตุเนื่องจากมุมเอียงหรือมุมหลบของผนังรูดายไม่เพียงพอ

เมื่อมุมเอียงหรือมุมหลบในรูดายไม่เพียงพอ จะทำให้เกิดแรงเสียดทานระหว่างผนังรูดายกับเศษตัดหรือชิ้นงาน เกิดเป็นความร้อนสะสมขึ้นเรื่อย ๆ จนทำให้เกิดความเสียหายเนื่องจากการหลอมติดขึ้น แนวทางการป้องกันไม่ให้เกิดขึ้น ก็ทำได้โดยการออกแบบมุมหลบให้เหมาะสม โดยดูค่าที่เหมาะสมได้จากตารางที่ 2.11

5. สาเหตุเนื่องจากผนังรูดายหยาบเกินไป

เมื่อผนังรูดายมีผิวที่หยาบสัมผัสกับชิ้นงานหรือเศษตัดโดยตรง ก็จะทำให้เกิดแรงเสียดทานและความร้อนสะสมขึ้นเรื่อย ๆ จนเกิดปัญหาหลอมติดขึ้น การที่ผนังรูดายมีความหยาบแตก

ต่างกันขึ้นอยู่กับลักษณะการผลิตดายว่าใช้ขบวนการตัดเฉือนอย่างไร ขบวนการตัดเฉือนที่ทำให้ผนังรูดายมีความหยาบ เช่น งานตะไบ, งานกัด, งานเจาะ, งานไวร์คัทหยาบ เป็นต้น แนวทางป้องกันไม่ให้ปัญหาหลอมติดเกิดขึ้น ก็ทำได้โดยใช้ขบวนการตัดเฉือนดายที่ละเอียดยิ่งขึ้น นอกจากจะออกแบบมุมหลบของรูดายที่เหมาะสมช่วยอีกทางหนึ่งแล้ว ขอบคมตัดที่ผลิตจะทำให้ความหยาบผิวน้อยลงด้วยการไวร์คัทหลาย ๆ ครั้ง และครั้งสุดท้ายใช้การตัดละเอียดที่สุด (ซึ่งในปัจจุบันเครื่องไวร์ คัท บางชนิดสามารถให้คุณภาพผิวใกล้เคียงกับผิวเจียระไนมาก) หรือใช้วิธีเจียระไนขอบคมตัดด้วยเครื่องโปรไฟล์ ไกรนเดอร์ แต่ก็มีข้อจำกัดที่ว่าถ้าเจียระไนอินเสิร์ทดายจะต้องเป็นอินเสิร์ทดายแบบแยกส่วนเท่านั้น และอีกอย่างคือมีราคาแพง

6. สาเหตุเนื่องจากขาดสารหล่อลื่น

ในขณะที่ทำการผลิตชิ้นงานด้วยเครื่องปั๊มที่มีความเร็วรอบสูง ๆ ตั้งแต่ 600 รอบต่อนาทีขึ้นไป สารหล่อลื่นมีความจำเป็นอย่างยิ่ง เพราะหากขาดสารหล่อลื่นไปแม้ระยะเวลาเพียงสั้น ๆ ก็อาจทำให้เกิดการหลอมละลายติดและเสียหายขึ้นได้ แนวทางป้องกันไม่ให้ปัญหาเกิดขึ้น โดยการระบุหัวข้อที่ต้องการตรวจสอบ คือตรวจสอบปริมาณและจำนวนหยดของสารหล่อลื่นลงในใบตรวจสอบ (ซึ่งปริมาณและจำนวนหยดน้ำมันได้กำหนดขึ้นจากส่วนวิศวกรรมแล้ว) เพื่อให้พนักงานตรวจสอบยืนยันว่ามีปริมาณเพียงพอขณะทำการผลิตเสมอ

7. สาเหตุเนื่องจากชิ้นงานหรือเศษตัดจับตัวติดกันเป็นแท่ง

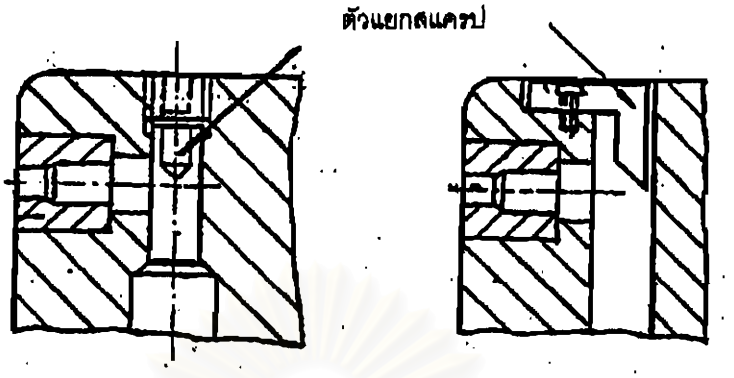
การจับตัวเป็นแท่งของชิ้นงานหรือเศษตัด ไม่ว่าจะเกิดจากสาเหตุใดก็ตาม ล้วนเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดความเสียหายกับแม่พิมพ์ได้ การป้องกันไม่ให้เกิดขึ้นก็ต้องทำการวิเคราะห์และแก้ไปตามสาเหตุนั้น ๆ แต่ถ้าหากว่ามีการเกิดการจับติดกันของชิ้นงานหรือเศษตัดขึ้นแล้ว ก็มีแนวทางแก้ไขก่อนที่จะเกิดความเสียหายที่รุนแรงยิ่งขึ้น ด้วยวิธีการแยกชิ้นงานหรือเศษตัดที่จับกันอยู่ให้ออกจากกัน (รูปที่ 2.39 และ 2.40) ตามลักษณะการวางรูดายดังต่อไปนี้

สำหรับรูดายที่วางในแนวตั้ง

1. รางรองรับชิ้นงานหรือเศษตัดที่วางพาดอยู่เหนือผิวงานหล่อ ต้องวางเอียงอย่างน้อย45 องศา
2. รางรองรับชิ้นงานหรือเศษตัดที่ทำด้วยโลหะแผ่นบาง ต้องวางเอียงอย่างน้อย 30 องศา

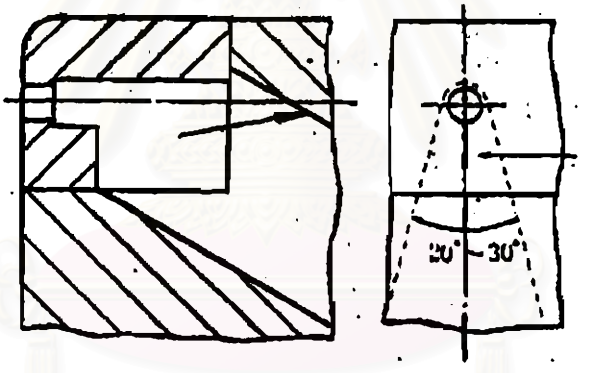
สำหรับรูดายที่วางในแนวนอน

1. ใช้ตัวแยกสแครป (SLUG BREAKER) (รูปที่ 2.39)



รูปที่ 2.39 แสดงให้เห็นถึงตัวแยกสแครปที่ใช้ในการแยกและเปลี่ยนทิศทางของชิ้นงานหรือเศษตัด

2. ใช้ระนาบเอียงวางไว้ที่ตอนปลายของรู เพื่อเปลี่ยนทิศทางการตกของชิ้นงานหรือเศษตัดโดยเฉพาะที่มีความหนามาก ๆ (รูปที่ 2.40)



รูปที่ 2.40 แสดงให้เห็นถึงระนาบเอียงที่วางอยู่ต่ำกว่าและทำให้ชิ้นงานหรือเศษตัดตกออกได้ง่าย

การป้องกันความเสียหายของคมตัดอินเสิร์ท พันช์ และอินเสิร์ท ดาย เนื่องจากแรงรุน

แรงกระทำทางด้านข้าง (SIDE TRUST) หรือแรงรุน ที่เกิดขึ้นในระหว่างการทำงานตัดเฉือนขึ้นรูปของแม่พิมพ์ เกิดจากหลายสาเหตุที่แตกต่างกันดังนี้

1. แรงรุนที่เกิดจากเคลียแรนซ์ที่ใช้ในการตัด, งานดัดขึ้นรูป, งานดึงขึ้นรูป
2. แรงรุนที่เกิดขึ้นโดยจำเป็น เพื่อที่จะให้ได้แนวศูนย์เดียวกันกับแรมของเครื่องปั๊ม
3. แรงรุนเนื่องจากการสร้าง และประกอบแม่พิมพ์ไม่ได้แนวศูนย์

4. แรงรุนเนื่องจากมุมของหน้าสัมผัสต่าง ๆ สัมผัสกัน เช่น ชุดกลไกต่าง ๆ สัมผัสกับพันช์หรือดาย

5. แรงรุนเนื่องจากรูปร่างของชิ้นงานในการดึงขึ้นรูปไม่สมมาตร ซึ่งพันช์และดายมีภาระหรือโหลด (LOAD) ออกนอกแนวศูนย์กลาง ในขณะที่เริ่มต้นสัมผัสของการขึ้นรูป

6. แรงรุนเนื่องจากการตัดเฉือนที่ไม่สมดุลย์กัน เนื่องจากการทำ "เชียร์" (SHEAR) (การทำเชียร์ คือการทำให้ขอบคมตัดของพันช์หรือดายเป็นมุมเอียง และเกิดการตัดเฉือนทีละน้อย ไม่พร้อมกันทั้งหมด ตามแนวเส้นรอบรูปของขอบคมตัด) เพื่อลดแนวตัดเฉือนให้น้อยลงตามที่ต้องการ หรือตามความสามารถของเครื่องที่มีอยู่

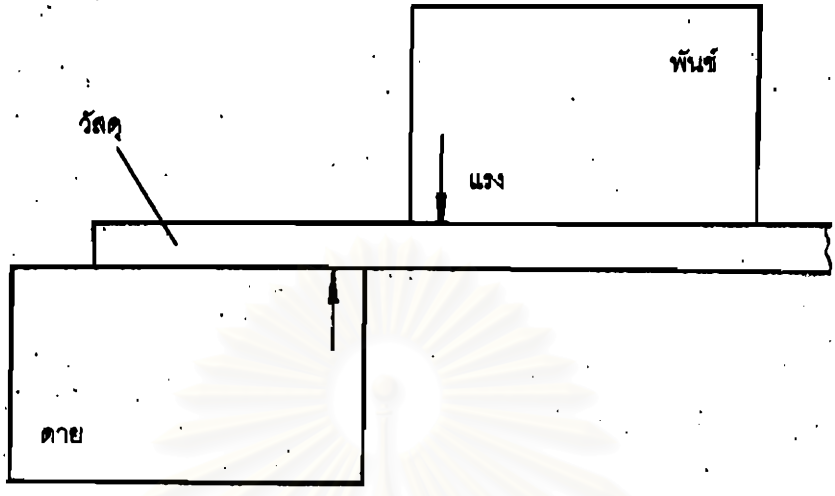
7. แรงรุนเนื่องจากขบวนการตัดเป็นชิ้น ๆ , ตัดขอบเรียบ, งานตัดขึ้นรูป และอื่น ๆ ที่มีแรงกระทำเพียงด้านเดียว

การวิเคราะห์เวคเตอร์

สูตรมาตรฐานหลายสูตรอาจนำมาประยุกต์ใช้ในการคำนวณขนาดชิ้นส่วนของแม่พิมพ์ซึ่งมีความจำเป็นต่อการรับแรง หรือต้านทานแรงของการตัด, การดัดขึ้นรูป และการดึงขึ้นรูป ซึ่งโดยทั่ว ๆ ไปแล้ว มักจะสร้างชิ้นส่วนของแม่พิมพ์ให้โตมากไว้ก่อนเล็กน้อย ผู้ออกแบบส่วนมากมักจะใช้ประสบการณ์ในอดีตมาใช้ในการกำหนดความหนาของส่วนละเอียดปลีกย่อย ซึ่งการกำหนดขนาดด้วยวิธีนี้จะช่วยลดความเสียหายของแม่พิมพ์ได้อย่างมีประสิทธิผล แต่ไม่ถือว่าเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพที่สุด ซึ่งบ่อยครั้งมีความจำเป็นที่จะต้องออกแบบให้ส่วนละเอียดปลีกย่อยต่าง ๆ เบียดเสียดอยู่ด้วยกันในบริเวณที่จำกัด หรือต้องใช้ผลิตด้วยเครื่องปั๊มที่มีแท่นเครื่อง, ชัทไฮท์ (หรือดาย ไฮท์ หรือ ดายชัทไฮท์) ที่จำกัดด้วยเช่นกัน จึงควรที่จะออกแบบให้มีขนาดต่าง ๆ เล็กลง

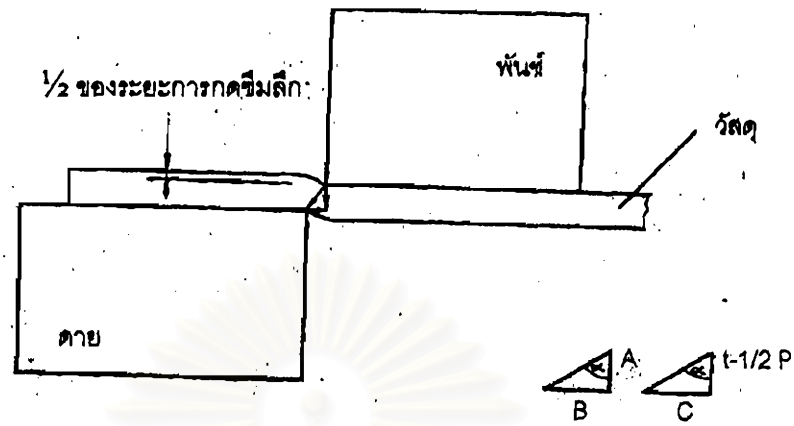
การใช้สูตรจึงเป็นวิธีที่เป็นไปได้ที่ควรนำมาใช้คำนวณหาขนาดต่าง ๆ เพื่อที่จะลดต้นทุนของวัตถุดิบและแรงงานลง สูตรที่ใช้และทำขึ้นเป็นแผนภูมิหรือตารางนั้น จะช่วยลดเวลาส่วนหนึ่งของผู้ออกแบบ สูตรที่จะอธิบายต่อไปนี้จะมีความสัมพันธ์อย่างง่าย ๆ และมีจำนวนขั้นตอนเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

จากในตัวอย่างที่คำนวณนั้น ผลลัพธ์ที่ได้ก็มักจะตรงกับการปฏิบัติในปัจจุบัน การพิสูจน์ทางคณิตศาสตร์จะช่วยให้เข้าใจได้อย่างแท้จริง อันทำให้การออกแบบไม่ผิดพลาดอย่างแน่นอน และไม่มีการฝืนนำไปปฏิบัติโดยปราศจากเหตุผลสนับสนุน



รูปที่ 2.41 แสดงขณะเริ่มสัมผัสระหว่างพันช์, ดาย กับวัสดุในงานตัดเฉือน ซึ่งจะไม่มีเวคเตอร์ของแรงแนวนอนเกิดขึ้นในขณะนี้

ข้อสรุปของการวิเคราะห์เวคเตอร์ จะนำไปใช้ในแม่พิมพ์ตัดเฉือน, ดัดขึ้นรูปและดึงขึ้นรูป การคำนวณจะทำได้นั้นต้องทราบขนาดของแรงทั้งหมดเสียก่อน ดังนั้นการศึกษาเวคเตอร์ของแรงจึงมีความจำเป็นนั่นเอง และในที่นี้ขออ้างถึงคุณลักษณะของกราฟเส้นแรงที่กระทำกับวัสดุ ซึ่งมีข้อสังเกตว่าแรงที่กระทำต่อวัสดุและวัสดุทนได้สูงสุดนั้น จะเกิดขึ้นอย่างทันทีทันใดอยู่ชั่วขณะเสมอ ซึ่งในการตัดและการขึ้นรูปจึงเกิดการลดลงของแรงอย่างทันทีทันใด แต่สำหรับในการดึงขึ้นรูปแรงจะค่อย ๆ ลดลง จึงมีสมมติฐานว่าแรงที่เกิดขึ้นมากสูงสุดจะอยู่ในช่วง 1/1000 นิ้ว ถึง 1/10 นิ้ว (0.0254 ถึง 2.54 ม.ม.) ภายหลังจากที่พันช์เริ่มเคลื่อนที่สัมผัสกับโลหะแผ่น ซึ่งในงานบ็อททอมมิ่ง [BOTTOMING , ชื่อขบวนการที่ใช้ในการแก้ไขอาการสปริงแบ็ค(SPRING BACK) ในงานขึ้นรูป] หรืองานรีดขึ้นรูป (IRONING) แรงนี้จะเกิดขึ้นภายหลังจากเริ่มมีการสัมผัสเกิดขึ้น เวคเตอร์ของแรงแนวสูงสุดนั้น จะทราบได้จากการคำนวณ ซึ่งในปัญหาที่ใช้ในที่นี้ จะกำหนดแรงแนวนอนสำหรับงานตัด, งานขึ้นรูปและงานดึงขึ้นรูป โดยในระหว่างการตัดนั้นแรงตัดที่เกิดขึ้นสูงสุด จะเกิดขึ้นอย่างทันทีทันใดภายหลังการสัมผัส และจะคงอยู่จนกระทั่งการแตกของเนื้อโลหะเกิดขึ้น ในทันทีของการเริ่มต้นของการตัดนั้น เวคเตอร์ของแรงแนวนอน ยังมีค่าเป็นศูนย์อยู่ (รูปที่ 2.41) และเวคเตอร์ของแรงแนวนอนจะมากขึ้นเมื่อระยะเคลื่อนที่เป็นครึ่งหนึ่งของรอยกดซึมลึกเต็มที่โดยประมาณ (รูปที่ 2.42)



อธิบาย t = ความหนา

C = เคลียแร็นซ์ของแม่พิมพ์

P = ระยะในการกดขึ้มลึกที่ทำให้เกิดรอยแตกขึ้น

A = แรงตัดเฉือนสูงสุด

B = เวคเตอร์ของแรงในแนวนอน

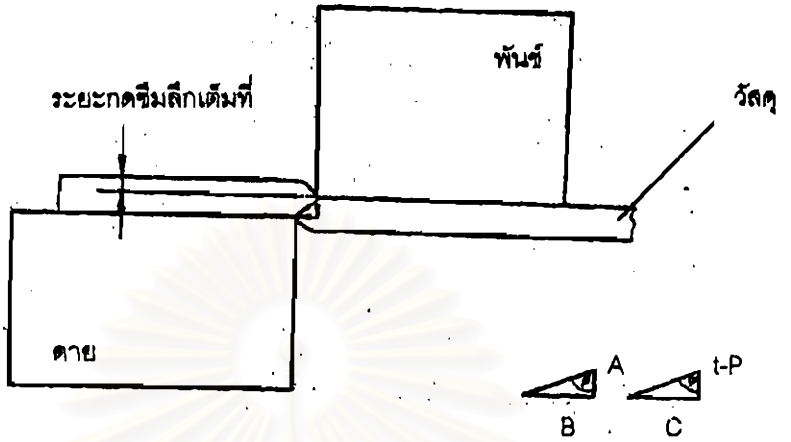
โดยขนาดของแรงสามารถทำการเปรียบเทียบได้ โดยทำการเปรียบเทียบความยาวส่วนขาของรูปสามเหลี่ยม

$$\tan \alpha = c/(t-1/2P) \quad , \tan \alpha = B/A$$

$$B = A \tan \alpha$$

รูปที่ 2.42 แสดงแรงในแนวนอนที่ระยะครึ่งหนึ่งของการกดขึ้มลึก

และเวคเตอร์ของแนวนอนจะเกิดขึ้นมากที่สุดทันทีทันใดที่เกิดการแตกขึ้น (รูปที่ 2.43) ในเวลานี้นั้นเป็นระยะที่พันช์เคลื่อนที่เข้ากดขึ้มลึกเต็มที่ แรงแนวนอนที่มากที่สุดเกิดขึ้นเพียงชั่วพริบตาก่อนที่การแตกจะเกิดขึ้น เนื่องจากมุมที่กระทำกันระหว่างคมตัดของพันช์กับดายโตเพิ่มขึ้นนั่นเอง ตัวอย่างในการคำนวณที่จะแสดงให้เห็นต่อไป จะกล่าวถึงความแตกต่างของแรงในแนวนอนและโดยสรุปแล้วแรงในแนวนอนมีมากที่สุด ประมาณว่าจะเกิดขึ้นในเวลาที่เกิดการแตกขึ้น และสูตรต่อไปนี้ควรใช้กับทุกแม่พิมพ์ตัด



ขนาดที่สัมพันธ์กันของขนาดของแรงจะทราบได้โดยการเปรียบเทียบความยาวส่วนของขารูปสามเหลี่ยม

$$\tan \varnothing = c/(t\text{-}P) \qquad , \tan \varnothing = B/A$$

$$B = A \tan \varnothing$$

รูปที่ 2.43 แสดงแรงในแนวนอนที่ระยะกดซึมลึกเต็มที่

<u>ตัวอย่างการคำนวณ</u>

ข้อมูลที่กำหนดให้

- ความหนาแผ่นวัสดุ (t) เท่ากับ 0.060 นิ้ว
- เป็นเหล็กซิลิกอน
- เส้นรอบรูปของการตัดเท่ากับ 12 นิ้ว
- เคลียแร็นซ์ของแม่พิมพ์เท่ากับ 3 เปอร์เซ็นต์ของความหนาแผ่นวัสดุ

ตารางที่ 2.12 แสดงคุณสมบัติความต้านทานแรงเฉือน และเปอร์เซ็นต์การกดขึมลึกของวัสดุชนิดต่าง ๆ

ชนิดวัสดุ	ระบบนิ้ว		ระบบเมตริก		
	ความต้านทานแรงเฉือน (ปอนด์/ตารางนิ้ว,Psi)	เปอร์เซ็นต์ การกดขึมลึก	ความต้านทานแรงเฉือน (กิโลกรัมแรง/ตารางมิลิเมตร)		เปอร์เซ็นต์ การกดขึมลึก
			อ่อน	แข็ง	
ตะกั่ว	3,500	50	2.5~4	-	50
ดีบุก	5,000	40	4~5	-	40
อะลูมิเนียม	8,000	60	8~12	17~22	60~30
ดูราลูมิน	ไม่ระบุ	50	26	48	ไม่ระบุ
สังกะสี	14,000	55	15	25	50~25
ทองแดง	22,000	50	22~28	30~40	30~55
ทองเหลือง	33,000	25	28~35	40~60	20~50
บรอนซ์	36,000	50	40~50	50~75	ไม่ระบุ
เยอรมัน ซิลเวอร์	ไม่ระบุ	ไม่ระบุ	35~45	55~70	ไม่ระบุ
เงิน	ไม่ระบุ	ไม่ระบุ	26	ไม่ระบุ	ไม่ระบุ
เหล็กรีด (SPN1~8)	ไม่ระบุ	ไม่ระบุ	28 หรือ มากกว่า		60~38
เหล็กขึ้นรูปเย็น (SPN1~3)	ไม่ระบุ	ไม่ระบุ			60~38
เหล็กสำหรับการดึงขึ้นรูปลึก	ไม่ระบุ	ไม่ระบุ	28~32	-	60~38
เหล็กโครงสร้าง (SS34) (SS41)	ไม่ระบุ	ไม่ระบุ	33~44 41~52		40~28 40~28
เหล็ก 0.1% คาร์บอน	35,000(ผ่านการอบอ่อน) 43.000 (ผ่านการรีดเย็น)	50 38	32	40	50~38
0.2% คาร์บอน	44,000(ผ่านการอบอ่อน) 55,000 (ผ่านการรีดเย็น)	40 28	40	50	40~28
0.3% คาร์บอน	52,000(ผ่านการอบอ่อน) 67,000 (ผ่านการรีดเย็น)	33 22	45	60	33~22
0.4% คาร์บอน	ไม่ระบุ	ไม่ระบุ	56	72	27~17
0.6% คาร์บอน	ไม่ระบุ	ไม่ระบุ	72	90	20~9
0.8% คาร์บอน	ไม่ระบุ	ไม่ระบุ	90	110	15~5
1.0% คาร์บอน	ไม่ระบุ	ไม่ระบุ	100	130	10~2
เหล็กซิลิกอน	65,000	30	55	65	30
เหล็กไร้สนิม (สเตนเลส)	57,000	ไม่ระบุ	65~70	ไม่ระบุ	ไม่ระบุ
นิเกิล	35,000	55	44~50	57~63	55

จากตารางที่ 2.12 จะทราบข้อมูลของวัสดุเพิ่มเติมคือ

- ความต้านทานแรงเฉือนเท่ากับ 65,000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว
- การกดซึมลึก เท่ากับ 30 เปอร์เซ็นต์

จะคำนวณแรงตัด (A) ได้

= 65,000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว x 12 นิ้ว x 0.06 นิ้ว

= 46,800 ปอนด์

จะคำนวณการกดซึมลึก (P) ได้

= 0.30 x 0.06 นิ้ว

= 0.018 นิ้ว

จะคำนวณเคลียแร็นซ์ของแม่พิมพ์ (C) ได้

= 0.03 x 0.06 นิ้ว

= 0.0018 นิ้ว

จะคำนวณเวคเตอร์ของแรงแนวนอน (B) ที่ระยะครึ่งหนึ่งของการกดซึมลึกได้จาก

$\tan \alpha = c/(t - \frac{1}{2} P)$ และ $B = A \tan \alpha$

= (0.0018 นิ้ว) / (0.06 – ½ x 0.018 นิ้ว)

= 0.0353

ดังนั้น B = 46,800 ปอนด์ x 0.0353

= 1,652.04 ปอนด์

จะคำนวณเวคเตอร์ของแรงแนวนอน (B) ที่ระยะกดซึมลึกเต็มที่

จาก $\tan \varnothing = c/(t - P)$ และ $B = A \tan \varnothing$

= (0.0018 นิ้ว) / (0.06 – 0.018 นิ้ว)

= 0.0429

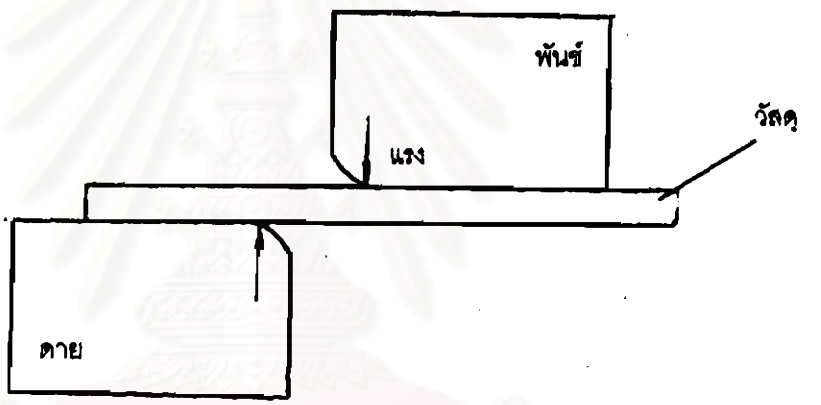
ดังนั้น B = 46,800 ปอนด์ x 0.0429

= 2,007.72 ปอนด์

แรงตัดจะลดลงอย่างรวดเร็วภายหลังการแตกเกิดขึ้น ดังนั้นแม้ในความเป็นจริงมุมที่เกิดขึ้นจะมีขนาดที่โตขึ้นก็ตาม แรงตัดก็จะมีการลดลงอย่างรวดเร็วอันมีผลทำให้เวคเตอร์ของแรงแนวนอนลดต่ำลงกว่าเดิม

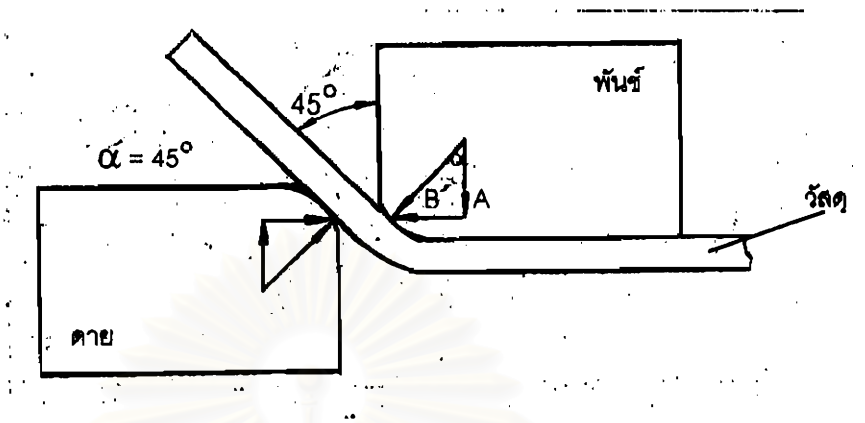
เวคเตอร์ของแรงแนวนอนสำหรับงานตัดเฉือนนั้น จึงสามารถที่จะคำนวณได้เมื่อทราบค่าเคลียแร็นซ์ และรอยกดซึมลึกที่ถูกต้อง ซึ่งวิธีคำนวณที่ควรนำไปใช้คือการคำนวณแรงในแนวนอน ณ ตำแหน่งที่เกิดการซึมลึกเต็มที่

ในระหว่างการขึ้นรูป และดึงขึ้นรูปนั้น ทั้งสองขบวนการจะมีการเกิดแรงสูงสุดในทันทีภายหลังจากที่พันช์เคลื่อนที่เข้าสัมผัสโลหะแผ่น และการที่เคลียแร็นซ์ของแม่พิมพ์ใกล้เคียงกับขนาดความหนาของโลหะแผ่นแล้ว จะมีแรงเกิดขึ้นมากกว่าที่เกิดในแม่พิมพ์ตัด ซึ่งในการเริ่มสัมผัสนั้นจะไม่มีเวคเตอร์ของแนวแรงเกิดขึ้น (รูปที่ 2.44) และในแม่พิมพ์ที่มีเคลียแร็นซ์มากกว่าจะเกิดแรงงัดหรือแรงกระทำทางกลมากขึ้นตามไปด้วย



รูปที่ 2.44 แสดงการเริ่มต้นการสัมผัสระหว่างทำการขึ้นรูป และดึงขึ้นรูป

มุมของการส่งผ่านแรงจะเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ ขณะที่ทำการตัดดำเนินไปเรื่อย ๆ มุมเริ่มแรกเมื่อสัมผัสระหว่างการตัด จะมีขนาดเล็กมาก ๆ และถือว่าเป็นมุม 90 องศาอยู่ สำหรับการขึ้นรูปและดึงขึ้นรูป มุมของการส่งผ่านแรงจะมีขนาดเล็ก ๆ ในตอนเริ่มแรกของการสัมผัสเช่นเดียวกัน และจะเพิ่มขึ้นเมื่อการขึ้นรูปและดึงขึ้นรูปดำเนินต่อไป จากรูปที่ 2.45 โลหะที่ถูกขึ้นรูปที่มุม 45 องศา เวคเตอร์ของแรงแนวนอนจะเท่ากับแรงขึ้นรูปหรือดึงขึ้นรูปสูงสุดในเวลาเดียวกันนี้

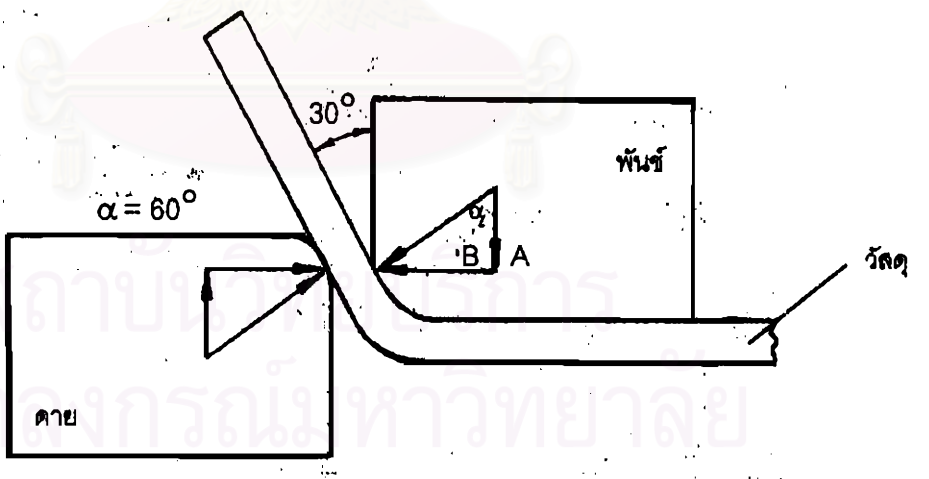


อธิบาย A = แรงขึ้นรูปหรือดึงขึ้นรูป

B = เวคเตอร์ของแรงแนวนอน

รูปสามเหลี่ยมที่มุมเท่ากัน จะได้ความยาวที่เท่ากัน ดังนั้น A = B

รูปที่ 2.45 แสดงเวคเตอร์ของแรงที่การดัดขึ้นรูปที่มุม 45 องศา



$$\tan \alpha = B/A \quad , B = 1.732A$$

เนื่องจาก (A) ลดลงอย่างรวดเร็วภายหลังการไหลตัวของโลหะเริ่มขึ้น แรง(B) จะมีขนาดลดลงต่ำลงกว่าการดัดที่มุม 45 องศา ถึงแม้ว่ามุมในการดัดจะโตกว่าคือ 60 องศาก็ตาม

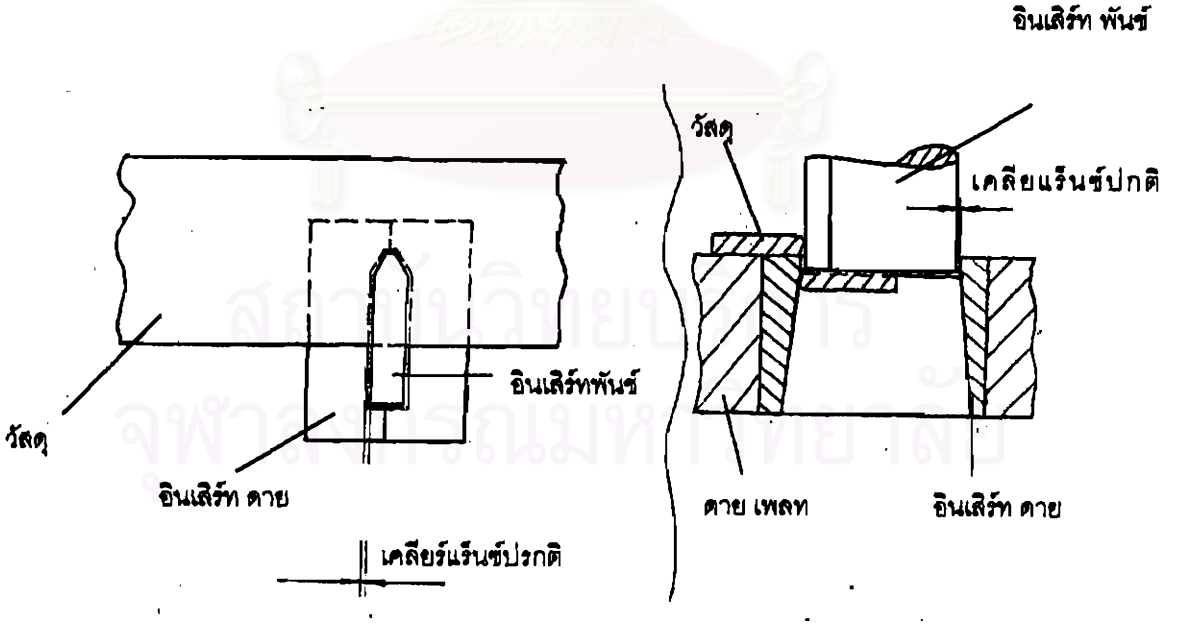
รูปที่ 2.46 แสดงเวคเตอร์ของแรงที่การดัดขึ้นรูปที่มุม 60 องศา

จากรูปที่ 2.46 แสดงให้เห็นถึงการขึ้นรูปที่ใกล้จะเสร็จสมบูรณ์ มุมของแรงเพิ่มขึ้นเป็น 60 องศา หลังจากโลหะผ่านการขึ้นรูปมาแล้วที่ 45 องศา อย่างไรก็ตามแรงจะลดลงนับตั้งแต่การไหลตัวของโลหะได้เริ่มต้นผ่านไปแล้ว สรุปได้ว่าการขึ้นรูปหรือการรีดขึ้นรูป เวคเตอร์ของแรงแนวนอนสูงสุดที่เกิดขึ้น จะเกิดในไม่ช้าภายหลังจากการเริ่มต้นของการสัมผัสกับโลหะแผ่น ซึ่งบางครั้งใกล้เคียงกับจุดที่จะตัดขึ้นรูปเสร็จสมบูรณ์ที่มุม 45 องศา ดังนั้นเวคเตอร์ของแรงแนวนอนจึงเท่ากับแรงสูงสุดในการขึ้นรูปหรือดึงขึ้นรูป เราจึงสามารถที่จะคำนวณเวคเตอร์ของแรงแนวนอนได้ เช่นเดียวกันกับการใช้สูตรอื่น ๆ มาประยุกต์แก้ไขปัญหาการออกแบบ

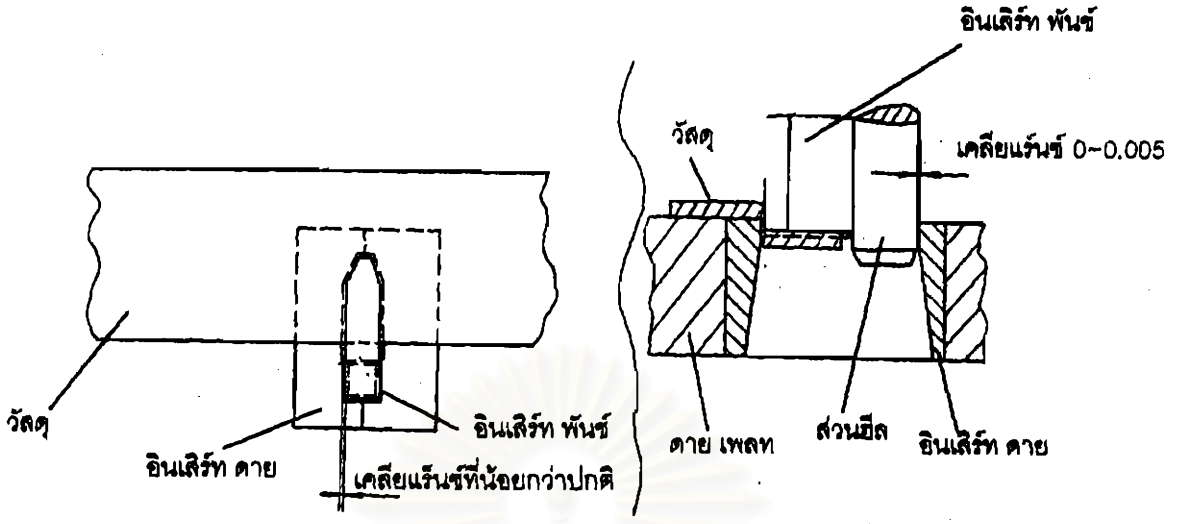
การออกแบบป้องกันความเสียหาย

การออกแบบป้องกันความเสียหายเนื่องจากแรงรุน สามารถพิจารณาแนวทางต่าง ๆ ไปใช้ได้ดังนี้

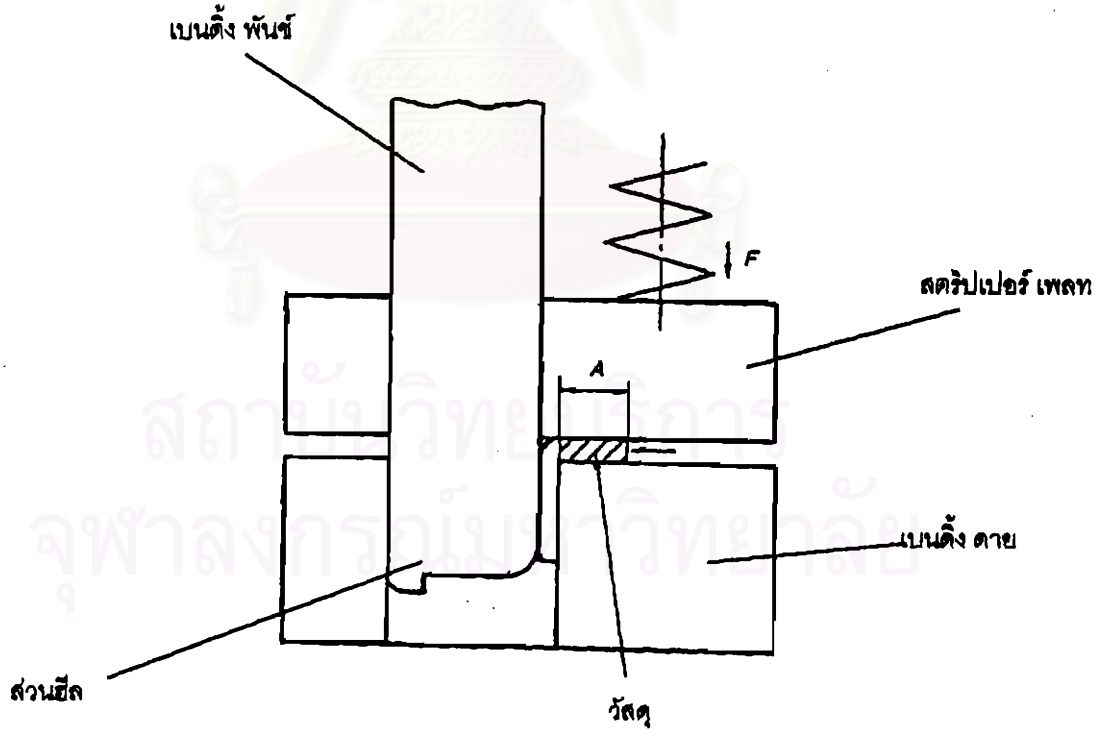
1. ออกแบบทำฮีล (HEEL) ที่พันช์ให้เป็นไกด์หรือตัวนำ เพื่อกำหนดตำแหน่งที่ถูกต้องและเตรียมรองรับแรงรุนที่กำลังจะเกิดตามมาเนื่องจากการตัดเฉือนขึ้นรูป (รูปที่ 2.47, 2.48 และ 2.49)



รูปที่ 2.47 แสดงพันช์และดายขณะทำการตัดเฉือนวัสดุ โดยไม่ได้ทำฮีลที่พันช์ และเคลียแร็นซ์ระหว่างพันช์กับดายเท่ากันตลอด เส้นรอบรูปชิ้นงานที่ทำการตัดเฉือน (ก่อนแก้ไข)

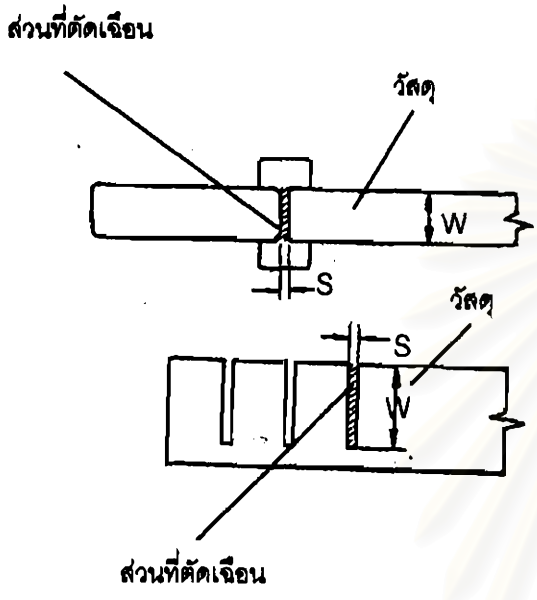


รูปที่ 2.48 แสดงพันช์และดายขณะทำการตัดเฉือนวัสดุ โดยออกแบบยีลที่พันช์และเคลียแร็นซ์ตามเส้นรอบรูปของยีลจะน้อยกว่าเคลียแร็นซ์ปรกติโดยมีค่าจาก 0 ถึง 0.005 ม.ม. (หลังแก้ไข)



รูปที่ 2.49 แสดงการออกแบบทำยีลที่พันช์ในงานดัดขึ้นรูป

2. ออกแบบช่วยลดความเสียหาย โดยพิจารณาส่วนกว้างที่สุดของการตัดเฉือนที่ยอมได้ (S) ณ ความยาวของการตัดเฉือนใด ๆ (W) และความหนาวัสดุ (T)



ความยาวของการตัดเฉือน (W) ,ม.ม.	ความกว้างของการตัดเฉือน (S), ม.ม.	ความกว้างของการตัดเฉือนต่ำสุดที่ยอมได้, ม.ม.
0~20	1.2 x T	2.0
20~45	1.5 x T	3.0
45~75	2.0 x T	3.5
มากกว่า 75	2.5 x T	4.0

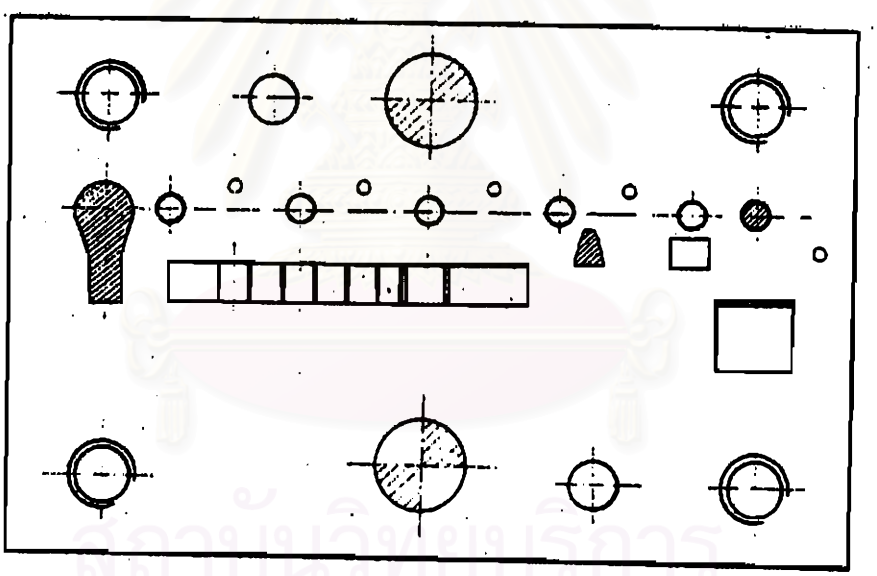
รูปที่ 2.50 แสดงรูปและตารางในการออกแบบช่วยลดความเสียหายเนื่องจากแรงรุนและแรงในการตัดเฉือน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การแก้ไขความคลาดเคลื่อนในการผลิต ด้วยขนาดที่ถูกต้องของไพล็อต พิน (PILOT PIN)

ก่อนที่จะนำการออกแบบแม่พิมพ์สำหรับใช้ในการผลิตชิ้นงานใด ๆ ปัจจัยหนึ่งที่เราคำนึงถึงคือ ปริมาณชิ้นงานที่จะผลิตนั้นว่ามีจำนวนมากเท่าใด เพื่อที่ว่าจะได้ออกแบบแม่พิมพ์ให้มีโครงสร้างเหมาะกับการผลิต รวมทั้งค่าใช้จ่ายในการผลิตแม่พิมพ์ด้วย โดยที่ให้จุดคุ้มทุน (BREAK EVEN POINT) เป็นไปตามที่ต้องการ

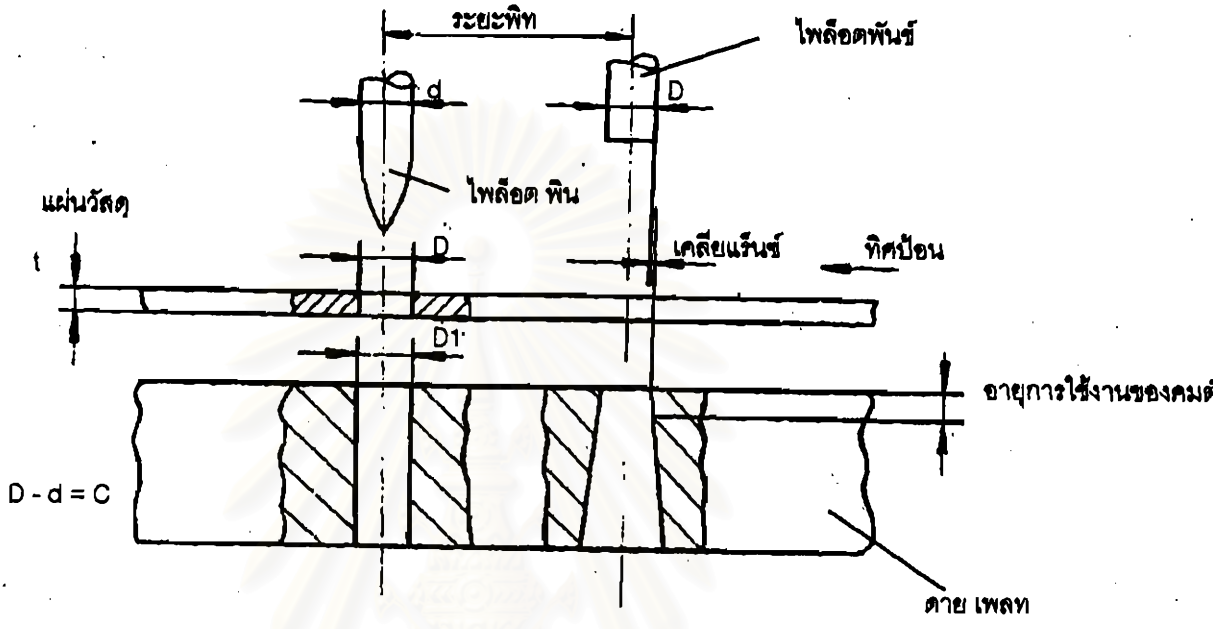
ในที่นี้จะกำหนดว่าจากข้อมูลข้างต้น ทำให้มีการออกแบบแม่พิมพ์ โดยที่มีคมตัดในการตัดเฉือนขั้นตอนต่าง ๆ ไม่เป็นแบบอินเสิร์ท ตาย แต่เป็นชิ้นเดียวกันกับแม่พิมพ์ ซึ่งมีอายุการใช้งานในการผลิตชิ้นงานน้อยกว่าแบบมีคมตัดในการตัดเฉือนเป็นแบบอินเสิร์ท



รูปที่ 2.51 แสดงลักษณะตายเพลทที่มีคมตัดในการตัดเฉือนขั้นตอนต่าง ๆ เป็นชิ้นเดียวกัน

ซึ่งไม่ว่าจะเป็นแม่พิมพ์แบบใดตามที่กล่าวมานั้น จะต้องมีความสัมพันธ์ระหว่าง ไพล็อตพันช์ หรือเพียร์ซิ่งพันช์ ซึ่งใช้เจาะรูนำหรือรูไพล็อตบนแผ่นวัสดุ กับไพล็อตพินที่ใช้กำหนดตำแหน่งของแผ่นวัสดุโดยการเคลื่อนเข้าไปในรูนำ ให้มีความถูกต้องจึงจะทำให้ได้ตำแหน่งในการตัดเฉือนขึ้นรูปต่าง ๆ ที่ได้ออกแบบเอาไว้มีความถูกต้องตามไปด้วย ความสัมพันธ์ของขนาดเส้น

ผ่านศูนย์กลางของไพล็อต พันช์, ไพล็อต พิน และรูผ่านสำหรับไพล็อตพินที่อยู่บนดายเพลทมีดังนี้



t (ม.ม.)		0.2	0.3	0.5	0.8	1.0	1.2	1.5	2	3
C (ม.ม.)	งานละเอียด	0.01		0.02		0.02		0.03	0.04	0.05
	งานทั่วไป	0.02		0.03		0.04		0.05	0.06	0.07

รูปที่ 2.52 แสดงความสัมพันธ์ของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไพล็อต พิน, รูไพล็อตบนแผ่นวัสดุ และรูผ่านบนดายเพลท

จากรูปที่ 2.52 จะเห็นได้ว่าค่า "C" ในตารางนั้นได้จากความสัมพันธ์ระหว่างความหนาของวัสดุหรือ "t" กับลักษณะของงานว่าเป็นงานละเอียดหรืองานทั่ว ๆ ไป ตัวอย่างเช่น วัสดุที่เราจะนำมาใช้ในการผลิตชิ้นงานนั้นมีความหนา 1.5 ม.ม. และชิ้นงานที่ต้องการเป็นงานละเอียดจะได้ค่า "C" จากตารางคือ 0.03 ม.ม. (แต่ถ้าเป็นงานทั่ว ๆ ไป จะได้ว่า "C" เป็น 0.05 ม.ม.)

และถ้าในกรณีนี้ได้กำหนดขนาดรูไพล็อตหรือ "D" ที่เรากำหนดและเลือกใช้ในการออกแบบคือ 2 ม.ม. ดังนั้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของไพล็อต พินหรือ "d" จะได้จาก 2 ม.ม. ลบด้วย 0.03 ม.ม. คือ 1.97 ม.ม. นั่นเอง

และเนื่องจากขนาดของรูไพล็อตบนแผ่นวัสดุนั้น เราต้องการให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 ม.ม. การที่จะทำให้ได้ขนาดรูดังกล่าว จะต้องคำนวณและคิดจากลักษณะของงาน เนื่องจากลักษณะของงานเจาะรูไพล็อตนี้เป็นการเจาะรูแล้วนำรูที่ผ่านการเจาะแล้วมาใช้งานต่อ (ซึ่งในที่นี้นำรูที่ผ่านการเจาะแล้วมาใช้งานต่อโดยให้เป็นรูสำหรับให้ไพล็อต พินเคลื่อนที่ผ่านเข้าไป เพื่อกำหนดตำแหน่งก่อนที่จะทำการตัดเฉือนขึ้นรูป) จึงถือเป็นงานเพียร์ซิ่ง (PIERCING) นั่นคือขนาดรูไพล็อตบนแผ่นวัสดุจะมีขนาดเท่ากันกับขนาดไพล็อต พันช์ และขนาดของรูดายจะคำนวณจากขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางพันช์บวกกับเคลียแร็นซ์ที่ผู้ออกแบบเลือกมาใช้ในการออกแบบ ซึ่งจะหาค่าที่ใช้ในการออกแบบเคลียแร็นซ์นี้ได้จากหัวข้อ "เคลียแร็นซ์คืออะไรและสำคัญอย่างไร" ที่ผ่านมา ซึ่งการคำนวณขนาดของพันช์และดายของงานเพียร์ซิ่งจะตรงกันข้ามกับงานแบล็งกิ้ง (BLANKING) เหตุผลของความแตกต่างของชิ้นงานที่จะนำไปใช้งานต่อในขั้นตอนถัดไป ซึ่งเป็นผลมาจากรอยของการตัดเฉือนที่ได้บนชิ้นงานนั้น (ดูรูปที่ 2.8) ซึ่งจะเห็นได้ว่าขนาดของรูบนแผ่นวัสดุที่ถือเป็นงานเพียร์ซิ่งนั้น เกิดจากการที่พันช์กดลงบนแผ่นวัสดุเพื่อทำการตัดเฉือน ขนาดของรูที่ได้จึงมีขนาดเท่ากันกับพันช์ ในขณะที่ส่วนที่ถูกตัดออกมาจากแผ่นวัสดุถ้าถือเป็นชิ้นงาน จะเรียกว่างานแบล็งกิ้ง ซึ่งเกิดจากการที่แผ่นวัสดุถูกกดเข้าหาขอบคมตัดของดาย เพื่อทำการตัดเฉือน ขนาดของชิ้นงานที่ได้จึงมีขนาดโตเท่ากันกับดาย

ส่วนค่า D1 หรือขนาดของรูผ่านไพล็อตที่ดายเพลท ในที่นี้ขอแนะนำให้ใช้วิธีคำนวณจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง D บวกด้วยค่าคงที่ 0.05 ม.ม.

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ถ้าขนาดของวัสดุมีความหนา (t) 1.5 ม.ม. เป็นงานละเอียดและรูไพล็อต (D) 2 ม.ม. จะได้ขนาดไพล็อต พิน (d) เท่ากับ 1.97 ม.ม. และขนาดของรูผ่านไพล็อต (D1) เท่ากับ 2.05 ม.ม.

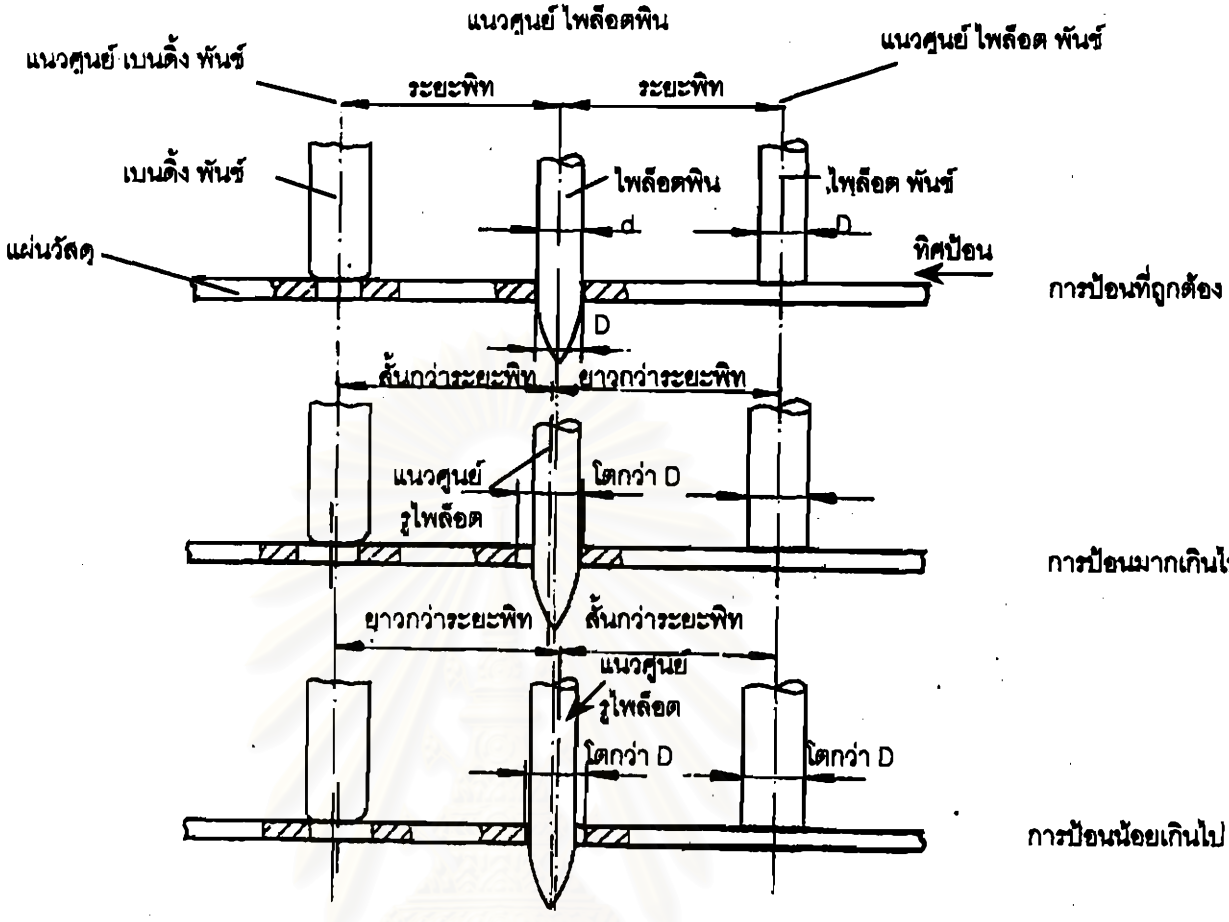
ความคลาดเคลื่อนในการกำหนดตำแหน่งของไพล็อต พิน จะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อมีการเจียระไนลับคมตัดดาย เพลท จนกระทั่งเกินกว่าอายุการใช้งานที่ออกแบบไว้ (โดยปกติระยะคมตัดคือ 2-3 ม.ม.) ซึ่งจริง ๆ ควรจะเกินจุดคุ้มทุนในการผลิตมาแล้ว แต่ในที่นี้จะสมมติว่า อายุของผลิตภัณฑ์นี้ (PRODUCT LIFE CYCLE) ไม่ได้สั้นตามที่คาดหมายเอาไว้ แต่กลับมีอายุที่ยาวนานกว่า และเนื่องจากเราแน่ใจว่าการลงทุนสร้างแม่พิมพ์ขึ้นใหม่อีก 1 ตัวนั้นไม่คุ้มค่าแน่นอน แต่ครั้นจะนำแม่พิมพ์ตัวเดิมที่หมดอายุแล้ว มาใช้ผลิตต่อไปก็ไม่สามารถทำได้ เนื่องจากเคลียแร็นซ์ระหว่างพันช์กับดายมากเกินไป จึงทำให้เกิดรอยเยินที่มีขนาดโตกว่าค่าที่ยอมได้ และเกิดการโก่งงอขึ้นเนื่องจากเกิดการดึงขึ้นรูปมากกว่าที่จะเป็นการตัดเฉือนชิ้นงาน

ช่างซ่อมบำรุงที่ขาดความรู้ความเข้าใจในหน้าที่ ที่จะต้องทำการกำหนดตำแหน่งของไพ-ล็อต พิน ก็จะทำการซ่อมบำรุงแม่พิมพ์ โดยการเปลี่ยนขนาดของไพล็อต พันช์ ให้มีขนาดโตขึ้นกว่าเดิม เพื่อที่จะทำให้ได้เคลียแร็นซ์ระหว่างพันช์กับดาย เท่ากันกับช่วงก่อนหมดอายุของคมตัด ก็จะทำให้ได้รอยตัดเฉือนที่มีรอยเยินอยู่ในค่าที่ยอมได้ และไม่เกิดการโก่งงอขึ้นบนชิ้นงาน

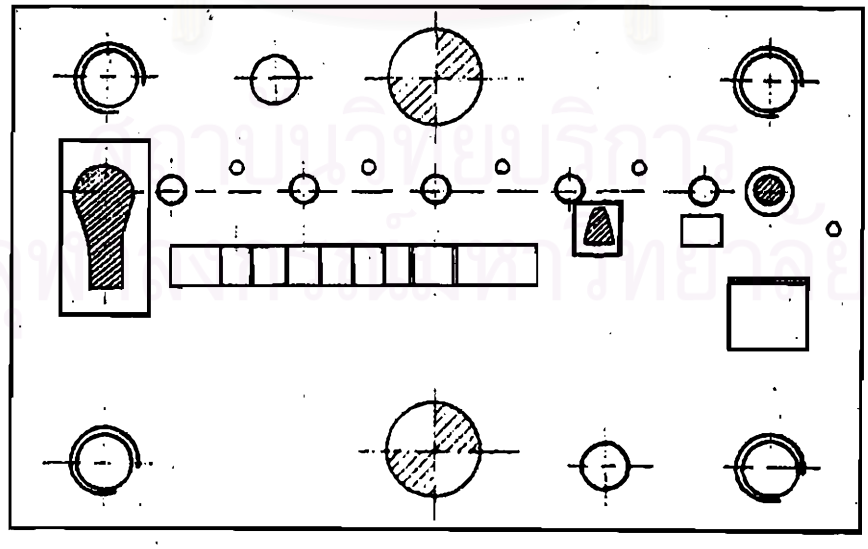
อย่างไรก็ตามเนื่องจากลักษณะของงานตัดเจาะรูภายหลังการเพิ่มขนาดพันช์ให้มีขนาดโตขึ้น ยังถือว่าเป็นงานเพียร์ซิ่ง จึงมีขนาดของรูเจาะหรือรูไพล็อตบนแผ่นวัสดุเท่ากับขนาดของพันช์ที่โตขึ้น ในขณะที่ไพล็อต พินยังมีขนาดคงเดิม จึงทำให้มีช่องว่างระหว่างรูไพล็อตกับไพล็อต พินมากกว่าค่าที่ยอมได้ ทำให้แผ่นวัสดุสามารถที่จะเคลื่อนไปตามทิศทางการป้อนได้มากกว่าหรือน้อยกว่าระยะพิทของแม่พิมพ์ได้ ทำให้เกิดการตัดเฉือนขึ้นรูปในขั้นตอนถัดไปเกิดความคลาดเคลื่อนขึ้นได้ (รูปที่ 2.53)

ดังนั้นเพื่อทำให้การป้อนวัสดุเข้าสู่แม่พิมพ์ไม่ให้เกิดความคลาดเคลื่อน และยังคงยืดอายุแม่พิมพ์ให้สามารถทำการผลิตชิ้นงานต่อไปได้อีก ให้ทำการออกแบบแก้ไขดายเพลทที่มีความคมตัดในการตัดเฉือนขั้นตอนต่าง ๆ ที่เป็นแบบชิ้นเดียวกันกับดายเพลทให้เป็นแบบอินเสิร์ท ดายแทนแล้วส่งไปไวร์คัทก็จะทำให้เราสามารถที่จะทำการผลิตชิ้นงานต่อไปได้อีก โดยเสียค่าใช้จ่ายน้อยกว่าการสร้างแม่พิมพ์ขึ้นใหม่ (รูปที่ 2.54) และการแก้ไขในลักษณะนี้จะต้องทำการแก้ไขให้เป็นอินเสิร์ท ดาย กับทุก ๆ ตำแหน่งที่เป็นคมตัด ซึ่งอายุการใช้งานของคมตัดคงหมดไปเช่นเดียวกันกับที่ตำแหน่งไพล็อต ดาย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.53 แสดงการป้อนที่ไม่ถูกต้องทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนขึ้นภายหลังการใช้ขนาดพันช์ที่โตขึ้น



รูปที่ 2.54 แสดงการแก้ไขดายเพลทเดิม ให้เป็นแบบอินเสิร์ท ดาย

2.2 หลักการพื้นฐานเกี่ยวกับวิศวกรรมคุณค่า

ประวัติความเป็นมา

จุดเริ่มต้นที่ทำให้เกิดวิศวกรรมคุณค่า (VALUE ENGINEERING, VE) ก็คือ "วิกฤตการณ์แอสเบสทอส" ซึ่งเกิดขึ้นกับบริษัท GE ในสหรัฐอเมริกา กล่าวคือเมื่อปี ค.ศ. 1947 (พ.ศ. 2490) หลังจากสงครามโลกครั้งที่ 2 ได้สิ้นสุดไปไม่นาน และทำให้เกิดภาวะขาดแคลนวัสดุอย่างรุนแรง การหาซื้อวัสดุยิ่งเพิ่มความยากลำบากมากขึ้น และทำให้ค่าใช้จ่ายค่าวัสดุสูงขึ้นด้วย

ในระหว่างนั้นวันหนึ่ง โรงงานพ่นสีของบริษัทได้ออกใบสั่งซื้อแผ่นของแอสเบสทอส (ASBESTOS) มายังฝ่ายจัดซื้อ แต่เนื่องจากแผ่นแอสเบสทอสขาดตลาด ทำให้มีราคาสูงมาก จึงไม่สามารถจัดซื้อในวงเงินที่กำหนดได้ ดังนั้นเจ้าหน้าที่ฝ่ายจัดซื้อจึงได้ฉุกคิดขึ้นมาว่า "ด้วยประโยชน์ในการใช้งาน (FUNCTION) อะไรจึงจำเป็นต้องใช้แอสเบสทอส" เขาจึงได้สอบถามจุดมุ่งหมายในการใช้งาน เพราะว่าการใช้สิ่งอื่นมาทดแทนนั้น นอกจากจะหาซื้อได้ง่ายแล้ว ก็ยังลดค่าใช้จ่ายได้มากด้วย

Mr. HARRY ERLICHER ซึ่งเป็นรองประธานฝ่ายจัดซื้อในขณะนั้นได้ทราบเรื่องนี้ จึงคิดขึ้นมาว่า "ราคาสินค้ามิใช่แปรตามค่าใช้จ่ายที่ได้ลงทุนเสมอไปมิใช่หรือ" เขาจึงได้สั่งการไปยัง Mr. L.D. MILES ซึ่งเป็นผู้จัดการฝ่ายจัดซื้อขณะนั้นว่า "ขอให้ค้นหาวิธีที่ใช้ได้ผลที่สุดเพื่อเพิ่มคุณค่าของผลิตภัณฑ์"

หลังจากกรณีแอสเบสทอส ได้ผ่านไปเป็นเวลา 5 ปี และได้ใช้เงินเพื่อพัฒนาร่วม 3 ล้านดอลลาร์ จึงได้เกิดการวิเคราะห์คุณค่า (VALUE ANALYSIS, VA) ซึ่งเป็นพื้นฐานของ VE ขึ้น

ในปี 1954 กระทรวงกลาโหมของอเมริกา ได้เริ่มนำเอา VA ซึ่งได้วิวัฒนาการขึ้นในวงการอุตสาหกรรมของอเมริกาไปใช้ เพื่อเป็นวิธีใช้เงินที่ได้จากเงินภาษีอากรที่เก็บจากประชาชนให้ได้คุณค่าสูงที่สุด กล่าวคือ ในการที่จะสร้างอาวุธให้ได้จำนวนมากที่สุดเท่าที่จะทำได้ ภายในงบประมาณที่จำกัดและมีจำนวนคงที่นั้น จำเป็นต้องกำจัดองค์ประกอบที่ไม่จำเป็นออกไป เพื่อให้ต้นทุนการผลิตต่ำ ส่วนที่ลดลงนั้นก็จะช่วยทำให้ได้จำนวนอาวุธเพิ่มขึ้น ในปี ค.ศ. 1963 (พ.ศ. 2506) รัฐมนตรีกลาโหม แมคนามารา ได้วางแนวทางเกี่ยวกับการลดค่าใช้จ่ายไว้ดังนี้

1. ไม่ซื้อสิ่งที่เกินความจำเป็น
2. ซื้อในราคาที่สมเหตุผลที่ต่ำที่สุด
3. ประหยัดค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับการใช้ต่าง ๆ

หลังปี ค.ศ. 1970 (พ.ศ. 2513) แล้ว การใช้ VE เป็นเงื่อนไขที่ต้องการอันหนึ่งของขบวนการการจัดการวิศวกรรมเชิงระบบ (SYSTEM ENGINEERING MANAGEMENT PROCESS, SEMP) ในสัญญาการซื้อผลิตภัณฑ์ใหม่หรือการพัฒนาเทคนิคใหม่

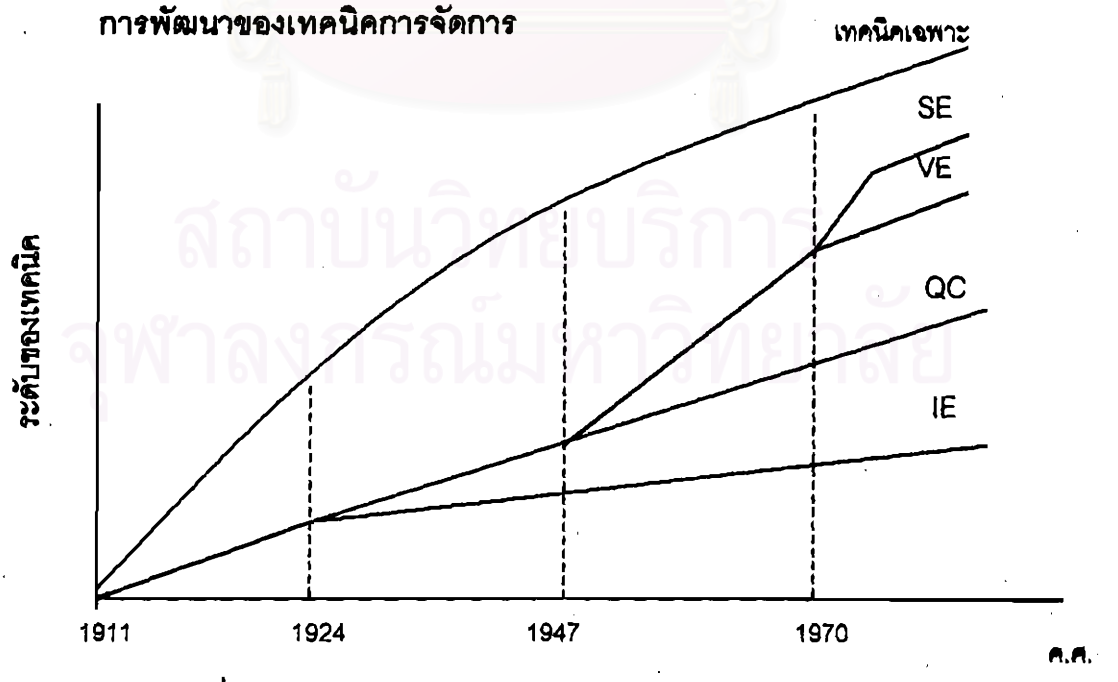
ประวัติความเป็นมาของ VE ในประเทศญี่ปุ่น

นับตั้งแต่ Mr. HEINRITZ ซึ่งเป็นผู้บริหารด้านการจัดซื้อของอเมริกาได้มาเยือนญี่ปุ่นในปี ค.ศ. 1960 (พ.ศ. 2503) หลังจากนั้น VE จึงได้ถูกนำมาใช้ในวงการอุตสาหกรรมผลิตรถยนต์, อุตสาหกรรมเครื่องไฟฟ้าขนาดใหญ่เป็นประการแรก ซึ่งส่วนใหญ่ก็มีบทบาทอันยิ่งใหญ่ในด้านการลดต้นทุนของวัตถุดิบ และการทำให้ผลิตภัณฑ์ที่มีอยู่แล้วถูกลง

ผลของ VE ก็ได้เป็นที่สนใจในวงการอื่น ๆ อีกด้วย หลังจากนั้นก็ได้นำไปใช้กับอุตสาหกรรมการประกอบชิ้นส่วนเรื่อยไปจนถึงอุตสาหกรรมอุปกรณ์เครื่องมือต่าง ๆ และในปัจจุบันยังใช้กับงานก่อสร้างอีกด้วย

VE นั้นในตอนแรก ๆ ก็ถือผลิตภัณฑ์ที่มีอยู่เป็นหลัก และส่วนใหญ่กระทำกันโดยฝ่ายที่ซื้อ แต่ต่อ ๆ มาก็ได้ถือเอาผลิตภัณฑ์ใหม่เป็นหลัก และได้ขยายไปยังฝ่ายออกแบบผลิตภัณฑ์ และฝ่ายเทคนิค

ในปัจจุบันไม่เพียงแต่ทางด้านฮาร์ดแวร์ (HARDWARE) เท่านั้น VE ยังถูกนำไปใช้ในด้านซอฟท์แวร์ (SOFTWARE) กันมากด้วย

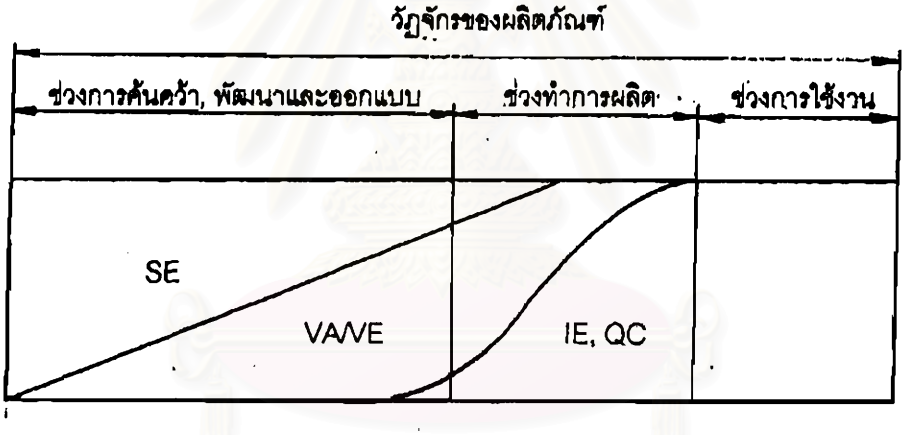


รูปที่ 2.55 แสดงระดับของเทคนิคเฉพาะและของเทคนิคการจัดการ

ประมาณปี ค.ศ. 1911 (พ.ศ. 2454) ได้เกิดวิศวกรรมอุตสาหการ (INDUSTRIAL ENGINEERING, IE) ซึ่งมีการพัฒนางานและการศึกษาเวลา (TIME STUDY) เป็นแกนกลาง เพื่อเพิ่มปริมาณการผลิต ให้ทำการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัย

หลังจากนั้นแล้ว ในปี ค.ศ. 1924 (พ.ศ. 2467) จึงได้วิธีทางสถิติมาช่วยและเกิดเป็นการควบคุมคุณภาพ (QUALITY CONTROL, QC) ขึ้น เพื่อให้บรรลุผลในการผลิตปริมาณมากโดยสมบูรณ์

นอกจากนี้ เมื่อกล่าวถึงทางด้านวัสดุ, วิธีการผลิตและการประเมินการออกแบบเสียใหม่ ซึ่งเป็นเทคนิคในการลดต้นทุนการผลิตที่ได้รับการพัฒนา ที่ได้รับการพัฒนาขึ้นมาราว ปี ค.ศ. 1947 (พ.ศ. 2490) เรียกว่า วิศวกรรมคุณค่า (VE) และวิศวกรรมเชิงระบบ (SYSTEM ENGINEER, SE) ตามมาในปี ค.ศ. 1970 (พ.ศ. 2513)



รูปที่ 2.56 วัฏจักรของผลิตภัณฑ์

ความสัมพันธ์ของเทคนิคการจัดการกับวัฏจักรของผลิตภัณฑ์ ส่วนใหญ่ที่ถูกนำมาใช้ในช่วงการผลิตก็มี IE และ QC ในช่วงค้นคว้า, พัฒนาและออกแบบนั้น IE และ QC ก็ถูกนำมาใช้เช่นกัน แต่ปริมาณการใช้เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ในขั้นทำการผลิตแล้วนั้น มีปริมาณน้อยกว่ามาก ส่วนในช่วงค้นคว้า พัฒนาและออกแบบนั้นเทคนิคการจัดการส่วนใหญ่ที่ถูกนำมาใช้ก็คือ VA/VE และ SE ดังนั้นในช่วงวิจัยและพัฒนาและออกแบบนี้ VA/VE และ SE เป็นเทคนิคการจัดการที่มีความสำคัญยิ่งสำหรับการแข่งขัน

ชนิดของคุณค่า

- คุณค่าการใช้งาน (USE VALUE) คือคุณภาพหรือลักษณะที่มีผลต่อประโยชน์, งาน หรือบริการ

- คุณค่าจุดเด่น (ESTEEM VALUE) คือลักษณะพิเศษหรือจุดเด่นซึ่งทำให้ต้องการเป็นเจ้าของสิ่งนั้น

- คุณค่าต้นทุน (COST VALUE) คือยอดรวมค่าแรงงาน, ค่าวัสดุต่าง ๆ และค่าใช้จ่ายอื่น ๆ ทั้งหมดที่จำเป็นในการทำสิ่งนั้น

- คุณค่าแลกเปลี่ยน (EXCHANGE VALUE) คือ คุณภาพหรือลักษณะพิเศษของสิ่งอื่นที่สามารถจะนำมาแทนหรือแลกเปลี่ยนกับของที่เราหาอยู่

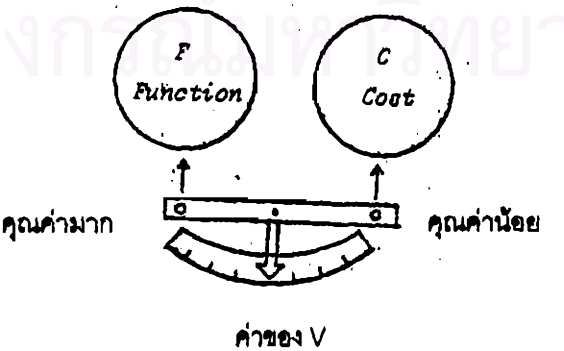
- คุณค่าที่เกิดจากการขาดแคลน (SCARCITY VALUE) คือคุณค่าที่เกิดขึ้นเนื่องจากในโลกนี้มีของนั้นอยู่น้อย

- คุณค่าอดีต (HISTORICAL VALUE) คือคุณค่าซึ่งประเมินเมื่อสิ่งของนั้นผ่านการทำขึ้นมาแล้วเป็นระยะเวลาหนึ่ง

สำหรับแนวความคิดเกี่ยวกับคุณค่าในวิศวกรรมคุณค่านั้น ถือว่า คุณค่าเป็นเครื่องชั่งระหว่างประโยชน์การใช้งานหรือหน้าที่การใช้งาน (FUNCTION) กับต้นทุน (COST) ที่ใช้ไปในการนี้ซึ่งแทนโดย

$$\text{คุณค่า} = \frac{\text{หน้าที่การใช้งาน}}{\text{ต้นทุน}}$$

แต่ทั้งนี้มิใช่สูตรหรือสมการสำหรับการคำนวณ แต่เป็นเพียงแสดงความสัมพันธ์ระหว่างคุณค่า กับหน้าที่การใช้งานและต้นทุนเท่านั้น



รูปที่ 2.57 แสดงเครื่องชั่งที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างคุณค่ากับหน้าที่การใช้งานและต้นทุน

จากรูป ถึงแม้ว่าหน้าที่การใช้งานจะเพิ่มขึ้น แต่ถ้าต้นทุนเพิ่มขึ้นมากกว่านี้ก็ไม่อาจกล่าวได้ว่าคุณค่าเพิ่มขึ้น แต่ในกรณีที่ผลของหน้าที่การใช้งานที่เท่ากันแล้ว ถ้าตัดค่าใช้จ่ายที่เป็นต้นทุนที่ไม่จำเป็นออกเสียก็จะได้คุณค่ามากขึ้น

การจำแนกหน้าที่การใช้งาน (FUNCTION)

โดยทั่ว ๆ ไปหน้าที่การใช้งานจำแนกได้ดังต่อไปนี้

1. หน้าที่การใช้งานซึ่งมีอยู่ในสินค้าปัจจุบัน
    - 1.1 หน้าที่การใช้งานพื้นฐาน (BASIC FUNCTION)
        - 1.1.1 หน้าที่การใช้งานขั้นต้น (PRIMARY FUGNTION)
        - 1.1.2 หน้าที่การใช้งานขั้นรอง (SECONDARY FUNCTION)
    - 1.2 หน้าที่การใช้งานที่ไม่จำเป็น
        - 1.2.1 หน้าที่การใช้งานที่มีมากเกินควร
        - 1.2.2 หน้าที่การใช้งานที่มีเหลือเฟือ
        - 1.2.3 หน้าที่ที่ซ้ำกัน

- หน้าที่การใช้งานพื้นฐาน เป็นหน้าที่การใช้งานเพื่อที่จะทำให้ผลิตภัณฑ์หรือสินค้านั้นบรรลุผลสมความมุ่งหมาย กล่าวถึงการทำงานซึ่งเป็นตัวแทนของผลิตภัณฑ์นั้น ๆ

- หน้าที่การใช้งานขั้นต้น เป็นการทำงานที่จำเป็นสำหรับการบรรลุผลตามเป้าหมายของหน้าที่การใช้งานพื้นฐาน

- หน้าที่การใช้งานขั้นรอง เป็นหน้าที่การใช้งานซึ่งช่วยเหลือให้หน้าที่การใช้งานพื้นฐานบรรลุผลตามเป้าหมาย เช่น การทำงานที่จะทำให้เกิดความดึงดูดใจต่อสินค้าหรือผลิตภัณฑ์นั้น ๆ ทำให้เกิดการซื้อได้ง่ายขึ้น

- หน้าที่การใช้งานที่ไม่จำเป็นเป็นหน้าที่การใช้งานที่ไม่มีความจำเป็นต่อสินค้าหรือผลิตภัณฑ์นั้น ๆ

แผนงานวิศวกรรมคุณค่าที่มีจำนวนขั้นตอนต่าง ๆ กัน

- แผนงานวิศวกรรมคุณค่า 7 ขั้นตอนของ อาเธอร์ อี มูดจ์ (ARTHUR E.MUDGE)

1. ขั้นตอนทั่ว ๆ ไป (GENERAL PHASE) หรือ ขั้นเลือกโครงการ (SELECTION)
2. ขั้นรวบรวมข้อมูล (INFORMATION PHASE)
3. ขั้นวิเคราะห์หน้าที่ (FUNCTION PHASE)
4. ขั้นสร้างสรรค์ความคิดเพื่อปรับปรุง (CREATION PHASE)
5. ขั้นประเมินผลความคิด (EVALUATION PHASE)
6. ขั้นทดสอบพิสูจน์ (INVESTIGATION PHASE)
7. ขั้นเสนอแนะเพื่อนำไปปฏิบัติ (RECOMMENDATION PHASE)

- แผนงานวิศวกรรมคุณค่า 6 ขั้นตอนขององค์การป้องกันสิ่งแวดล้อมแห่งสหประชาชาติ (ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY) (EPA)

1. ขั้นรวบรวมข้อมูล (INFORMATION PHASE)
2. ขั้นสร้างสรรค์ความคิดเพื่อปรับปรุง (CREATIVE PHASE)
3. ขั้นทำการวิเคราะห์ (ANALYTICAL PHASE)
4. ขั้นทดสอบพิสูจน์ (INVESTIGATION PHASE)
5. ขั้นเสนอแนะเพื่อนำไปปฏิบัติ (RECOMMENDATION PHASE)
6. ขั้นการนำไปปฏิบัติ (IMPLEMENTATION PHASE)

- แผนงานวิศวกรรมคุณค่า 5 ขั้นตอนตามมาตรฐาน

1. ขั้นรวบรวมข้อมูล (INFORMATION PHASE)
2. ขั้นสร้างสรรค์ความคิดเพื่อปรับปรุง (CREATIVE PHASE)
3. ขั้นพิสูจน์และตัดสิน (JUDGMENT PHASE)
4. ขั้นพัฒนา (DEVELOPMENT PHASE)
5. ขั้นเสนอแนะเพื่อนำไปปฏิบัติ (RECOMMENDATION PHASE)

- แผนงานวิศวกรรมคุณค่า 8 ขั้นตอนของการปกครองของสหรัฐ (GENERAL SERVICES ADMINSTRATION)

1. ขั้นรวบรวมข้อมูล (INFORMATION PHASE)
2. ขั้นวิเคราะห์หน้าที่ (FUNCTIONAL ANALYSIS)
3. ขั้นสร้างสรรค์ความคิดเพื่อปรับปรุง (CREATIVE PHASE)
4. ขั้นพิสูจน์และตัดสิน (JUDGMENT PHASE)

5. ขั้นพัฒนา (DEVELOPMENT PHASE)
6. ขั้นการนำเสนอ (PRESENTATION PHASE)
7. ขั้นการนำไปปฏิบัติ (IMPLEMENTATION PHASE)
8. ขั้นติดตามผล (FOLLOW UP)

- แผนงานวิศวกรรมคุณค่า 6 ขั้นตอนของกรมป้องกันราชอาณาจักรสหรัฐฯ (DEPARTMENT OF DEFENSE)

1. ขั้นรวบรวมข้อมูล (INFORMATION PHASE)
2. ขั้นวิเคราะห์หน้าที่ (FUNCTION ANALYSIS PHASE)
3. ขั้นนึกคิด (SPECULATION PHASE)
4. ขั้นประเมินผล (EVALUATION PHASE)
5. ขั้นการนำเสนอและวางแผนโครงการ (PRESENTATION AND PROGRAM PLANNING PHASE)
6. ขั้นการนำไปปฏิบัติ (IMPLEMENTATION PHASE)

อย่างไรก็ตามในงานวิจัยนี้จะใช้แผนงานวิศวกรรมคุณค่า 7 ขั้นตอนของ ARTHUR E. MUDGE ในการดำเนินการวิจัย ดังมีขั้นตอนดังนี้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนงานวิศวกรรมคุณค่า 7 ขั้นตอนของ ARTHUR E. MUDGE

ARTHUR E. MUDGE ผู้อำนวยการกองบริการวิศวกรรมคุณค่า ของบริษัท จอย อุตสาหกรรมผลิตและเป็นผู้แต่งหนังสือวิศวกรรมคุณค่าการเข้าถึงอย่างมีระบบ (VALUE ENGINEERING , A SYSTEM APPROACH) ได้เสนอแผนงานวิศวกรรมคุณค่าตามขั้นตอนดังนี้

1. ขั้นการเลือกโครงการ หรือขั้นตอนทั่วไป (SELECTION OR GENERAL PHASE)
2. ขั้นรวบรวมข้อมูล (INFORMATION PHASE)
3. ขั้นการวิเคราะห์หน้าที่ (FUNCTION PHASE)
4. ขั้นสร้างสรรค์ความคิด (CREATION PHASE)
5. ขั้นประเมินผล (EVALUATION PHASE)
6. ขั้นทดสอบพิสูจน์ (INVESTIGATION PHASE)
7. ขั้นเสนอแนะ (RECOMMENDATION PHASE)

1. ขั้นเลือกโครงการ

ในขั้นตอนนี้จะต้องใช้หลักมนุษย์สัมพันธ์ที่ดีในการที่จะเข้าใจผู้อื่น, ให้เกียรติผู้อื่น, คำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล, มีความรอบคอบและเห็นใจ, คำนึงถึงความคิดในเชิงบวก และมีความยืดหยุ่น รวมถึงต้องคำนึงถึงอุปสรรคในการทำวิศวกรรมคุณค่าด้วยว่าการเปลี่ยนแปลงเป็นสิ่งที่ทุกคนต่อต้าน ผู้ที่ไม่ต่อต้านการเปลี่ยนแปลงจะมีอยู่น้อยมาก

สำหรับการเลือกโครงการนั้น จะต้องทำความเข้าใจว่า "ใคร" เป็นผู้แนะนำโครงการ และ "ทำไม" ผู้แนะนำโครงการจึงแนะนำ

- "ใคร" เป็นผู้แนะนำโครงการ

ผู้แนะนำอาจเป็นประธานคณะกรรมการหรือวิศวกรหรือฝ่ายขาย หรือบุคคลอื่น ๆ บ่อยครั้งพบว่าผู้แนะนำมักเป็นกลุ่มบุคคล และการแนะนำนั้นมักไม่ใช่คำแนะนำเลย แต่บอกว่าคุณควรทำอะไร ดังนั้นคงสำรวจอย่างคร่าว ๆ ก่อนถึงผลที่จะประหยัดได้ และผลประโยชน์อื่น ๆ เวลาความพยายามและเงินที่ต้องใช้ในการนี้ว่าคุ้มหรือไม่ที่จะทำ

ท่านควรถามตนเองว่า "เราจะบอกกับประธานคณะกรรมการได้อย่างไรว่า เราจะไม่ทำโครงการที่เขาแนะนำ" แต่ถ้าเราได้สำรวจและมีข้อมูลแล้ว เราก็สามารถบอกไปว่าไม่คุ้มที่จะทำเพราะอะไร

- "ทำไม" ผู้แนะนำโครงการจึงแนะนำ

คำแนะนำนั้นมาจากผลของความต้องการ ซึ่งอาจจะบอกเหตุผลออกมาตรง ๆ หรือทางอ้อม บางครั้งมาจากปัญหาต่าง ๆ ซึ่งผู้แนะนำอยากให้กำจัดมันเสีย หรืออาจเป็นนโยบายของบริษัทที่จะกระตุ้นให้พนักงานแก้ปัญหาเกี่ยวกับกำไร

- ชนิดของโครงการ โครงการที่จะใช้เทคนิควิศวกรรมคุณค่านั้น แบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ

โครงการที่เกี่ยวกับวัตถุ (HARDWARE PROJECT) เป็นโครงการเกี่ยวกับทางกายภาพ ซึ่งได้แก่ ขนาด, น้ำหนัก, รูปทรง ตลอดจนวัตถุดิบและพลังงานที่ใช้ในการผลิต รวมถึงสิ่งอำนวยความสะดวกต่าง ๆ ในการผลิตจนถึงลูกค้า

โครงการที่ไม่เกี่ยวกับวัตถุ (SOFTWARE PROJECT) เป็นโครงการที่เกี่ยวข้องกับระบบการทำงานมากกว่าลักษณะกายภาพ ได้แก่ การวางแผน การขนส่ง การจัดจำหน่าย เป็นต้น

การเลือกโครงการที่จะทำวิศวกรรมคุณค่า (VALUE ENGINEERING, VE)

โครงการนั้นประกอบด้วยส่วนทั้งหมด และโครงการเฉพาะส่วน

1. ส่วนทั้งหมด

1.1 โครงการจะต้องมีความแตกต่างของส่วนประกอบอย่างน้อย 3 แบบ ที่จะใช้เทคนิค VE

1.2 จะต้องมีองค์ประกอบ 8-16 อย่างด้วยกัน

1.3 โครงการนั้นจะต้องดำเนินต่อไปภายหลังจากได้ทำการศึกษา (มิใช่โครงการที่ใช้ในการศึกษาเท่านั้น) หรือเป็นโครงการวิจัยและพัฒนาก็ได้

1.4 ไม่มีการเปลี่ยนแปลงหลักใหญ่ในขณะที่กำลังทำ VE

1.5 การเปลี่ยนแปลงควรเกิดภายหลังจากที่ได้แนะนำเทคนิค VE

1.6 จุดประสงค์ที่จะต้องแน่นอน และเข้าใจง่าย

2. โครงการ VE เฉพาะส่วน

2.1 สิ่งซึ่งมีข้อยุ่งยากในการใช้งานหรือในการผลิตเกินความจำเป็น

2.2 ส่วนประกอบที่ไม่ใช่มาตรฐานทั้งหมดและรูปร่าง

2.3 สิ่งซึ่งลูกค้าร้องเรียนและต่อว่ามา

2.4 ส่วนประกอบซึ่งเหมือนกับมาตรฐานของบริษัทอื่น และมิได้ปรับปรุงมานาน

2.5 ขั้นตอนการทำงานมากและซับซ้อน

2.6 ส่วนประกอบที่มีจุดอ่อน หรือต้องการบำรุงรักษามาก

2.7 สิ่งซึ่งต้องใช้วัตถุดิบราคาแพง

2.8 สิ่งซึ่งต้องใช้เครื่องมือมากเกินความจำเป็น

2.9 สิ่งที่ให้กำไรน้อย

2.10 สินค้าซึ่งขายได้น้อยในตลาด

2.11 สินค้าของคู่แข่งขัน มีความน่าเชื่อถือมากกว่า และราคาถูกกว่าอีกด้วย

2.12 สิ่งซึ่งใช้แรงคนมากเกินไป

2.13 สิ่งซึ่งมีของเสียในอัตราสูง

การเลือกเวลาที่เหมาะสมในการทำโครงการก็เป็นส่วนสำคัญ ถ้าการเสนอแนะไม่อยู่ในช่วงที่เหมาะสม ผลงานก็เปล่าประโยชน์ นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่น ๆ ที่จะนำมาพิจารณาในโครงการอีกดังนี้

1. ความปลอดภัยส่วนบุคคล
2. ผลกระทบต่อบุคคลที่เกี่ยวข้องในการทำโครงการ
3. หลีกเลี่ยงการสูญเสีย
4. ผลที่ประหยัดได้หรือการปรับปรุงกำไร
5. ลิขสิทธิ์
6. คำแนะนำของลูกค้าหรือบริษัท
7. วัสดุที่มีอยู่
8. คู่แข่งขัน
9. ความร่วมมือในการเปลี่ยนแปลง
10. ปริมาณผลผลิตต่อปี
11. วงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ในตลาด

<u>การเลือกโครงการ VE เป็นครั้งแรก</u>

โครงการ VE ที่จะทำครั้งแรกนี้สำคัญมาก ถ้าเลือกยากเกินไป แล้วเกิดความล้มเหลวจะทำให้ทีมงานหมดกำลังใจที่จะทำ VE อีกในโครงการต่อไป และเนื่องจากท่านต้องเรียนรู้ความรู้ขั้นพื้นฐานใหม่ เพื่อเป็นเครื่องมือในการทำงาน การประยุกต์ใช้เครื่องมือนี้บางครั้งจะทำให้เกิดการขัดแย้งกันขึ้น สำหรับโครงการครั้งแรกนี้จะเป็นการขัดแย้งภายใน อันเนื่องมาจากความเปลี่ยนแปลง แต่อย่าลืมว่าเป็นการเปลี่ยนแปลงเพื่อนำไปสู่การปรับปรุงที่ดีกว่า

ถ้าสามารถเอาชนะข้อขัดแย้งไปได้แล้ว ท่านจะอยู่เหนือระดับปรกติ การเลือกโครงการครั้งแรกนี้เสมือนทำสงคราม ต้องหาจุดแข็ง จุดอ่อนของคู่ต่อสู้เพื่อเอาชนะ คือชนะอุปสรรคนั่น

เอง จึงไม่ใช่ของง่าย เนื่องจากมีหลายจุดที่ต้องการประเมิน และมีบุคคลหลายคนที่เราต้องติดต่อด้วย จึงต้องชั่งน้ำหนักและหาจุดสมดุลย์ซึ่งกันและกัน แล้วจะพบความสำเร็จได้ เป็นที่ยอมรับกันแล้วว่ามันยาก ในการที่จะแปลงทฤษฎีเข้าสู่การปฏิบัติหรือจากคำพูดไปสู่การปฏิบัติ ดังนั้นจึงต้องค่อย ๆ ทำตามขั้นตอนของ VE อย่างละเอียดด้วยความเข้าใจ พร้อมทั้งตอบคำถามในขั้นตอนทุกขั้นตอนให้ได้ การทำโครงการ VE จึงสมบูรณ์

<u>การเริ่มต้นทำ VA, VE</u> องค์การใดที่ผู้บริหารให้ทำ VA, VE ด้วยความเต็มใจงานก็จะเริ่มต้นด้วยดี วิธีการทำจะอยู่ในรูปแบบดังนี้

1. <u>ทีมงาน</u> ถ้าทำงานเป็นทีม งานก็จะสำเร็จลุล่วงไปได้อย่างรวดเร็ว และมีคุณภาพมากกว่าจะทำเองเพียงคนเดียว ทีมงานควรจะมาจากบุคคลหลาย ๆ ฝ่าย ซึ่งขึ้นกับขอบเขตของงาน ทีมงานที่มีประสิทธิภาพควรมีจำนวน 5 ถึง 7 คนจะเป็นขนาดที่พอเหมาะ การพิจารณาบุคคลร่วมทีมควรมีเกณฑ์ดังนี้

- เลือกหัวหน้าทีมที่เคยผ่านการฝึกอบรม VA, VE ทั้งทางภาคทฤษฎีและปฏิบัติมาบ้างแล้ว
- สมาชิกคนอื่น ๆ อย่างน้อยต้องเคยทราบเรื่องของ VA, VE ถ้ายังไม่มีพื้นฐานต้องจัดการฝึกอบรมให้เข้าใจและมีพื้นฐานเดียวกันเสียก่อน
- ทีมงานควรเป็นแบบผสมและมาจากต่างสาขาวิชากัน เพื่อจะได้พิจารณางานได้หลาย ๆ ด้านตามความสามารถของแต่ละบุคคล

ทีมงานทั้งหมดควรจะเป็นคนที่มีความสามารถและชอบที่จะทำงานใหม่ ๆ มิใช่มาจากบุคคลที่ว่าง ๆ อยู่ก็เลยจับให้มาทำงาน VA, VE เพราะความสำเร็จของงาน VA, VE ขึ้นอยู่กับความสามารถและความเฉลียวฉลาดของบุคคล ถ้าเลือกทีมงานผิด ก็จะทำให้โครงการล้มเหลวลงได้ในขั้นแรก

2. <u>ทำคนเดียว</u> ใช้บุคคลเพียงคนเดียวทำ VA, VE จะสำเร็จลงได้ก็ต่อเมื่อเขาพร้อมที่จะหาข้อมูล คำนวณ ประเมินผลทุกอย่างเอง แต่มีข้อเสียตรงที่ความคิดสร้างสรรค์จะมิได้มาอย่างสมบูรณ์แบบ

2. ขั้นรวบรวมข้อมูล

ในขั้นการรวบรวมข้อมูลนี้ใช้เทคนิค 3 ประการคือ ข้อเท็จจริง (FACTS), การหาต้นทุน (COSTS) และการกำหนดต้นทุนสำหรับข้อกำหนดและความต้องการ (FIXED COST ON SPECIFICATION) โดยการใช้เทคนิคทั้ง 3 มักจะต่อเนื่องกัน

ข้อเท็จจริง การได้ข้อมูลความจริงนั้นเปรียบเสมือนกุญแจของความรู้ ซึ่งจะไขประตูไปสู่ความสำเร็จในแผนงาน กุญแจของขั้นตอนนี้ได้แก่คำถาม 6 คำถามคือ ทำไม อะไร เมื่อไร ที่ไหน ใคร และอย่างไร ตัวอย่างของแบบฟอร์มที่ช่วยในการหาข้อเท็จจริง ดังรูปที่ 2.58

บริษัท _____ เลขที่โครงการ _____

แบบฟอร์มข้อมูล

ผลิตภัณฑ์ _____

โครงการ _____ เลขที่แบบแปลน _____

ปริมาณที่ต้องการ _____

ภูมิหลังด้านการตลาด

ภูมิหลังด้านการผลิตและจัดซื้อ

ภูมิหลังด้านวิศวกรรม

ทีมงาน วันที่ _____

รูปที่ 2.58 ตัวอย่างแบบฟอร์มข้อมูล

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภูมิหลังด้านการตลาด หลังจากที่ปรึกษากับบุคคลในสาขานี้แล้ว ควรจะหาข้อมูลเหล่านี้ให้ได้คือ

- รายละเอียดอะไรเกี่ยวกับข้อกำหนด และความต้องการของผู้ใช้และผู้ผลิต ซึ่งจะต้องประกอบไปด้วย

1. สภาพโดยทั่วไปก่อนใช้ ระหว่างใช้ และภายหลังที่ใช้ผลิตภัณฑ์
2. ขอบเขตทางกายภาพมีข้อกำหนดอย่างไร
3. ความต้องการทางด้านความน่าเชื่อถือได้ การบริหาร การบำรุงรักษา และการทำงานของมัน
4. ความต้องการด้านอายุการทำงาน
5. ความต้องการด้านคุณลักษณะพิเศษ

- การปฏิบัติของหน่วยซ่อมมีอะไรบ้าง ข้อมูลที่ต้องการคือ

1. ประวัติการทดแทนชิ้นส่วนที่แท้จริงและสำรอง
2. เหตุผลของการเปลี่ยนชิ้นส่วนทดแทน
3. อายุการทำงานจริงของส่วนประกอบต่าง ๆ

- จำนวนความต้องการสินค้าในตลาดที่คาดหมายทั้งหมดต่อปี ในฐานะผู้ผลิตสามารถที่จะผลิตได้เปอร์เซ็นต์เท่าไร

- อายุของสินค้าในตลาดเป็นเท่าใด จะสามารถเพิ่มอายุของสินค้าในตลาดได้อย่างไร

- คู่แข่งขันมีจำนวนเท่าใด ตั้งอยู่ที่ใด และราคาผลิตภัณฑ์ของคู่แข่งขันเป็นอย่างไร

- ในโครงการนี้ ถ้ามีการทดสอบ เปลี่ยนแปลงหรือปรับปรุง จะสามารถใช้งานได้ดีหรือขายเพิ่มขึ้นไหม

ภูมิหลังด้านวิศวกรรม ปรึกษาและค้นหาข้อมูลจากพวกวิศวกร ซึ่งออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ขบวนการผลิตและวิธีการทำงาน ข้อมูลที่จำเป็นคือ

- ประวัติทางเทคนิคโดยทั่วไปของผลิตภัณฑ์ หรือโครงการ ระยะเวลาที่ออกแบบ ปัญหาการพัฒนาและอุปสรรค การเปลี่ยนแปลงข้อกำหนด และความต้องการอื่น ๆ

- ลิขสิทธิ์อะไรที่ควรนำมาวิเคราะห์ในโครงการนี้ และลิขสิทธิ์เหล่านั้นเป็นของผู้ใด

- ความต้องการทางด้านกายภาพ สมรรถนะ และฝีมือ สำหรับโครงการนี้ สิ่งเหล่านี้รวมถึงวัสดุต่าง ๆ , น้ำหนัก, สถิติ, การสั่นสะเทือน, สิ่งแวดล้อม, อายุการใช้งาน, สมรรถนะ และรูปร่าง

- โครงการนี้สามารถใช้กับผลิตภัณฑ์อื่นได้ไหม ถ้าทำได้ทำอย่างไร ปริมาณเป็นเท่าใด

- การพัฒนาหรือเปลี่ยนแปลงได้พิจารณาบ้างไหมและเมื่อใดความคาดหมายจึงจะสำเร็จ

- โครงการนี้ควรปรับปรุง เปลี่ยนแปลง เพื่อให้ทำงานดีขึ้น หรือขายได้ดีขึ้นอย่างไร ทำอย่างไร โครงการนี้จะลดต้นทุนลงได้

<u>ภูมิหลังด้านการผลิตและจัดซื้อ</u> ปรึกษาบุคคลที่อยู่ในแผนกนี้ ซึ่งสามารถที่จะให้ข้อมูลที่ถูกต้องและจำเป็นคือ

- ข้อกำหนดกระบวนการผลิต ขั้นตอนการปฏิบัติงาน ปริมาณการผลิตต่อระยะเวลาในการเดินเครื่อง เครื่องมือที่ใช้เป็นแบบพิเศษหรือมาตรฐาน วิธีการทำงาน เฉพาะอายุการใช้งานของเครื่องมือต่าง ๆ ต้นทุนอยู่ในความดูแลของใคร

- ถ้าเครื่องมือพิเศษ เป็นชนิดใด และราคาเท่าใด

- รายละเอียดเกี่ยวกับการใช้วัตถุ ตั้งแต่วัตถุดิบ จนถึงวัสดุสำเร็จรูป รวมทั้งจำนวนเศษวัสดุด้วย

- จำนวนชิ้นส่วนที่ต้องทำใหม่ ชิ้นส่วนใดที่ไม่ได้รับการยอมรับจากการประกอบนั้นเกิดจากปัญหาการผลิตหรือวัตถุดิบไม่ดี

- ถ้าชิ้นส่วนนั้นซื้อมา จะต้องหาข้อมูลต่อไป คือ

1. บริษัทใดเป็นผู้จัดหาชิ้นส่วนในปัจจุบัน
2. ก่อนนั้นซื้อจากที่ไหน
3. แหล่งที่สามารถจะซื้อจากที่อื่น
4. จัดการซื้ออย่างไร สัญญาเป็นรายปี หรือเป็นปริมาณมาก ๆ
5. ปริมาณการสั่งซื้อตามปรกติ และปริมาณการสั่งซื้อต่ำสุดเป็นเท่าใด
6. ใครเป็นผู้สั่งซื้อ
7. การสั่งซื้อกระทำอย่างไร เมื่อไร และจากที่ไหน
8. ประวัติการจัดส่งชิ้นส่วนนั้น ๆ
9. ราคาของชิ้นส่วน ค่าขนส่ง และค่าใช้จ่ายอื่น ๆ

- ในส่วนที่ต้องการปรับปรุงเปลี่ยนแปลง ควรเขียนเป็นหัวข้อ ในการพิจารณาปัญหาทางด้านลดการผลิต หรือการสั่งซื้อจากภายนอก

เมื่อได้รวบรวมข้อมูลจากบุคคลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องอย่างถูกต้องแล้ว ควรบันทึกในใบสรุปผลตามแบบฟอร์มรูปที่ 2.59 และจากการรวบรวมข้อมูลจะทำให้เกิดความสามารถในการปรับปรุงขึ้น และขั้นต่อไปคือพิจารณาต้นทุนซึ่งสัมพันธ์กับข้อเท็จจริงที่ได้รวบรวมมา

การหาต้นทุน

สิ่งจำเป็นสำหรับผลิตภัณฑ์ก็คือ การหาต้นทุนที่ถูกต้อง ซึ่งจะช่วยในการพิจารณาประหยัดค่าใช้จ่ายของโครงการ และเป็นการวัดผลข้อเท็จจริงที่เราได้รับอีกด้วย

ในขั้นแรกต้องหาต้นทุนของวัสดุ และแรงงาน (PRIME COSTS) ที่เกี่ยวข้องกับโครงการนำมาวิเคราะห์และแยกต้นทุนแรงงาน และวัสดุสำหรับประกอบทั้งหมด และการประกอบย่อยรวมทั้งส่วนอื่น ๆ ของโครงการด้วย

ขั้นที่สองหาค่าโสหุ้ยของโครงการ ซึ่งประกอบด้วยค่าวัสดุทางอ้อม หรือค่าแรงทางอ้อม เครื่องจับยึดชิ้นงานที่ทำพิเศษขึ้น ค่าใช้จ่ายในการบรรจุและขนส่ง และค่าใช้จ่ายพิเศษอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกัน

ค่าใช้จ่ายเหล่านี้ ไม่ว่าจะเป็นการประเมินก็ดี หรือค่าใช้จ่ายที่แท้จริง จะต้องบันทึกเอาไว้ รวมทั้งบันทึกแหล่งที่มาด้วย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บริษัท ..... เลขที่

ใบสรุปผล

ผลิตภัณฑ์.....

โครงการ..... แบบแปลนเลขที่.....

แหล่งข้อมูล	ข้อมูลที่ได้รับ	ควรปฏิบัติ

ผู้ร่วมงาน วันที่

วิศวกรรมคุณค่า

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 2.59 แสดงแบบฟอร์มสรุปข้อมูล

<u>กำหนดต้นทุนของข้อกำหนดและความต้องการ</u>

เมื่อได้ศึกษาข้อกำหนดและความต้องการอย่างละเอียดแล้วพบว่า ต้นทุนของสินค้าสำเร็จรูป กระบวนการผลิตหรือวิธีการ เป็นค่าใช้จ่ายส่วนใหญ่ของค่าใช้จ่ายทั้งหมด ไม่ว่าจะเป็นต้นทุนราคาขาย หรือต้นทุนรวม ดังนั้นจึงควรศึกษาค่าใช้จ่ายที่ไม่จำเป็น ซึ่งรวมอยู่ในราคาของผลิตภัณฑ์

เมื่อจัดแยกรายละเอียดของความต้องการแล้วจึงแบ่งต้นทุนไปตามส่วนต่าง ๆ กำหนดให้ต้นทุนขั้นต้น (ต้นทุนวัสดุ และแรงงานทางตรง) และต้นทุนโรงงานแบ่งแยกไปตามข้อกำหนดหรือความต้องการที่ทำไว้ โดยให้มีการเรียงลำดับจากมากไปหาน้อยเพื่อการวิเคราะห์ต่อไป ซึ่งการจัดลำดับต้นทุนคล้าย ๆ กับกฎข้อที่ 2 ของกฎ 20-80 อันจะสามารถช่วยให้กำหนดขอบเขตที่ดีที่สุดสำหรับกำจัดต้นทุนที่ไม่จำเป็นออกไป

กฎเกณฑ์ที่ใช้เกี่ยวกับต้นทุนทางวิศวกรรมคุณค่า

กฎ 20-80 กฎเกณฑ์นี้มีอยู่ 3 แบบด้วยกัน ในโครงสร้างต้นทุนได้แก่

กฎข้อที่ 1 ต้นทุนสินค้าสำเร็จรูป (COST OF GOODS MANUFACTURED) โครงสร้างต้นทุนโดยทั่วไป

ต้นทุนคงที่ (FIXED COST) คิดเป็น 20% ของต้นทุนรวม

ต้นทุนผันแปร (VARIABLE COST) คิดเป็น 80% ของต้นทุนรวม

ดังนั้นควรมุ่งการใช้ VA, VE ไปที่ต้นทุนผันแปร

กฎข้อที่ 2 ต้นทุนโรงงาน (FACTORY COSTS) โครงสร้างที่ปรับปรุงแล้ว

20% ของแต่ละส่วน ประกอบด้วย 80% ของต้นทุนรวม

80% ของแต่ละส่วน ประกอบด้วย 20% ของต้นทุนรวม

เมื่อได้ค่าใช้จ่ายโรงงานที่สมบูรณ์แบบแล้ว นำมาวิเคราะห์แต่ละส่วน โดยลำดับค่าใช้จ่ายที่ลดลงตามลำดับ หรือเริ่มต้นจากค่าใช้จ่ายสูงสุดไปหาค่าใช้จ่ายต่ำสุด เมื่อเรียงลำดับแล้วจะพบว่า 20 เปอร์เซ็นต์ของส่วนแรกที่เรียงลำดับ ซึ่งเป็นส่วนที่มีต้นทุนสูง จะประกอบด้วย 80 เปอร์เซ็นต์ของต้นทุนรวมที่เราวิเคราะห์ ดังนั้นเราควรพยายามมุ่งความสนใจไปที่ 20 เปอร์เซ็นต์นี้

กฎข้อที่ 3 หน้าที่พื้นฐานและหน้าที่รอง

หน้าที่พื้นฐาน คิดเป็น 20% ของต้นทุนรวม

หน้าที่รอง คิดเป็น 80% ของต้นทุนรวม

ดังนั้น ควรมุ่งแก้ไขที่หน้าที่รอง เพราะมีค่าใช้จ่ายคือ 80 เปอร์เซ็นต์ของต้นทุนรวม

ข้อกำหนดและความต้องการ

เมื่อดูความหมายของคำว่าข้อกำหนดและความต้องการ อาจจะรู้สึกว่าเป็นคำที่มีความหมายง่าย ๆ แต่เมื่อศึกษาอย่างแท้จริงแล้วพบว่ายุ่งยากพอสมควร ไม่ว่าจะเป็นตอนเริ่มต้นหรือสุดท้าย เริ่มต้นก็คือการตระหนักถึงความจริงที่ว่ามีข้อมูลเกี่ยวกับข้อกำหนด และความต้องการอยู่มาก นอกจากนั้นยังมีตัวแปรอื่น ๆ ปะปนอยู่ด้วย

อันแรกก็คือ ข้อกำหนดและความต้องการ จากผู้ใช้ซึ่งได้แก่สิ่งแวดล้อม ตำแหน่งที่ตั้ง และอื่น ๆ ซึ่งผู้ใช้ต้องการให้มีในผลิตภัณฑ์

อันดับสองคือ ข้อกำหนดหรือความต้องการของผู้ผลิตเอง ซึ่งได้แก่ ผลิตภัณฑ์ที่สถานการณ์ต่าง ๆ ซึ่งผู้ผลิตมีความชำนาญ หรือได้เรียนรู้ในระหว่างการทำงานของเขา ความยุ่งยากจากข้อกำหนดและความต้องการนั้น เกิดจากความเป็นจริง และจากจินตนาการ ความยากลำบากก็คือการแยกจินตนาการจากความเป็นจริง เพราะว่าการขาดข้อมูล ขาดความคิด เกิดการเข้าใจผิด อุปนิสัยและทัศนคติ เหตุการณ์ชั่วคราวที่เกิดขึ้น ดังนั้นข้อกำหนดหรือความต้องการนี้ จึงมีต้นทุนที่ไม่จำเป็นรวมอยู่ด้วยในผลิตภัณฑ์ เช่น การออกแบบที่ดีมากจนเกินความเป็นจริง เป็นต้น

3. ขั้นวิเคราะห์หน้าที่

การวิเคราะห์หน้าที่การทำงาน เป็นเทคนิคอย่างหนึ่งในแผนงานของวิศวกรรมคุณค่า ซึ่งแตกต่างไปจากโปรแกรมการลดต้นทุนแบบอื่น ๆ การวิเคราะห์หน้าที่นี้ทำได้โดยอธิบายหน้าที่ ประเมินความสัมพันธ์ของหน้าที่ และพัฒนาทางเลือก ซึ่งเทคนิคเหล่านี้มีผลกระทบต่อกำไรของธุรกิจ และช่วงในการปรับปรุงต้นทุนได้เป็นอย่างดียิ่ง

เนื่องจากกำไรของธุรกิจหรืออุตสาหกรรม เป็นผลเนื่องจากผลิตภัณฑ์ กระบวนการและวิธีปฏิบัติ ท่านจะเห็นได้ว่าความรู้ในเรื่องเหล่านี้มีผลกระทบต่อกำไร ดังนั้นการใช้เทคนิควิเคราะห์หน้าที่ จึงเป็นการอธิบายปัญหา และสร้างความสัมพันธ์ของระบบการผลิต ด้วยการแยกแยะเพื่อหาข้อสรุปของปัญหารวม

คำจำกัดความของหน้าที่ตามที่สมาคมวิศวกรรมคุณค่าได้เขียนไว้ คือ "สิ่งที่ทำให้ผลิตภัณฑ์นั้นใช้งานได้หรือขายได้"

กฎเกณฑ์ของหน้าที่

กฎข้อที่ 1 หน้าที่การทำงานจะต้องประกอบด้วยคำ 2 คำ คือ คำกริยา และคำนาม

กฎข้อที่ 2 สำหรับหน้าที่การใช้งานและการขาย ต้องแยกให้คำกริยาและคำนามแตกต่างกันคือ หน้าที่การทำงานมักจะเป็นคำกริยา และคำนามที่สามารถวัดได้ (MEASURABLE) ส่วนหน้าที่การขายนั้นจะเป็นคำกริยาและคำนามที่ไม่สามารถวัดได้

กฎข้อที่ 3 หน้าที่ทั้งหมดสามารถแบ่งได้เป็น 2 ระดับ คือ หน้าที่พื้นฐาน (BASIC FUNCTION) และหน้าที่รอง (SECONDARY FUNCTION) โดยมีนิยามดังนี้

- หน้าที่พื้นฐาน เป็นหน้าที่หลักของผลิตภัณฑ์และบริการ (อัมพิกา ไกรฤทธิ์, 2519:53) หรือเป็นหน้าที่ที่เป็นสาระสำคัญอย่างแท้จริง ที่ผลิตภัณฑ์จะทำงานหรือมีคุณสมบัติตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งใจไว้ (U.S. Army materiel command, 1971:4-20)

- หน้าที่รอง เป็นหน้าที่ช่วยเสริมให้หน้าที่พื้นฐานสมบูรณ์ขึ้น (อัมพิกา ไกรฤทธิ์, 2519:53) หรือเป็นหน้าที่ที่เป็นสาระที่สำคัญต่อความมีลักษณะเด่น, สภาพที่ปรากฏเห็น หรือความสะดวก และอาจจะเป็นสิ่งที่จำเป็นในการช่วยให้ขายผลิตภัณฑ์ได้ (U.S. Army materiel command, 1971:4-20)

กฎทั้ง 3 ข้อนี้ เป็นส่วนหนึ่งของขบวนการทางความคิด ช่วยทำให้มองปัญหาต่าง ๆ ง่ายขึ้น มีมาตรฐานขึ้นและเป็นแนวทางที่จะแก้ปัญหาบุคคลในเรื่องอุปนิสัย และทัศนคติ

กฎข้อที่ 1 นั้นให้จำนวนสถานการณ์และความเป็นจริงในขั้นแรก ถ้าไม่สามารถอธิบายหน้าที่ของ 2 คำนี้ได้ แสดงว่ายังไม่มีข้อมูลเพียงพอเกี่ยวกับปัญหา หรือว่ากำลังแก้ปัญหาที่ใหญ่เกินไปซึ่งอธิบายไม่ได้ สำหรับในขั้นที่สอง ด้วยการใช้คำ 2 คำนี้ ท่านสามารถแบ่งปัญหาออกเป็นปัญหาย่อย ๆ ที่ง่ายขึ้น และในขั้นสุดท้ายจะเห็นว่าเมื่อใช้คำ 2 คำนี้แล้ว โอกาสที่จะเข้าใจผิดเนื่องจากการสื่อสารกันนั้นน้อยลง

กฎข้อที่ 2 กฎข้อนี้จะช่วยแยกหน้าที่การใช้งานและการขายออกจากกัน เมื่อใช้คำนามที่วัดได้ จะทำให้สามารถสร้างความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนกับหน้าที่ได้ ส่วนหน้าที่ที่ทำให้ขายได้นั้น คำนามวัดได้ค่อนข้างยากหรือไม่สามารถวัดได้ เช่น ความสวยงาม, ความสะดวกสบาย, ศักดิ์ศรี ฯลฯ ตัวอย่างคำกริยาและคำนามสำหรับหน้าที่การใช้งาน และหน้าที่ที่ทำให้ขายได้มีดังนี้

- คำกริยา และคำนามสำหรับหน้าที่การใช้งาน

คำกริยา ได้แก่ เสริม ส่งผ่าน สร้าง วัด เลือก นำ กรอง แบ่ง ใช้ กั้น เปลี่ยนแปลง ขัดขืน ตั้ง ปล่อย ควบคุม ป้องกัน ลด กระจาย เกิด เป็นต้น

คำนาม ได้แก่ น้ำหนัก แสงสว่าง ความร้อน กระแส แรงต้าน ความหนาแน่น การป้องกัน ของเหลว แรง การไหล การแผ่รังสี พลังงาน การทำลาย การซ่อมแซม ของไหล เป็นต้น

- คำกริยาและคำนามสำหรับหน้าที่ที่ทำให้ขายได้

คำกริยา ได้แก่ เพิ่ม ลด ปรับปรุง สร้าง เห็น ชิม ได้ยิน ตั้ง กลิ่น กระทบ รู้สึก คิด สะท้อน เป็นต้น

คำนาม ได้แก่ ความสวย รูปร่าง ความสะดวก แบบ ศักดิ์ศรี ฟอร์ม ผล กระทบ แลกเปลี่ยน ปมเด่น สำเนียง สีสัน หน้าตา ทรวดทรง เป็นต้น

กฎข้อที่ 3 ตามคำนิยามนั้น หมายถึง ให้ความสำคัญของหน้าที่โดยปกติแล้วพบว่า ปัญหาผลิตภัณฑ์, วิธีการปฏิบัติ หรือขบวนการ มักมีหน้าที่พื้นฐานเพียงอย่างเดียว มีจำนวนน้อยมากที่มีหน้าที่พื้นฐาน 2 อย่าง ส่วนหน้าที่รองส่วนใหญ่จะเป็นหน้าที่ที่ผู้ใช้ต้องการ (WANT) มากกว่าที่จะเป็นความจำเป็น (NEED) จึงเป็นหน้าที่ที่บางครั้งเกินกว่าที่ควรจะมีในระบบหรือผลิตภัณฑ์นั้น ๆ หรือบางครั้งก็อาจเกิดจากการออกแบบของเราเองในครั้งแรก

การบันทึกคำจำกัดความของหน้าที่ (FUNCTION DEFINITION) จะบันทึกลงในแบบฟอร์ม ดังรูปที่ 2.60

ตัวอย่างในการบันทึกคำจำกัดความของหน้าที่ โดยใช้คำกริยา-คำนาม และหน้าที่ของแต่ละชิ้นส่วนโดยแยกเป็นหน้าที่พื้นฐานและหน้าที่รอง ภายหลังการวิเคราะห์ร่วมกันของทีมงานหรือวิเคราะห์ด้วยตนเองในกรณีที่โครงการนั้นทำในลักษณะทำคนเดียว ดังแสดงในรูปที่ 2.61

และตัวอย่างในการบันทึกคำจำกัดความของหน้าที่ โดยใช้คำกริยา-คำนาม หน้าที่ของแต่ละชิ้นส่วนโดยแยกเป็นหน้าที่พื้นฐานและหน้าที่รอง และหน้าที่เมื่อประกอบกันแล้วของแต่ส่วนโดยแยกเป็นหน้าที่พื้นฐานและหน้าที่รอง ซึ่งหน้าที่เมื่อประกอบกันนี้จะได้จากการประเมินหน้าที่ด้วยการเปรียบเทียบและให้น้ำหนักของหน้าที่พื้นฐานของแต่ละชิ้นส่วนอีกครั้งว่า หน้าที่ใดควรจะเป็นหน้าที่พื้นฐาน และหน้าที่รองอย่างแท้จริง เมื่อชิ้นส่วนต่าง ๆ นำมาประกอบกันแล้ว โดยหน้าที่ที่ได้น้ำหนักจากการประเมินมากที่สุดจะเป็นหน้าที่พื้นฐานเมื่อประกอบกัน นอกนั้นจะเป็นหน้าที่รองเมื่อประกอบกัน ตัวอย่างการบันทึก แสดงในรูปที่ 2.65

บริษัท ..... เลขที่

คำจำกัดความหน้าที่

โครงการ..... เลขที่แบบแปลน.....

ปริมาณ	ชิ้นส่วน	หน้าที่		หน้าที่ชิ้นส่วน		หน้าที่เมื่อประกอบกัน		หมายเหตุ
		กริยา	นาม	พื้นฐาน	รอง	พื้นฐาน	รอง	

ทีมงาน วันที่

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 2.60 แสดงแบบฟอร์มที่ใช้ในการบันทึกคำจำกัดความของหน้าที่

บริษัท ก้าวหน้า จำกัด				คำจำกัดความของหน้าที่				หมายเลขอ้างอิง MEA-1
โครงการ ตัวหัวต่อ (Connector)								เลขที่แบบ 9090547
กระแสไฟฟ้า 30 แอมแปร์ (input)								กระแสไฟฟ้า 30 แอมแปร์ และความร้อน (out put)
ปริมาณ	ชิ้นส่วน	หน้าที่		หน้าที่ชิ้นส่วน		หน้าที่เมื่อประกอบกัน		หมายเหตุ
		กริยา	นาม	พื้นฐาน	รอง	พื้นฐาน	รอง	
2	นัททองเหลือง 3/8"	เกิด ควบคุม ให้ นำ	การต่อ ตำแหน่ง ความดัน กระแสไฟฟ้า	✓	 ✓ ✓ ✓			พร้อมที่จะต่อและปลดออกได้เมื่อต้องการ
1	แหวนสปริง 3/8"	ส่งผ่าน ก่อให้เกิด กำหนด ต้านทาน	ความดัน ความเสียดทาน ตำแหน่ง การเคลื่อนที่	✓	✓ ✓ ✓			ต้านการสั่นสะเทือนเนื่องจากการขนส่งและปฏิบัติงาน
1	นัทบรอนซ์ ½"	ให้ ควบคุม	ความดัน ตำแหน่ง	✓	 ✓			
1	แหวนสปริง ½"	ส่งผ่าน ก่อให้เกิด กำหนด ต้านทาน	ความดัน ความเสียดทาน ตำแหน่ง การเคลื่อนที่	✓	✓ ✓ ✓			ต้านการสั่นสะเทือนเนื่องจากการขนส่งและปฏิบัติงาน
1	แหวนรีเซส	จัด ส่งผ่าน	ตำแหน่ง ความดัน	✓	✓			
2	ประเก็น	ปิดกั้น ควบคุม ส่งผ่าน ทำ	การรั่ว ตำแหน่ง ความดัน การติดต่อ	✓	 ✓ ✓ ✓			ทนความดันได้ 7 ปอนด์ ต่อตารางนิ้ว
1	สลัดทองเหลือง	ทำ จัด นำ ต้านทาน ส่งผ่าน	การติดต่อ ตำแหน่ง กระแสไฟฟ้า การเคลื่อนที่ ความดัน	✓	✓ ✓ ✓ ✓			ต้องมีขนาดพอดีกับรูขนาด ½"
1	นัททองเหลือง	เกิด นำ ให้	การต่อ กระแสไฟฟ้า ความดัน	✓	 ✓ ✓			
1	ท่อพิเศษ	เกิด จัด ส่งผ่าน นำ	การต่อ ตำแหน่ง ความดัน กระแสไฟฟ้า	✓	 ✓ ✓ ✓			พร้อมที่จะต่อและปลดได้ทันทีเมื่อต้องการ
ทีมงาน บุญสง, สามารถ, บริบูรณ์						วันที่ 9-5-2523 วิศวกรรมคุณค่า		

รูปที่ 2.61 แสดงการบันทึกในแบบฟอร์มคำจำกัดความของหน้าที่ โดยใช้คำกริยา-คำนาม และหน้าที่ของแต่ละชิ้นส่วน โดยแยกเป็นหน้าที่พื้นฐานและหน้าที่รอง

ตัวอย่างลักษณะวิธีการบันทึกคำจำกัดความของหน้าที่ กับโครงการตัวหัวต่อ (CONNECTOR) ซึ่งเป็นโครงการเล็ก ๆ ด้วยคำกริยา-คำนาม และการหาหน้าที่พื้นฐานและหน้าที่รอง มีการดำเนินการดังนี้

คำจำกัดความของหน้าที่ด้วยคำกริยา-คำนาม

1. นัททองเหลืองขนาด 3 หุน ทำหน้าที่ก่อให้ "เกิดการต่อ" ระหว่างสายไฟฟ้ากับตัวหัวต่อและขณะเดียวกันก็ "ควบคุมตำแหน่ง" ของสายไฟด้วย ในการนี้จะต้องมีการ "ให้ความดัน" เนื่องจากสายไฟฟ้านำกระแสไฟฟ้า 30 แอมแปร์ และสายไฟฟ้าสัมผัสกับนัททองเหลือง จึงทำหน้าที่ "นำกระแสไฟฟ้า"

2. แหวนสปริงขนาด 3 หุน ทำหน้าที่ "ส่งผ่านความดัน" จากนัททองเหลืองตัวหนึ่ง "ก่อให้เกิดความเสียดทาน" เพื่อป้องกันมิให้นัททองเหลืองที่ประกบอยู่หมุน โดยแหวนสปริงนี้จะทำงานคล้ายสปริง เมื่อพิจารณาเกี่ยวกับความหนา ทีมงานมีความเห็นว่าทำหน้าที่ "กำหนดตำแหน่ง" ด้วย หน้าที่สุดท้ายคือ "ต้านทานการเคลื่อนที่" โดยพิจารณาจากความคมที่รอยแยกของแหวนสปริง

3. นัทบรอนซ์ ขนาด 4 หุน ทำหน้าที่ "ให้ความดัน" ซึ่งใช้ในการอัดประเก็นให้ปิดช่องว่างแผ่นฉนวน "ควบคุมตำแหน่ง" โดยส่งความดันผ่านชิ้นส่วนที่อยู่ในตัวมันไปยังแผ่นฉนวน

4. แหวนสปริงขนาด 4 หุน ทำหน้าที่ต่าง ๆ เช่นเดียวกับแหวนสปริงขนาด 3 หุน

5. แหวนรีเซส ทำหน้าที่ "จัดตำแหน่ง" ให้กับประเก็น และทำหน้าที่ "ส่งผ่านความดัน" จากนัทบรอนซ์ลงมายังแหวนสปริงด้วย

6. ประเก็น ทำหน้าที่ "ปิดกั้นการรั่ว" "ควบคุมตำแหน่ง" "ส่งผ่านความดัน" จากนัทบรอนซ์ไปยังแผ่นฉนวน เมื่อตัวหัวต่อประกอบด้วยแผ่นฉนวนแล้วพบว่าประเก็นทั้งสองชิ้น และสตัดทองเหลืองสัมผัสกับแผ่นฉนวน ทีมงานจึงกำหนดหน้าที่อีกอย่างหนึ่งคือ "ทำการติดต่อ"

7. สตัดทองเหลือง หน้าที่แรกก็คือ "ทำการติดต่อ" และ "จัดตำแหน่ง" ด้วย เมื่อพิจารณาจากการประกอบชิ้นงานจัดตำแหน่งสายไฟไปยังแกนเหล็ก และหลอดไฟฟ้า โดยกระแสไฟฟ้าผ่านนัททองเหลือง 2 ตัว ทางตอนบนมายังท่อพิเศษ และนัททองเหลืองทางตอนล่างของชิ้นงาน เมื่อตรวจสอบความแน่นของสตัดในช่วงแผ่นฉนวน จึงลงความเห็นว่า สตัดทำหน้าที่ "ต้านทานการเคลื่อนที่" ของชิ้นงานในแนวขนานกับระนาบของแผ่นฉนวน และเมื่อพิจารณาว่าสตัดถูกใช้งานอย่างไร ทีมงานพบว่า หน้าที่ของสตัดอีกอย่างคือ "ส่งผ่านความดัน" จากนัทบรอนซ์มายังประเก็นอันล่าง

8. นัททองเหลือง ทำหน้าที่ก่อให้ "นำกระแสไฟฟ้า" ก่อให้ "เกิดการต่อ" ระหว่างท่อพิเศษกับสลัดทองเหลือง ซึ่งจะต้อง "ให้ความดัน" แก่ท่อพิเศษด้วย

9. ท่อพิเศษ ทำหน้าที่ก่อให้ "เกิดการต่อ" ระหว่างแกนเหล็กกับขดลวดไฟฟ้ากับชิ้นงาน นอกจากนั้นหน้าที่รองก็คือ "จัดตำแหน่ง" "ส่งผ่านความดัน" และ "นำกระแสไฟฟ้า"

เมื่อกำหนดหน้าที่ให้กับชิ้นส่วนทุก ๆ ชิ้นแล้ว ทีมงานจะวิเคราะห์ว่าหน้าที่ ซึ่งได้กำหนดให้ชิ้นส่วนย่อยแต่ละชิ้นนั้น หน้าที่ใดเป็นหน้าที่พื้นฐานของชิ้นส่วนย่อย ๆ นั้นแล้ว หน้าที่ที่เหลือก็จะเป็นหน้าที่รอง

<u>การหาหน้าที่พื้นฐานและหน้าที่รองของแต่ละชิ้นส่วน</u>

หน้าที่การทำงาน สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ระดับ คือ หน้าที่พื้นฐาน (BASIC FUNCTION) หรือหน้าที่หลัก และหน้าที่รอง (SECONDARY FUNCTION) ซึ่งนิยามได้ดังนี้

- หน้าที่พื้นฐานหรือหน้าที่หลัก เป็นหน้าที่หลักของผลิตภัณฑ์และบริการ หรือเป็นหน้าที่ที่เป็นสาระสำคัญอย่างแท้จริงที่ผลิตภัณฑ์จะทำงานหรือมีคุณสมบัติตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งใจไว้

- หน้าที่รอง เป็นหน้าที่ช่วยเสริมให้หน้าที่พื้นฐานสมบูรณ์ขึ้น หรือเป็นหน้าที่ที่เป็นสาระสำคัญต่อความมีลักษณะเด่น, สภาพที่ปรากฏเห็น หรือความสะดวก และอาจจะเป็นสิ่งจำเป็นในการช่วยให้ขายผลิตภัณฑ์ได้

ผลการพิจารณาของทีมงานมีความเห็นสำหรับหน้าที่พื้นฐานและหน้าที่รองของแต่ละชิ้นส่วนดังนี้

1. นัททองเหลืองขนาด 3 หุน ทำหน้าที่ก่อให้ "เกิดการต่อ" จึงสมควรเป็นหน้าที่พื้นฐาน ส่วนหน้าที่อื่น ๆ เป็นหน้าที่รอง

2. แหวนสปริงขนาด 3 หุน มีหน้าที่ "ก่อให้เกิดความเสียดทาน" เป็นหน้าที่พื้นฐาน ส่วนหน้าที่อื่น ๆ เป็นหน้าที่รอง

3. นัทบรอนซ์ ขนาด 4 หุน หน้าที่พื้นฐาน "ให้ความดัน" ส่วนหน้าที่รองคือ "ควบคุมตำแหน่ง"

4. แหวนสปริงขนาด 4 หุน มีหน้าที่พื้นฐาน และหน้าที่รอง เช่นเดียวกับแหวนสปริงขนาด 3 หุน

5. แหวนรีเซสทีมงานตัดสินใจให้หน้าที่พื้นฐานคือ "ส่งผ่านความดัน" ส่วนการ "จัดตำแหน่ง" นั้นเป็นหน้าที่รอง

6. ประเก็น ทีมงานเห็นว่าเมื่อประกอบกันแล้ว ทำหน้าที่ "ปิดกั้นการรั่ว" จึงให้เป็นหน้าที่พื้นฐาน ส่วนหน้าที่อื่น ๆ เป็นหน้าที่รอง

7. สตัดทองเหลือง ทีมงานได้ศึกษาหน้าที่ทั้ง 5 หน้าที่ของสตัด และได้ลงมติว่าหน้าที่พื้นฐานของมันคือ "นำกระแสไฟฟ้า" เพราะเป็นชิ้นเดียวที่ผ่านแผ่นฉนวน นอกนั้นเป็นหน้าที่รอง

8. นัททองเหลือง ทำหน้าที่พื้นฐานคือ "เกิดการต่อ" ระหว่างท่อพิเศษกับสตัด หน้าที่อื่นจึงเป็นหน้าที่รอง

9. ท่อพิเศษ ทีมงานได้เกิดการขัดแย้งกัน บางคนว่าหน้าที่พื้นฐานคือ "เกิดการต่อ" บางคนว่า "นำกระแสไฟฟ้า" แต่ในที่สุด สรุปว่า หน้าที่พื้นฐานคือ "เกิดการต่อ" หน้าที่อื่น ๆ คือเป็นหน้าที่รอง

<u>การประเมินผลความสัมพันธ์ของหน้าที่</u>

จุดประสงค์เพื่อหาความสัมพันธ์ของหน้าที่ต่าง ๆ ของแต่ละชิ้นส่วน ให้อยู่ในเทอมของคำกริยากับคำนาม, หน้าที่พื้นฐานกับหน้าที่รอง และโดยเฉพาะอย่างยิ่งหน้าที่เมื่อประกอบกันเป็นชิ้นงานแล้ว ซึ่งทีมงานจะนำหน้าที่พื้นฐานของแต่ละชิ้นส่วนมาพิจารณาว่า หน้าที่ใดควรเป็นหน้าที่พื้นฐานของชิ้นงาน เมื่อนำแต่ละชิ้นส่วนมาประกอบกันแล้ว โดยวิธีการ "การเปรียบเทียบและให้น้ำหนักของหน้าที่" หรือ "การหาเกณฑ์และน้ำหนัก" ซึ่งจะทำในรูปของการประเมินเชิงตัวเลขด้วยการเปรียบเทียบหน้าที่พื้นฐานของชิ้นส่วนหนึ่ง ๆ กับหน้าที่พื้นฐานของชิ้นส่วนอื่น ๆ ว่าหน้าที่พื้นฐานอันใดจะสำคัญกว่ากัน แล้วจะถือให้เป็นหน้าที่พื้นฐานที่แท้จริง เมื่อชิ้นส่วนนั้น ๆ ประกอบกันเป็นชิ้นงานแล้ว โดยมีวิธีการและขั้นตอนการประเมินผลความสัมพันธ์ โดยใช้แบบฟอร์มการประเมินผลหน้าที่ดังรูปที่ 2.62 ดังนี้

1. กำหนดให้ หน้าที่พื้นฐานของแต่ละชิ้นส่วนแทนด้วยอักษร A, B, C, D...I ซึ่งเป็นหน้าที่ที่จะนำมาประเมินเชิงตัวเลขเปรียบเทียบกันว่า หน้าที่ใดสำคัญกว่า

2. กำหนดให้ลำดับความสำคัญของหน้าที่ มีน้ำหนักที่แตกต่างกันเป็น 3 ระดับคือ 1, 2 และ 3 โดยที่เลข 1 นั้นแสดงถึงความสำคัญน้อย, เลข 2 แสดงถึงความสำคัญปานกลาง และเลข 3 แสดงถึงความสำคัญมาก การให้น้ำหนักนี้เพื่อช่วยในการตัดสินใจว่า หน้าที่ไหนสำคัญกว่ากัน

3. ทำการเปรียบเทียบหน้าที่พื้นฐาน ที่แทนด้วยตัวอักษร A, B, C, D...I ทีละคู่ เช่น เปรียบเทียบระหว่าง A กับ B และเห็นว่าหน้าที่พื้นฐาน A สำคัญกว่า B และกลุ่มให้ความสำคัญ

อยู่ในระดับปานกลาง ก็บันทึกในช่องที่ A ตัดกับ B เป็น A-2 จากนั้นก็ทำการเปรียบเทียบ A กับ C, D...I และกระทำในลักษณะเดียวกันนี้ไปจนหมดหน้าที่พื้นฐานที่จะเปรียบเทียบกัน

ในกรณีที่เมื่อนำการเปรียบเทียบหน้าที่พื้นฐานคู่ใด ๆ แล้ว เห็นว่ามีระดับความสำคัญเท่ากัน เช่นการเปรียบเทียบระหว่าง A กับ B ก็ให้บันทึกเป็น A/B ในช่องที่ A ตัดกับ B

4. รวมน้ำหนักหรือระดับความสำคัญที่ได้ทั้งหมดของแต่ละหน้าที่ โดยที่นับผลรวมของน้ำหนักหรือระดับความสำคัญที่อยู่หลังตัวอักษรซึ่งแทนหน้าที่พื้นฐานนั้น ๆ จนหมด ก็จะได้น้ำหนักรวมของหน้าที่พื้นฐานนั้น ๆ ในกรณีที่น้ำหนักหรือระดับความสำคัญเท่ากัน เช่น A/B ก็จะนับน้ำหนักหรือระดับความสำคัญให้กับทั้งสองทำหน้าที่พื้นฐานนั้นอย่างละ 1 คือ A เท่ากับ 1 และ B เท่ากับ 1 เป็นต้น

5. นำผลการรวมน้ำหนักหรือระดับความสำคัญ ไปบันทึกลงในตารางสรุปการประเมินผลในแบบฟอร์มการประเมินผลหน้าที่ และหน้าที่ที่ได้ผลรวมน้ำหนักสูงสุด จะถือเป็นหน้าที่พื้นฐานของชิ้นส่วนต่าง ๆ เมื่อนำมาประกอบเข้าด้วยกันแล้ว ส่วนหน้าที่อื่น ๆ เป็นหน้าที่รอง

จากตัวอย่างโครงการตัวหัวต่อที่ผ่านมา จะนำมาทำการประเมินผลความสัมพันธ์ของหน้าที่ได้ดังนี้

ทีมงานจะนำหน้าที่พื้นฐานของแต่ละชิ้นส่วนมาพิจารณาว่าหน้าที่ใด ควรเป็นหน้าที่พื้นฐาน เมื่อชิ้นส่วนต่าง ๆ ประกอบเข้าด้วยกันเป็นตัวหัวต่อแล้ว ซึ่งหน้าที่พื้นฐานของแต่ละชิ้นส่วนมีดังนี้

นัททองเหลือง 3 หุน	เกิดการต่อ
แหวนสปริง 3 หุน	ก่อให้เกิดความเสียดทาน
นัทบรอนซ์ 4 หุน	ให้ความดัน
แหวนสปริง 4 หุน	ก่อให้เกิดความเสียดทาน
แหวนรีเซส	ส่งผ่านความดัน
ประเก็น	ปิดกั้นการรั่ว
สตัดทองเหลือง	นำกระแสไฟฟ้า
นัททองเหลือง	เกิดการต่อ
ท่อพิเศษ	เกิดการต่อ

จากการประเมินผลความสัมพันธ์ของหน้าที่ของทีมงาน ได้นำผลสรุปมาบันทึกในแบบฟอร์มการประเมินผลหน้าที่ ดังรูปที่ 2.63 และรูปที่ 2.64

บริษัท ..... เลขที่อ้างอิง

การประเมินผลหน้าที่

โครงการ..... เลขที่แบบแปลน.....

สรุปการประเมินผล

อักษร	หน้าที่	น้ำหนัก
A		
B		
C		
D		
E		
F		
G		
H		
I		

การประเมินเชิงเลข

	B	C	D	E	F	G	H	I
A								
B								
C								
D								
E								
F								
G								
H								

หมายเหตุ ประเมินด้วยน้ำหนัก

1. ผลต่างของความสำคัญน้อย
2. ผลต่างของความสำคัญปานกลาง
3. ผลต่างของความสำคัญมาก

ชื่อสมาชิกทีม วันที่

วิศวกรรมคุณค่า

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 2.62 แสดงการประเมินหน้าที่ต่าง ๆ ของแม่พิมพ์

บริษัท วิศวกรรมก้าวหน้า หมายเลขอ้างอิง MEA-1

การประเมินผลหน้าที่

โครงการ หัวต่อ เลขที่แบบ 9090547

สรุปการประเมินผล

อักษรแทน	หน้าที่	น้ำหนัก
A	เกิดการต่อ	
B	ก่อให้เกิดความเสียดทาน	
C	ให้ความดัน	
D	ส่งผ่านความดัน	
E	ปิดกั้นการรั่ว	
F	นำกระแสไฟฟ้า	
G		
H		

การประเมินเชิงเลข
น้ำหนักการประเมินผล

	B	C	D	E	F	G	H	
A								
B								
C								
D								
E								
F								
G								
H								

1 = ระดับแตกต่างของความสำคัญน้อย
2 = ระดับแตกต่างของความสำคัญปานกลาง
3 = ระดับแตกต่างของความสำคัญมาก

ทีมงาน _____ วันที่ _____

วิศวกรรมคุณค่า

รูปที่ 2.63 แบบฟอร์มการประเมินผลหน้าที่ของโครงการหัวต่อ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บริษัท วิศวกรรมก้าวหน้า จำกัด หมายเลขอ้างอิง MEA-1

การประเมินผลหน้าที่

โครงการ หัวต่อ (Connector) เลขที่แบบ 9090547

อักษรแทน	หน้าที่	น้ำหนัก
A	เกิดการต่อ	9
B	ก่อให้เกิดความเสียดทาน	2
C	ให้ความดัน	1
D	ส่งผ่านความดัน	0
E	ปิดกั้นการรั่ว	11
F	นำกระแสไฟฟ้า	15
G		
H		

บทสรุปการประเมินผล

การประเมินเชิงเลข
น้ำหนักการประเมินผล

	B	C	D	E	F	G	H	
A	A-3	A-3	A-3	E-2	F-3			
B	B-1	B-1	E-3	F-3				
C	C-1	E-3	F-3					
D	E-3	F-3						
E	F-3							
F								
G								
H								

1 = ระดับแตกต่างของความสำคัญน้อย
2 = ระดับแตกต่างของความสำคัญปานกลาง
3 = ระดับแตกต่างของความสำคัญมาก

ทีมงาน บุญส่ง, สามารถ, บริบูรณ์ วันที่ 9-5-2523

วิศวกรรมคุณค่า

รูปที่ 2.64 ผลสรุปน้ำหนักที่ได้ประเมินของโครงการตัวหัวต่อ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นำผลสรุปที่ได้จากการประเมินมาบันทึกเพิ่มเติมในแบบฟอร์มคำจำกัดความของหน้าที่ดังรูปที่ 2.65

บริษัท ก้าวหน้า จำกัด — หมายเลขอ้างอิง MEA-1

คำจำกัดความของหน้าที่

โครงการ ตัวหัวต่อ (Connector) — เลขที่แบบ 9090547

กระแสไฟฟ้า 30 แอมแปร์ (input) — กระแสไฟฟ้า 30 แอมแปร์ และความร้อน (out put)

ปริมาณ	ชิ้นส่วน	หน้าที่		หน้าที่ชิ้นส่วน		หน้าที่เมื่อประกอบกัน		หมายเหตุ
		กริยา	นาม	พื้นฐาน	รอง	พื้นฐาน	รอง	
2	นัททองเหลือง 3/8"	เกิด ควบคุม ให้ นำ	การต่อ ตำแหน่ง ความดัน กระแสไฟฟ้า	✓	 ✓ ✓ ✓		③	พร้อมที่จะต่อและปลดออกได้เมื่อต้องการ
1	แหวนสปริง 3/8"	ส่งผ่าน ก่อให้เกิด กำหนด ต้านทาน	ความดัน ความเสียดทาน ตำแหน่ง การเคลื่อนที่	✓	✓ ✓ ✓		④	ต้านการสั่นสะเทือนเนื่องจากการขนส่งและปฏิบัติงาน
1	นัทบรอนซ์ ½"	ให้ ควบคุม	ความดัน ตำแหน่ง	✓	 ✓		⑤	
1	แหวนสปริง ½"	ส่งผ่าน ก่อให้เกิด กำหนด ต้านทาน	ความดัน ความเสียดทาน ตำแหน่ง การเคลื่อนที่	✓	✓ ✓ ✓		④	ต้านการสั่นสะเทือนเนื่องจากการขนส่งและปฏิบัติงาน
1	แหวนรีเซส	จัด ส่งผ่าน	ตำแหน่ง ความดัน	 ✓	✓		⑥	
2	ประเก็น	ปิดกั้น ควบคุม ส่งผ่าน ทำ	การรั่ว ตำแหน่ง ความดัน การติดต่อ	✓	 ✓ ✓ ✓		②	ทนความดันได้ 7 ปอนด์ ต่อตารางนิ้ว
1	สตัดทองเหลือง	ทำ จัด นำ ต้านทาน ส่งผ่าน	การติดต่อ ตำแหน่ง กระแสไฟฟ้า การเคลื่อนที่ ความดัน	✓	✓ ✓ ✓ ✓	①		ต้องมีขนาดพอดีกับรูขนาด ½"
1	นัททองเหลือง	เกิด นำ ให้	การต่อ กระแสไฟฟ้า ความดัน	✓	 ✓ ✓		③	
1	ท่อพิเศษ	เกิด จัด ส่งผ่าน นำ	การต่อ ตำแหน่ง ความดัน กระแสไฟฟ้า	✓	 ✓ ✓ ✓		③	พร้อมที่จะต่อและปลดได้ทันทีเมื่อต้องการ

ทีมงาน บุญลง, สามารถ, บริบูรณ์ — วันที่ 9-5-2523

วิศวกรรมคุณค่า

รูปที่ 2.65 การบันทึกผลสรุปจากการประเมินความสัมพันธ์ของหน้าที่ในแบบฟอร์มคำจำกัดความหน้าที่

จากการประเมินผลความสัมพันธ์ของหน้าที่ สามารถสรุปได้ว่า หน้าที่พื้นฐานของตัวหัวต่อเมื่อนำแต่ละชิ้นส่วนมาประกอบเข้าด้วยกันแล้วคือ "นำกระแสไฟฟ้า" ส่วนหน้าที่อื่น ๆ ที่เหลือเป็นหน้าที่รอง โดยจากเดิมเมื่อแยกแต่ละชิ้น จะมีหน้าที่รวมทั้งสิ้น 32 หน้าที่ และใน 32 หน้าที่นั้นมีหน้าที่พื้นฐานอยู่เพียง 9 หน้าที่เท่านั้น และใน 9 หน้าที่นี้ยังมีหน้าที่ที่ซ้ำกันอีก จึงมีเพียง 6 หน้าที่ใน 9 หน้าที่พื้นฐานที่ไม่ซ้ำกัน และนำมาประเมินผลความสัมพันธ์ของหน้าที่ และได้ผลการประเมินเมื่อชิ้นส่วนประกอบเข้าด้วยกันแล้ว คงเหลือหน้าที่พื้นฐานเพียงหน้าที่เดียว (อีก 5 หน้าที่พื้นฐานเมื่อแต่ละชิ้นแยกกัน จะกลายเป็นหน้าที่รองไปเมื่อชิ้นส่วนประกอบเข้าด้วยกันแล้ว) ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าชิ้นส่วนชิ้นเดียวทำหน้าที่ได้หลายอย่าง หรือในขณะเดียวกันชิ้นส่วนหลาย ๆ ชิ้นทำหน้าที่ซ้ำ ๆ กัน และการที่มีหน้าที่ที่ซ้ำ ๆ กันเช่น "เกิดการต่อ" และ "กำหนดตำแหน่ง" มีอยู่ตลอดการประกอบชิ้นส่วน ดังนั้นจึงทำให้เกิดค่าใช้จ่ายที่ไม่จำเป็น อันเป็นสาเหตุทำให้ต้นทุนสูงจากหน้าที่ที่ซ้ำ ๆ กันนี้ ฉะนั้นเราจึงควรเน้นที่หน้าที่พื้นฐานและหน้าที่รอง ซึ่งตรงกับข้อกำหนดและความต้องการเท่านั้น

เมื่อทีมงานวิเคราะห์หน้าที่เสร็จแล้ว จะเห็นว่ามีหลายสิ่งที่เปลี่ยนแปลงได้ โดยที่ชิ้นงานนั้น ๆ จะยังคงสามารถทำหน้าที่จำเป็น โดยที่ยังคงรักษาความเชื่อถือได้, รักษาคุณภาพ และความสะดวกในการซ่อมบำรุงได้เหมือนเดิม

และนอกจากการประเมินผลโดยวิธีการ "การเปรียบเทียบและให้น้ำหนักของหน้าที่" หรือ "การหาเกณฑ์และน้ำหนัก" ที่กล่าวมาแล้วนั้น ยังมีการประเมินวิธีอื่นอีก คือการประเมินด้วยแมทริกซ์ (MATRIX EVALUATION) ดังนี้

<u>การประเมินโดยใช้แมทริกซ์</u>

เป็นการพิจารณาจากสมรรถนะของแต่ละชนิดแต่ละแนวคิดกับเกณฑ์ที่ตั้งไว้ โดยให้คะแนนและน้ำหนักตามเกณฑ์ เพื่อหาแนวคิดที่ดีที่สุด โดยเมื่อตั้งเกณฑ์และให้น้ำหนักเรียบร้อยแล้ว ขั้นต่อไปจะเป็นการประเมินผลทางเลือกโดยใช้เทคนิคที่เรียกว่า "การจัดลำดับความสำคัญที่เป็นไปได้และเปรียบเทียบกัน" ณ จุดนี้เราสมมติว่าแนวความคิดทั้งหมดที่เหลืออยู่จะต้องได้หน้าที่ที่จำเป็นและความต้องการของผู้ใช้หรือเจ้าของ และแนวความคิดต่าง ๆ จะต้องทำการให้น้ำหนัก ดังนี้

1. น้ำหนักของแต่ละแนวคิดตามสากล คือ 1 ถึง 5 เรียงลำดับจาก "ไม่ดี" จนถึง "ดีเลิศ"

ไม่ดี - 1

พอใช้ - 2

ดี - 3

ดีมาก - 4

ดีเลิศ - 5

การให้น้ำหนักตามสากล 1 ถึง 5 จะอยู่ในแนวตั้งของแต่ละแนวความคิด ดังรูปที่ 2.66 (ตัวอย่างการประเมินผลแบบแมทริกซ์) ส่วนในแนวนอนจะเป็นเกณฑ์ที่เราตั้งขึ้นไว้ (ซึ่งในที่นี้เกณฑ์ที่ตั้งไว้ คือ ต้นทุนครั้งแรก, การบำรุงรักษา, พลังงานที่ใช้, ความสวยงาม และความเชื่อถือ-สมรรถนะ) และน้ำหนักคุณค่าที่กำหนดให้ ซึ่งในที่นี้กำหนดให้ ต้นทุนครั้งแรกให้น้ำหนักคุณค่าเป็น 10, พลังงานที่ใช้เป็น 8, การบำรุงรักษาเป็น 8, ความสวยงามเป็น 2 และความน่าเชื่อถือ-สมรรถนะเป็น 6 การทำการเปรียบเทียบแนวคิด จะเปรียบเทียบตามแนวตั้งไปแต่ละเกณฑ์ เช่น เปรียบเทียบต้นทุนของแนวคิดที่ 1 กับแนวคิดที่ 2 กับแนวคิดที่ 3 กับแนวคิดที่ 4 ไปเรื่อย ๆ จนหมด แล้วจึงเปรียบเทียบการบำรุงรักษา พลังงานที่ใช้ ความสวยงาม และความน่าเชื่อถือ-สมรรถนะตามแนวตั้งของแต่ละอันจนครบ

2. คูณน้ำหนักของแต่ละแนวคิดด้วยน้ำหนักคุณค่าของแต่ละเกณฑ์ แล้วบันทึกลงในช่องรวมย่อย (SUB TOTAL)

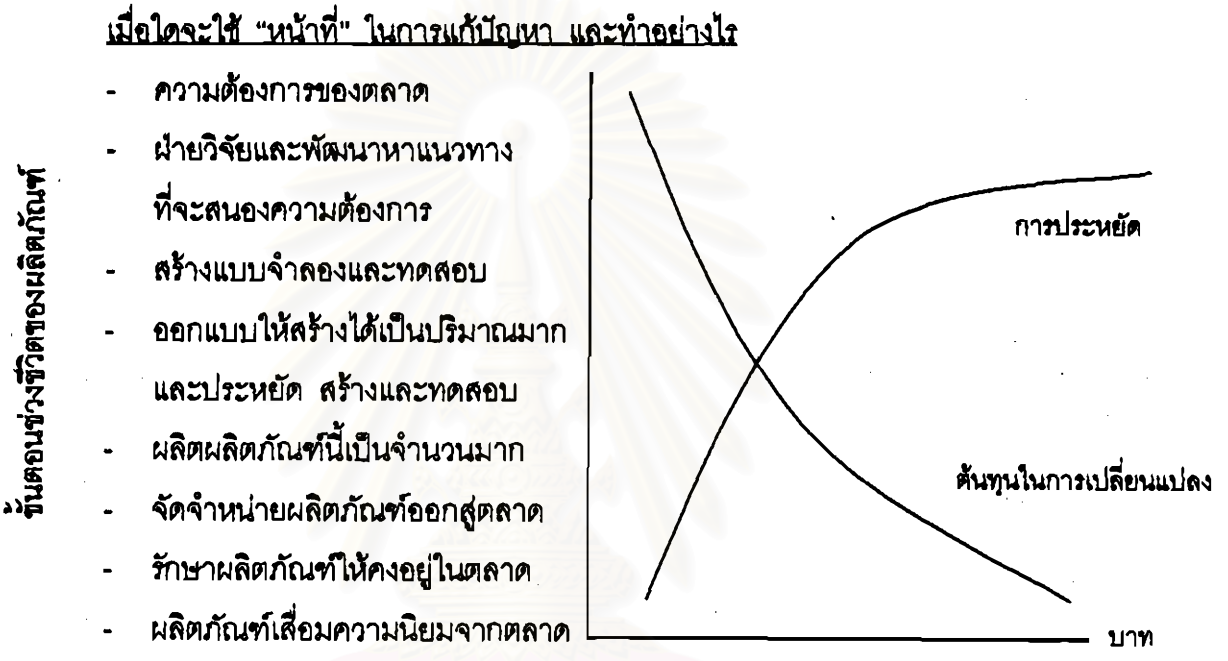
3. รวมคะแนนรวมย่อยของแต่ละแนวคิดแล้วบันทึกลงในช่องคะแนนรวม แนวคิดที่มีคะแนนสูงสุดคือแนวคิดที่ต้องการเลือกเพื่อนำไปพัฒนาต่อไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แนวความคิด	เป้าหมายความต้องการ / เกณฑ์ลักษณะ	ต้นทุนครั้งแรก	บำรุงรักษา	พลังงานที่ใช้	ความสวยงาม	ความเชื่อถือ/สมรรถนะ				
	น้ำหนัก	คุณค่าที่กำหนด								คะแนนรวม
		10	8	8	2	6				
ปัจจุบัน บนหลังคา 1 เครื่อง เหนือห้องเครื่องจักรกล	5									อันดับที่ 5
	4									
	3		/		/					
	2			/		/				
	1	/								
	Sub total	10	24	16	6	12				68
ความคิดที่ 1 บนหลังคา 1 เครื่อง ผ่านกำแพง 1 เครื่อง	5	/								อันดับที่ 1
	4									
	3				/	/				
	2		/	/						
	1									
	Sub total	50	16	16	6	18				106
ความคิดที่ 2 บนหลังคา 1 เครื่อง บนพื้น 1 เครื่อง	5									อันดับที่ 4
	4									
	3	/				/				
	2			/	/					
	1		/							
	Sub total	30	8	16	4	18				72
ความคิดที่ 3 ผ่านกำแพง 2 เครื่อง	5									อันดับที่ 3
	4									
	3		/	/	/	/				
	2	/								
	1									
	Sub total	20	24	24	6	18				92
ความคิดที่ 4 ดัดแปลงระบบปัจจุบัน	5									อันดับที่ 2
	4	/			/					
	3		/							
	2			/		/				
	1									
	Sub total	40	24	16	8	12				100
ความคิดที่ 5	5									อันดับที่
	4									
	3									
	2									
	1									
	Sub total									
หาสิ่งที่ดีที่สุด แต่ไม่จำเป็นต้องสมบูรณ์แบบที่สุด										

รูปที่ 2.66 ตัวอย่างการประเมินผลแบบแมทริกซ์

การประเมินโดยใช้แมทริกซ์นี้ สามารถนำไปตัดสินใจในเรื่องอื่น ๆ เช่น การเลือกซื้อรถใหม่ อาจเปรียบเทียบลักษณะดังนี้ การขับเคลื่อน, รัศมีในการเลี้ยว, ความสบาย, รูปร่าง, ความเร็ว, อัตราเร่ง, การบำรุงรักษา, ความสะดวกในการซ่อม, ความปลอดภัย, อัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง, ระบบเกียร์ และระบบขับเคลื่อน เป็นต้น



รูปที่ 2.67 แสดงความสัมพันธ์ต้นทุนในการเปลี่ยนแปลง, การประหยัดในช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์

เมื่อพิจารณาขั้นตอนช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์ การใช้ VA, VE ในช่วงเริ่มต้นคือวิจัยและพัฒนาจะให้เป็นประโยชน์สูงสุด ประโยชน์ของมันจะค่อยลดลงเรื่อย ๆ เมื่อผลิตภัณฑ์ผ่านจากขั้นตอนหนึ่งไปยังอีกขั้นตอนหนึ่ง ซึ่งต้นทุนจะสูงขึ้นทุกขณะเมื่อมีการเปลี่ยนแปลง ดังนั้นควรพิจารณาใช้ VA, VE โดยเน้นการใช้หน้าที่เข้าแก้ปัญหา ดังนี้

1. พิจารณาหน้าที่การทำงานของผลิตภัณฑ์โดยภาพรวมทั้งหมด อย่าพิจารณาเฉพาะส่วน

2. ที่แต่ละระดับของการใช้หน้าที่ (ขณะเป็นชิ้นงาน, การประกอบ หรือเสร็จเป็นสินค้าแล้ว) ให้หาว่าหน้าที่ใดจำเป็นสำหรับสิ่งที่ต้องการ หน้าที่ใดไม่จำเป็นให้กำจัดออกไป อย่าไปเสียเวลาในการหาค่าใช้จ่ายต่ำสุด สำหรับหน้าที่ที่ไม่จำเป็น

3. ต้องแน่ใจว่าต้นทุนในการที่จะเปลี่ยนแปลงนั้นคุ้มค่า ถ้าเลยจุดตัดไปแล้วต้นทุนจะสูงขึ้น

4. ในการใช้หน้าที่ให้เกิดประโยชน์นั้น ต้องแน่ใจว่าพิจารณาวิธีการใหม่ ๆ, วัสดุใหม่ และความคิดใหม่ ๆ ที่เกี่ยวกับแผนกต่าง ๆ ของบริษัท และทำอย่างไรจึงจะได้หน้าที่ที่สมบูรณ์แต่ต้นทุนต่ำสุด

<u>การคิดต้นทุน "หน้าที่"</u>

การคิดต้นทุนหน้าที่ จะอธิบายด้วยตัวอย่างดินสอไม้ ซึ่งมีหน้าที่พื้นฐาน คือ "ทำเครื่องหมาย" และมีหน้าที่รอง 4 หน้าที่คือ "ลบเครื่องหมาย", "ป้องกันไส้", "ดึงดูดผู้ซื้อ", และ "นำข่าวสาร" (เช่นการสื่อเป็นตัวอักษรบนดินสอ)

ต้นทุนในการลงทุนของดินสอนี้ แสดงในตารางที่ 2.13 คุณค่าในการแลกเปลี่ยนเท่ากับ 1.00 บาท และต้นทุนการผลิต เท่ากับ 0.40 บาท มีชิ้นส่วนต่าง ๆ รวม 7 ส่วน และมีหน้าที่รวม 5 อย่าง ดังตารางที่ 2.14

ตารางที่ 2.13 แสดงต้นทุนของดินสอไม้

	คุณค่าในการแลกเปลี่ยน 1.00 บาท ต้นทุนในการผลิต 0.40 บาท
ชิ้นส่วน	ต้นทุน
ไส้ดินสอ	0.06 บาท
ไม้	0.04 บาท
ปลอกโลหะ	0.06 บาท
ยางลบ	0.06 บาท
สี	0.06 บาท
ค่ากลึงไม้	0.06 บาท
พิมพ์ตัวหนังสือ	0.04 บาท

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.14 แสดงการจำแนกหน้าที่

หน้าที่พื้นฐาน หน้าที่รอง	ทำเครื่องหมาย ลบเครื่องหมาย นำข่าวสาร ป้องกันไส้ดินสอ ดึงดูดลูกค้า

ตารางที่ 2.13 และ 2.14 นำมาคิดต้นทุนหน้าที่พื้นฐานและหน้าที่รองได้ดังตารางที่ 2.15

ตารางที่ 2.15 แสดงต้นทุนของหน้าที่

หน้าที่	ชิ้นส่วน	ต้นทุน (บาท)	%	
ทำเครื่องหมาย	ไส้ดินสอ	0.06	15	15% หน้าที่พื้นฐาน
ป้องกันไส้ดินสอ	ไม้	0.04	10	
นำข่าวสาร	พิมพ์ตัวหนังสือ	0.06	30	
	กลึงไม้	0.06		
ลบเครื่องหมาย	ยางลบ	0.06	30	85% หน้าที่รอง
ดึงดูดลูกค้า	ปลอกโลหะ	0.06		
	สี	0.06	15	
	คุณค่าต้นทุน	0.40	100%	

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.16 แสดงการประเมินต้นทุนรวม

วิธีการ	ต้นทุนของด้ามปากกา (บาท)	ต้นทุนของวัสดุและปลอก (บาท)	บริการ (บาท)	ต้นทุนรวมสำหรับการเขียน 12000 ฟุต (บาท)	ต้นทุนต่อ 1000 ฟุต (บาท)
ปากกาลูกลื่น	20	15	0	35	2.91
ปากกาหมึกซึม	35	37	0	72	6.00
ดินสอไม้ (4แท่ง)	4	0	10	14	1.16

จากตารางที่ 2.16 ถ้าจะเปรียบเทียบเฉพาะราคาซื้อหรือคุณค่าในการแลกเปลี่ยน ในที่นี้คือ 20, 35 และ 4 บาท ตามลำดับ ผลที่ได้อาจไม่ถูกต้องนัก จึงควรปรับปรุงการประเมินโดยการเปรียบเทียบเทคนิค หรือหาตัวเปรียบเทียบหลัก เช่น ต้นทุนของการเขียนต่อระยะ 1,000 ฟุต สำหรับ 3 วิธีการคือ ใช้ปากกาลูกลื่น, ใช้ปากกาหมึกซึม และใช้ดินสอไม้ 4 แท่ง ก็จะได้ต้นทุนในการเขียนต่อระยะ 1,000 ฟุต เป็น 2.91 , 6.00 และ 1.16 บาท ตามลำดับ ซึ่งต้นทุนในการทำหน้าที่พื้นฐานคือ "ทำเครื่องหมาย" ต่ำที่สุดคือ ดินสอไม้

<u>ต้นทุนและต้นทุนทางเลือกของหน้าที่</u>

1. การหาต้นทุน วิธีการของ VA, VE ต้องการหาต้นทุนปัจจุบันของหน้าที่ ในขั้นแรกต้องหาต้นทุนปัจจุบันของระบบ, ผลิตภัณฑ์ หรือวิธีการปฏิบัติที่ต้องการและทำ VA, VE ดังนี้

1.1 ด้านวัสดุ หาชนิดและปริมาณของวัสดุที่ใช้ทั้งหมด ถ้าวัสดุต้องใช้ในการปฏิบัติงานตลอดเวลา ให้ใช้ช่วงเวลา เป็นตัวกำหนด ราคาของวัสดุให้ใช้ราคาต่อหน่วย

1.2 ด้านแรงงาน หาระดับหรือปริมาณของเวลาที่จำเป็นในการทำงาน ถ้าเป็นระบบที่เกี่ยวกับบุคคลอื่น เช่น งานสารบรรณ การปฏิบัติงานหรือวิธีการ จะต้องทำแผนภูมิการไหลของงาน เพื่อแสดงให้เห็นถึงเวลาที่จำเป็นในการทำงานแต่ละกิจกรรม และหาต้นทุนของแรงงานออกมาให้ได้

1.3 ด้านเครื่องมือ หาจำนวนเครื่องมือที่ใช้ในการทำงาน และต้นทุนที่ใช้เครื่องมือนี้

1.4 ค่าโสหุ้ย หาค่าโสหุ้ยต่าง ๆ รวมทั้งทางด้านแรงงานทางอ้อม เช่น สวัสดิการทางด้านการลาพัก ลาออก ค่าชดเชย ฯลฯ

2. <u>เทคนิคการเปรียบเทียบต้นทุน</u> ในการทำ VA, VE นั้น เรามักจะเปรียบเทียบราคาอยู่เสมอ ส่วนปริมาณและคุณภาพใช้เป็นตัวนำในการหาความแตกต่างในการประมาณ การเปรียบเทียบการออกแบบทั้งก่อนและหลัง ของทีมงานใช้วิธีการดังนี้

2.1 ใช้ข้อมูลจากแหล่งที่ดีที่สุดสำหรับการหาต้นทุนต่อหน่วย

2.2 ในการหาปริมาณต้องคำนึงถึงเศษวัสดุและการแตกหักด้วย โดยถือว่าเป็นของเสีย

2.3 ใช้ฐานร่วมกัน (COMMON BASIS) สำหรับหาค่าโสหุ้ย กำไร อัตราดอกเบี้ย และแฟคเตอร์อื่น ๆ

2.4 ใช้ฐานร่วมกัน สำหรับหาอัตราแรงงาน อัตราผลผลิตและขนาดของกลุ่มทำงาน

2.5 หาขนาดเครื่องมือ รวมทั้งแฟคเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัย และกำลังความสามารถ

2.6 หารูปแบบต้นทุน (COST MODEL) เพื่อจะได้มองเห็นภาพรวมของต้นทุน

3. <u>การกระจายต้นทุนไปตามหน้าที่</u>

3.1 ถ้ารายการที่มีหน้าที่พื้นฐานอยู่อันเดียว ก็กระจายเงินไปที่หน้าที่พื้นฐานนั้นเลย แต่ถ้ามีหน้าที่หลายอย่างก็ต้องแปรไป เช่นเครื่องปรับอากาศในอาคารแบ่งไป 40 เปอร์เซ็นต์ของภาระทั้งหมดเพื่อไปใช้กับหน้าที่ "ทำให้คนเย็น" และอีก 60 เปอร์เซ็นต์ไปใช้กับหน้าที่ "ทำให้เครื่องมือเย็น" ถ้าต้องเสียค่าใช้จ่าย 150,000 บาท จะต้องกระจายไปที่หน้าที่ "ทำให้คนเย็น" และ "ทำให้เครื่องมือเย็น" คิดเป็น 60,000 บาท และ 90,000 บาท ตามลำดับ

3.2 ถ้าเป็นระบบหรือสิ่งที่มีหลายหน้าที่ ตัวอย่างเช่น ฝ้าเพดานแบบแขวนชนิดกันเสียง อาจจะมีหน้าที่ 3 อย่างด้วยกันคือ ซ่อนโครงสร้าง, ดูดเสียง และกันไฟ การกระจายเงินไปที่หน้าที่ทั้งสามนี้จะต้องดูว่าอันไหนเป็นหน้าที่หลักก็จะกระจายไปที่ตัวนั้นมากที่สุด

3.3 สำหรับทางด้านที่ไม่ใช่วัตถุ เช่น วิธีการปฏิบัติหรือเป็นงานสารบรรณ จะต้องทำแผนภูมิการไหลของงาน (FLOW CHART) เสียก่อนเพื่อดูขั้นตอนการทำงาน แล้วจึงกระจายต้นทุนไปในภายหลัง โดยคิดจากเวลาของแต่ละหน้าที่ตามที่ทำจากแผนกต่าง ๆ

ตารางที่ 2.17 ตัวอย่างความสัมพันธ์ระหว่างหน้าที่, ต้นทุน, คุณค่าหน้าที่ และดัชนีคุณค่า

ผลิตภัณฑ์ ระบบหรือ ปฏิบัติการ	หน้าที่พื้นฐาน	ต้นทุน (บาท)	เปรียบเทียบ หน้าที่	เปรียบเทียบ คุณค่าหน้าที่ (บาท)	ดัชนีคุณค่า VI
เข็มกลัดเนคไท	ยึดเนคไท	25	คลิปหนีบกระดาษ	0.10	250
ขอสับประตู	ยึดประตู	8	แม่เหล็ก	5	1.6
หน้าต่าง	ถ่ายเทอากาศ	50	ช่องว่าง	5	10
ระบบรายงาน	ส่งผ่านข้อมูล	500	โทรศัพท์	5	100

4. <u>คุณค่าหน้าที่ (WORTH)</u> ในทาง VA, VE คุณค่าหน้าที่จะสัมพันธ์กับหน้าที่ที่จำเป็น และด้วยต้นทุนต่ำที่จะให้หน้าที่ดังกล่าว

4.1 คุณค่าของหน้าที่โดยปกติจะหาจากการเปรียบเทียบการออกแบบในปัจจุบันกับวิธีการอื่น ๆ ซึ่งจะได้หน้าที่เหมือนกัน กฎเกณฑ์ก็คือ ต้องหาต้นทุนของหน้าที่ทางเลือก ซึ่งใช้วิธีการอื่นแล้วเปรียบเทียบกับต้นทุนหน้าที่ในปัจจุบัน เพื่อจะช่วยในการหาคุณค่าของหน้าที่จะใช้คำถามถามเป็นชุด ดังนี้

- ต้นทุนในการที่จะได้หน้าที่พื้นฐานในแบบปัจจุบันเป็นเท่าใด
- ท่านคิดว่าหน้าที่พื้นฐานอันนี้มีต้นทุนสูงไปหรือไม่
- ถ้าสูงไป ท่านคิดว่าเป็นเท่าใด จึงจะเหมาะสม ถ้าท่านต้องจ่ายเงินของท่านเอง
- ต้นทุนของหน้าที่นี้ควรจะเป็นเท่าใด ถ้ามีทางเลือกอื่น

4.2 ในการหาคุณค่าหน้าที่ กฎเกณฑ์ที่สำคัญต้องจำไว้ว่าคุณค่านั้นเกี่ยวพันกับหน้าที่ที่จำเป็นเท่านั้น ไม่เกี่ยวกับต้นทุนชิ้นส่วน หรือต้นทุนของระบบ เช่น ทีมงานอธิบายหน้าที่ท่อน้ำทิ้งของเครื่องซักผ้า ซึ่งมีราคา 25 บาท และต้องการหาคุณค่าหน้าที่ของมัน ทีมงานคนหนึ่งให้ความเห็นว่าหน้าที่ของท่อน้ำทิ้งคือ "เป็นทางน้ำผ่าน" ทีมงานยอมรับและไปหาซื้อวัสดุที่ราคาถูกที่สุดที่จะทำให้น้ำผ่านไปได้ ถูกที่สุดคือ ท่อน้ำที่น่าเกลียดและหนักราคา 5 บาท และทีมงานที่มาจากฝ่ายจัดซื้อจึงให้ผู้ส่งของส่งท่อพลาสติคที่เบาและทำให้สวยด้วย ซึ่งมีราคารวมแล้ว 12 บาท ซึ่งถือว่าเป็นคุณค่าหน้าที่ที่ได้ทำหน้าที่เหมือนเดิม แต่ในราคาที่ถูกกว่า

5. การหาคุณค่าหน้าที่ หรือต้นทุนของทางเลือกที่ได้หน้าที่เหมือนกัน

5.1 คุณค่าหน้าที่จัดทำได้ทุกขั้นตอนของการออกแบบ

5.2 เกี่ยวกับตัวเงินในการจัดทำงบประมาณ จะพิจารณาต้นทุนทางเลือกจากต้นทุนต่อหน่วยต่าง ๆ เช่น ต้นทุนต่อตารางเมตรในการก่อสร้าง, ต้นทุนต่อเตียงสำหรับโรงพยาบาล ต้นทุนต่อหัวในโรงเรียน เป็นต้น

6. ตัดสินคุณค่า จุดประสงค์ในการกระจายต้นทุนของหน้าที่ปัจจุบัน และหน้าที่ของทางเลือก เพื่อจะประมาณค่าของหน้าที่ โดยการเปรียบเทียบและหาดัชนีคุณค่า (VALUE INDEX) ดัชนีคุณค่าเป็นสัดส่วนของต้นทุนปัจจุบันหารด้วยคุณค่าหน้าที่ ดัชนีคุณค่าบ่งชี้สิ่งต่อไปนี้

6.1 ช่วยในการหาว่าหน้าที่ใดที่มีคุณค่าต่ำ หน้าที่ใดมีคุณค่าสูง ถ้าคุณค่าสูงจะมีดัชนีเท่ากับ 1 หรือมากกว่า

6.2 ชี้ให้เห็นว่าสัดส่วนระหว่างต้นทุนกับคุณค่าหน้าที่ในขอบเขตใดมีค่ามากที่สุด ซึ่งก็คือหน้าที่นั้นมีขีดความสามารถในการประหยัดได้สูง และเป็นส่วนที่ควรเลือกมาทำ VA, VE

6.3 เป็นแฟคเตอร์ที่จะวัดประสิทธิภาพในการลดต้นทุน

แผนภูมิ FAST

FAST (FUNCTIONAL ANALYSIS SYSTEM TECHNIQUE) เป็นเทคนิคที่แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ของหน้าที่ของ รายการ, ระบบ หรือวิธีปฏิบัติ ซึ่งเทคนิคนี้ได้คิดขึ้นในปี พ.ศ. 2507 โดย CHARES V. BYTHEWAY ที่แผนก UNIVAC ของ SPERRY RAND CORPORATION โดยก่อนที่จะคิด FAST ขึ้นมานั้นเราจะต้องวิเคราะห์หน้าที่พื้นฐาน ซึ่งบางคนอาจไม่แน่ใจว่าถูกหรือผิดอย่างไร FAST จึงเป็นระบบที่ดีกว่าในการวิเคราะห์หน้าที่ แผนภูมิ FAST ควรจัดทำขึ้นในระหว่างขั้นตอนวิเคราะห์หน้าที่ในแผนงาน VA, VE จุดประสงค์ในการใช้ FAST มีดังนี้

1. ช่วยในการจัดลำดับของหน้าที่เมื่อตอบคำถาม "มันคืออะไร", "มันทำอะไร" และ "ทำไมต้องทำ" ทีมงานจะหาคำกริยา-คำนามในทุกลำดับ โดยแผนภูมิ FAST จะช่วยดึงเอาความสัมพันธ์ออกมา

2. ช่วยในการตรวจสอบหน้าที่ที่หายไปหรือมองข้ามไป

3. ช่วยในการบ่งชี้หน้าที่พื้นฐาน หรือขอบเขตที่เราต้องการศึกษา

4. เป็นแนวทางในการแก้ปัญหา และเสนอแนะในการที่จะเปลี่ยนแปลง

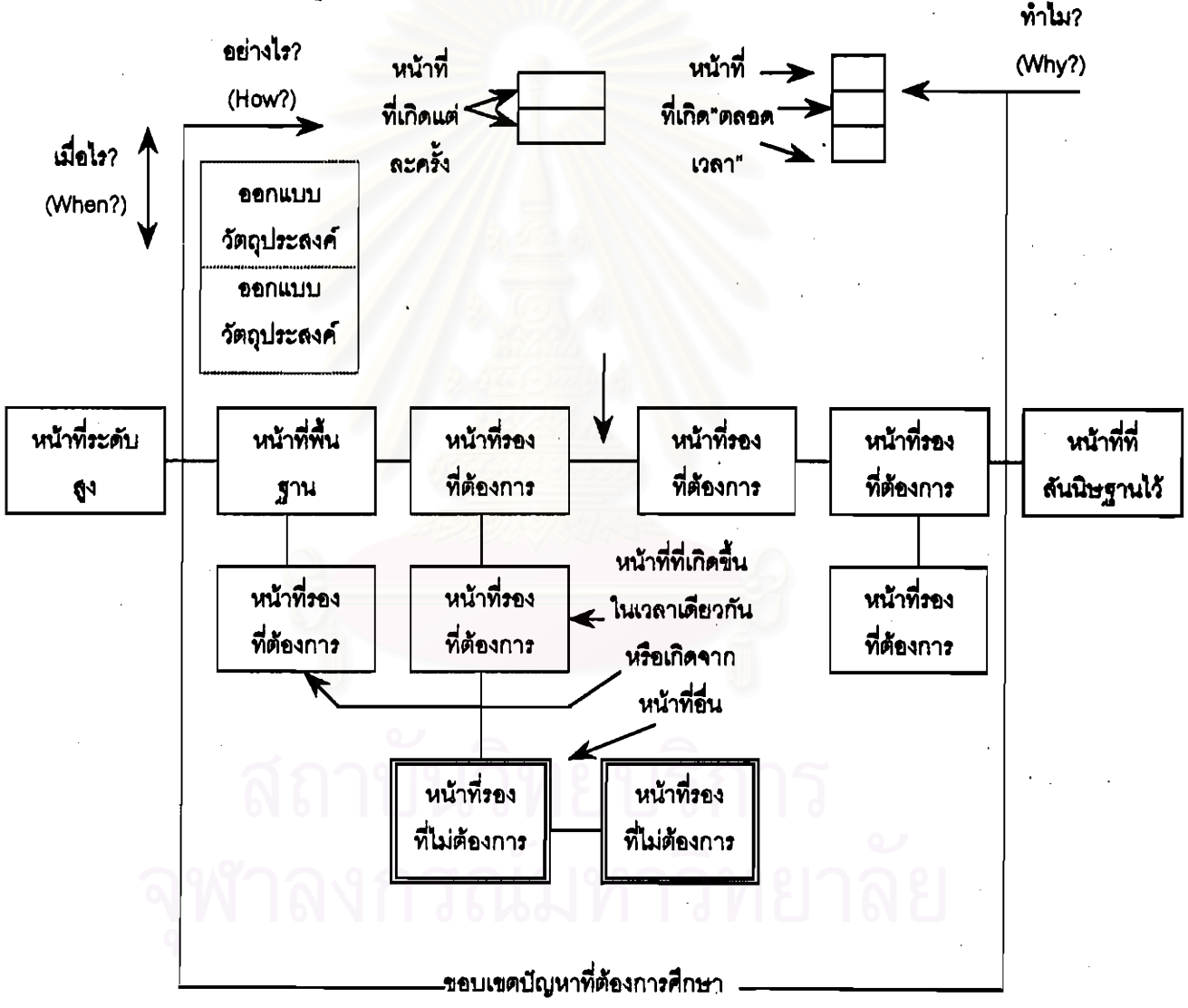
5. แสดงให้เห็นว่าทีมงานได้วิเคราะห์ปัญหาเรียบร้อยแล้ว

6. ทดสอบหน้าที่ตลอดระบบที่ต้องการหา

7. อธิบายปัญหาในรูปของหน้าที่ พร้อมทั้งช่วยพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และหาทางเลือกอื่นที่เป็นไปได้

8. ช่วยในการวางความคิด ในการเปลี่ยนแปลงต่อผู้ที่จะตัดสินใจ

ข้อแนะนำสำหรับแผนภูมิ FAST



รูปที่ 2.68 แสดงรายละเอียดในแผนภูมิ FAST

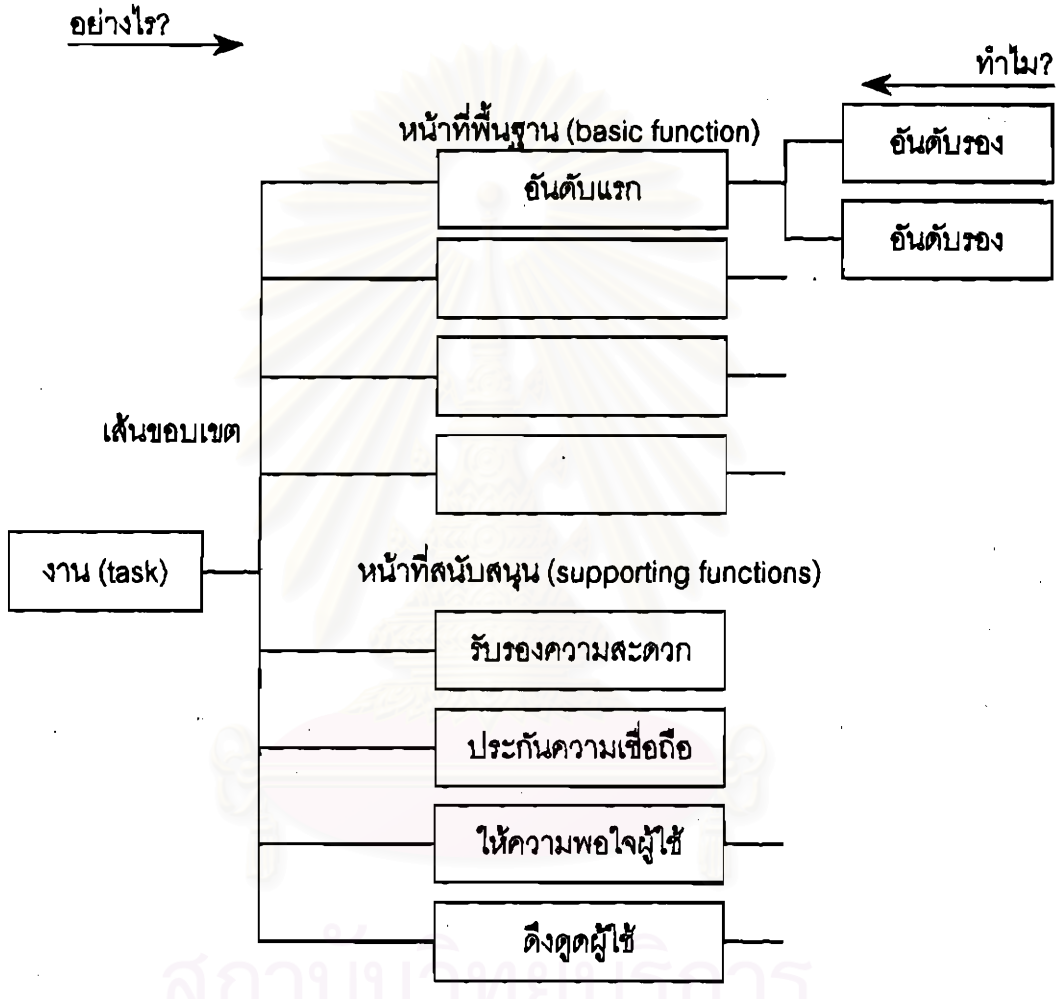
แผนภูมิ FAST เป็นเพียงเครื่องมืออย่างหนึ่งที่ช่วยให้เกิดกระบวนการทางความคิด และเป็นสื่อความหมายที่จะแก้ความเข้าใจผิดในปัญหา มีข้อแนะนำดังนี้ (ดูรูปที่ 2.68) ประกอบ

1. แสดงขอบเขตของปัญหาที่จะศึกษาอยู่ในเส้นประทั้งสองข้าง ทางแนวดิ่งข้างและขวา
2. แผนภูมิ FAST จะมีเส้นวิกฤตของหน้าที่จากซ้ายไปขวา
3. ในเส้นทางวิกฤตจะพบว่ามีหน้าที่ในระดับสูง, หน้าที่พื้นฐานและหน้าที่รอง
4. หน้าที่ในระดับสูงจะอยู่ทางด้านซ้ายมือนอกเส้นขอบเขต
5. หน้าที่พื้นฐานอยู่ทางด้านขวาของหน้าที่ในระดับสูง และอยู่ภายในเส้นขอบเขต
6. หน้าที่รองจะอยู่ถัดจากหน้าที่พื้นฐาน
7. หน้าที่ที่ได้สันนิษฐานไว้จะอยู่ทางขวาสุดและนอกเส้นขอบเขต
8. หน้าที่รองอื่น ๆ อาจอยู่เหนือหรือใต้เส้นทางวิกฤติ หน้าที่เหล่านี้ถือเป็นหน้าที่รองหรือหน้าที่ที่ไม่ต้องการ
9. ถ้ามีหน้าที่ที่เกิดในเวลาเดียวกัน หรือเกิดจากหน้าที่บางอย่างในเส้นทางวิกฤติ ให้วางตำแหน่งไว้ข้างใต้เส้นทางวิกฤต
10. ถ้ามีหน้าที่ที่เกิดตลอดเวลาให้วางตำแหน่งไว้เหนือเส้นวิกฤตและให้อยู่ทางขวามือสุด
11. ถ้ามีการออกแบบวัตถุประสงค์เป็นการเฉพาะ ให้วางอยู่ในกรอบเส้นประและอยู่เหนือหน้าที่พื้นฐาน
12. หน้าที่ที่เกิดแต่ละครั้ง ให้วางอยู่เหนือเส้นวิกฤตและอยู่ตรงกลางแผนภูมิ
13. หน้าที่ทั้งหมดที่อยู่บนเส้นทางวิกฤติ จะต้องให้ได้หน้าที่พื้นฐานเสียก่อน แล้วจึงเป็นหน้าที่รองที่ต้องการภายหลัง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนภูมิ FAST ที่สัมพันธ์กับผู้ใช้หรือลูกค้า (USER/CUSTOMER FAST DIAGRAM)

การหาหน้าที่โดยใช้แผนภูมิ FAST อีกรูปแบบหนึ่ง ซึ่งมีความสัมพันธ์กับผู้ใช้หรือลูกค้า ดังรูปที่ 2.69 นั้นเรียกว่า USER/CUSTOMER FAST DIAGRAM



รูปที่ 2.69 แผนภูมิ FAST ที่สัมพันธ์กับผู้ใช้หรือลูกค้า

ขั้นตอนในการทำแผนภูมิ FAST

1. หาหน้าที่ระดับสูง หรืองาน (TASK) โดยการใช้คำถาม "หน้าที่-มันทำอะไร"

2. แบ่งหน้าที่ออกเป็น หน้าที่พื้นฐานและหน้าที่สนับสนุน หน้าที่พื้นฐานคือหน้าที่จำเป็นของงาน ถ้าปราศจากหน้าที่พื้นฐานแล้ว ผลิตภัณฑ์หรือระบบจะไม่สามารถทำงานได้ หน้าที่พื้นฐานอันดับแรกจะเชื่อมกับเส้นขอบเขตทางซ้ายไปทางขวามือ และหน้าที่พื้นฐานอันดับรองจะเป็น

ส่วนแยกย่อยของหน้าที่อันดับแรก หน้าที่สนับสนุนถึงแม้ว่าจะไม่จำเป็น แต่ก็สำคัญในการสร้างการยอมรับของลูกค้าในการขายผลิตภัณฑ์หรือบริการ หน้าที่สนับสนุนแบ่งออกเป็น 4 อย่างด้วยกันคือ หน้าที่รับรองความสะดวก, ประกันความเชื่อถือ, ให้ความพอใจผู้ใช้ และดึงดูดผู้ใช้

3. กำหนดหน้าที่พื้นฐานอันดับแรก ซึ่งอยู่ทางขวาของเส้นขอบเขต และงาน สำหรับงานในแผนภูมิถือว่าเป็นความต้องการของลูกค้า ซึ่งจะทำให้ผลิตภัณฑ์หรือบริการมีคุณค่า ด้วยคำถาม "อย่างไร-ทำไม" จะเป็นคำถามของหน้าที่พื้นฐานอันดับแรก เมื่อกำหนดหน้าที่พื้นฐานอันดับแรกแล้ว จะตั้งคำถาม "อย่างไร" กับหน้าที่พื้นฐานอันดับแรกทุก ๆ หน้าที่ ก็จะทำให้ได้คำตอบและเป็นหน้าที่พื้นฐานอันดับรอง และบางครั้งอาจได้หน้าที่อันดับสามในบางกรณี

4. จัดกลุ่มหน้าที่สนับสนุน หรือหน้าที่รอง ซึ่งแบ่งออกเป็นหน้าที่ต่าง ๆ ดังนี้

4.1 หน้าที่รับรองความสะดวก ได้แก่

- ทางด้านบำรุงรักษา และซ่อมแซม
- ให้คำอธิบายแก่ผู้ใช้
- ด้านบริการอื่น ๆ

4.2 หน้าที่ประกันความเชื่อถือ คือหน้าที่ใด ๆ ซึ่ง

- ทำให้ผลิตภัณฑ์แข็งแรง ในความคิดของผู้ออกแบบ
- ทำให้ปลอดภัยในการใช้ รวมทั้งป้องกันอันตรายให้ผู้ใช้
- ยืดอายุการใช้ของผลิตภัณฑ์ ทำให้ต้นทุนการบำรุงรักษาอยู่ในระดับต่ำ
- ความน่าเชื่อถือในการใช้งาน
- ป้องกันสิ่งแวดล้อม

4.3 หน้าที่ให้ความพอใจผู้ใช้ คือหน้าที่ใด ๆ ซึ่ง

- ดัดแปลงหน้าที่พื้นฐานให้เร็วขึ้น, เล็กลง, เบาขึ้น ฯลฯ
- ให้ความสะดวกทางร่างกาย
- เป็นไปตามความต้องการของผู้ใช้
- ใช้สะดวก

4.4 หน้าที่ดึงดูดผู้ใช้ คือหน้าที่ใด ๆ ซึ่ง

- เน้นทางด้านสายตา
- มีภาพพจน์ที่ดี (การยอมรับของสังคม)
- ผลิตสินค้าให้ดูแข็งแรงในความคิดของผู้ใช้หรือผู้ซื้อ
- ใช้วัสดุ หรือวิธีการตามที่ผู้ใช้ต้องการ

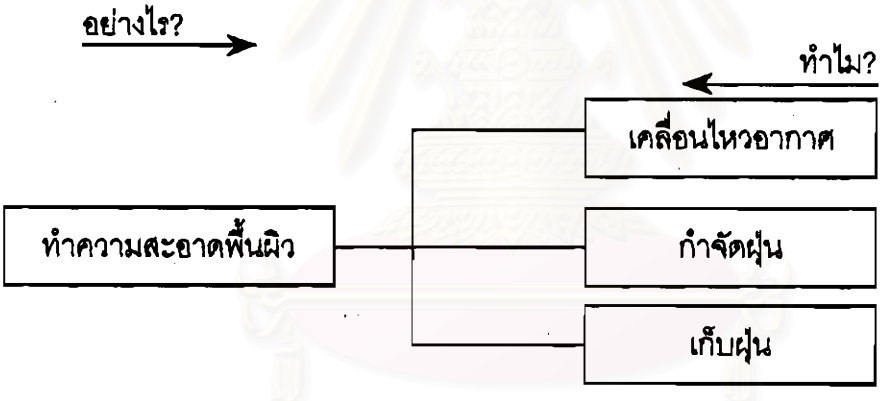
ตัวอย่างการใช้เทคนิค FAST ในการหาหน้าที่กับผลิตภัณฑ์เครื่องดูดฝุ่น

เครื่องดูดฝุ่นทำอะไร

ด้วยการตอบคำถามนี้ ด้วยการกำหนดหน้าที่เป็นคำกริยา-คำนาม คือ "ทำความสะอาดพื้นผิว" คืองานของเครื่องดูดฝุ่น

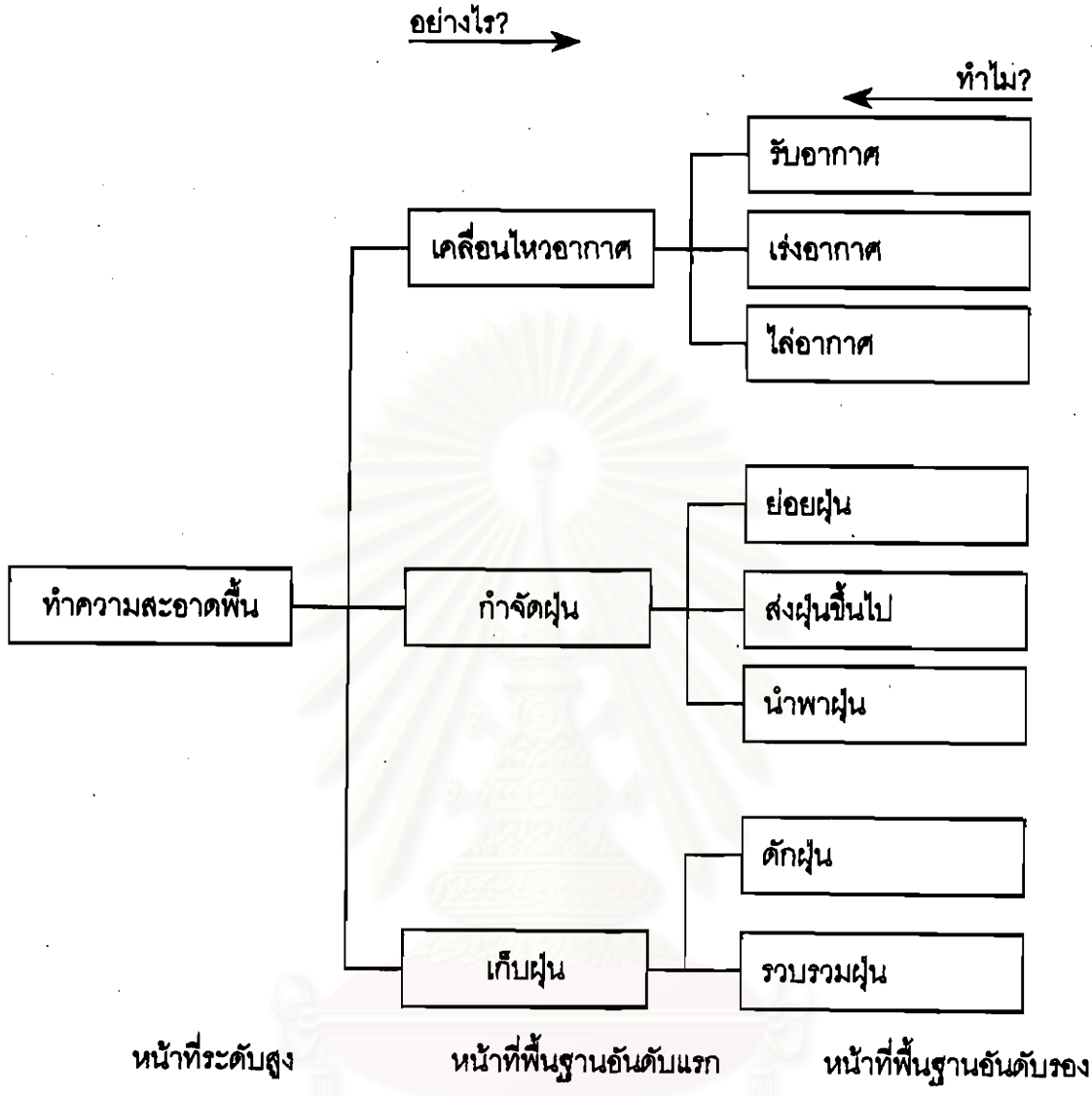
หน้าที่พื้นฐานและหน้าที่รอง (สนับสนุน)

โดยการใช้คำถาม "อย่างไร" จะได้คำถามคือ "เครื่องดูดฝุ่นทำความสะอาดพื้นผิวอย่างไร" จะได้คำตอบก็คือ ต้องทำให้อากาศเคลื่อนที่เพื่อกำจัดฝุ่นออกจากพื้นผิว และต้องมีที่เก็บฝุ่นก่อนที่จะกระจายไปในอากาศ และทำให้อยู่ในรูปคำกริยา-คำนาม ได้เป็น "เคลื่อนไหวอากาศ", "กำจัดฝุ่น" และ "เก็บฝุ่น" จึงเป็นหน้าที่ที่ทำให้เกิด "งาน" คือหน้าที่ "ทำความสะอาดพื้นผิว" และทั้งสามหน้าที่คือหน้าที่พื้นฐานอันดับแรก (ดังรูปที่ 2.70)



รูปที่ 2.70 หน้าที่ระดับสูงและหน้าที่พื้นฐานของเครื่องดูดฝุ่น

และด้วยการใช้คำถาม "อย่างไร" ต่อไปกับหน้าที่พื้นฐานทุก ๆ หน้าที่ จะได้หน้าที่พื้นฐานอันดับรอง ตัวอย่างเช่น "จะกำจัดฝุ่นอย่างไร" คำตอบที่ได้ในรูปกริยา-คำนาม คือ "ย่อยฝุ่น", "ส่งฝุ่นขึ้นไป" และ "นำพาฝุ่น" (รูปที่ 2.71) หน้าที่อื่น ๆ ก็ถามและตอบในลักษณะเดียวกัน



รูปที่ 2.71 แสดงหน้าที่ระดับสูง, หน้าที่พื้นฐานอันดับแรก และหน้าที่พื้นฐานอันดับรอง

ส่วนคำถาม "ทำไม" นั้นเป็นคำถามที่ใช้ตรวจสอบหน้าที่ซึ่งกันและกัน เช่น "ทำไมจึงย่อยฝุ่น", "ทำไมจึงส่งฝุ่นขึ้นไป" และ "ทำไมจึงนำพาฝุ่น" ก็จะได้คำตอบคือ "กำจัดฝุ่น" ซึ่งในตอนแรกได้ถูกใช้ถามด้วยคำถาม "อย่างไร" (จะกำจัดฝุ่นอย่างไร) มาแล้วนั่นเอง

หน้าที่รอง (หน้าที่สนับสนุน) ก็จะใช้คำถาม "อย่างไร" และ "ทำไม" เช่นเดียวกับหน้าที่พื้นฐาน คือ "จะรับรองความสะดวกอย่างไร", "จะประกันความเชื่อถืออย่างไร", "จะให้ความพอใจลูกค้าอย่างไร" และ "จะดึงดูดผู้ใช้อย่างไร" และหน้าที่รองอาจได้จากการวิจัยทางด้านการตลาดมาพิจารณาประกอบดังนี้ ซึ่งลักษณะความต้องการเครื่องดูดฝุ่นที่ได้จากลูกค้า จะนำมากำหนดเป็นหน้าที่ด้วยคำกริยา-คำนาม ดังนี้

1. ควรจะมีขนาดเล็กที่จะจัดเก็บสะดวก ("ลดพื้นที่")

2. ควรจะเก็บฝุ่นได้โดยไม่ต้องใช้ความพยายามมากนัก ("ลดความพยายาม")

3. ไม่ควรต้องบำรุงรักษา ("ไปให้บริการ")

4. คำอธิบายวิธีใช้ควรง่าย ๆ และชัดเจน ("แนะนำง่าย")

5. ควรมีการเตือนเมื่อฝุ่นเต็มถุง ("สัญญาณเปลี่ยนถุง")

6. เสียงต้องไม่ดังเกินไป ("ลดความดังเสียง")

7. ไม่ควรต้องเปลี่ยนถุงบ่อย ๆ ("เพิ่มปริมาตรถุง")

8. ลูกค้าบางคนต้องการเครื่องดูดฝุ่นแบบสี่เหลี่ยมแทนแบบกลม ("รูปแบบผลิตภัณฑ์")

9. ลูกค้าบางคนชอบเครื่องดูดฝุ่นแบบกลม เพื่อจะได้เก็บในมุมห้องได้ ("รูปแบบผลิตภัณฑ์")

10. การเปลี่ยนถุงต้องไม่ยากจนเกินไป ("ง่ายในการปฏิบัติ")

11. ควรเคลื่อนที่ได้ แต่ถ้าไปชนกับเฟอร์นิเจอร์ ต้องไม่ทำให้เกิดการเสียหาย ("ป้องกันเฟอร์นิเจอร์")

12. ต้องหิ้วได้และน้ำหนักเบา ("ลดน้ำหนัก")

13. ลูกค้าต้องการให้เครื่องทำงานเร็วขึ้นกว่าเดิม ("เพิ่มพลังงาน")

14. สีสันและรูปแบบเป็นปัจจัยสำคัญ ("เพิ่มสีรูปแบบผลิตภัณฑ์")

15. ควรมีอุปกรณ์ที่จะทำความสะอาดตามซอกมุมต่าง ๆ ผ้าม่าน และเฟอร์นิเจอร์ ("ทำความสะอาดทุกซอกมุม", "ทำความสะอาดผ้าม่าน", "ทำความสะอาดเฟอร์นิเจอร์")

16. การใช้เครื่องควรจะง่าย รวมทั้งการเปลี่ยนอุปกรณ์ ("ง่ายในการปฏิบัติ")

17. ควรจะลากจูงเครื่องได้ ("ลากจูงเครื่อง")

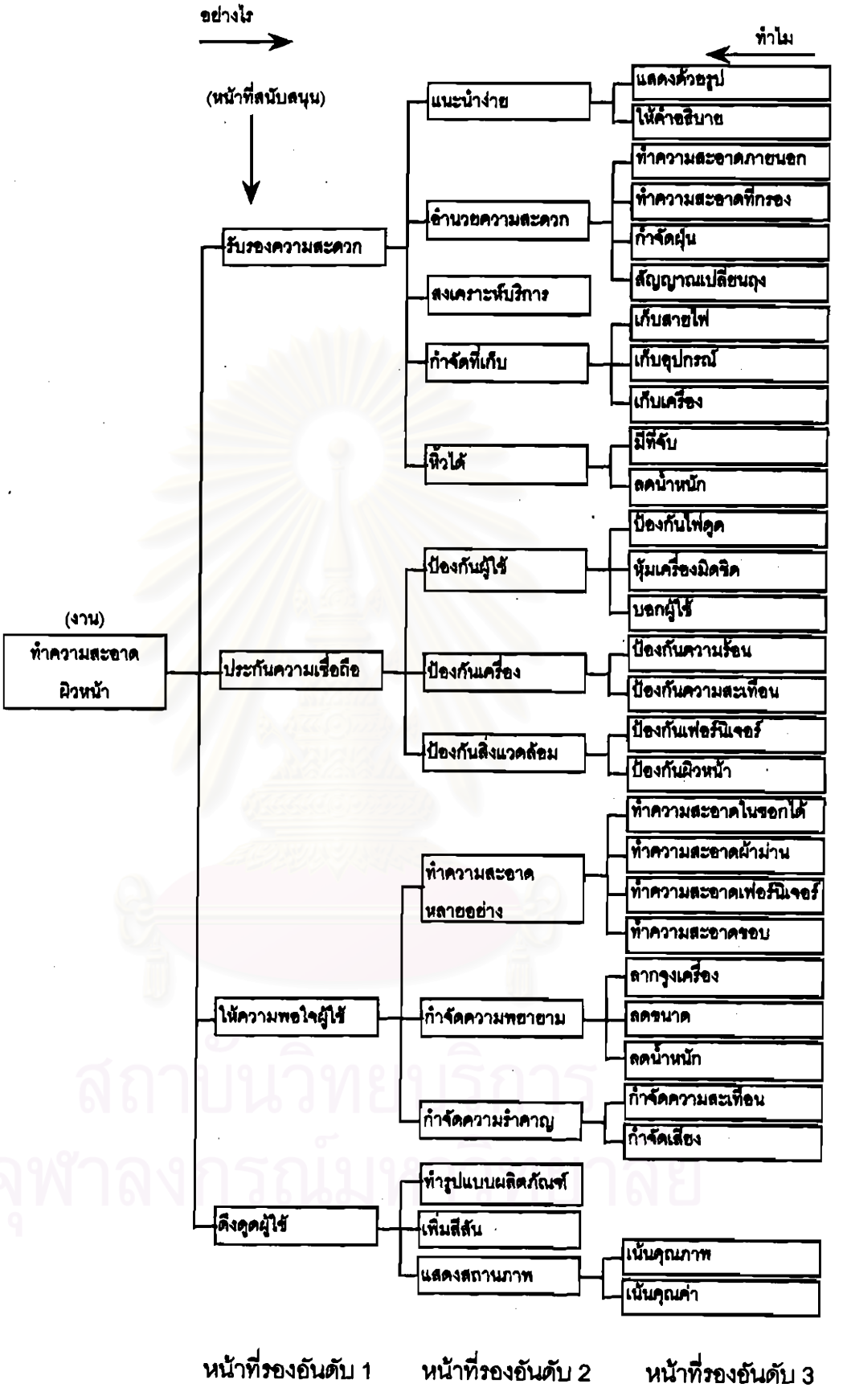
18. ง่ายในการปรับความสูงของเครื่องเพื่อจะไม่ทำให้พรมขาด("ปรับความสูงของเครื่อง")

19. มีกำลังดูดได้ตามความต้องการ ("ควบคุมกระแส")

20. ไม่ต้องการที่เก็บมากเกินไป ("ลดพื้นที่")

21. ควรเน้นภาพพจน์ทางด้านคุณภาพ, ความแข็งแรง และความน่าเชื่อถือ ("เน้นคุณภาพ")

จากการใช้คำถาม "อย่างไร" กับหน้าที่รอง (หน้าที่สนับสนุน) ประกอบกับการกำหนดคำกริยา-คำนาม จากลักษณะความต้องการเครื่องดูดฝุ่นของลูกค้าที่ได้จากการวิจัยทางด้านการตลาด นำมาเขียนเป็นแผนภูมิ FAST เฉพาะในส่วนของหน้าที่รองหรือหน้าที่สนับสนุน ดังรูปที่ 2.72



รูปที่ 2.72 แสดงแผนภูมิ FAST เฉพาะในส่วนของหน้าที่รองหรือหน้าที่สนับสนุนของเครื่องดูดฝุ่น

4. ขั้นสร้างสรรค์ความคิด

เพื่อให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ในการที่จะแก้ปัญหาหรือพัฒนา จะต้องเอาชนะการปิดกั้นทางความคิดต่อการสร้างสรรค์ความคิดใหม่ ๆ อันได้แก่ การปิดกั้นการรับรู้ (PERCEPTUAL BLOCKS), การปิดกั้นทางวัฒนธรรม (CULTURAL BLOCKS), การปิดกั้นทางอารมณ์ (EMOTIONAL BLOCKS) และการปิดกั้นจากลักษณะนิสัย (HABITUAL BLOCKS)

<u>เทคนิคการสร้างสรรค์ความคิด</u>

ได้มีการวิจัยถึงการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์โดยใช้เทคนิคต่าง ๆ และได้พบวิธีการที่จะเพิ่มความสามารถของคนในการสร้างสรรค์ความคิด ซึ่งวิธีการแต่ละอย่างก็จะเหมาะกับสภาพการณ์ของแต่ละปัญหา ดังนี้

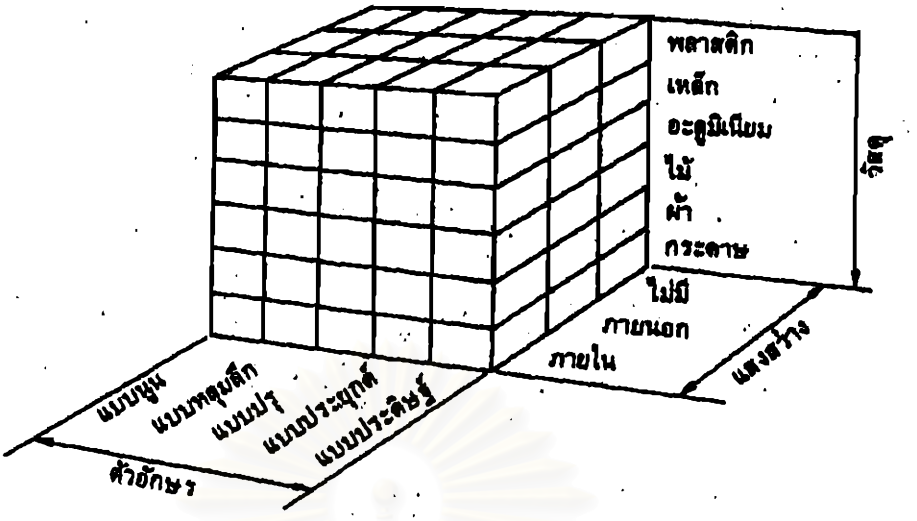
1. การใช้การเปรียบเทียบ (FORCED COMPARISON) โดยการเปรียบเทียบระหว่างงานที่ต้องการศึกษากับสิ่งอื่น ๆ เช่น จะนำโทรศัพท์มาบรรจุในกล่องโลหะที่กำลังศึกษาอยู่ หรือจะใช้กล่องพลาสติก, กล่องไม้อัด, กล่องกระดาษ เป็นต้น

2. การจัดเรียงคุณสมบัติ (ATTRIBUTE LISTING) โดยการนำเอาคุณสมบัติต่าง ๆ มาเขียนเป็นรูปแมทริกซ์ เพื่อกระตุ้นให้เกิดการหาคุณสมบัติอื่น ๆ เพิ่มมากขึ้น ทั้งตามแนวตั้งและแนวนอน ตัวอย่างเช่น การออกแบบเครื่องหมายในป้าย นำมาจัดเรียงคุณสมบัติได้ดังรูปที่ 2.73

ลักษณะอักษร / วัสดุ	แบบนูน	แบบหลุมลึก	แบบปรุ	แบบประยุกต์	แบบประดิษฐ์
1. พลาสติค					
2. แก้ว					
3. กระดาษ					
4. เหล็ก					

รูปที่ 2.73 แสดงการจัดเรียงคุณสมบัติในการออกแบบเครื่องหมายในป้าย

3. การวิเคราะห์รูปร่างลักษณะ (MORPHOLOGICAL ANALYSIS) จะคล้ายกับวิธีการจัดเรียงคุณสมบัติ เพียงแต่เพิ่มแกนเป็นรูป 3 มิติ ของคุณสมบัติต่าง ๆ ที่มีอยู่ในแต่ละแกน ดังรูปที่ 2.74



รูปที่ 2.74 การวิเคราะห์รูปร่างลักษณะในการออกแบบเครื่องหมายในป้าย

จากตัวอย่างการวิเคราะห์รูปร่างลักษณะในการออกแบบเครื่องหมายในป้าย จะทำให้ได้แนวคิดถึง 75 แนวคิด วิธีนี้เป็นวิธีที่จะทำให้ผู้วิเคราะห์ได้มีโอกาสพิจารณาแนวคิดที่เหมาะสมและกล้าแสดงออก ซึ่งความคิดสร้างสรรค์ที่กว้างไกลออกไป. วิธีเหมาะสำหรับการวิเคราะห์โดยบุคคลคนเดียว

4. การระดมความคิด (BRAINSTROMING) วิธีนี้ควรมีกลุ่มของผู้ร่วมงานประมาณ 6-10 คน ซึ่งเลือกจากผู้ที่มีภูมิหลังต่าง ๆ กันจากตำแหน่งต่าง ๆ กันในองค์กร การดำเนินการจะเริ่มด้วยผู้นำกลุ่มแจ้งให้กลุ่มทราบถึงปัญหา แล้วให้สมาชิกแต่ละคนช่วยเสนอวิธีแก้ไข ซึ่งทุก ๆ วิธีจะถูกบันทึกเอาไว้จนครบ โดยจะต้องยังไม่ทำการวินิจฉัยหรือตัดสินว่าความคิดใดถูกหรือผิดแต่อย่างใด เพราะจะเป็นการหยุดยั้งความคิดสร้างสรรค์ของกลุ่ม จากนั้นจึงจะเริ่มพิจารณาแต่ละวิธีเพื่อจะหาความคิดที่กลุ่มเห็นว่าดีที่สุดมาปรับปรุงให้เหมาะสมในการแก้ปัญหา

5. วิธีพิจารณาส่วนเข้าและส่วนออก (INPUT-OUTPUT METHOD) เราจะใช้เทคนิคเมื่อทราบถึงสภาพความเป็นจริงของส่วนที่เข้าและส่วนออกที่มีอยู่ วิธีการนี้มุ่งที่จะพิจารณาการใช้ส่วนที่เข้าที่จะทำให้เกิดผลโดยตรงต่อส่วนที่ออก การแก้ปัญหานี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของปัญหาและยังต้องอาศัยการใช้ความรู้ทางวิศวกรรมศาสตร์เข้าช่วยด้วย ดังตัวอย่างต่อไปนี้

หมู่บ้านหนึ่งตั้งอยู่ในเขื่อนกั้นน้ำและมีทะเลสาบอยู่หลังเขื่อน ในบางครั้งหิมะจะละลายลงมาเพิ่มระดับน้ำในทะเลสาบจนกระทั่งน้ำไหลล้นเขื่อน หมู่บ้านจึงต้องมีมาตรการเตือนภัย และหาวิธีการควบคุมขึ้น โดยมีวิธีการวิเคราะห์ดังนี้

ในส่วนที่เข้าคือระดับน้ำที่สูง และส่วนที่ออกคือน้ำที่ล้นออกมา จึงควรจะใช้เทคนิคในการแก้ไขที่เกี่ยวข้องกับความสูงของระดับน้ำ จึงจะทำให้ส่วนที่ออกนั้นขึ้นโดยตรงต่อส่วนที่เข้า ซึ่งส่วนที่ออกอาจจะเป็น

- ระดับน้ำเปลี่ยนแปลง
- เฮด (HEAD) ของน้ำเปลี่ยนแปลงที่ฐานเขื่อน
- บริเวณรอบทะเลสาบจะถูกน้ำท่วม

โดยการพิจารณาที่จะใช้ส่วนที่ออกให้เหมาะสมในการแก้ปัญหา จึงเสนอวิธีแก้ปัญหาขึ้นมาโดย

1. ติดตั้งอุปกรณ์ที่ระดับของน้ำในทะเลสาบที่เขื่อนพอจะรับได้ เมื่อน้ำขึ้นมาสูงเกินระดับนี้ อุปกรณ์ที่ติดตั้งไว้ก็จะส่งสัญญาณเตือน และเปิดทางระบายน้ำไปทางอื่นเพื่อจะระบายส่วนเกินออกไปจากทะเลสาบ

2. ติดตั้งเครื่องวัดระดับน้ำที่มองเห็นได้ง่าย ในตำแหน่งที่เหมาะสม

3. ติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าที่จะ "เปิดวงจร" (คืออุปกรณ์ไฟฟ้าไม่ทำงาน) เสมอ ไว้บนฝั่งทะเลสาบ เมื่อระดับน้ำล้นมาท่วมอุปกรณ์ไฟฟ้านั้น จะทำให้ "ปิดวงจร" (คืออุปกรณ์ไฟฟ้าทำงาน) ทำให้ส่งกระแสไปกระตุ้นสัญญาณเตือนหรืออุปกรณ์อื่น ๆ แล้วแต่จะทำการติดตั้ง

วิธีการนี้เหมาะกับการวิเคราะห์ทั้งแบบกลุ่มและเฉพาะบุคคลเดียว

<u>วิธีการเพิ่มความคิดสร้างสรรค์</u>

ทุกคนมีโอกาสที่จะปรับปรุงความคิดสร้างสรรค์ของตนเองได้เพิ่มมากขึ้นโดย การฝึกหัดสร้างสรรค์ความคิดทุกวัน ทุกสถานที่, การจดบันทึกลงในสมุดบันทึกที่มีติดตัวไปเสมอ, การฝึกตั้งข้อสังเกตสิ่งต่าง ๆ รอบ ๆ ตัว, รู้จักรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น, สร้างแหล่งความคิดจากการอ่านหนังสือพิมพ์หรือพูดคุยกับเพื่อนฝูง, ไม่ด่วนตัดสินใจก่อนที่จะรู้ถึงปัญหาและเข้าใจในความคิดนั้น ๆ, รู้จักเปิดใจให้กว้าง, ขยายความคิดให้กว้างออกไป, ใช้คำถามในทางสร้างสรรค์ ด้วยคำถาม ใคร – อะไร – เมื่อไร – ที่ไหน – ทำไม และอย่างไร, พยายามหาความคิดที่ดีที่สุดของตัวเอง และฝึกฝนนิสัยในการใช้ความคิดสร้างสรรค์ นอกจากนี้แล้วอาจกระตุ้นความคิด โดยอาศัยตัวก่อให้เกิดการใช้ความคิด จากกฎที่เรียกว่า "กฎแห่ง 24", "กฎแห่ง 25" และ "กฎแห่ง 26" ดังนี้

กฎแห่ง 24 จะช่วยกระตุ้นให้มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ในปัญหาทุกข้อที่เราพบในวันหนึ่ง ๆ ตลอด 24 ชั่วโมง เราควรจะบันทึกลงไว้ว่าวันหนึ่ง ๆ เราต้องพบปัญหาอะไรบ้าง แล้วใช้ช่วงเวลาที่เราคิดว่าจะใช้ความคิดสร้างสรรค์ได้ดีที่สุด คิดวิธีแก้ปัญหาต่าง ๆ นั้น

กฎแห่ง 25 กฎนี้แสดงความหมายว่าในปัญหาหนึ่ง ๆ ที่เราประสบนั้น ควรจะคิดหาทางแก้ไขให้ได้ 25 วิธี แต่โดยทั่วไปแล้วคนเรามักจะคิดทางแก้ไขได้ประมาณ 17 วิธี ก็จะคิดไม่ออกแล้ว ซึ่งก็จะแก้โดยใช้กฎข้อที่ 3 คือกฎแห่ง 26

กฎแห่ง 26 กฎนี้แนะว่า เมื่อประสบกับการ "หัวตื้อ" ไม่อาจจะคิดความสร้างสรรค์ต่อไปได้แล้ว ให้ใช้พยัญชนะทั้ง 26 ตัวจาก A ถึง Z ให้เป็นประโยชน์ โดยเปิดพจนานุกรมดูว่ามีคำอะไรบ้างที่จะก่อให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ หรือแรงบันดาลใจที่จะแก้ไขปัญหานั้นได้ หรืออาจจะแทนกฎแห่ง 26 เป็นกฎแห่ง 44 ซึ่งเป็นพยัญชนะไทยจาก ก ถึง ฮ ดู แล้วใช้วิธีเปิดพจนานุกรมเพื่อกระตุ้นความคิดสร้างสรรค์ได้เช่นกัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บริษัทวิศวกรรมก้าวหน้า จำกัด เลขที่

แบบบันทึกความคิดสร้างสรรค์

หน้าที่ปิดกั้นช่องว่าง

1. ทาสี	21. เชื่อมตะกั่ว
2. ยาง	22. แก้ว
3. แหวน	23. สูญญากาศ
4. ปลั๊ก	24. ลิ้น
5. กาว	25. น้ำ
6. วานิช	26. ไม้ก๊อก (cork)
7. พลาสติก	27. หน้าแปลน
8. กาวอีป๊อกซี่	28. กระดาษ
9. ขี้ผึ้ง	29. แท่ง
10. เชื่อม	30. โฟม
11. ซุบ	31. คลิป
12. รีเว็ต	32. จุก
13. สบู่	
14. ประเก็น	
15. หนัง	
16. จาระบี	
17. อากาศ	
18. ความร้อน	
19. ความเย็น	
20. การอัด	

ทีมงาน บุญส่ง, สามารถ, บริบูรณ์

วันที่ 19-5-80

วิศวกรรมคุณค่า

รูปที่ 2.75 แสดงตัวอย่างการบันทึกความคิดสร้างสรรค์ของหน้าที่ปิดกั้นช่องว่าง

5. ขั้นประเมินผล

ในขั้นประเมินผลนี้จะใช้เทคนิคต่าง ๆ ดังนี้ คือ

- การย่อยและรวมแนวความคิดต่าง ๆ
- หาต้นทุนของทุกแนวความคิด
- พัฒนาหน้าที่และทางเลือก
- ประเมินผลด้วยการเปรียบเทียบ

<u>การย่อยและรวมแนวความคิดต่าง ๆ</u>

การประเมินผลแต่ละความคิด หรือรวบรวมความคิดเข้าด้วยกัน เพื่อให้ได้หน้าที่การทำงานที่ต้องการนั้น ก่อนอื่นต้องพิจารณาดูว่าแต่ละความคิดนั้นใช้งานได้เลยหรือไม่ ถ้าใช้งานไม่ได้จึงหาทางรวมเข้าด้วยกัน เพื่อให้สามารถนำไปใช้งานได้ต่อไป

การย่อยและรวมความคิดเหล่านี้ เป็นกระบวนการที่ต่อเนื่องและค่อนข้างรวดเร็ว จึงต้องหาว่าทำอย่างไรแนวคิดจากหน้าที่การทำงานหลาย ๆ อัน จะสามารถหลอมเข้าด้วยกันและสามารถแก้ปัญหารวมได้ทั้งหมด

บ่อยครั้งที่พบว่าความคิดแต่ละอันนั้น ไม่สามารถนำรวมกันได้อย่างทันทีทันใด เนื่องจากการขาดข้อมูลในขณะนั้น สิ่งสำคัญก็คืออย่าด่วนละทิ้งความคิดเหล่านี้ไปเสีย เก็บไว้สำหรับอนาคต ซึ่งอาจจะเป็นชั่วโมง, วัน, สัปดาห์, เดือนหรือปี

การที่จะพัฒนาความคิดของแต่ละความคิด หรือของกลุ่มนั้น จะต้องหาทั้งข้อดีและข้อเสีย ถ้าข้อเสียมีน้อยมากเมื่อเทียบกับข้อดี อาจตัดทิ้งไปได้ ในขณะเดียวกันก็อาจเกิดความคิดใหม่ขึ้นมาเพื่อเอาชนะข้อเสียต่าง ๆ

<u>หาต้นทุนของทุกแนวความคิด</u>

จะต้องพัฒนาความคิดด้วยการหาต้นทุน ซึ่งสัมพันธ์กันของแต่ละความคิดหรือความคิดรวม เพื่อประมาณคุณค่าของแต่ละความคิด เมื่อได้คุณค่าออกมาทั้งในด้านต้นทุน และหน้าที่การทำงานของมันแล้วจะสามารถแบ่งขีดความสามารถในเรื่องคุณค่านี้ออกเป็น 2 แนวทาง คือ

แนวทางที่ 1 ในเรื่องขีดความสามารถในการประหยัด โดยการเปรียบเทียบกับต้นทุนในปัจจุบันและกำลังคนที่จะพัฒนา เพื่อนำไปปฏิบัติในแต่ละความคิด

แนวทางที่ 2 ต้นทุนที่ประหยัดได้ทั้งโครงการ

ในการประเมินผลนี้ ต้องใช้ความรู้ความชำนาญ และการตัดสินใจอย่างสร้างสรรค์ กำหนดต้นทุนอย่างคร่าว ๆ ทุกแนวคิด เพื่อแสดงให้เห็นว่า ได้เพิ่มผลกำไรเมื่อเสร็จโครงการแล้ว พึงระลึกอยู่เสมอว่า ในขั้นตอนนี้เราเพียงแต่พัฒนาและพิจารณาแนวคิด เพื่อให้ทำงานได้เท่านั้น

ส่วนขั้นตอนต่อไปจึงจะพิจารณาเพื่อให้ขายได้ หลังจากที่ได้กำหนดต้นทุนของทุกแนวคิดแล้ว นำเอาแนวคิดที่มีต้นทุนต่ำที่สุดมาพิจารณาก่อน

พัฒนาหน้าที่และทางเลือก

จุดประสงค์ของทางเลือกนั้น เราต้องมุ่งที่หน้าที่การทำงานของมัน มิใช่มุ่งที่วัสดุชิ้นส่วนหรืออื่น ๆ เทคนิคของการพัฒนาหน้าที่การทำงานก็คือ สร้างแนวคิดใหม่โดยไม่ยึดติดของเก่า ใช้คำกริยา-คำนามกับหน้าที่พื้นฐาน ซึ่งจะสามารถนำเอาไปสู่การแก้ปัญหาได้

การพัฒนาหน้าที่ของทางเลือกจะสำเร็จสมประสงค์ได้ ต้องใช้ข้อมูลข่าวสารและการพัฒนาความคิดที่ได้บันทึกไว้ในแผนการดำเนินงาน ในที่นี้จะเรียกว่า "การพัฒนาหน้าที่" (FUNCTION DEVELOPMENT) ดังแสดงในรูปที่ 2.76 และรูปที่ 2.77 ซึ่งในขั้นแรกต้องจำกัดขอบเขตของปัญหาก่อน ต่อจากนั้นจึงเขียนสิ่งที่ต้องการและข้อมูลจำเพาะ เพื่อจะทำให้การพัฒนาหน้าที่ละเอียดขึ้น และป้องกันไม่ให้การพัฒนาออกนอกขอบเขตที่กำหนด

ในแผนพัฒนาหน้าที่นั้น การประเมินผลจะยึดหน้าที่พื้นฐานเป็นสำคัญ โดยดูจากหน้าที่ที่มีน้ำหนักสูงสุด เขียนลงในช่อง "หน้าที่" จากนั้นก็นำความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งอาจจะเป็นความคิดเดียวหรือความคิดที่รวมกันแล้ว เขียนลงในช่อง "ความคิดสร้างสรรค์และพัฒนา" และบันทึกต้นทุนในช่อง "ต้นทุนโดยประมาณ (สะสม)"

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บริษัท..... เลขที่อ้างอิง _____

การพัฒนาหน้าที่

หน้าที่พื้นฐาน _____

หน้าที่	ความคิดสร้างสรรค์และพัฒนา	ต้นทุนโดยประมาณ (สะสม)
	รวม	

ต้นทุนปัจจุบัน

วัสดุ+วัสดุทางอ้อม _____

ค่าแรงทางตรง _____

ค่าแรงทางอ้อม _____

สมาชิก _____ วันที่ _____

วิศวกรรมคุณค่า

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 2.76 แสดงแบบฟอร์มการพัฒนาหน้าที่

บริษัทวิศวกรรมก้าวหน้า จำกัด เลขที่อ้างอิง MEA-1

การพัฒนาหน้าที่

หน้าที่พื้นฐานนำกระแสไฟฟ้า

หน้าที่	ความคิดสร้างสรรค์และพัฒนา	ต้นทุนโดยประมาณ (สะสม) บาท
1. นำกระแส	คลิปหนีบกระดาษ	.05
มีระยะ 4 ½" ระหว่าง	ยืดคลิปให้ตรง ยาว 4 ½"	.15
ลวดนำกระแส 30 แอมแปร์	เปลี่ยนเป็นลวดเบอร์ 8	1.20
2. ปิดช่องว่าง	จุกยางมีรูให้ลวดนำกระแสผ่านได้	4.50
ทนแรงดัน 7 ปอนด์/ตร.นิ้ว	กลับจุกยาง	4.50
รับการสั่นสะเทือนเนื่องจากขนส่ง	เพิ่มแหวนยางที่ปลายทั้งสอง	6.00
3. ทำให้ต่อกันได้	ใช้คลิปต่อสายแบบมีสปริงยึด	13.50
ปลดได้	ไม่มีการเปลี่ยนแปลง	13.50
การสั่นสะเทือน	ไม่มีการเปลี่ยนแปลง	13.50
4. ทำให้เกิดแรงเสียดทาน	ไม่ต้องเพิ่มชิ้นส่วน	13.50
5. ให้ความดัน	ไม่ต้องเพิ่มชิ้นส่วน	13.50
6. ส่งผ่านความดัน	ไม่ต้องเพิ่มชิ้นส่วน	13.50
	รวม	13.50

ต้นทุน

ค่าวัสดุทางอ้อม _____

ค่าแรงงาน _____

ค่าโสหุ้ย _____

รวม _____

ทีมงาน บุญส่ง, สามารถ, บริบูรณ์ วันที่ 19-5-80

วิศวกรรมคุณค่า

รูปที่ 2.77 แสดงการบันทึกและการพัฒนาหน้าที่นำกระแสไฟฟ้า

การพัฒนาหน้าที่นั้น ในขั้นแรกนี้ขอเน้นว่า ควรคำนึงถึงเฉพาะหน้าที่ที่จะทำให้ทำงานได้เท่านั้น ยังไม่จำเป็นต้องคำนึงถึงการขายได้ ซึ่งการคำนึงถึงการขายได้จะไปพิจารณาในขั้นทดสอบพิสูจน์ในลำดับต่อไป ต่อจากนั้นควรหาทางเลือกอื่น ๆ ด้วย ในการพัฒนาความคิดและประเมินผล ถ้าไม่คิดพัฒนาหาทางเลือกอื่น ๆ จะทำให้ความคิดของเรายึดติดอยู่กับของเดิม อันเป็นอุปสรรคให้ความคิดอุดตัน และไม่เกิดการพัฒนา

<u>ประเมินผลด้วยการเปรียบเทียบ</u>

เมื่อหาทางเลือกของหน้าที่การทำงานรวมทั้งได้พัฒนาทางเลือกนั้นแล้ว ต้องแน่ใจว่ามันทำงานได้ จึงจะนำมาประเมินผลด้วยการเปรียบเทียบกันด้วยข้อดี ข้อเสีย ซึ่งจะใช้แบบฟอร์มดังรูปที่ 2.78 และ 2.79 โดยเพียงความคิดในการพัฒนาหน้าที่อย่างสั้น ๆ ไว้ในช่องแรก ส่วนช่องที่สอง เขียนข้อดีทุกอย่างตั้งแต่มากสุดจนถึงน้อยสุด และในช่องที่สาม เขียนข้อเสียจากมากสุดไปหาน้อยสุดเช่นกัน แล้วเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียประเมินผลด้วยผลต่างของมัน แล้วบันทึกข้อสรุปที่จะนำไปปฏิบัติลงในด้านล่างของแบบฟอร์ม

เมื่อถึงขั้นตอนการทดสอบพิสูจน์นั้น เราจะพัฒนาหน้าที่ไปสู่ทางเลือกที่จะทำให้ "ขายได้" ซึ่งในขั้นตอนนั้น จะสมบูรณ์แบบทั้งในแง่ของทางเลือกที่จะได้ทั้งหน้าที่การทำงานและสามารถทำให้ขายได้ด้วย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บริษัท ..... เลขที่อ้างอิง _____

ประเมินผลความคิด

หน้าที่

ความคิดจากการพัฒนาหน้าที่	ข้อดี	ข้อเสีย

แผนงานที่จะนำไปปฏิบัติ

สมาชิกทีม _____ วันที่

วิศวกรรมคุณค่า

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 2.78 แสดงแบบฟอร์มประเมินผลความคิด

บริษัทวิศวกรรมก้าวหน้า จำกัด เลขที่อ้างอิง MEA-1

ประเมินผลความคิด

หน้าที่ นำกระแสไฟฟ้า

ความคิดจากการพัฒนาหน้าที่	ข้อดี	ข้อเสีย
นำกระแสไฟฟ้าผ่านฉนวนหนา ½" โดยลวดเบอร์ 8 แหวนยางจะยึดกับลวดและกดแน่นกับแผงฉนวนเพื่อปิดรอยรั่วคลิปปากจระเข้จะติดแน่นกับลวดสามารถต่อและถอดได้	ก. ต้นทุนต่ำ ข. ออกแบบง่าย ค. ชิ้นส่วนหาง่าย ง. ต้องการแบบไม่เกิน 2 ส่วน จ. ลดชิ้นส่วนที่ประกอบจาก 11 เป็น 4 ชิ้น ฉ. ลดจำนวนชิ้นส่วนที่จะสต๊อก ช. แหวนเท่านั้นที่ต้องการการเขียนแบบพิเศษ ซ. ประกอบง่ายในโรงงาน ฌ. ชิ้นส่วนแลกเปลี่ยนกันได้กับที่ออกแบบไว้ในปัจจุบัน ญ. ชิ้นส่วนประกอบจะทำงานได้และทำทุกหน้าที่ที่จำเป็น	1. การปิดกั้นช่องว่างอาจลดแรงดันต้องทดสอบดู 2. คลิปปากจระเข้จะต้องรัดกับลวดซึ่งจะเป็นปัญหาในการผลิต 3. ลวดจะเลื่อนผ่านแหวน ซึ่งจะต้องประกอบแผงฉนวนใหม่ 4. เนื่องจากการขนส่งและการสั่นสะเทือนในการทำงาน ลวดเบอร์ 8 อาจเล็กเกินไป

แผนงานสำหรับปฏิบัติตามความคิด วิเคราะห์และเอาชนะข้อเสีย

สมาชิกทีม บุญส่ง สามารถ บริบูรณ์

วันที่ 25-5-80

วิศวกรรมคุณค่า

รูปที่ 2.79 แสดงแบบฟอร์มประเมินผลความคิด

6. ขั้นทดสอบพิสูจน์

ผลสำเร็จของขั้นตอนนี้ ขึ้นอยู่กับการใช้ข้อมูลบวกกับความรู้ในการพัฒนาสิ่งใหม่ ๆ, วัสดุ, เทคนิคและการแข่งขันทางเศรษฐกิจ ความคิดสร้างสรรค์ และความสามารถในการทำงานของทีมงาน จะทำให้ผลที่ได้รับเป็นชัยชนะ งานนี้ไม่เหมือนงานอื่นที่เขียนเป็นสูตร หรือคำจำกัดความของปัญหาแล้วก็หาคำตอบ แต่เป็นงานซึ่งต้องใช้ความพยายาม ผลที่ได้รับในขั้นตอนนี้ขึ้นอยู่กับความสามารถในการทำงานที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมทั่ว ๆ ไปในทาง สังคม เศรษฐศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และเทคนิคต่าง ๆ ต้องอาศัยความรู้และเทคนิคอย่างกว้าง ๆ ในการประยุกต์ใช้ด้านมนุษยวิทยา เศรษฐศาสตร์ และสังคมศาสตร์

เทคนิคของขั้นตอนการทดสอบพิสูจน์นี้ ต้องใช้มาตรฐานของบริษัทและอุตสาหกรรม, ปรึกษากับผู้ชำนาญเฉพาะด้านและผู้ขาย รวมถึงการใช้ผลิตภัณฑ์-ขบวนการหรือวัสดุพิเศษ

มาตรฐานของบริษัทอุตสาหกรรม

การใช้มาตรฐานอุตสาหกรรมนั้นได้รับผลประโยชน์มาก ไม่ว่าจะใช้ชิ้นส่วนมาตรฐานหรือจะใช้ระบบมาตรฐานก็ตาม ส่วนประกอบที่เป็นมาตรฐานนั้นมีคุณค่ามากทางด้านสงวนค่าใช้จ่าย ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในด้านการพัฒนาและค่าใช้จ่ายของเครื่องมือ ได้คุณภาพดีและเชื่อถือได้ รวมทั้งไม่ต้องเสียเวลาคอยนาน เพราะมีผู้ส่งของซึ่งแข่งขันกันบริการ

ปรึกษากับผู้ทำงานเฉพาะด้านและผู้ขาย

ถ้าทำงานร่วมกับผู้ชำนาญเฉพาะด้านหรือผู้ขาย จะทำให้ได้ข้อมูลที่มีคุณค่าและประหยัดเวลา เราจึงเน้นที่จะใช้บริการของพวกนอกวงการ ซึ่งอาจจะเป็นผู้ชำนาญอยู่ในบริษัท หรือผู้ชำนาญเฉพาะด้านจากบริษัทอื่น จะทำให้ได้รับคำแนะนำที่มีคุณค่าช่วยให้ต้นทุนต่ำ และลดเวลาในการวิเคราะห์อีกด้วย

การใช้ผลิตภัณฑ์-ขบวนการหรือวัสดุพิเศษ

คำว่าพิเศษในวันนี้ อาจเป็นมาตรฐานในวันพรุ่งนี้ เนื่องจากการพัฒนาอย่างรวดเร็วของผลิตภัณฑ์ขบวนการและวัสดุใหม่ ๆ การปรับปรุงด้วยเทคโนโลยีจะทำให้ต้นทุนต่ำลง และทำให้ผลผลิตดีขึ้น ก็เป็นวิธีการในการใช้ขบวนการที่เปลี่ยนแปลงให้พัฒนาขบวนการผลิตดียิ่งขึ้น

<u>การพัฒนาหน้าที่และทางเลือก</u>

จากขั้นประเมินผล เราได้พัฒนาหน้าที่และทางเลือก หาทางเลือกหลาย ๆ ทางเพื่อจะนำมาเปรียบเทียบหาคุณค่าที่ดีที่สุด เพื่อที่จะให้มันทำงานได้ ส่วนขั้นทดสอบพิสูจน์นั้นจะพัฒนาหน้าที่และทางเลือก หาทางเลือกหลาย ๆ ทางเพื่อจะนำมาเปรียบเทียบหาคุณค่าที่ดีที่สุดเพื่อที่จะ

ทำให้มันขายได้ จึงกล่าวได้ว่าในเบื้องต้นนั้นเราจะเน้นที่หน้าที่การทำงานของมันให้ได้ก่อน โดยกำจัดปัญหาหรือข้อบกพร่องลงให้น้อยที่สุด

การใช้มาตรฐานอุตสาหกรรม หรือใช้ผู้เชี่ยวชาญ เพื่อเป็นแหล่งข้อมูลควรจะจดบันทึกไว้ในแบบฟอร์ม ดังรูปที่ 2.80 ซึ่งประกอบด้วยแหล่งข้อมูล ข้อมูลที่ได้รับ และการปฏิบัติ นอกจากนี้ควรทำบทสรุปของใบเสนอราคาของผู้ขาย เพื่อเป็นข้อมูลเปรียบเทียบกัน ดังรูปที่ 2.81

และเพื่อที่จะให้ได้รับประโยชน์สูงสุดจากขั้นตอนนี้ ควรจะทำการติดต่อประสานงานกับผู้ให้ข้อมูลแต่ละคน เพื่อจะได้แนวความคิดในการแก้ปัญหาที่เป็นอุปสรรค และได้ข้อสรุปทางด้านหน้าที่การทำงานและการขายได้ด้วย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บริษัท ..... **ที่ปรึกษา** เลขที่อ้างอิง _____

ผลิตภัณฑ์ _____ เลขที่แบบแปลน _____

แนวคิดในการพัฒนา _____

แหล่งข้อมูล	ข้อมูลที่ได้รับ	นำไปปฏิบัติ

สมาชิกทีม _____ วันที่ _____

วิศวกรรมคุณค่า

รูปที่ 2.80 แสดงแบบฟอร์มสำหรับที่ปรึกษา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บริษัท..... **สรุปใบเสนอราคา** เลขที่อ้างอิง _____

ผลิตภัณฑ์ เลขที่แบบ _____

ชื่อชิ้นส่วน

ที่อยู่ผู้เสนอราคา

1. _____
2. _____
3. _____

ข้อมูลเพิ่มเติมสำหรับผู้เสนอราคา

ใบเสนอราคา	ผู้เสนอราคา 1	ผู้เสนอราคา 2	ผู้เสนอราคา 3
ราคาต่อหน่วย			
_____	บาท	บาท	บาท
_____			
_____			

กำหนดส่ง _____

สมาชิกทีม _____ วันที่ _____

วิศวกรรมคุณค่า

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 2.81 แสดงแบบฟอร์มใบเสนอราคา

7. ขั้นเสนอแนะ

ผู้ที่เคยใช้ VA, VE มักจะกล่าวว่า ขั้นตอนเสนอแนะนี้ เป็นส่วนที่ลำบากที่สุดในแผนงานวิศวกรรมคุณค่า เพราะว่าผลงานที่ทำมาตามขั้นตอนจะบรรลุผลสำเร็จได้ ก็ขึ้นอยู่กับขั้นตอนนี้

จุดมุ่งหมายของขั้นตอนนี้ก็คือ การกระตุ้นให้เกิดการกระทำในทางบวก และป้องกันการกระทำในทางลบ รวมทั้งการเสนอการเปลี่ยนแปลง วัตถุประสงค์ของข้อเสนอนั้นคล้ายกับการขอแต่งงาน ซึ่งต้องการคำตอบในทางบวก ดังนั้นจะต้องวางแผนอย่างดี เพื่อให้บรรลุเป้าหมายให้ได้ เราต้องรู้จักที่จะขายความคิด เสนอการเปลี่ยนแปลงเพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อผู้ใช้ ผลประโยชน์นี้จะพิสูจน์ได้ด้วยการใช้ความเป็นจริงของข้อมูลต้นทุนโดยละเอียด และการชี้แจงอย่างมีเหตุผล ตลอดเวลาในการวางแผนจะต้องระลึกอยู่เสมอว่า การยอมรับความเปลี่ยนแปลงนั้น แต่ละคนย่อมแตกต่างกันออกไป บางคนจะต่อต้านทุกอย่างแบบหัวชนฝา ในขณะที่บางคนยอมรับโดยง่าย บางคนต้องการรายละเอียดมาก แต่บางคนต้องการแต่แนวคิดและทำให้ใช้งานได้ แต่ละบุคคลนั้นมีแนวโน้มและความสามารถในการยอมรับไม่เหมือนกัน จึงต้องพิจารณาวางแผนเรื่องนี้ไว้ให้ดี และที่สำคัญคือต้องรู้จักที่จะทำให้แต่ละบุคคลที่เราเกี่ยวข้องด้วย ยอมรับแนวคิดและการเปลี่ยนแปลง ต้องจัดหาข้อเท็จจริงเพื่อจะขจัดปัญหาที่มีอยู่ให้หมดไป แบบฟอร์มที่จะเสนอแนะควรมีทั้งข้อเท็จจริงและต้นทุน ทั้งสองอย่างนี้จะต้องทำอย่างระมัดระวังและให้เหมาะสม

<u>ข้อเท็จจริงปัจจุบัน</u>

จริง ๆ แล้วเปรียบได้กับความสวยงาม ซึ่งแต่ละคนก็มีความเห็นต่างจิตต่างใจกันไป ดังนั้นก่อนที่จะแนะนำจึงควรคิดให้ถี่ถ้วนในการเสนอข้อเท็จจริง โดยต้องใช้ข้อเท็จจริงที่มีอยู่ และเสนอเพียงครั้งเดียว แต่ให้หนักแน่นและจริงจัง ซึ่งจะต้องระมัดระวังและแน่ใจว่าเป็นข้อเท็จจริงจากขั้นตอนรวบรวมข้อมูลด้วย และข้อเท็จจริงในตอนต้น ต้องตรวจสอบให้แน่ใจอีกครั้งว่าไม่บิดเบือนหรือเป็นข้อเท็จจริงเพียงครึ่งเดียว หรือเป็นเพียงความคิดที่คิดว่าจะเป็น นอกจากนี้จะต้องพยายามให้ฝ่ายบริหารยอมรับทั้งหมด มิใช่ทำให้ผู้บริหารเห็นเป็นเพียงภาพเงาหรือเลือนลาง หรือเห็นเพียงบางส่วนเท่านั้น

ในการเสนอข้อเท็จจริงจะต้องเสนอในรูปแบบของลักษณะก่อนแก้ปัญหา และภายหลังการแก้ปัญหาโดยชี้ให้ตรงเป้าหมาย พร้อมอธิบายด้วยรูปภาพหรือสิ่งอื่น ๆ ส่วนรายละเอียดค่อยแจกแจงในภายหลัง

ต้นทุนปัจจุบัน

ต้นทุนคือโฉมหน้าของข้อเท็จจริง ในการเสนอเกี่ยวกับต้นทุนต้องแน่ใจว่าเป็นสิ่งที่เป็นจริงได้ นำไปปฏิบัติได้ ไม่ใช่เป็นเพียงการมองโลกในแง่ดีเท่านั้น ต้นทุนที่เป็นไปได้จะเป็นข้อเท็จจริงที่ต้องการเสนอแนะ จะต้องวางแผนอย่างระมัดระวัง ไม่ว่าจะเป็นต้นทุนที่เสนอแนะ ต้นทุนที่นำไปปฏิบัติ และต้นทุนที่ประหยัดได้ และจะต้องเสนอแนะโดยถือเหมือนกับว่าเป็นเงินที่ตนเองจะต้องใช้ไป จะยอมใช้เงินไปในการนี้หรือไม่

การเสนอแนะจากทีมงาน

แบบฟอร์มเสนอแนะ ตามรูปที่ 2.82 และตัวอย่างการเสนอแนะตามรูปที่ 2.83 เป็นแบบฟอร์มที่สำคัญที่สุดในแผนงานทั้งหมด ควรจะให้เป็นแผ่นเดียวและประกอบด้วยข้อเท็จจริงทั้งหมดและปัญหาที่เกี่ยวข้อง ข้อเท็จจริงนี้จะต้องเข้าใจง่าย กระทัดรัดและชัดเจน ควรมีรูปหรือภาพสเก็ทช์ง่าย ๆ ทั้งแบบปัจจุบันและแบบที่เสนอแนะให้มีการเปลี่ยนแปลง

ข้อเสนอแนะจะต้องสั้น เพื่อผู้ตัดสินใจจะได้อ่านอย่างรวดเร็ว รูปก็สามารถแทนคำอธิบายได้อย่างดี ถ้าการเสนอแนะยาวไป โอกาสที่จะได้รับการอ่านก็น้อยลง ในแบบฟอร์มควรจะประกอบไปด้วยความต้องการพื้นฐาน และความต้องการรองลงมา ส่วนผลประโยชน์ที่วัดไม่ได้จะอยู่ในรูปของคุณภาพ ความน่าเชื่อถือได้ การบำรุงรักษา ความปลอดภัย และการลดเวลาในการทำงานลงได้ ต่อจากนั้นจึงทำแผนงานที่จะนำไปปฏิบัติ ซึ่งต้องระบุถึงผู้ที่จะรับผิดชอบในแต่ละหน้าที่, วัสดุที่จะต้องซื้อ, สิ่งที่จะต้องผลิต เครื่องมือต่าง ๆ ที่จะซื้อหรือทำเอง รวมทั้งผู้เชี่ยวชาญที่จะต้องรับผิดชอบสำหรับแผนงานนี้ และควรมีกำหนดเวลาว่างานใดเริ่มก่อน และเสร็จเมื่อใดอีกด้วย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บริษัท	เสนอแนะปรับปรุงต้นทุน
วันที่ _____	เลขที่อ้างอิง _____
ผลิตภัณฑ์ _____	การประกอบหรือชิ้นส่วน _____
ชิ้นส่วนเลขที่ _____	ปริมาณ/ผลิตภัณฑ์ _____ ปริมาณ/ปี _____

ความสามารถที่ประหยัดได้ในปีแรก บาท	คาดคะเนการขาย (ปีต่อไป)

ปัจจุบัน	เสนอแนะ

คำนวณการประหยัดได้	วัสดุ (บาท)	แรงงาน (บาท)	ผลประโยชน์อื่น (บาท)	รวม (บาท)
ปัจจุบัน				
เสนอแนะ				
ผลต่าง				

ต้นทุนในการเปลี่ยนแปลง _____ ฝ่ายผลิต _____ บาท _____ ฝ่ายวิศวกรรม _____บาท

อนุมัติโดย _____ ไม่อนุมัติ _____ วันที่ _____

การเปลี่ยนแปลงคำสั่งทางวิศวกรรม _____ เลขที่ _____

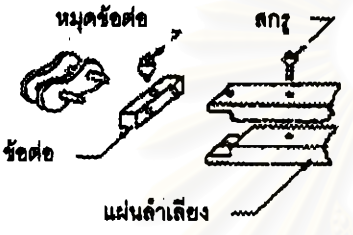
สมาชิกทีม _____

รูปที่ 2.82 แสดงแบบฟอร์มที่ใช้ในการเสนอแนะ

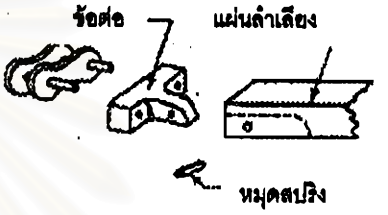
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บริษัท ก้าวหน้า จำกัด		เสนอแนะ ปรับปรุงต้นทุน
วันที่ 5 กันยายน 2525	เลขที่อ้างอิง	66
ชิ้นส่วนเลขที่ 473201/473202		แผ่นลำเลียง
	ปริมาณ/ผลิตภัณฑ์	หลายชนิด ปริมาณ/ปี 5116
ความสามารถที่ประหยัดได้ปีแรก 107,420 บาท		คาดคะเนการขาย 6000 ชิ้น (ปีต่อไป)

ปัจจุบัน



เสนอแนะ



คำนวณการประหยัดได้	วัสดุ (บาท)	แรงงาน (บาท)	ผลประโยชน์อื่น (บาท)	รวม (บาท)
ปัจจุบัน	48	42	14	104
เสนอแนะ	35	36	12	83
ผลต่าง	13	6	2	21

ต้นทุนในการเปลี่ยนแปลง ผลิต 9,600 บาท วิศวกรรม 14,400 บาท

ข้อเสนอแนะ

จากการคำนวณสำรวจพบว่า ลูกค้ามักร้องเรียนเกี่ยวกับการแตกหักของตัวสายลำเลียง ซึ่งเกิดจากใช้วัสดุไม่ได้มาตรฐาน นอกจากนี้ยังมีปัญหาต้นทุนวัสดุสูง และการส่งของล่าช้ากว่ากำหนด

การใช้วัสดุมาตรฐานและออกแบบใหม่ให้ชิ้นส่วนน้อยลง ช่วยขจัดปัญหาในเรื่องคุณภาพ ความคิดใหม่ที่ว่าจะลดต้นทุนด้วยการลดชิ้นส่วนให้น้อยลง แต่ยังคงรักษาหน้าที่การทำงานเหมือนเดิมจะต้องดำเนินต่อไป

เลขที่ชิ้นส่วน 475823 – ตัวยึด 2 ตัว
475824 – แผ่นลำเลียง 1 ตัว
427x167 – เข็มสปริง 1 ตัว

อนุมัติโดย สมชาย ไม่อนุมัติ วันที่ 5 กันยายน 2523

ใบสั่งการเปลี่ยนแปลงทางวิศวกรรม ค. 1475 สอบถามรายละเอียดที่ กุญชร สมาชิกทีม บุญมากสมใจ

รูปที่ 2.83 แสดงตัวอย่างในการเขียนข้อเสนอแนะลงในแบบฟอร์ม

2.3 การสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เกษม พิพัฒน์ปัญญานุกูล (พ.ศ. 2524)

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาเกี่ยวกับ "การประยุกต์วิศวกรรมคุณค่ากับโรงงานฟอกย้อมสิ่งทอเพื่อลดต้นทุนการผลิต" หลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิตภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มีวัตถุประสงค์ของการวิจัยเพื่อศึกษาปัญหาที่ทำให้ต้นทุนการผลิตของโรงงานฟอกย้อมสิ่งทอตัวอย่างสูง และเพื่อนำวิศวกรรมคุณค่ามาช่วยลดต้นทุนการผลิตของโรงงานตัวอย่าง โดยเลือกเป้าหมายในการลดต้นทุนจากวัสดุที่ใช้ในการผลิตที่มีต้นทุนสูงกว่า 10% จำนวน 3 รายการ คือน้ำมันเตา, โซดาไฟ และสีย้อม ทำให้สามารถประหยัดได้ถึง 2,538,376 บาทต่อปี คิดเป็น 23.15% ของค่าใช้จ่ายวัสดุทั้งหมด โดยใช้เงินลงทุน 68,113 บาท

ทวีป งามสม (พ.ศ. 2528)

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาเกี่ยวกับ "การลดต้นทุนการผลิตของอุตสาหกรรมรีดลวดเหล็กในประเทศไทยโดยใช้วิศวกรรมคุณค่า" หลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มีวัตถุประสงค์ของการวิจัยเพื่อศึกษาถึงขบวนการผลิตลวดเหล็กและผลผลิตต่อเนื่อง, ศึกษาถึงปัญหาด้านค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในโรงงานรีดลวดเหล็ก, เพื่อหาทางลดค่าใช้จ่ายให้น้อยลงโดยใช้วิศวกรรมคุณค่า โดยเลือกโครงการที่มีค่าใช้จ่ายมากที่สุดของปี พ.ศ. 2527 คือค่าเหล็กเส้นซึ่งมีมูลค่า 32,899,325.20 บาท คิดเป็น 60.88 เปอร์เซ็นต์ของค่าใช้จ่ายทั้งหมด และผู้วิจัยได้ตั้งเป้าหมายไว้ 2 ประการคือ ลดต้นทุนวัสดุลงให้ได้ 15 เปอร์เซ็นต์ และลดความยุ่งยากในขบวนการผลิต จากนั้นได้มุ่งปรับปรุงงานเพื่อที่จะลดเศษลวดที่เกิดขึ้นจากการผลิต โดยระดมความคิดออกเป็น 4 แนวคิด คือแนวคิดเกี่ยวกับเศษลวดที่เกิดในบริเวณช่องแบ่งตาข่าย, แนวคิดเกี่ยวกับการลดขนาดแท่งทองแดงด้านข้าง, แนวคิดเกี่ยวกับการเปลี่ยนตำแหน่งตัวตรวจสอบลวดเส้นขวาง และแนวคิดเกี่ยวกับการปรับปรุงระบบไฟฟ้าของตัวตรวจสอบลวดเส้นขวาง และภายหลังจากได้นำแนวคิดต่าง ๆ ไปทดลอง สามารถลดเศษลวดรวมได้ 16.98 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็นมูลค่าเศษลวดที่ลดลงได้ 129,100.21 บาทต่อปี "ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าการเปลี่ยนแปลงตามข้อเสนอแนะไม่ต้องลงทุนเพิ่ม แต่เป็นสิ่งที่ต้องปฏิบัติอยู่แล้วและอุปกรณ์เป็นสิ่งที่หาได้ในโรงงาน" (ผู้วิจัย) นอกจากนี้ยังมีผลดีอื่น ๆ ต่อการทำงานคือ ไม่มีผลกระทบต่องานจากการเปลี่ยนแปลง จึงเสนอแนะให้นำไปใช้กับเครื่องทอตาข่ายสี่เหลี่ยมที่เหลืออยู่ทุกเครื่อง

สมควร บุญศรีนุกูล (พ.ศ. 2538)

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาเกี่ยวกับ "การใช้วัสดุฝึกอย่างมีประสิทธิภาพในสถานอาชีวศึกษา" หลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มีวัตถุประสงค์ของการวิจัย เพื่อศึกษาแนวทางการประหยัดปริมาณวัสดุฝึก, เพื่อศึกษาแนวทางการประมาณงบค่าใช้จ่ายวัสดุฝึก, เพื่อทำให้การใช้จ่ายวัสดุฝึกมีระบบและมาตรฐาน, เพื่อทำการปรับปรุงระบบการฝึกงานของนักศึกษา, เพื่อศึกษาวิธีการอันถูกต้องในการปฏิบัติงานของนักศึกษา และเพื่อเป็นแนวทางให้กับสถาบันการศึกษาได้ใช้เป็นแบบในการแก้ปัญหาเกี่ยวกับวัสดุฝึกงาน โดยใช้เทคนิควิศวกรรมคุณค่า, การวิเคราะห์งานและการศึกษางานมาประยุกต์ใช้ร่วมกัน ด้วยการเลือกและกำหนดชนิดงานโครงการด้วยการวิเคราะห์คุณค่าจากโครงการที่มีทั้งหมด 9 โครงการ และตัดสินใจคัดเลือกเหลือเพียง 2 โครงการ คืองานโครงการผลิตเครื่องเจาะ และงานโครงการผลิตเกียร์ปั๊ม มาใช้ในการฝึกสำหรับนักศึกษาชั้นปีต่าง ๆ จากการศึกษาโดยใช้เทคนิคของการศึกษาเวลา ได้ทำการสร้างข้อมูลมาตรฐานและนำมาใช้ในการหาเวลามาตรฐานของชิ้นงานโครงการผลิตเครื่องเจาะ ทำให้ทราบว่าชิ้นงานผลิตเครื่องเจาะมีเวลามาตรฐานการผลิตคือ 3,944.234 นาที และถ้านักศึกษาฝึกงานอย่างเต็มประสิทธิภาพ จะสามารถฝึกผลิตเครื่องเจาะได้ถึง 515 เครื่องต่อปี

JOHAN, J. (ค.ศ. 1989)

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาเกี่ยวกับ "VALUE ENGINEERING STUDIES FOR SOME SELECTED CONSTRUCTION PROJECTS" เป็นงานวิจัยที่รวบรวมการหาแนวทางประยุกต์ใช้วิศวกรรมคุณค่า ในโครงการสองลักษณะกล่าวคือ โครงการวิศวกรรมโยธาและโครงการก่อสร้างอาคารในอินโดนีเซีย ในโครงการสร้างสะพาน "BAROS" นั้นสามารถประหยัดต้นทุนได้ 24 เปอร์เซ็นต์ ด้วยการเปลี่ยนคานคอนกรีตอัดที่มีเหล็กหลายชิ้นประกอบ (PRESTRESSED BOX GIRDER BEAM) และโดยการเปลี่ยนเสาเข็มหลัก เป็นเสาคอนกรีตหล่ออัด แบบที่ทำเตรียมไว้ก่อนแล้วนำมาประกอบภายหลังสำหรับงานฐานราก และในลักษณะคล้าย ๆ กันในโครงการ "SUPREME COURT BUILDING" นั้น ประหยัดต้นทุนได้ 6 เปอร์เซ็นต์ จากการเปลี่ยนหลังคาเปลือก อาร์ซี (RC SHELL ROOF) ไปเป็นโครงหลังคาเหล็กทรงกลมและคลุมด้วยแผ่นโลหะแทน กับการเปลี่ยนเพดานที่มีคุณภาพระดับนำเข้าไปเป็นเพดานที่ทำในประเทศแบบแผ่นอ่อนแทน จึงเป็นสิ่งยืนยันได้ว่า VE เป็นเครื่องมือที่มีคุณค่าต่ออุตสาหกรรมก่อสร้างได้อย่างแท้จริง