บทที่ 5

การปรับปรุงการซ่อม และลดปัญหาการชำรุดของหัวพ่นสีแบบระฆัง

จากการศึกษารายละเอียดการทำงานลักษณะของหัวพ่นสีแบบระฆัง ปัญหาด้านคุณภาพในการพ่นสี ลักษณะการชำรุดในรูปแบบต่างๆ ที่มีผลต่อการพ่นสีในโรงงานพ่นสีรถยนต์ตัวอย่าง พบว่าหัวพ่นสีแบบระฆัง เป็นอุปกรณ์ที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อกระบวนการพ่นสี เมื่อหัวพ่นสีแบบระฆัง เกิดการชำรุดหรืออยู่ในสภาพที่ไม่สมบูรณ์ จะก่อให้เกิดปัญหาด้านคุณภาพทันทีในรูปของลักษณะจุดบกพร่องของฟิล์มสีแบบต่างๆ ดังที่กล่าวมาแล้ว ดังนั้น การกำหนดมาตรการในการควบคุมการทำงานเพื่อให้การในงานหัวพ่นสีแบบระฆัง ได้อย่างยาวนานจะเป็นมาตรการที่เหมาะสมที่สุด หรือการที่สามารถปรับปรุงพ่นสีแบบระฆัง ที่ชำรุดแล้วให้สามารถกลับมาใช้งานได้เหมือนเดิมอีกครั้ง จะเป็นการช่วยลดต้นทุนในการผลิตอีกทางหนึ่ง

จากรูปร่างลักษณะของหัวพ่นสีแบบระฆัง และลักษณะการชำรุดแบบต่างๆ ตามที่ได้มีการศึกษามาแล้ว พบว่าจุดบกพร่องที่สำคัญและชำรุดมากที่สุดของหัวพ่นสีแบบระฆัง จะอยู่ที่บริเวณขอบร่องสีที่ทำหน้าที่ในการรีดสีออกเป็นละออง และพ่นเข้าสู่ตัวถังรถยนต์ บริเวณขอบนี้จะเกิดการชำรุดในลักษณะต่างๆ ได้แก่ แหว่ง สึกหรอ เป็นต้น ซึ่งสามารถที่จะทำการขึ้นรูปใหม่ได้ การที่จะทำการซ่อมอุปกรณ์เหล่านี้จำเป็นจะต้องศึกษากระบวนการและเครื่องจักรที่ใช้ในการขึ้นรูปแบบต่างๆ กำหนดรายละเอียดและขั้นตอนในการทดสอบแบบต่างๆ และกำหนดเป็นมาตรฐานในการซ่อมหรือการใช้งาน

5.1 เครื่องจักรและอุปกรณ์ในการขึ้นรูป

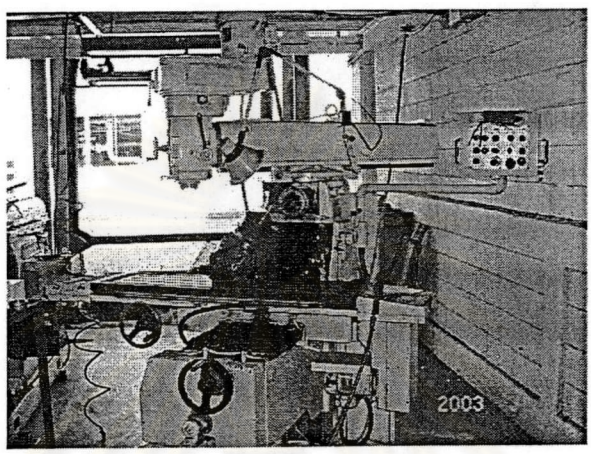
ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่างๆ ที่จำเป็นในการขึ้นรูปอุปกรณ์หัวพ่นสีเพื่อให้สามารถนำกลับมาใช้ได้อีก เครื่องจักรและอุปกรณ์เหล่านี้เป็นส่วนสำคัญในงานซ่อมบำรุงของโรงงานพ่นสีรถยนต์ตัวอย่าง เนื่องจากชิ้นส่วนและอุปกรณ์บางส่วนสามารถจัดขึ้นเองได้โดยไม่ โดยจะแบ่งตามลักษณะการทำงานได้ดังนี้

5.1.1 เครื่องกัด (Milling Machine)

เครื่องกัดเป็นเครื่องจักรที่สำคัญของงานขึ้นรูปอีกประเภทหนึ่ง ซึ่งใช้ในการกัดขึ้นรูปร่องรีดสีของหัวพ่นสีหรือกัดชิ้นงานขึ้นรูป เช่น กัดงานให้มีผิวเรียบ กัดเป็นมุม กัดเป็นร่อง กัดเป็นลูกเบี้ยว (Cam) กัดเฟือง กัดเป็นร่องบิดและเจาะรู เป็นต้น ซึ่งการทำงานตามที่กล่าวมา

แล้วข้างต้นจะใช้ตัวกัด (Cutter) ทำงานตามลักษณะของงานนั้นๆ เครื่องกัดมีหลายแบบด้วยกัน และแบ่งตามลักษณะการใช้งานและความมุ่งหมาย

โดยปกติในมักจะใช้เครื่องกัดแบบ Knee-and-Column ตามรูปที่ 5.1 เป็นส่วนมาก ซึ่งเครื่องกัดแบบนี้สามารถบังคับการทำงานได้ด้วยมือ และด้วยวิธีใช้อัตโนมัติก็ได้เครื่องกัดที่จัดอยู่ในตระกูลนี้ยังมีด้วยกันอีก 3 อย่าง คือ



รูปที่ 5.1 *เครื่องกัดแบบ Universal knee & column*

. Plain Knee and Column

. Universal Knee and Column

. Vertical Knee and Column

เครื่องกัดแบบ Plain Knee and Column มีส่วนประกอบที่สำคัญๆ ดังต่อไปนี้

- ฐานเครื่อง (Base) ฐานเครื่องเป็นส่วนที่อยู่ติดกับพื้น ทำหน้าที่รองรับเครื่องทั้งหมด ภายในฐานเครื่องจะทำเป็นโพรงสำหรับเก็บน้ำมันหล่อเย็น (Cutting Fluid) มี Pump สำหรับฉีดไปยังงานและตัวกัด

- Column บางทีเรียกว่าเสาคล้ายกับเครื่องเจาะ Column จะรวมฐานเครื่องด้วยก็ได้ ซึ่งทำหน้าที่รับส่วนต่างๆ ของเครื่องไว้ทั้งหมด ส่วนหน้าของ Column เรียกว่า Column Face จะตกแต่งไว้อย่างละเอียดถูกต้องมากที่สุด เพื่อทำหน้าที่เป็นทางขึ้นลง Knee ภายใน Column จะมีชุดส่งกำลัง เช่น Motor ชุดสายพานส่งกำลัง และชุดเฟืองเปลี่ยนความเร็ว เป็นต้น

- Knee เป็นส่วนที่ต่อกับ Column Face และเลื่อนขึ้นลงอยู่บนทางเลื่อนของ Column Face ทำหน้าที่รองรับอานของเครื่องกัด ภายใน Knee จะมีชุดเฟืองป้อนงาน (Feed) ประกอบอยู่

- อานม้า (Saddle) ทำหน้าที่รองรับโต๊ะทำงาน (Table) ซ้อนอยู่บน Knee อีกทีหนึ่ง ที่อานม้าจะมีทางนำเลื่อนโต๊ะทำงาน ซึ่งทางนำเลื่อนนี้จะต้องเที่ยงตรงที่สุด

- โต๊ะทำงาน (Table) มีหน้าที่จับยึดงานหรือปากกา (Vise) จะเลื่อนอยู่บนทางเลื่อนของอานม้า ที่โต๊ะทำงานนี้จะเซาะเป็นร่องตัวทีไว้ตลอดความยาวของโต๊ะทำงาน

- ส่วนรองให้โต๊ะทำงานหมุน (Swivel Table Housing) ส่วนรองให้โต๊ะทำงานหมุนนี้จะมีเฉพาะเครื่องกัดแบบ Universal-Knee-Column เท่านั้น ซึ่งเป็นตัวทำให้โต๊ะทำงานบิดไปเป็นมุมได้ถึง 45° จากแนว การบิดเป็นมุมนี้จะบิดไปทางซ้ายหรือขวาก็ได้

- แกนเครื่องกัด (Spindle) แกนเครื่องกัดทำหน้าที่จับยึดและขับตัวกัดชนิดต่างๆ ให้สามารถทำงานได้ ส่วนที่ติดกับ Column จะมีลูกปืน (Bearing) ซึ่งเป็นส่วนที่ยึดติดแกนตัวนี้ แกนเครื่องกัดจะได้รับกำลังขับจากมอเตอร์ โดยการส่งกำลังผ่านสายพานหรือโซ่ ตอนปลายของแกนจะมีรูเรียวและมีลิ่มขับเพื่อใช้ขับหัวจับ แกนตัวกัด และตัวกัดชนิดต่างๆ

- Overarm สำหรับ Overarm นี้จะอยู่ส่วนบนสุดของ Column ที่ Overarm จะมีทางนำเลื่อนเป็นหางเยี่ยวมีความเที่ยงตรงสูงสุด ตอนปลายOverarmจะมีตัวรองรับแกนตัวกัด สำหรับ Overarm และตัวรองรับแกนตัวกัดสามารถจะเลื่อนให้ไปอยู่ในตำแหน่งใดๆ ก็ได้

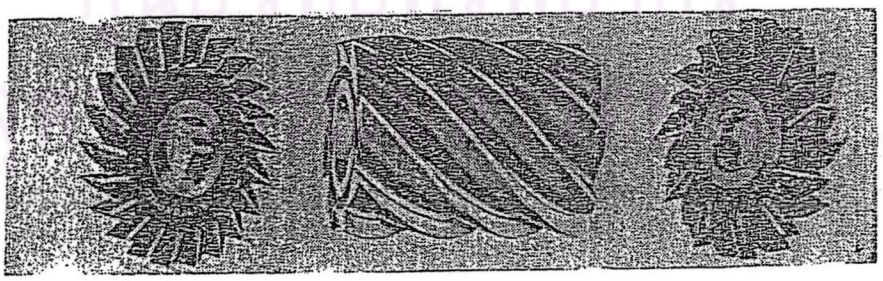
- มือหมุนแท่นตัวขวาง (Cross Feed Handwheel) มือหมุนในแนวขวางเป็นตัวทำหน้าที่ให้โต๊ะทำงานเลื่อนเข้าออกจาก Column

- ตัวรองรับแกนตัวกัด (Arbor Support) ทำหน้าที่รองรับปลายของแกนตัวกัดติดอยู่ตอนปลายของ Overarm สามารถเลื่อนไปมาได้บนทางนำเลื่อน

5.1.2 อุปกรณ์มีดกัดสำหรับเครื่องกัด

เป็นอุปกรณ์ร่วมที่ใช้กับเครื่องกัด โดยมีด้ามจับที่บริเวณด้ามมีดเพื่อใช้ในการกัดร่องรีดสี โดยทั่วไปแล้วมีดกัดสำหรับงานกัดมีอยู่หลายชนิดโดยขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งานว่าจะทำการกัดขึ้นรูปในลักษณะใด แต่สามารถแบ่งได้ออกเป็นประเภทใหญ่ๆ ได้ดังนี้

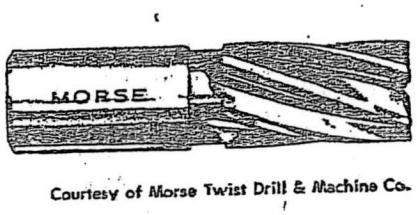
1. การกัดผิวราบ จะใช้มีดกัดแบบ Plain Milling Cutter โดยจะมีลักษณะที่แตกต่างกันออกไปตามลักษณะของฟัน ตามรูปที่ 5.2 โดยลักษณะของ Cutter แบบที่มีฟันแบบเฉียงเนื่องจากช่วยลดแรงกระแทกในการกัด



รูปที่ 5.2 *Plain milling cutter*

2. การกัดงานในแนวตั้ง จะใช้การดอกกัดที่เรียกว่า เอนมิล (End Mill) ตามรูปที่ 5.3 ใช้ปาดหน้างานแนวตั้ง แนวนอน หรือเป็นมุมก็ได้ ปกติดอกเอนมิลจะมีหลายขนาดตั้งแต่

ขนาด 1/4 ถึง 6 นิ้ว ลักษณะของดอกเอนมิล จะใช้กับเครื่องแบบ Universal และ Vertical เท่านั้น



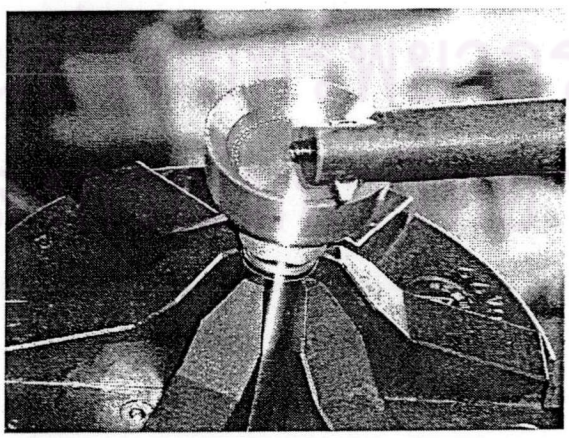
Courtesy of Morse Twist Drill & Machine Co.

รูปที่ 5.3 ดอกกัดแบบเอนมิล

3. การกัดขึ้นรูปในลักษณะต่างๆ จะใช้งานมีดกัดที่ออกแบบมาให้รูปทรงลักษณะเหมือนกับรูปร่างงานกัดเช่น

- การกัดร่อง
- การกัดมุม
- การกัดขึ้นรูป

สำหรับการกัดขึ้นรูปของร่องรีดสี จำเป็นจะต้องใช้มีดกัดที่ออกแบบมาเป็นพิเศษเพื่อให้สามารถกัดเป็นร่องขนาดเล็กได้โดยลักษณะของมีดจะใช้เหมือนลักษณะของมีดกลึงทำการลับให้มีลักษณะเป็นมุมแหลม 15 องศา และยึดอยู่บนด้ามมีดที่ออกแบบมาเพื่อกัดชิ้นงานให้เกิดร่องสีตามรูปที่ 5.4



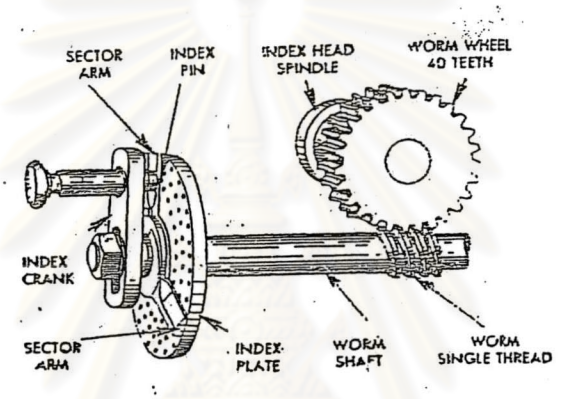
รูปที่ 5.4 มีดกัดหัวพ่นสีขณะทำการกัด

5.1.3 หัวแบ่ง (Dividing Head)

หัวแบ่งมีไว้สำหรับใช้ร่วมกับเครื่องกัดเป็นส่วนใหญ่ และเป็นอุปกรณ์สำคัญที่ใช้ในการแบ่งตำแหน่งองศาการกัดร่องรีดสีให้ได้จำนวนตามที่ต้องการ โดยแต่ละองศาจะต้องมีขนาดที่เท่ากัน หัวแบ่งเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญในงานกัด เนื่องจากเป็นตัวที่ใช้ในการแบ่งตำแหน่งต่างๆ เช่น การกัดเฟือง กัดชิ้นงานเป็นรูปเหลี่ยมขนาดต่างๆ หัวแบ่งจะมีอยู่ 3 ชนิด คือ

1. Plain Dividing Head

หัวแบ่งแบบ Plain หัวแบ่งแบบนี้แกนของหัวแบ่งจะหมุนอยู่เฉพาะในแนวนอนเท่านั้น ตามรูปที่ 5.5 มีส่วนประกอบที่สำคัญๆ ดังต่อไปนี้ แกน เฟืองตามเฟืองหนอน เฟืองหนอน จานแบ่ง เข็มแบ่ง และก้านแบ่ง

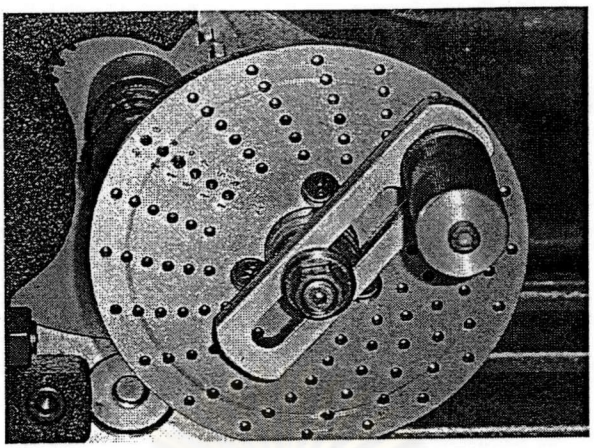


***รูปที่ 5.5** ส่วนประกอบของหัวแบ่ง*

- เฟืองตามเฟืองหนอน จะติดอยู่กับแกนของหัวแบ่ง ดังนั้นแกนของหัวแบ่งจะหมุนไปพร้อมกับเฟืองตามตัวนี้ สำหรับเฟืองตามจะมีฟันอยู่ 40 ฟัน โดยมากหัวแบ่งจะมีเฟืองตามตัวนี้ 40 ฟันเสมอ

- เฟืองหนอน เฟืองหนอนจะขบอยู่กับเฟืองตาม อัตราส่วนระหว่างเฟืองหนอนกับเฟืองตามจะเป็น 40 : 1 เพราะว่าเฟืองหนอนตัวนี้จะเป็นเฟืองปากเดียว ดังนั้นถ้าหมุนแกนของเฟืองหนอนไป 40 รอบเฟืองตามหรือแกนของหัวแบ่งจะหมุนครบ 1 รอบพอดี

- จานแบ่งจานแบ่งเป็นแผ่นกลมๆ จะเจาะรูไว้โดยรอบดังรูปที่ 5.6 สามารถถอดออกจากหัวแบ่งได้ง่ายเมื่อต้องการเปลี่ยนแผ่นใหม่ การเจาะรูบนจานแบ่งจะเจาะเป็นแถวๆ แต่ละแถวจะมีจำนวนรูมากน้อยต่างกันออกไปตามชนิดของจานแบ่ง



รูปที่ 5.6 เข็มแบ่งและจานแบ่ง

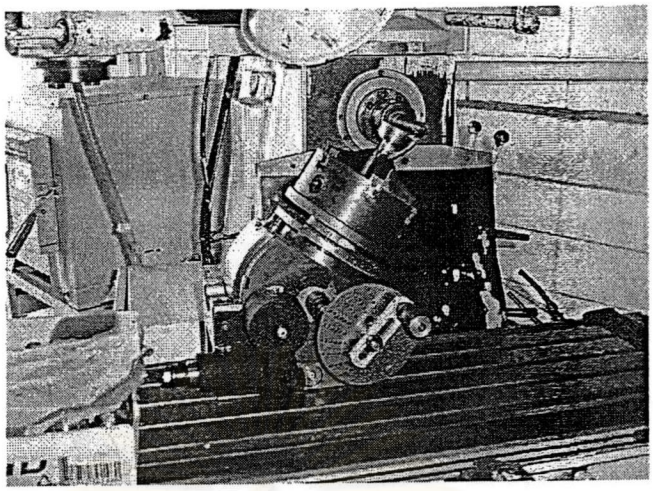
- เข็มแบ่ง (Index Pin) เป็นตัวบอกตำแหน่งขณะทำงานหรือตัวกันลืมเมื่อหมุนเพลาเฟืองหนอนไปกี่รอบ กี่รู จะมีก้านต่อไปยังเพลาของเฟืองหนอน และสามารถเลื่อนเข้าออกด้วยก้านต่อนี้ได้ การใช้เข็มแบ่งนี้จะต้องให้ปลายของเข็มแบ่งสอดเข้าไปในรูของจานแบ่ง

- แขนแบ่งรู (Sector Arm) ประกอบแขนสองแขน สามารถหมุนให้แขนกว้างออกเป็นมุมโตหรือมุมเล็กเท่าไรก็ได้ เป็นตัวกำหนดว่าในการทำงานต้องการจะหมุนไปกี่รูบนหน้าจานที่กางแขนออกเท่ากับจำนวนรูแล้วล็อคให้แน่น

2. หัวแบ่งแบบ Universal

หัวแบ่งแบบ Universal นี้ต่างกับหัวแบ่งแบบ Plain ตรงที่แกนของหัวแบ่งสามารถที่จะปรับขยายให้เป็นมุมได้ตามต้องการไปตามแนวตั้งดังรูปที่ 5.7 หัวแบ่งแบบ Universal ออกแบบมาให้ทำงานได้กว้างขวางกว่าแบบ Plain เช่นงานบางชนิดเรียวก็ต้องปรับหัวแบ่งให้แกนทำมุมกับโต๊ะงานของเครื่องกัด จึงต้องใช้หัวแบบ แบบ Universal

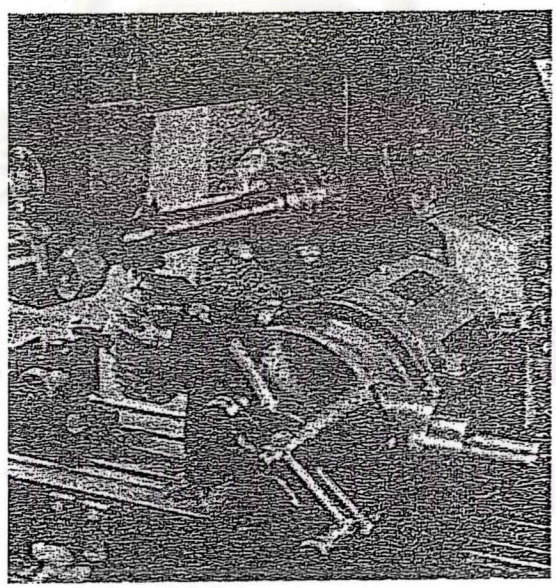
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.7 หัวแบ่งแบบ Universal

3. หัวแบ่งแบบ Helical

หัวแบ่งแบบนี้จะแตกต่างกับหัวแบ่งแบบ Plain และ Universal ตรงที่แกนของหัวแบ่งสามารถต่อชุดเฟืองทดเข้ากับเพลานำของโต๊ะแท่นเครื่อง และงานจะหมุนเมื่อแท่นเครื่องเคลื่อนที่พางานเข้าหาตัวกัดดังรูปที่ 5.8 ชุดเฟืองที่ต่อก็คล้ายกับชุดเฟืองของเครื่องกลึง



รูปที่ 5.8 หัวแบ่ง Helical

กรรมวิธีการใช้งานหัวแบ่ง จำเป็นจะต้องใช้จานแบ่ง (Indexing Operation) หมายถึงการทำงานแบ่งส่วนต่างๆ โดยการใช้ชุดหัวแบ่งทำร่วมกับเครื่องกัด ชุดของหัวแบ่งที่สำคัญ คือ

จานแบ่งซึ่งเป็นตัวการสำคัญที่ช่วยในการแบ่งได้มากที่สุด จานแบ่งที่สำคัญๆ คือ จานแบ่งของ Brown & Sharpe สำหรับจานแบ่งของ Brown & Shape มี 3 แผ่น ดังนี้

แผ่นที่ 1 มีจำนวนรูป 15, 16, 17, 18, 19, 20,
แผ่นที่ 2 มีจำนวนรูป 21, 23, 27, 29, 31, 33,
แผ่นที่ 3 มีจำนวนรูป 37, 39, 41, 43, 47, 49,

ในการแบ่งงานตามเส้นรอบวงของงานช่องละ 2/3 รอบ ให้เลือกจำนวนรูในแถวใดแถวหนึ่งของจานแบ่งที่ส่วนของการแบ่งหารได้ลงตัว 3 อาจจะหาร แถว 15 18 21 ฯลฯ ได้ลงตัวพอดี แล้วนำไปคูณกับเศษจะได้เป็นจำนวนที่จะต้องเลื่อนไปในแต่ละแถวของจานแบ่งถ้าเลือกแถวที่มี 15 รู ก็จะเลื่อนไปครั้งละ 10 รู เป็นต้น

การตั้งแขนแบ่ง จากที่กล่าวมาแล้วในตอนต้น ถ้าต้องการแบ่งส่วนครั้งละ 2/3 รอบบนผิวงบานและเลือกการเลื่อนงานไปครั้งละ 10 รู เมื่อมาจัดตั้งเครื่องจำเป็นจะต้องมีตัวคอยบังคับว่าในตำแหน่งนั้นๆ เป็นรูที่ต้องการตัวที่ว่านี้ คือ แขนแบ่ง (Sector Arm) ประกอบด้วยแขนสองแขน วิธีตั้งให้ตั้งดังนี้

1. ต้องการตั้งให้เลื่อนไปครั้งละ 10 รู ในแถวของ 15 รู ต้องให้เข็มแบ่งไปติดอยู่ตรงเลข 15 บนจานแบ่ง และให้แขนข้างหนึ่งชนกับเข็มแบ่งตรงจุดนั้นพอดี

2. ให้แขนของเข็มแบ่งอันที่ 2 เลื่อนไปตามแถวของรูแบ่ง โดยใช้เข็มแบ่งเป็นตัวชี้รูจนได้ครบ 10 รู แต่รูแรกที่แขนแบ่งอันแรกไม่นับ จากนั้นล๊อคแขนแบ่งให้แน่นและตรวจสอบจำนวนรูให้แน่ใจอีกครั้งหนึ่ง วิธีการตั้งให้ดูรูป 23 ประกอบด้วย

3. หลังจากการตัดช่วงแรกไปแล้วและจะตัดช่วงต่อไปให้หมุนก้านแบ่งไปตรงแขนแบ่งอันที่สอง และให้เข็มแบ่งลงตรงรูที่ใกล้กับแขนแบ่งอันที่ 2 จากนั้นให้หมุนแขนอันแรกมาชนเข็มแบ่งทันที แล้วจึงทำงานต่อไป

ลักษณะในการแบ่งชิ้นงานของหัวแบ่งสามารถแบ่งได้ดังนี้

1. การแบ่งตรง (Direct Indexing) เป็นการแบ่งแบบง่ายที่สุดและรวดเร็วมาก ใช้กับงานที่มีจำนวนแบ่งน้อยๆ เช่น สี่เหลี่ยม หกเหลี่ยม เป็นต้น การแบ่งตรงเป็นการหมุนหัวแบ่งโดยตรงมิต้องผ่านชุดเฟืองและหมุนด้วยมือเท่านั้น จานแบ่งก็ยึดติดกับแกนโดยตรง จานแบ่งแบบนี้มีจำนวนรูน้อยมาก แต่บางครั้งอาจใช้จานแบ่งที่มีรูมากๆ ก็ได้โดยการเลือกใช้แถวของรูให้จำนวนรูหาร ให้จำนวนรูหารด้วยจำนวนที่ต้องการแบ่งลงตัวเป็นใช้ได้

แถวที่สามารถเลือกใช้แบ่งแบบตรงได้ เช่น 24 30 36 ซึ่งแต่ละแถวแบ่งงานตามจำนวนที่ต้องการดังนี้

จำนวนรู	ตารางงานแบ่งตรงที่สามารถแบ่งได้														
24	2	3	4	-	6	8	-	-	12	-	-	24	-	-	
30	2	3	-	5	6	-	-	10	-	15	-	-	30	-	
36	2	3	4	-	6	-	9	-	12	-	18	-	-	36	

ตัวอย่างในการแบ่งตรงจะต้องแบ่งจานแบ่งอย่างไรในการตัดงานสี่เหลี่ยม

ถ้าเลือกจานแบ่งในแถว 24 รู $= \frac{24}{4} = 6$ รู

ถ้าเลือกจานแบ่งในแถว 36 รู $= \frac{36}{4} = 9$ รู

2. การแบ่งซ้อน (Indirect Indexing) การแบ่งซ้อนจะใช้ก็ต่อเมื่อไม่สามารถแบ่งแบบตรงได้ แต่วิธีการแบ่งซ้อนนี้ก็จำกัดจำนวนการแบ่งอยู่เหมือนกัน ในกรณีที่แบ่งส่วนจำนวนมากๆ แต่ส่วนใหญ่แล้วจะนิยมใช้วิธีแบ่งซ้อนกันมากกว่าแบบแบ่งตรงรวมถึงการใช้งานกัดหัวพ่นสีนี้ด้วย

การแบ่งซ้อนจะต้องแบ่งผ่านชุดเฟืองหนอน โดยการผ่านก้านแบ่งเฟืองหนอนและเฟืองตามโดยการใช้อัตราทด 40 : 1 เนื่องจากการที่เฟืองหนอนเป็นเฟืองปากเดียวและเฟืองตาม 40 ฟันเมื่อหมุนเพลาเฟืองหนอน 40 รอบจะทำให้เฟืองตามหมุนเพียงหนึ่งรอบเท่านั้น ถ้าต้องการแบ่งงาน N ส่วน จะต้องหมุนก้านแบ่งไป $\frac{40}{N}$ รอบนั่นคือ

จำนวนการหมุนก้านแบ่ง $= \frac{40}{N}$ รอบ

ในการตัดร่องรีดสีขนาด 800 ร่อง จะต้องเลือกใช้จานแบ่งที่มีรูขนาด 20รู เพื่อให้สามารถแบ่งได้ลงตัว $\frac{40}{800} = \frac{1}{20}$ รอบ หมายความว่าจะต้องหมุนก้านแบ่งหรือมือหมุนไป $\frac{1}{20}$ รอบจึงจะตัดงานได้ 1 ร่อง และหมุนไปจนครบรอบจนกัดงานครบ 800 ร่อง ในกรณีที่ต้องการ

กัดงานขนาด 760 ร่อง จะต้องทำการเลือกจานแบ่งขนาด 19 รู เพื่อให้สามารถแบ่งได้ $\frac{1}{19}$ ร่อง พอดี

ในบางกรณีการแบ่งอาจหมุนไม่ครบจำนวนรอบเต็ม คือ จำนวนที่แบ่งหาร 40 ไม่ลงตัว จะเหลือเป็นเศษของรอบ จำเป็นจะต้องคำนวณหาว่าเศษของรอบนั้นจะต้องหมุนอย่างไร เช่น การตัดหกเหลี่ยม ซึ่งต้องการแบ่งซ้อนก็สามารถหาได้ดังนี้

$$\text{จำนวนการหมุนก้านแบ่ง} = \frac{40}{6} = 6\frac{2}{3} \text{ รอบ}$$

ในกรณีนี้จะต้องหมุนก้านแบ่งไป $6\frac{2}{3}$ รอบ สำหรับ 6 รอบนั้นสามารถหมุนได้ แต่ $\frac{2}{3}$ รอบนี้จะต้องพิจารณาร่วมกับจานแบ่ง โดยหมุนเป็นจำนวนรูบนจานแบ่งนั่นเอง ในที่นี้ถ้าเลือกจานแบ่งในแถว 24 รู จะเท่ากับ $\frac{2}{3} \times 24 = 16$ รู ดังนั้นต้องหมุนก้านแบ่งไป 6 รอบกับอีก 16 รู จึงตัดงานหกเหลี่ยมได้

ในการหมุนก้านแบ่งเพื่อให้งานหมุนนั้น เมื่อคิดเป็นจำนวนองศาของการหมุนงานไปก็สามารถที่จะหาได้ดังนี้

1. ถ้าหมุนก้านแบ่งไป 40 รอบ งานหมุน 1 รอบ งานเคลื่อนที่ไป 360° ถ้าหมุนก้านแบ่ง 1 รอบ งานจะเคลื่อนที่ไป $= \frac{1}{40} \times 360 = 9^\circ$

2. ถ้าจานแบ่งในแถวที่มี 18 รู เมื่อหมุนก้านแบ่งตรงแถวนั้น 1 รอบ

$\therefore$ 9° = 18 รู

ดังนั้น 1° = 2 รูของแถว 18 รู

หรือ $\frac{1}{2}^\circ$ = 1 รูของแถว 18 รู

ตัวอย่าง ต้องการเจาะรูสองรูห่างกัน $24^\circ\ 40'$ จะต้องหมุนก้านแบ่งอย่างไร

ก. เมื่อใช้จานแบ่งแถว 27 รู ข. ใช้จานแบ่ง 54 รู

แทนค่า กัน $24^\circ\ 40'$ = $2\ (9^\circ) + 6^\circ\ 40'$

= 2 รอบเต็มบวกอีก $\frac{6^\circ 40'}{9^\circ}$ รอบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1. จานแบ่งแถว 27 รู 3 รู = 1°

$\therefore$ 6° = 18 รู

$40'$ = 2 รู

$6^{\circ}\ 40'$ จะเท่ากับ 18+ 2 = 20 รู

ดังนั้นในการแบ่งเพื่อเจาะรู $24^{\circ}\ 40'$ นั้นจะต้องแบ่งด้วยจานแบ่งที่มีจำนวนรู 27 รู โดยการหมุนก้านแบ่งไป 2 รอบ กับอีก 20 รู

2. จานแบ่ง 54 รู

6 รู = 1°

$\therefore$ 6° = 36 รู

$40'$ = 4 รู

$\therefore$ $6^{\circ}\ 40'$ = 20 รู

ถ้าจานแบ่งที่มีจำนวนรู 54 รู จะต้องหมุน 2 รอบ กับ 40 รู

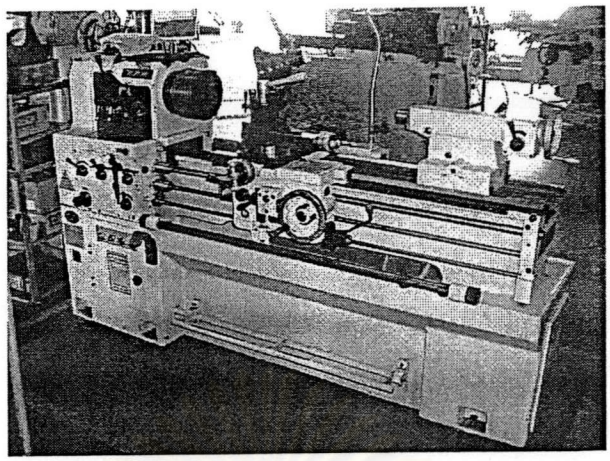
5.1.4 เครื่องกลึง

ในงานเครื่องมือกลหรือตัดปาดผิวขึ้นรูปโลหะ เครื่องกลึงนับเป็นเครื่องจักรที่มีความสำคัญที่สุด เนื่องจากใช้ในการขึ้นรูปชิ้นงานได้หลายแบบ เช่น เพลาของเครื่องจักรกล ชิ้นงานต่างๆ ใช้ในการตัดปาดผิวหน้าให้เรียบ เป็นต้น ในส่วนของงานขึ้นรูปหัวพ่นสีแบบระฆังจะใช้งานเครื่องกลึงในการตัดปาดผิวหน้าเพื่อลบร่องรีดสีของหัวพ่นสีที่ชำรุดให้มีความเรียบเงางาม และพร้อมที่จะทำการขึ้นรูปร่องรีดสีใหม่ในขั้นตอนต่อไป

ส่วนต่างๆ ของเครื่องกลึงที่ใช้ในงานขึ้นรูปตัดปาดผิวหน้าหัวพ่นสีตามรูปที่ 5.9 มีดังนี้

- แท่นเครื่อง (Bed) แท่นเครื่องเป็นส่วนที่รองรับส่วนต่างๆ ของเครื่องทำด้วยเหล็กหล่อเป็นแท่นที่จะนำแท่นเลื่อย ให้เคลื่อนที่ไปตามแนวตรง บนแท่นเครื่องจะทำสันตัว V (V-ways) ไว้รองรับและบังคับแท่นเลื่อยนั้น สันตัว V จะมีความละเอียดและเที่ยงตรงมาก

- แท่นหัวเครื่อง (Head Stock) แท่นหัวเครื่องจะอยู่ทางซ้ายมือของเครื่อง มีชุดเฟืองทดอยู่ภายในสำหรับหมุนแกน (Spindle) และหมุนงาน แกนของแท่นหัวเครื่องจะรองรับด้วยแบริ่ง



รูปที่ 5.9 ส่วนประกอบของเครื่องกลึง

กำลังขับงานได้จากมอเตอร์ แกนของแท่นหัวเครื่องมีไว้สำหรับจับหน้าจาน (Plat) สามจับ และสี่จับ นอกจากนั้นแกนของหัวเครื่องจะมีรูตรงกลางสำหรับใส่ยันศูนย์ มุมของยันศูนย์ที่ใช้มีมุม 60 องศา งานจะหมุนอยู่บนศูนย์อันหนึ่งซึ่งเป็นวิธีการกลึงงานด้วยการยันศูนย์ แกนแท่นหัวเครื่องจะมีมู่เลย์เถาติดอยู่ ขับด้วยสายพาน หรือชุดเฟืองทด

- คันส่งป้อนงาน (The Feed Reverse Lever)เป็นส่วนประกอบอันหนึ่งของแท่นหัวเครื่อง มีหน้าที่ทำให้เกลียวเพลานำหมุนไปในทิศทางตามเข็มนาฬิกา หรือทวนเข็มนาฬิกา มีตำแหน่งอยู่สามตำแหน่ง ตำแหน่งบนและล่างจะทำให้เพลาเกลียวหมุน ตำแหน่งกลางเพลาเกลียวนำจะหยุดหมุน

- แท่นเลื่อน (Carriage) มีหน้าที่รองรับมีดแท่นจะเลื่อนไปตามความยาวของเลื่อนแท่น มีส่วนประกอบสองอย่าง คือ

1. อานม้า (Saddle)
2. Apron

- อานม้า (Saddle) มีรูปร่างคล้ายกับตัวอักษร H วางอยู่บนสันตัว V ของแท่นเครื่องสามารถเคลื่อนไปตามสันตัว V ได้ด้วยกำลังขับกับระบบเฟืองของ Apron หรือการหมุน Handle ด้วยมือ Apron และ Cross Slide ยึดติดกับอานม้าตัวนี้ ถัดจากอานม้าขึ้นไปจะมีแท่นตัดขวาง Cross Slide และแท่นป้อนมีด (Compond Rest)

- แท่นตัดขวาง (Cross Slide) แท่นตัดขวางยึดติดอยู่บน Saddle เคลื่อนได้ด้วยสกรูที่ติดอยู่บนแท่นตัดขวาง สามารถหมุนเคลื่อนที่ได้ด้วยกำลังกลหรือมือ ที่มือหมุนของแท่นตัดขวางแบ่งสเกลละเอียดไว้เป็นนิ้ว หรือเป็นมิลลิเมตร

- แท่นป้อนมีด (Compound Rest) แท่นป้อมมีดวางอยู่บนแท่นตัดขวางอีกที มีหน้าที่ยึดมีดหรือด้ามมีดกลึง ฐานของป้อมมีดแบ่งสเกลองศาสำหรับตั้งมุมสำหรับกลึงเรียวหรือกลึงเรียว ที่มือหมุนแบ่งสเกลละเอียดของนิ้วไว้หรือ ม.ม. เช่นเดียวกับแท่นติดขวาง

- Apron ยึดติดอยู่ดอนหน้าของ Saddle มีชุดเฟืองสำหรับปรับให้แท่นเลื่อนเคลื่อนที่ด้วยวิธีทางกล

- แท่นท้ายเครื่อง (Tailstock) แท่นท้ายเครื่องวางอยู่บนแท่นเครื่องตอนท้ายที่ไปมาบนสันตัว V แท่นท้ายเครื่องมีส่วนประกอบอยู่สองส่วนคือ ส่วนบนและส่วนล่าง ส่วนบนประกอบด้วยแกน (Spindle) แกนของแท่นท้ายเครื่องเคลื่อนที่เข้าออกได้ด้วยมือหมุน (Hand Wheel) บนแกนของแท่นท้ายเครื่องมีสเกลบอกความยาว ตอนปลายจะมีรูเรียวสำหรับใส่ยันศูนย์ ความเรียวของยันศูนย์และรูแกนจะเป็นมาตรฐานของ More ส่วนล่างประกอบด้วยตัวยึด ให้ติดกับสันของแท่นเครื่องตอนหลังของแท่นท้ายเครื่อง มีสเกลแบ่งไว้ทั้งส่วนบนและส่วนล่างเพื่อทำให้เยื้องศูนย์กับศูนย์แท่นหัวเครื่อง แท่นท้ายเครื่องมีประโยชน์สำหรับกลึงงาน ด้วยวิธีการยันศูนย์เจาะรู นอกจากนั้นยังใช้เป็นที่ตั้งมีดให้ได้ศูนย์กับงานอีกด้วย

5.1.5 อุปกรณ์มีดกลึงที่ใช้ในงานกลึงปาดหน้าหัวพ่นสี

เป็นอุปกรณ์ที่สำคัญในการตัดปาดผิว เนื่องจากการใช้งานตัดปาดผิวแต่ละชนิดจะมีลักษณะของมุมมีดกลึงที่ไม่เหมือนกัน และวัสดุที่ใช้ในการทำมีดกลึงก็มีความแตกต่างกัน ดังนั้น จำเป็นจะต้องทำการศึกษาลักษณะมีดที่เหมาะสมในการตัดปากผิวที่เหมาะสมกับการกลึงปาดหน้าหัวพ่นสีที่ต้องการขึ้นรูปใหม่

วัตถุที่ใช้ทำมีดตัดมีหลายชนิด เช่น

1.Carbon Steel มีดตัดชนิดนี้ราคาไม่แพงสิ้นเปลืองน้อย แต่ใช้กับงานที่เป็นโลหะบางชนิดเท่านั้น

2. High-Speed Steel ส่วนใหญ่งานเครื่องมือกลใช้มีดตัดชนิดนี้ ใช้ได้ดีกว่ามีดตัดที่เป็น Carbon Steel

3. Stellite มีดตัดชนิดใช้ความเร็วตัดสูงกว่าเหล็กรอบสูง Stellite เป็นโลหะผสมที่ไม่เป็นสารแม่เหล็ก มีความแข็งกว่าเหล็ก H.S.S. ฉะนั้นจึงทนความร้อนได้ดี

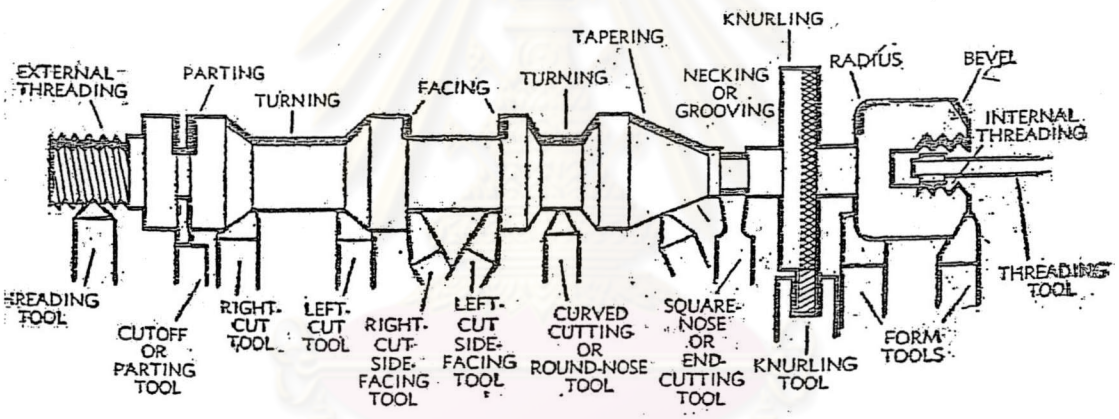
4.Carbide มีด Carbide หรือบางทีก็เรียกว่ามีดปลาย Tips ใช้ความเร็วตัดได้สูงสุดแบ่งออกเป็น

- Tungsten Carbide มีดตัดชนิดนี้ได้ตัดเหล็กหล่อ เหล็กผสมหล่อเหล็ก บรอนซ์ ทองแดง ทองเหลือง อะลูมิเนียม บางครั้งใช้กับยางแข็ง ไฟเบอร์ และพลาสติกได้ มีดตัดชนิดนี้จะลับความคมกับหินเจียระไนธรรมดาไม่ได้

- Tantalum Carbide คำว่า Tantalum เป็นการผสมระหว่าง Tungsten Carbide กับ Tantalum Carbide มีดตัดชนิดนี้เหมือนกับ Tungsten Carbide แต่ส่วนใหญ่ใช้กับเหล็กอ่อนธรรมดา

- Titanum Carbide ใช้แทน Tantalum Carbide ได้ มีดตัด High Speed (H.S.) ใช้กันมากมีขนาดตั้งแต่ $\frac{1}{8}''$ ถึง $1''$ การลับมีดตัดจะต้องให้มี Front Clearance และ Slide Clearance เพื่อป้องกันมีดถูกับชิ้นงาน

รูปร่างการลับมีดขึ้นอยู่กับลักษณะของงานตามรูปที่ 5.10 เช่น มีดกลึงซ้ายต้องมีคนตัดอยู่ทางด้านขวามือ โดยเริ่มกลึงจากทางซ้ายมือมาทางขวามือ ส่วนมีดกลึงทางขวาจะมีคมตัดอยู่ทางซ้ายมือ โดยเริ่มกลึงงานจากทางขวามือไปทางซ้ายมือ



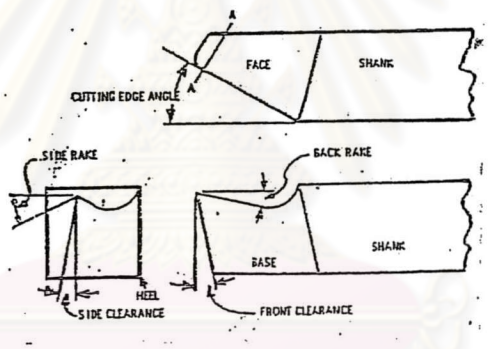
รูปที่ 5.10 *มีดกลึงรูปแบบชนิดต่างๆ*

ชนิดและการใช้มีดกลึง

มีดกลึงที่สำคัญสำหรับงานกลึงโลหะมี 9 แบบ ดังรูปที่ 5.10 คือ

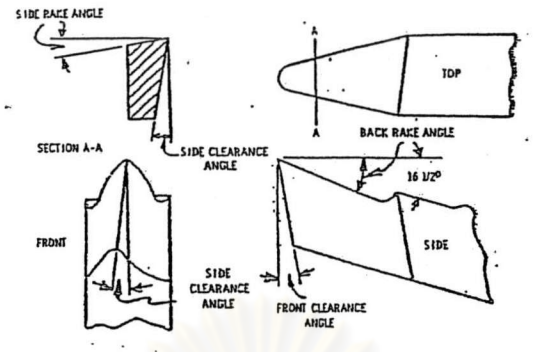
1. มีดกลึงซ้าย (Left Tool) คมของมีดอยู่ตรงข้ามกับมีดกลึงทางขวามือ ใช้ตัดงานจากด้านซ้ายมือไปทางด้านซ้ายมือ
2. มีดกลึงขวา (Right Cut Tool) เป็นมีดกลึงที่ใช้กันมากที่สุด ตัดงานจากด้านขวามือไปทางซ้ายมือ
3. มีดปลายมน (Round Nose Tool) มีดปลายมนเป็นมีดที่ใช้ตัดงานไปทางด้านซ้ายและขวาได้ทั้งสองข้าง

4. มีดปาดหน้าด้านซ้าย (Life Cut Side Facing Tool) เป็นมีดกลึงปาดหน้างานทางด้านซ้ายมือ เป็นแบบที่ใช้ในการกลึงปาดหน้าผิวของหัวพ่นสี
5. มีดกลึงเกลียว (Threading Tool) ปลายของมีดกลึงเกลียวจะลับเป็นมุมตามชนิดของเกลียวเช่นมุม 60 องศา ใช้ตัดเกลียวตัว V เป็นต้น
6. มีดปาดหน้าด้านขวา (Right Cut Side Facing Tool) มีดกลึงชนิดนี้ใช้สำหรับปาดหน้าของงานทางด้านขวามือ
7. มีดตัด (Cut Off Tool) ใช้สำหรับตัดงานให้ขาด มีดตัดจะใช้ให้เหมือนกับมีดกลึงชนิดอื่นไม่ได้ผล
8. มีดคว้าน (Boring Tool) มีลักษณะคล้ายกับมีดกลึงขวานนอกจะมีมุม Front Clearance โตกว่าเล็กน้อย
9. มีดกลึงเกลียวภายใน (Internal Threading) การลับมีดภายในก็เช่นเดียวกับมีดกลึงเกลียวภายนอก นอกจากมุม Front Clearance จะโตกว่า มีดตัดมีทั้ง มุมคาย (Rake Angle) และ (Clearance Angle)



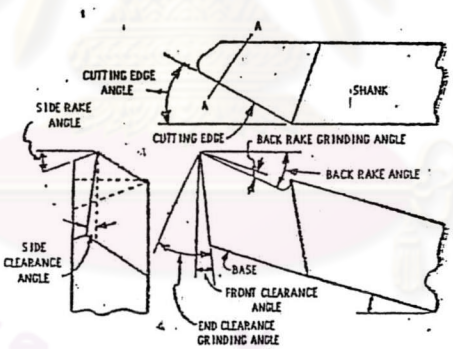
รูปที่ 5.11 แสดงมุมหลบและมุมฟรี

มุมคาย (Top Back Rake) คือมุมที่เอียงทางด้านหน้ามีด หรือ เอียงจากฐานมีด ถ้ามุมคายมีลักษณะเอียงจากปลายคมมีดลงสู่ฐาน จะทำให้มุมคายกลายเป็นบวก (Positive) ถ้าเอียงจากปลายคมมีดขึ้นบน (ออกจากฐาน) มุมคายบนจะเป็นลบ (Negative) และถ้าไม่เจียระไนมุมนี้เลยเรียกมุมนี้ว่า Neutral ดังแสดงในรูปที่ 5.12 มุมตัดจะใหญ่เท่าที่จะใหญ่ได้เพื่อความแข็งแรงเต็มที่ของมุมมีดและนำความร้อน ออกจากมุมตัดของมีดกลึง สำหรับจุดประสงค์ของมุมตัดใหญ่ๆ คือ ต้องการกำลังในการตัดปาดผิว



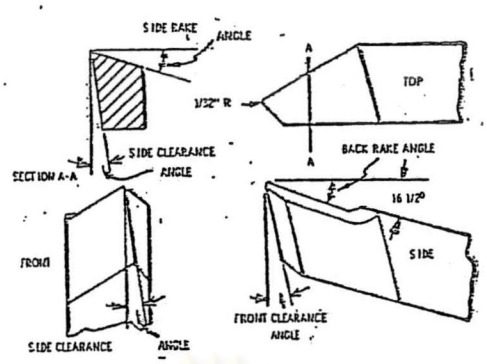
รูปที่ 5.12 *มีดปลายมน*

ถ้ามุม Top Rake น้อยลงเหมาะสำหรับวัสดุที่อ่อนกว่า ถ้ามุม Rake Angle ใหญ่มากเกินไปจะทำให้งานดูดมีดเข้าไปในเนื้องานนั้น ถ้าเป็นบรอนซ์ไม่มี Top Rake Angle มุมตัด (Cutting Edge) ของมีดจะอยู่ในแนวราบเป็น Babbitt จะต้องใช้มีดกลึงที่เป็น Negative Rake ก็ได้



รูปที่ 5.13 *ลักษณะมุมมีดเมื่อใส่มีดกับด้ามมีด*

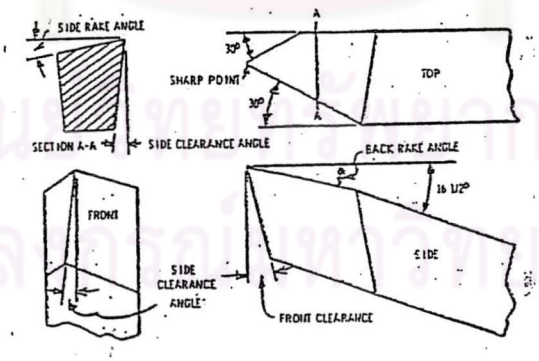
Side Rake เรียกว่ามุมคายสำหรับมุมนี้ก็เปลี่ยนไปตามชนิดของของวัสดุใช้งาน Side Rake เป็นมุมระหว่างจากคมของมีดกับเส้นที่ขนานกับฐานของมีด มีดตัดทุกชนิดจะปราศจากมุม Side Rake ไม่ได้มุม Side Rake สำหรับโลหะอ่อนจะประมาณ 6° ถ้าเป็นเหล็กกล้า (Steel) จะใช้ประมาณ 15° ตามรูปที่ 5.14



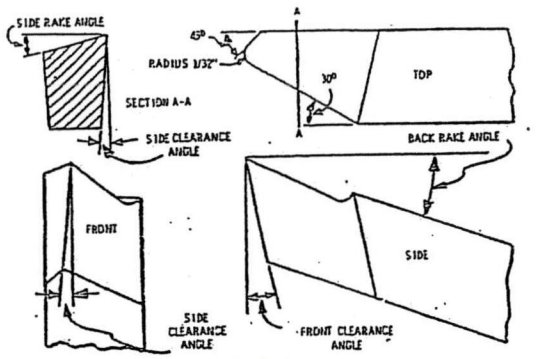
รูปที่ 5.14 *มีดกลึงซ้าย*

Front Clearance คือ มุมหลบด้านหน้า เกิดขึ้นระหว่างเส้นจากมุมตัดซึ่งลากตั้งฉากกับฐาน ตามรูปที่ 5.14 มุมหลบด้านหน้าเป็นมุมที่ลับสำหรับไม่ให้เสียดสีกับเส้นผ่าศูนย์กลางงาน ถ้าหากไม่มีมุมนี้จะกลึงงานไม่เข้า

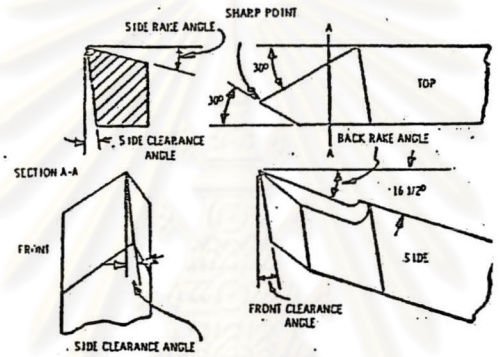
Front Clearance จะน้อยสำหรับงานที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กๆ โดยมีช่วงระยะจาก 5° ถึง 15° จะไม่เจียระไนมุมนี้มากไปกว่านี้Side Clearance เรียกว่ามุมฟรีมุมนี้เกิดจากด้านข้างของมีดตัด และเส้นจากด้านหน้าลากมาตั้งฉากกับแนวนอนหรือเส้นฐานตามรูปที่ 5.16 และรูปที่ 5.17 ในการกลึงงานมุม Side Clearance จะทำให้ส่วนคมของมีดตัดงานได้ถูกต้อง



รูปที่ 5.15 *มีดปาดหน้าขวา*



รูปที่ 5.16 *มีดกลึงขวาของมุมต่าง ๆ*



รูปที่ 5.17 *มีดปาดหน้าซ้ายและมุมต่างๆ*

. อธิบายลักษณะมีด มุมต่างๆ

1. ตามรูปที่ 5.11 เป็นมีดและแสดงมุมต่างๆ ของมีด
2. ตามรูปที่ 5.12 เป็นมีดปลายมนขวาเหมาะสำหรับงานกลึง หยาบและทั่วๆ ไป กลึงได้ทำงานซ้ายและขวา
3. ตามรูปที่ 5.13 เป็นรูปแสดงใช้งานซึ่งเป็นมุมที่แท้จริง เมื่อใส่เข้ากับด้ามมีดและแท่นป้อมมีดแล้ว
4. ตามรูปที่ 5.14 เป็นมีดกลึงซ้ายแสดงถึงมุมต่างๆ ของมีด

จากลักษณะของมุมมีดต่างๆ ที่ใช้กับงานกลึง จึงกำหนดมาตรฐานในการลับมีดกลึงให้ลักษณะของมุมต่างๆ ตามชนิดของวัสดุที่ต้องการกลึงเพื่อให้ได้ผิวของงานกลึงที่เหมาะสมและมีความเรียบสำหรับการกัดร่องรีดสีตามตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 ค่ามุมมีดที่ใช้งานตามชนิดวัสดุ

มีดเหล็กรอบสูง			ใช้สำหรับงาน	มีดเล็บ		มุมคาย
มุมฟรี	มุมคม	มุมคาย		มุมฟรี	มุมคม	
6°	84°	0°	เหล็กหล่อแข็ง ทองเหลืองและบรอนซ์	4°-6°	80°	4°-6°
8°	74°	8°	เหล็กหล่อเหนียวเหล็กหล่อสีเทา	4°-6°	75°	4°-6°
8°	68°	14°	ทองเหลืองอ่อนเหล็กหล่อสีเทา	4°-6°	75°	4°-6°
8°	61°	20°	เหล็กอ่อน	4°-6°	65°	4°-6°
8°	55°	27°	บรอนซ์เหนียว เหล็กอ่อนสุด	4°-6°	65°	4°-6°
10°	40°	40°	โลหะอ่อน อะลูมิเนียมบริสุทธิ์	8°-10°	45°-50°	8°-10°

5.2 กรรมวิธีการขึ้นรูปของหัวพ่นสีแบบระฆัง

กรรรมวิธีในการดำเนินการซ่อมของหัวพ่นสีแบบระฆัง เพื่อให้สามารถใช้งานในการพ่นสีได้ โดยไม่ทำให้เกิดปัญหาทางด้านคุณภาพของสี จะต้องทำการตรวจสอบสภาพของ หัวพ่นสีแบบระฆัง ที่ชำรุดมาทำการตรวจสอบสภาพของหัวพ่นสีแบบระฆัง ว่ามีลักษณะในการชำรุดแบบใด โดยทั่วไปแล้วหัวพ่นสีแบบระฆังที่ได้รับ จะมีลักษณะการชำรุดคือบริเวณแถบร่องรีดสีจะได้รับการกระแทกและเกิดเป็นลักษณะรอยบุบหรือชำรุด ทำให้เวลาพ่นสีทำให้เกิดปัญหาเม็ดสีบนฟิล์มสีหรือร่องรีดสีเกิดการสึกหรอ ดังนั้น จึงต้องกำหนดขั้นตอนในการซ่อมและยืนยันความสามารถในการใช้งานของหัวพ่นสีที่ผ่านการปรับปรุงแล้วโดยมีเงื่อนไขข้อกำหนดดังนี้

1. จุดบกพร่องในลักษณะต่างๆ ที่เกิดขึ้นบนหัวพ่นสีที่ไม่สมบูรณ์หรือชำรุดในลักษณะต่างๆ ได้แก่

- หัวพ่นสีมีคราบสีเกาะติดอยู่ภายใน
- เกิดรอยแหว่งบริเวณขอบหรือเป็นริ้วรอยต่างๆ
- เกิดการบุบชำรุดเสียหาย
- มีคราบสีเกาะตามร่องรีดสี

ลักษณะปัญหาต่างๆ เหล่านี้ที่พบ จะต้องถูกกำจัดออกทั้งหมด เนื่องจากทำให้เกิดปัญหาคุณภาพของฟิล์มสีได้

2. การทดสอบและยืนยันการใช้งาน จะต้องกระทำโดยไม่ก่อให้เกิดปัญหาด้านผลผลิต คือห้ามทดสอบการทำงานกับตัวถังรถยนต์จริง ดังนั้นจึงต้องกระทำบนตัวถังรถยนต์สำหรับการทดสอบโดยเฉพาะเท่านั้น

ดังนั้นจึงมีการกำหนดขั้นตอนในการปรับปรุงหัวพ่นสีตามลำดับขั้นตอนดังนี้

5.2.1 การทำความสะอาดหัวพ่นสีก่อนทำการซ่อม

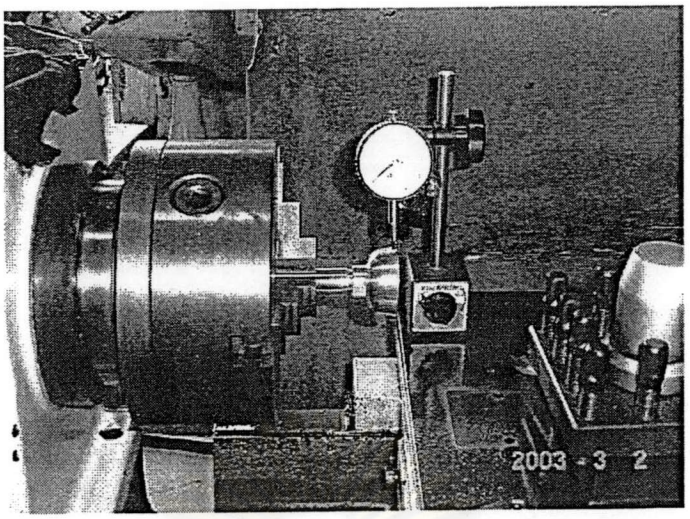
การทำความสะอาดหัวพ่นสีแบบระฆัง จะทำโดยการใช้ทินเนอร์ล้างทำความสะอาดด้านในของหัวพ่นสี เพื่อให้คราบสีที่สะสมอยู่ภายในของอุปกรณ์ถูกกำจัดออกอย่างหมดจด การล้างทำความสะอาดหัวพ่นสีแบบระฆังนี้ จะใช้เครื่องช่วยล้างทำความสะอาด โดยใช้ปั๊มช่วยในการอัดฉีดทินเนอร์เข้าไปด้านในของหัวพ่นสีแบบระฆัง และกรองด้วยตัวกรองสี โดนทินเนอร์จะไหลเวียนเป็นระบบตามรูปที่ 5.18

รูปที่ 5.18 *การล้างหัวพ่นสีแบบระฆัง*

การแช่ล้างทำความสะอาดนี้จะใช้เวลาประมาณ 24 ชั่วโมง โดยจะแช่ไว้และเปิดอุปกรณ์ปั๊มและมีฝาครอบปิดเพื่อป้องกันการกระเด็นของทินเนอร์ ซึ่งอาจทำให้เกิดอันตรายกับพนักงานได้

5.2.2 การกลึงปาดหน้าเพื่อลบร่องรีดสี

การกลึงปาดหน้าเพื่อต้องการลบร่องรีดสีของเดิมออกทั้งหมด เพื่อให้ได้ผิวด้านหน้าที่มีความเรียบและเงางามเพื่อพร้อมที่จะทำการขึ้นรูปร่องรีดสีต่อไป การกลึงปาดหน้าหัวพ่นสีแบบระฆัง จำเป็นจะต้องทำบนเครื่องกลึงโดยออกแบบตัวจับยึดให้สามารถจับยึดได้แน่นหนา และได้ศูนย์ที่เที่ยงตรง โดยหลังทำการจับยึดแล้วจะต้องใช้อุปกรณ์วัด Dial Gauge ทำการตรวจสอบการได้ศูนย์ของอุปกรณ์ดังรูปที่ 5.19 โดยลักษณะของการตรวจสอบด้วย Dial Gauge จะเป็นอุปกรณ์ที่แตะที่บริเวณของปลายชิ้นงาน และเมื่อทำการหมุนชิ้นงานดู จะต้องไม่เกิดการกระดิกหรือเปลี่ยนตำแหน่งบนสเกล แสดงว่าศูนย์ของหัวพ่นสี มีความเที่ยงตรงพร้อมที่จะทำการกลึงปาดหน้า



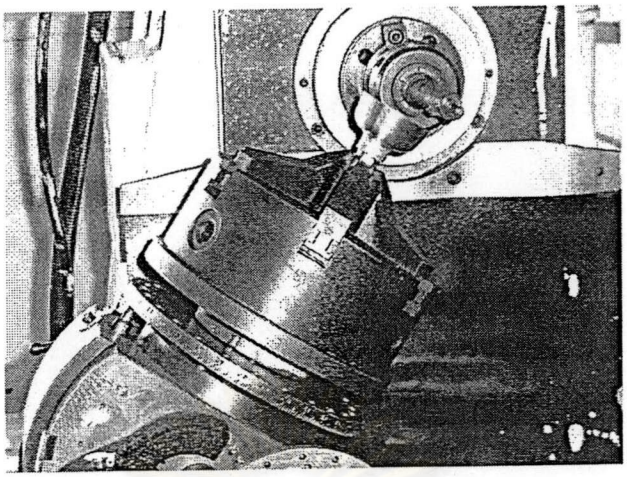
รูปที่ 5.19 *การตรวจสอบศูนย์ Dial Gauge ก่อนทำการขึ้นรูป*

การปาดหน้าให้เรียบจะต้องใช้ความเร็วรอบในการหมุนของเครื่องกลึงและลักษณะของมีดกลึงที่เหมาะสมตารางที่ 5.1 จะสามารถทำให้ได้ความเรียบผิวที่สวยงาม โดยทั่วไปจะใช้ความเร็วที่ 800 รอบต่อนาที เนื่องจากวัสดุที่ใช้ทำหัวพ่นสีแบบระฆังเป็นโลหะอ่อน ซึ่งต้องใช้ความเร็วรอบค่อนข้างสูง และความลึกในการเดินมีดกลึงเข้าสู่ผิวงานจะต้องไม่ตัดปาดชิ้นงานให้มากเกินไป ให้เพียงแค่ลบริ้วรอยของร่องรดสีได้ทั้งหมดเท่านั้น เนื่องจากจะทำให้เกิดการสูญเสียรูปทรงของหัวพ่นสี

5.2.3 การขึ้นรูปร่องรีดสี

การขึ้นรูปร่องรีดสีของหัวพ่นสีแบบระฆัง นับเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุด เนื่องจากจำเป็นจะต้องใช้การทำงานของอุปกรณ์หัวแบ่ง และเดินกัดร่องรีดสีบนเครื่องกัด โดยจะต้องทำการหมุนหัวแบ่งให้ได้ตามจำนวนร่องที่กำหนดไว้บนจานแบ่งของเครื่องกัด ถ้ามีการหมุนที่ผิดพลาด จะทำให้หัวพ่นสีแบบระฆังชิ้นนั้นชำรุดทันที และจะต้องทำการกลึงปาดหน้าใหม่เพื่อลบร่องรีดสีที่ชำรุด

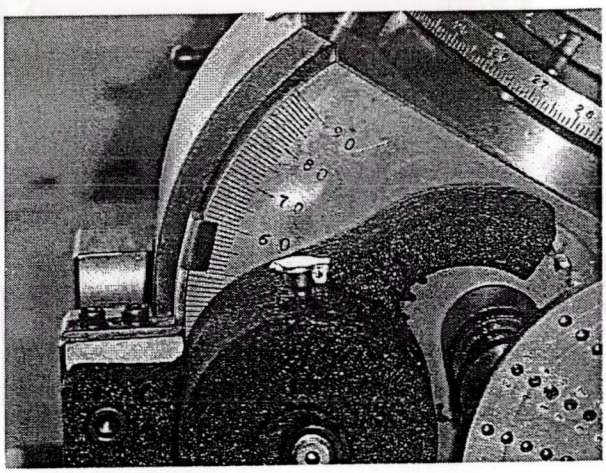
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.20 การกัดร่องฟันหัวพ่นสีแบบระฆัง

ขั้นตอนในการติดตั้งชิ้นงานเพื่อทำการกัดร่องรีดสีตามรูปที่ 5.20 สามารถกำหนดได้เป็นหัวข้อดังนี้

1. ทำการติดตั้งหัวแบ่งพร้อมจานแบ่งที่มีจำนวนรูบนจานแบ่งขนาด 20 รูที่ใช้งานขึ้นติดตั้งบนแท่นเลื่อนของเครื่องกัด และใช้ Stud Bolt ทำการยึดให้แน่น
2. ทำการติดตั้งชิ้นงานพร้อมอุปกรณีที่ช่วยในการจับยึดบนฟันจับของหัวแบ่ง และทำการล็อคให้แน่น
3. ทำการตั้งองศาของหัวแบ่งให้เอียงตามองศาของหัวพ่นสีแบบระฆังที่ 60 องศา โดยดูตำแหน่งจาก สเกลองศาของหัวแบ่งดังรูปที่ 5.21



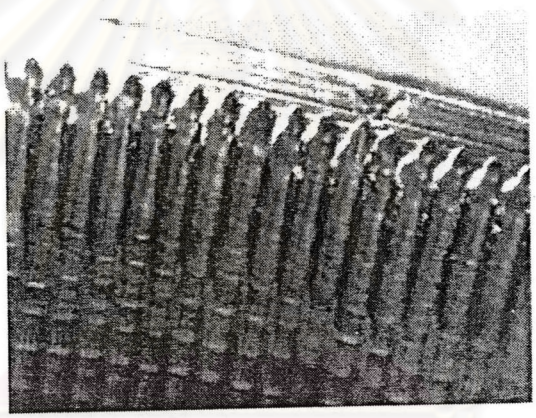
รูปที่ 5.21 การตั้งองศาบนหัวแบ่ง

4. ทำการติดตั้งมีดที่ใช้ในการกัดเข้าสู่ Spindle ของเครื่องกัด และล็อคให้แน่น ตำแหน่งมีดกัดจะต้องอยู่ในแนวของเส้นผ่าศูนย์กลางของ หัวพ่นสีแบบระฆัง พอดี ไม่เช่นนั้น จะทำให้ร่องที่ได้เบี้ยว ไม่ตรงตำแหน่งของแนวเส้นผ่านศูนย์กลาง

5. ทำการปรับระยะของแท่น ให้ได้ความสูงอยู่ในระยะที่ใกล้กับที่จะต้องทำการกัด ทดลองทำการเปิดเครื่องให้มีดกัดหมุนช้าๆ เนื่องจากมีจำนวนฟันกัดเพียงฟันเดียว และวัสดุที่ใช้กัดมีความอ่อนตัวค่อนข้างสูง อาจเกิดการกระแทกได้และเดินให้แนวการเคลื่อนที่ของแท่น เลื่อนเหมือนในทิศทางที่จะต้องกัด คอยดูว่าแนวการเคลื่อนที่มีการติดขัดของอุปกรณ์อื่นหรือไม่

6. ปรับระยะความสูงของแท่นเลื่อน ให้มีระยะที่ปลายมีดกัดแตะกับผิวงานแล้วเลื่อนชิ้นงานออก และเริ่มเปิดเครื่องให้มีดกัดหมุนพร้อมกับเลื่อนให้แท่นเลื่อนในทิศทางที่จะทำการกัด

7. หยุดเครื่องเพื่อทำการตรวจสอบสภาพของฟันที่ได้ โดยใช้กล้องขยายส่องดูสภาพของฟันหลังทำการกัดตามรูปที่ 5.22 ถ้าอยู่ในสภาพที่ไม่เกิดรอยยับหรือบิดเบี้ยว จึงเริ่มทำการเดินกัดแนวต่อไป โดยแต่ละครั้งจะต้องหมุนจานแบ่งตามทิศทางและจำนวนรูและรอบที่กำหนด



รูปที่ 5.22 ภาพขยายขนาด 60 เท่าสภาพร่องรีดสีที่ผ่านการขึ้นรูปใหม่

5.3 การกำหนดขั้นตอนในการทดสอบการพ่นสี

การกำหนดขั้นตอนในการทดสอบเพื่อยืนยันการทำงานที่ถูกต้องของหัวพ่นสีแบบระฆัง จำเป็นจะต้องใช้การทดสอบกับอุปกรณ์ทดสอบที่จำลองการทำงานเหมือนกับการทำงานของปืนพ่นสีอัตโนมัติ เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาการชำรุดของอุปกรณ์ โดยการทดสอบการพ่นสีของหัวพ่นสีแบบระฆัง จะมีขั้นตอนในการทดสอบดังต่อไปนี้

1. ทำการติดตั้งหัวพ่นสีแบบระฆัง เข้ากับเครื่องพ่นสีอัตโนมัติและทำการทดสอบการพ่นกับรถทดลองบนชิ้นงานตัวอย่าง ซึ่งมีลักษณะเหมือนกับตัวถังรถยนต์ที่ทำการพ่นสีดังรูปที่

5.23 รถตัวอย่างนี้ จะทำการติดแผ่นเหล็กที่มีวัสดุเหมือนกับตัวถังรถยนต์ และทำการขุบสีกันสนิมพร้อมกับพ่นสีรองพื้นมาแล้ว

รูปที่ 5.23 รถทดลองพ่นสี

2. ทำการตรวจสอบคุณภาพของฟิล์มสีที่ได้บนชิ้นงานตัวอย่าง ว่าเกิดจุดบกพร่องของคุณภาพในการพ่นสีหรือไม่ได้แก่ การเกิดปัญหาสีเป็นเม็ด สีเป็นฝ้า สีพอง โดยการทดสอบการพ่นสีจำเป็นจะต้องทำการติดแผ่นทดสอบตัวอย่างเข้าที่ตัวถังรถเป็นบริเวณที่ใหญ่พอสมควร เนื่องจากบางครั้งปัญหาการพ่นสี จะมีการเกิดที่ไม่แน่นนอน จึงต้องทำการติดแผ่นทดสอบเป็นบริเวณกว้าง

2. เมื่อทำการตรวจสอบแล้วว่าไม่เกิดปัญหาจุดบกพร่องของการพ่นสี จึงนำแผ่นทดสอบ
3. ดังกล่าวไปทำการตรวจสอบค่าความเงาและความราบเรียบของฟิล์มสีที่พ่นออกมาได้ ถ้าค่าที่ได้อยู่ในค่ามาตรฐานที่กำหนด จึงสามารถนำหัวพ่นสีแบบระฆัง ตัวดังกล่าวมาใช้งานในการพ่นสีจริง

5.4 การลดปัญหาการชำรุดของหัวพ่นสีแบบระฆัง

จากการจัดระบบการขึ้นรูปและยืนยันการใช้งานของหัวพ่นสีแบบระฆังในปืนพ่นสีอัตโนมัติพบว่า พบว่าเราสามารถป้องกันการชำรุดเสียหายของอุปกรณ์หัวพ่นสีแบบระฆังได้ซึ่งเป็นการแก้ปัญหาที่ต้นเหตุเพื่อลดการสูญเสียของโรงงานพ่นสีรถยนต์ตัวอย่าง ดังนั้น จึงทำการวิเคราะห์สาเหตุ ความเสี่ยง และความรุนแรงของปัญหาการชำรุดของหัวพ่นสีโดยการใช้ FMEA มาทำการวิเคราะห์เพื่อทำการปรับปรุงจุดที่ทำให้เกิดปัญหาการชำรุดได้

5.4.1 ขั้นตอนในการดำเนินงาน

ขั้นตอนในการทำงานปรับปรุงการทำงานเพื่อลดปัญหาในการชำรุดของหัวพ่นสีจะใช้การระดมสมองจากผู้ที่ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์พ่นสีทุกหน่วยงาน ทำการระดมความคิดและแนวทางแก้ปัญหา ซึ่งมีขั้นตอนในการปฏิบัติดังนี้

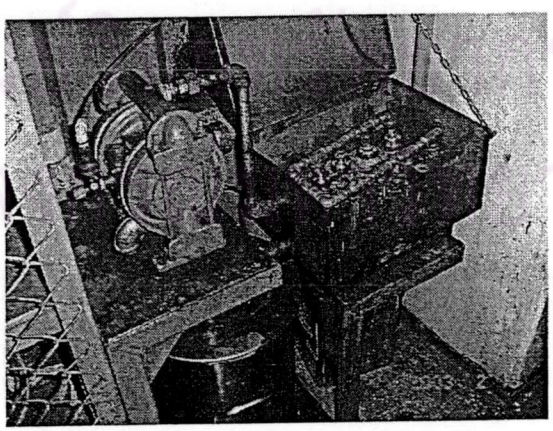
1. ทำการรวบรวมปัญหาการชำรุดที่เกิดขึ้นทั้งหมด จากสถิติการใช้งานตลอดที่ผ่านมา
2. ทำการรวบรวมลักษณะของการชำรุดเสียหายแต่ละแบบที่เกิดขึ้นทั้งหมด
3. รวมกันกำหนดความเสียหายที่จะเกิดจากการชำรุดของหัวพ่นสีในแต่ละรูปแบบ
4. รวบรวมสาเหตุที่เป็นไปได้จากของการชำรุดในแต่ละรูปแบบ
5. ทำการประเมินค่าของโอกาสในการเกิดการชำรุด (O) ความรุนแรงของปัญหาที่จะเกิดขึ้นจากการชำรุด (S) และความสามารถในการตรวจสอบได้ว่าเกิดการชำรุด (D) โดยการระดมความคิดจากผู้เกี่ยวข้องโดยอาศัยข้อมูลตารางที่ 5.2 5.3 และ 5.4
6. ประเมินค่าของ RPN (Risk Priority Number) จากค่า O x S x D เพื่อพิจารณาว่าการชำรุดในรูปแบบใดที่ต้องทำการแก้ไข

5.4.2 การปรับปรุงการทำงานเพื่อลดปัญหาการชำรุด

ภายหลังจากการระดมความคิดเพื่อลดปัญหาการชำรุดของหัวพ่นสี จึงได้ข้อมูลเพื่อทำการแก้ไขจุดบกพร่องตามตารางที่ 5.5 ซึ่งสามารถรายการที่ต้องทำการปรับปรุงดังต่อไปนี้

1. ทำการติดตั้งระบบการล้างทำความสะอาดหัวพ่นสีตลอดเวลาที่ไม่มีการใช้งาน เนื่องจากการล้างทำความสะอาดหัวพ่นสีโดยใช้ปืนพ่นสีอัตโนมัติไม่เพียงพอต่อการทำความสะอาดแและก่อให้เกิดการสะสมของคราบสีภายใน ดังนั้น จึงทำการติดตั้งระบบปั้มเพื่อทำการหมุนเวียนให้ทินเนอร์ชะล้างทำความสะอาดภายในหัวพ่นสีอยู่ตลอดเวลาที่ไม่ได้มีการพ่นสี

ลักษณะของเครื่องล้างหัวพ่นสีจะมีลักษณะตามรูปที่ 5.24



***รูปที่ 5.24** เครื่องล้างหัวพ่นสี*

ตารางที่ 5.2 *ตารางแสดงค่า Serverity Process FMEA*

ผลกระทบ	ความรุนแรงของกระทบ	ลำดับคะแนน
เสี่ยงต่ออันตราย โดยไม่มีการเตือน	อาจเป็นอันตรายต่อเครื่องจักรหรือพนักงาน ข้อผิดพลาดเกิดขึ้นโดยไม่มีสัญญาณเตือน	10
เสี่ยงต่ออันตราย โดยมีการเตือน	อาจเป็นอันตรายต่อเครื่องจักรหรือพนักงาน ข้อผิดพลาดเกิดขึ้นโดยมีสัญญาณเตือน	9
สูงมาก	ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตอาจจะต้องทิ้งทั้งหมด หรือเครื่องจักรต้องซ่อมใช้เวลานานเกิน 1 ชั่วโมง	8
สูง	ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตไม่ต้องทิ้งทั้งหมดโดยต้องคัดแยกของเสียทิ้งหรือเครื่องจักรต้องซ่อมใช้เวลานานระหว่าง 0.5 -1 ชั่วโมง	7
ปานกลาง	ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตไม่ต้องทิ้งทั้งหมดโดยไม่ต้องคัดแยกของเสียทิ้งหรือเครื่องจักรต้องซ่อมใช้เวลานานน้อยกว่า 0.5 ชั่วโมง	6
ต่ำ	ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตต้องนำมาแก้ไขทั้งหมดหรือสามารถซ่อมเครื่องได้โดยไม่ต้องเรียกช่างซ่อม	5
ต่ำมาก	ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตต้องนำมาคัดแยกของเสียทิ้งและอาจซ่อมแซมบางส่วนได้	4
น้อย	ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตแล้วบางส่วนอาจนำมาแก้ไขได้ทันที แต่ต้องทำนอกจุดผลิต	3
น้อยมาก	ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตแล้วบางส่วนอาจนำมาแก้ไขได้ทันที แต่ต้องทำ ณ จุดผลิต	2
ไม่มี	สร้างความไม่สะดวกให้กับการทำงานหรือพนักงานเล็กน้อยหรือไม่มีผลเลย	1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.3 *ตารางแสดงค่า Occurrence Process FMEA*

ความน่าจะเป็น	อัตราความล้มเหลวที่อาจเป็นไปได้	ลำดับคะแนน
สูงมาก : ความล้มเหลวเกิดบ่อยมาก	> 100 ใน 1,000 ชิ้น	10
	50 ใน 1,000 ชิ้น	9
สูง : เกิดความล้มเหลวขึ้นบ่อยๆ	20 ใน 1,000 ชิ้น	8
	10 ใน 1,000 ชิ้น	7
ปานกลาง : ความล้มเหลวเกิดขึ้นนานๆ ครั้ง	5 ใน 1,000 ชิ้น	6
	2 ใน 1,000 ชิ้น	5
	1 ใน 1,000 ชิ้น	4
ต่ำ : ความล้มเหลวเกิดขึ้นน้อยครั้ง	0.5 ใน 1,000 ชิ้น	3
	0.1 ใน 1,000 ชิ้น	2
ห่างไกล : ความล้มเหลวแทบไม่มีโอกาสเกิด	< 0.01 ใน 1,000 ชิ้น	1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.4 *ตารางแสดงค่า Detection Process FMEA*

ความสามารถใน ในการตรวจจับ	เกณฑ์การพิจารณา	ชนิดการตรวจสอบ			ช่วงที่แนะนำของวิธีการตรวจจับ	ลำดับคะแนน
		A	B	C		
แทบเป็นไปไม่ได้	การตรวจจับไม่สามารถทำได้อย่างแน่นอน			X	ไม่สามารถตรวจสอบได้หรือไม่ได้ตรวจสอบ	10
แย่มาก	การควบคุมมีโอกาสที่จะไม่สามารถตรวจสอบได้			X	การควบคุมทำได้โดยทางอ้อมหรือการสุ่มตรวจเท่านั้น	9
แย่	การควบคุมมีโอกาสตรวจจับได้น้อย			X	การควบคุมทำได้โดยการตรวจสอบด้วยสายตาเท่านั้น	8
ต่ำมาก	การควบคุมมีโอกาสตรวจจับได้น้อย			X	การควบคุมทำได้โดยการตรวจสอบซ้ำด้วยสายตาเท่านั้น	7
ต่ำ	การควบคุมอาจจะตรวจจับได้		X	X	การควบคุมทำได้โดยการใช้แผนภูมิ (SPC)	6
ปานกลาง	การควบคุมอาจจะตรวจจับได้		X		การควบคุมทำได้โดยการใช้เครื่องมือวัดผันแปรหลังจากทำชิ้นงานออกไปแล้ว หรือใช้อุปกรณ์วัดแบบ Go/No Go วัดทุกชิ้น	5
ค่อนข้างสูง	การควบคุมมีโอกาสที่จะตรวจจับได้ดี	X	X		ใช้การตรวจจับความผิดพลาดในขั้นตอนต่อไป หรือใช้การวัดหลังการ Setup และตรวจสอบชิ้นงานชิ้นแรก (สำหรับสาเหตุที่เกิดจากการ Setup เท่านั้น)	4
สูง	การควบคุมมีโอกาสที่จะตรวจจับได้ดี	X	X		มีการตรวจจับความผิดพลาดระหว่างขั้นตอนนี้ หรือมีการตรวจจับในขั้นตอนถัดไปโดยมีเกณฑ์การยอมรับหลายขั้น ส่ง เลือก ติดตั้ง ทวนสอบ ไม่ยอมรับงานบกพร่อง	3
สูงมาก	การควบคุมสามารถตรวจตรวจจับได้ค่อนข้างแน่นอน	X	X		มีการตรวจจับความผิดพลาดระหว่างขั้นตอนนี้ (มีการวัดและสั่งหยุดการทำงานแบบอัตโนมัติ) ไม่ยอมปล่อยชิ้นงานบกพร่อง	2
ได้อย่างแน่นอน	การควบคุมสามารถตรวจตรวจจับได้แน่นอน	X			ชิ้นงานที่บกพร่องไม่มีทางเกิดขึ้นเพราะมีการป้องกันความผิดพลาด โดยการออกแบบกระบวนการและผลิตภัณฑ์	1

ชนิดการตรวจสอบ

A การป้องกันความผิดพลาด (Error-Proofed)

B การวัดโดยอุปกรณ์/เครื่องมือวัด (Gauging)

C การตรวจสอบโดยสายตาคน (Manual Inspection)

ตารางที่ 5.5 การวิเคราะห์สาเหตุและการแก้ปัญหาการชำรุดของหัวพ่นสีแบบระฆังด้วย FMEA

Item : Bell Gun Auto Spray , Bell Cup Equipment	**Process Responsibility :** PAINT Department	**Preparation by :** PND Department
Model Year(s)/Vehicle(s) : All Model	**Key Date :** 19-Oct-2002	**FMEA Date (Orig)** 1-Oct-2003
Core Team : Mr.Chawalit , Mr.Mongkol , Mr.pornchai , Mr.surasak		**(Rev.)**

Process Function Requirements	Potential Failure Mode	Potential Effect of Failure	Sev	Class	Potential Cause(s) of Problem	Occ	Current Control P = Prevention D = Detection	Det	RPN	Recommended Actions	Responsibility and Completion Date	Actions Taken	Sev	Occ	Det	RPN
ปืนพ่นสีอัตโนมัติ	ร่องรีดสีแหว่ง	- เวลาพ่นสีเป็นเม็ด - Air Motorชำรุด - หัวพ่นสีชำรุด และซ่อมไม่ได้	5		พนักงานขาดความระมัดระวังหรือรีบใส่ประกอบ	2	ไม่มีมาตราฐานการทำงาน	8	80	จัดทำเอกสารมาตรฐานการทำงาน	PNT		5	2	2	20
					ไม่มีเครื่องป้องกัน	2	ไม่มี	8	80	จัดเครื่องป้องกัน	PNF		5	2	2	20
	มีขี้สีเกาะอยู่ภายใน	- เวลาพ่นสีเป็นเม็ด - Air Motor ชำรุด	5		ทำความสะอาดไม่เพียงพอ	2	แช่ด้วยทินเนอร์	2	10							
					วิธีการไม่เหมาะสมและไม่มีเครื่องมือช่วย	2	ไม่มีเครื่องช่วยล้าง	8	80	ติดตั้งระบบช่วยล้างทำความสะอาด	PNF		5	2	2	20
					มีจุดอับภายใน, ผิวหยาบ	1	ไม่มีเครื่องช่วยล้าง	8	40	ติดตั้งระบบช่วยล้างทำความสะอาด	PNF		5	1	2	10
	เกิดรอยขีดข่วนบริเวณร่องรีดสี	- เกิดปัญหาสีพอง - ความเรียบผิวสีไม่ดี	2		การใส่ประกอบทำได้ยาก	1	ไม่มีมาตราฐานการทำงาน	8	16							
	เกิดการสึกหรอของร่องรีดสี	- เกิดปัญหาสีพอง - ความเรียบผิวสีไม่ดี	2		เกิดการสึกหรอจากการใช้งาน	1	ไม่มี	8	16							

2. จากการประเมิน พบว่าขณะทำการถอดหรือใส่หัวพ่นสี เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการชำรุดบ่อยๆ ดังนั้น จึงดำเนินการจัดหาอุปกรณ์ที่ช่วยในการป้องกันการตกกระแทกของหัวพ่นสีขณะทำการถอดหรือใส่ โดยปอกหุ้มทำจากยางที่มีความอ่อนนุ่ม และสามารถทนการกัดกร่อนของทินเนอร์ที่ใช้ในการล้างหัวพ่นสี

3. ออกเอกสารมาตรฐานการทำงาน เพื่อกำหนดวิธีการในการทำงานที่ถูกต้องและสร้างจิตสำนึกพนักงานในการใช้เครื่องช่วยป้องกันการชำรุดของหัวพ่นสี โดยติดที่บริเวณพื้นที่ทำงาน

5.5 สรุป

จากการวิเคราะห์ปัจจัยที่เหมาะสมกับลักษณะการชำรุดของหัวพ่นสี พบว่าสามารถทำการขึ้นรูปได้ใหม่ ให้มีประสิทธิภาพในการทำงานเหมือนหรือใกล้เคียงกับอุปกรณ์หัวพ่นสีที่สั่งซื้อจากต่างประเทศ โดยเครื่องจักรกล อุปกรณ์ในโรงงานพ่นสีรถยนต์ตัวอย่างที่ใช้ได้แก่เครื่องกัด เครื่องกลึง และอุปกรณ์ช่วยต่างๆ ที่มีอยู่ในโรงงาน และภายหลังจากการปรับปรุงแล้วจึงทำการทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ โดยการจัดตัวถังรถยนต์ที่ใช้เป็นรถทดลองเพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาที่จะเกิดกับผลผลิตของโรงงาน ดังนั้น จึงสามารถช่วยในการลดการสั่งซื้ออุปกรณ์และชิ้นส่วนเครื่องจักรกลในงานอุตสาหกรรมจากต่างประเทศ

ในส่วนของการลดปัญหาการชำรุด จำเป็นจะต้องได้รับความร่วมมือจากผู้เกี่ยวข้องทุกฝ่าย เพื่อช่วยกำหนดลำดับ ขั้นตอน และวิธีการในการปรับปรุงเพื่อลดการชำรุดของหัวพ่นสีโดยใช้วิธีการ FMEA มาประยุกต์ใช้ เพื่อช่วยในการลดต้นทุนอีกทางหนึ่ง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย