บรรณานุกรม

ชัยพฤกษ์ อาภาเวท และคณะ, การศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรในการกลึงกับลักษณะเศษที่เกิดขึ้นของเหล็กกล้า St.37 : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ, 2547

ประกิจ ทองระอา, การสร้างแบบจำลองของงานกลึงปอกผิวแบบหลายชั้น สำหรับใช้ในการเลือกค่าพารามิเตอร์การตัดเฉือนที่เหมาะสม :สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ , 2541

บรรยงค์ จงไทยรุ่งเรือง, การศึกษาความสัมพันธ์ของส่วนโค้งปลายมีด ความลึกในการตัดและอัตราการเดินมีดที่มีผลต่อความเรียบผิว : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2547

ปัญญา วินทะไชย, อิทธิพลของตัวแปรหลักในการกลึงเหล็กหล่อเทาด้วยใบมีดคาร์ไบด์และเซรามิก : มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2548

กิตติชัย หล่อบุญสม และศิริชัย ต่อสกุล, การศึกษาอิทธิพลของสารหล่อเย็นในขบวนการกลึงเหล็กหล่อ FCD 400 : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, 2550

บรรเลง ศรนิล และรศ.สมนึก วัฒนศรียกุล, ตารางคู่มืองานโลหะ, กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2549

ปารเมศ ชุติมา, การออกแบบการทดลองทางวิศวกรรม, พิมพ์ครั้งที่ 1, กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2545

รศ.คมสัน จิระภัทรศิลป, เอกสารประกอบการสอน ทฤษฎีการตัดเฉือน : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2540

ปฏิพันธ์ หงส์วุวรรณ, การจัดการข้อมูลผลิตภัณฑ์สำหรับการหาพารามิเตอร์ในการตัดเฉือนสำหรับชิ้นงานกลมและชิ้นงานเหลี่ยม : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ , 2544

นายวิทยา รุ่งเจริญวัฒนา, การใช้การออกแบบการทดลองในการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดของเสียในขบวนการผลิตชิ้นส่วน CMC P-CAR : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2550

หนึ่งฤทัย ทุมสิทธิ์, การประยุกต์ใช้การออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ในการผลิตรั้วคอนกรีตโดยใช้หลักการออกแบบการทดลองและวิธีการพื้นผิวผลตอบ : มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2551

สุภวิทย์ อินต๊ะแก้ว, การปรับปรุงคุณภาพกระบวนการปิดผนึกบรรจุภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์อาหารสัตว์โดยการใช้เทคนิคการออกแบบการทดลองแบบผสมผสาน : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2553

รัชกุล กุลดิลก, การปรับปรุงประสิทธิภาพการอบชิ้นงานในขบวนการหล่อขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ ควอด แฟล็ท โน ลีด โดยใช้เทคนิคการออกแบบการทดลอง : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2550

สุรพงศ์ บางพาน, การปรับปรุงประสิทธิภาพเครื่องสีข้าวกล้องโดยใช้เทคนิคการออกแบบการทดลองทดลอง : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2547

สายใจ ชัยศิขริน, การพัฒนาคุณภาพของการผลิตชาฝรั่งโดยแนวทางการออกแบบการทดลองทดลอง : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2550

พลวริน พลยิ่ง, การพัฒนาเทียนหอมโดยใช้เทคนิคการออกแบบการทดลองทดลอง : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2551

ปาณิกา เสนาะคนตรี, การพัฒนาประสิทธิภาพงานหล่อเครื่องประดับด้วยการออกแบบการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง กรณีศึกษา โรงงานเครื่องประดับ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2550

สมหมาย สารมาท, การวิเคราะห์ปัจจัยเพื่อกำหนดวิธีปฏิบัติในการเชื่อมแบบทังสเตนอาร์ค เพื่อลดการแตกร้าวสำหรับเหล็กกล้าเครื่องมืองานเย็น เอสเคดี 11 : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2550

การวิเคราะห์ปัจจัยเพื่อลดการแตกร้าวของแผ่นอลูมินาซับสเทรท โดยเทคนิคการออกแบบการทดลองทดลอง : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2551

วรุตม์ บุญภักดี, การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของระบบ SOLVENT RECOVERY โดยวิธีการออกแบบการทดลองทางวิศวกรรม กรณีศึกษา บริษัท ยูเนี่ยนไทย-นิจิบัน จำกัด : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2550

ปัญญาคม เจริญไชย, การศึกษาปัจจัยที่ส่งต่อความเรียบผิวและการสึกหรอของมีดกลึงในการกลึงเหล็กเครื่องมือ : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2549

เจริญ พัฒนตรีกูณฐ์, การศึกษาเปรียบเทียบการสึกหรอของใบมีดกลึงทังสเตนคาร์ไบด์อุตสาหกรรมในกระบวนการกลึงเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง SCM420 : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2549

เรืองวิทย์ สว่างแก้ว, การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชด้วยปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันในเมทานอลภาวะเหนือวิกฤตอย่างต่อเนื่องในเครื่องปฏิกรณ์ระดับนำร่อง : มหาวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547

วิชาญ วรรณา, ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดเหล็กปลายสั้น สำหรับกระบวนการหล่อเหล็กแท่งแบบต่อเนื่องโดยวิธีการออกแบบการทดลอง : มหาวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545

Lee, B.Y.,Tarng, Y.S and Lii H.R. "An Investibation of Modeling of the Machining Database in Turning Operation", Journal of Material Processing Technology.105,1-6, 2000

Choudhury, S.K., Kuman Eswar and Ghosh A. "A Scheme of Adaptive Turning Operations", Journal of Material Processing Technology.87, 119-127, 1999

Choudhury, S.K. and Appa Rao, I.V.K. "Optimization of Cutting parameters for Maximizing Tool Life", International Journal of Machine Tools & Manufacture. 39,343-353, 1999

Lakovou, Eleftherios, Chi, M. Ip and Koulamas Chritos. "Theory and Methodology Optimal Solutions for the Machining Economics Problem with Stochastically Distributed Tool Lives", European Journal of Operational Research. 63-68, 1996

Ribeiro, M.V. and Coppini. "An Applied Database System for the Optimization of Cutting Conditions and Tool Selection", Journal of Material Processing Technology. 92-93, 371-374, 1999

Bulijan, S.-T.,&Wayne,S.F. "Wear and Design of Ceramic Cutting Tool Materials", Journal of the Ceramic Society, 309-321, 1989

Boothroyd, G., "Effect of Sursafe Slope on Shear Angle in Metal Cutting", Journal of Engineering for Industry, Vol.92, No.1, pp. 115-118, 1970

ภาคผนวก

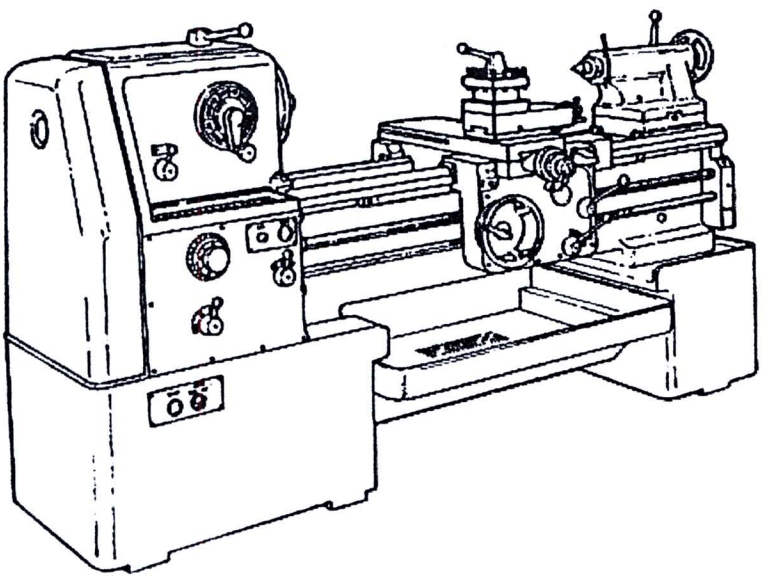
ภาคผนวก ก

การกลึง

เครื่องกลึง

1. เครื่องกลึง (Lathe)

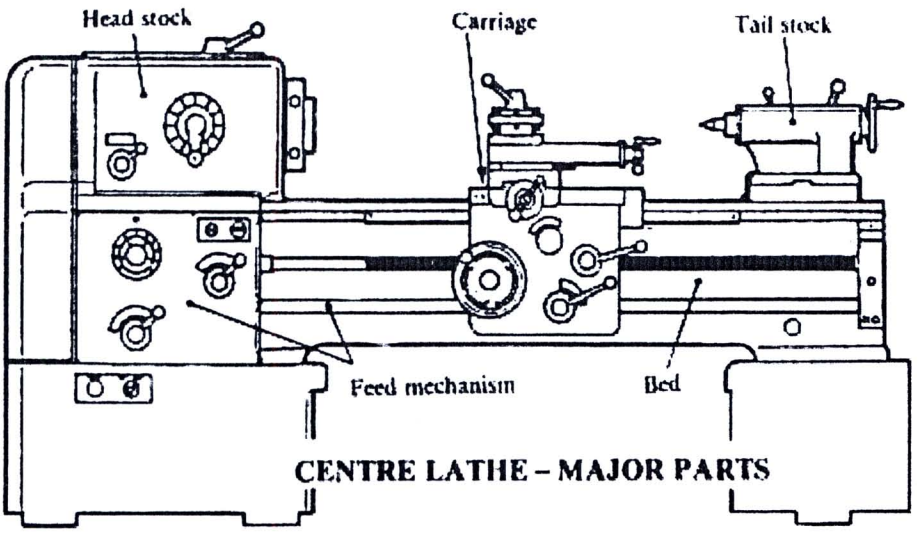
เป็นเครื่องจักรกลที่ทำงานโดยการจับยึดชิ้นงานให้แน่นและหมุนขณะที่ทำการตัดเฉือน ชิ้นงานที่ถูกตัดเฉือนด้วยมีดกลึงซึ่งจะเคลื่อนที่ไปตามความยาวของชิ้นงานชิ้นงานจะถูกตัดเฉือนออกเป็นรูปทรงกระบอกเรียกการกลึงชนิดนี้ว่า การกลึงปอกผิว หรือมีดกลึงเคลื่อนที่ตัดเฉือนชิ้นงานตามแนวขวาง เรียกการกลึงชนิดนี้ว่า การกลึงปาดหน้า นอกจากจะทำงานได้ในรูทรงกระบอกแล้วยังสามารถขึ้นรูปทรงต่างๆบนชิ้นงานได้ โดยอาศัยอุปกรณ์พิเศษต่างๆ ร่วมกับระบบขับเคลื่อนของเครื่อง เช่น การเจาะซึ่งต้องอาศัยสว่าน การพิมพ์ลาย การกลึงเกลียว โดยต้องให้ความเร็วในการตัดเฉือนสัมพันธ์กับการทำงาน



รูปที่ 1-ก เครื่องกลึงยันศูนย์ (CENTER LATHE)

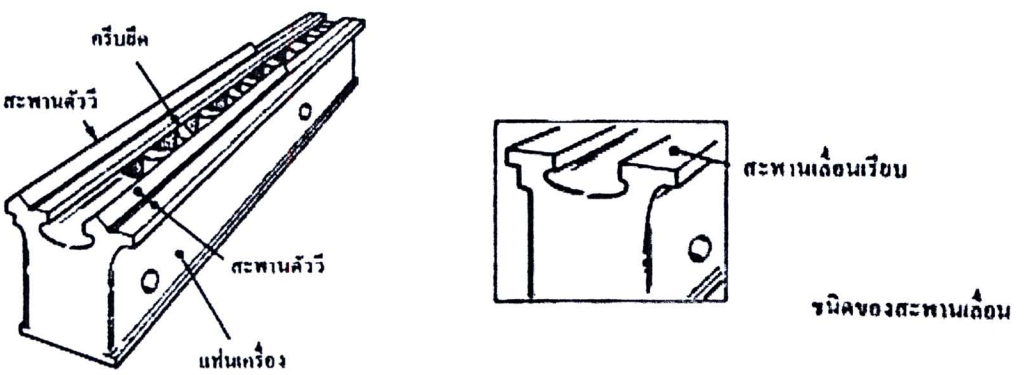
เครื่องกลึงจะแบ่งส่วนใหญ่ออกไปได้ 5 ส่วน ได้แก่

1) สะพานแท่นเครื่อง (BEN)
2) หัวแท่น (HEAD STOCK)
3) ระบบป้อน (FEED MECHANIISM)
4) ชุดท้ายแท่น (TAIL STOCK)
5) ชุดแท่นเลื่อน (CARRIAGE



รูปที่ 2-ก ส่วนต่างๆ ของเครื่องกลึง

1) สะพานแท่นเครื่อง (BEN) ทำมาจากเหล็กหล่อแข็ง ทำหน้าที่เป็นฐานรองรับชุดแท่นเลื่อนและชุดท้ายแท่นให้เลื่อนไป – มาบนสันตัววี ซึ่งจะมีครีบยึดให้ความแข็งแรง บางปริษัทจะผลิตออกมาเป็นสันแบนเรียบ



รูปที่ 3-ก ชนิดของสะพานแท่นเครื่องของเครื่องกลึง

2) ชุดหัวแท่น (HEAD STOCK) จัดเป็นชุดที่มีระบบกลไกต่างๆ ทำให้เกิดการขับเคลื่อน บางครั้งจะเรียกว่า ระบบส่งกำลัง ซึ่งทำให้งานเกิดการหมุนและสัมพันธ์กับการเคลื่อนที่ของชุดแท่นเลื่อนในขณะทำงาน และมีส่วนประกอบที่สำคัญๆ ได้แก่

2.1) ระบบเฟืองขับ (FEED DRIVE MECHANISM)

2.2) คันโยกเปลี่ยนทิศทางการป้อน (FEED DIRECTION LEVEL)

2.3) คันปรับความเร็ว (SPINDLE SPEED SELECTER)

2.4) คลัตช์ (CLUCTH)

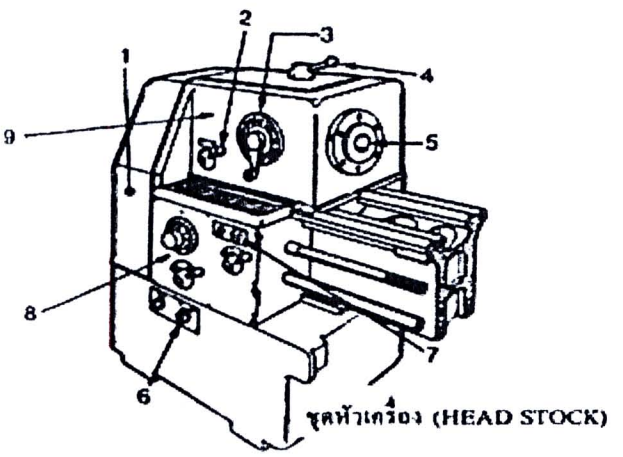
2.5) เพลางาน (LATHE SPINDLE)

2.6) สวิตช์มอเตอร์ (MOTOR SWITCHES)

2.7) สวิตช์เครื่องทำงาน (POWER ISOLATING SWICTH)

2.8) ระบบเฟืองป้อน (FEED GEAR BOX)

2.9) ระบบเฟืองขับในหัวเครื่อง (DRIVER GEAR HEADSTOCK)



รูปที่ 4-ก ชุดหัวเครื่อง

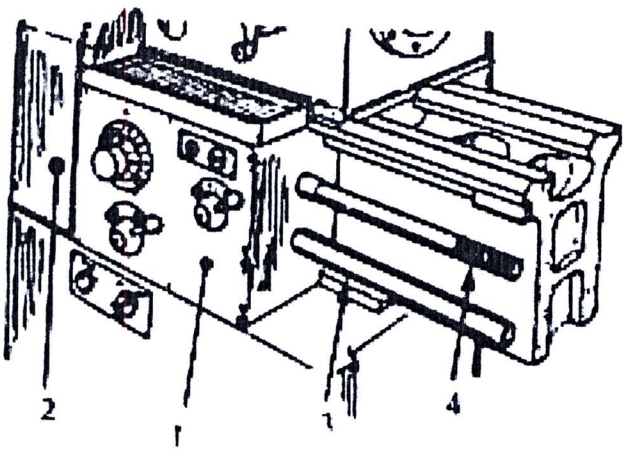
3) ระบบป้อน (FEED MECHANISM) เป็นชุดเกี่ยวกับระบบส่งกำลังทำงาน ประกอบไปด้วย

3.1) ชุดเฟืองป้อน (FEED GEAR)

3.2) ชุดเฟืองขับ (DRIVER GEAR)

3.3) เพลาป้อน (FEED SHAFT)

3.4) เพลานำ (LEAD SCREW)



รูปที่ 5-ก ระบบป้อน

ชุดเฟืองขับจะส่งกำลังขับไปให้กับเพลางาน ในขณะเดียวกันก็จะส่งกำลังขับไปยังเพลานำและเพลาป้อนให้ทำงานไปพร้อมๆกันได้ตามความต้องการในการทำงาน โดยตั้งค่าต่างๆ ตามตารางที่ติดไว้กับเครื่อง เช่น อัตราป้อน ทิศทางการทำการตัดเฉือน ความเร็วรอบในขั้นต่างๆ การเดินตัดเฉือนด้วยระบบอัตโนมัติ เพื่อให้การทำงานตัดเฉือนได้อย่างสม่ำเสมอ

4) ชุดท้ายแท่น (TAIL STOCK) ชุดท้ายแท่นสามารถเลื่อนไป – มาบนสะพานเลื่อนได้ ทำหน้าที่ประคองชิ้นงาน หรือเจาะคว้านงาน โดยอาศัยเครื่องมือประกอบช่วยชุดท้ายแท่นประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

4.1) มือหมุน (HEAD WHEEL)

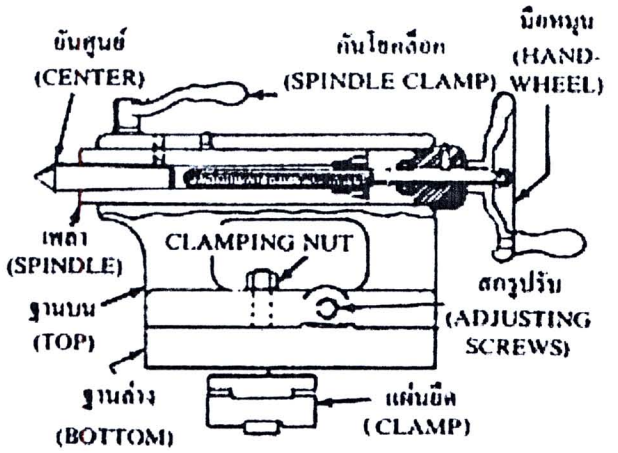
4.2) คันโยกล็อค (BODY CLAMP)

4.3) คันล็อคเพลา (SPINDLE CLAMP)

4.4) เพลาท้ายแท่น (SPINDLE)

4.5) รูเพลาเอียง (TAPERED BORE)

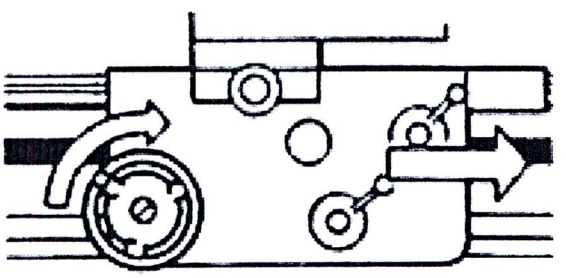
4.6) ตัวแท่น (BODY)



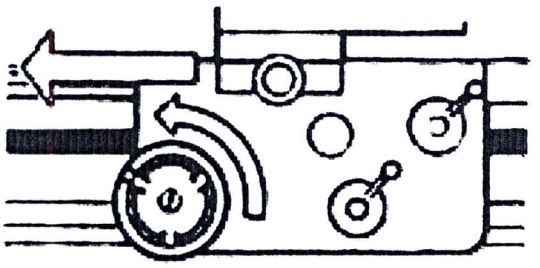
รูปที่ 6-ก ชุดท้ายแท่น

ชุดท้ายแท่นสามารถเลื่อนไป – มาบนสะพานเครื่อง เมื่อขยับให้อยู่ในตำแหน่งที่ต้องการ แล้วปรับแขนโยกให้ไปในทิศทางท้ายแท่นจะทำให้ชุดท้ายแท่นถูกยึดอยู่กับที่ การหมุนปรับเพลาท้ายแท่นจะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ออกได้ด้วยการหมุนของมือหมุน และสามารถปรับล็อคให้อยู่กับที่ได้โดยการดันดันล็อค ในกรณีที่หมุนปรับเข้า จะต้องหมุนมือหมุนกลับ

5) ชุดแท่นเลื่อน (CARRIAGE) เป็นชุดที่ใช้สำหรับจับยึดพวกเครื่องมือตัด (TOOL) ให้เลื่อนไปทำงานในทิศทางที่ต้องการ การเคลื่อนที่ของชุดแท่นเลื่อน (CARRIAGE) จะเลื่อนไปได้ 2 ทิศทางโดยการหมุนของมือหมุน ในกรณีที่หมุนตามเข็มนาฬิกาชุดแท่นเลื่อนจะเลื่อนไปทางท้ายแท่น ในกรณีที่หมุนทวนเข็มนาฬิกาชุดแท่นเลื่อนจะเลื่อนเข้าหาแท่นเครื่อง (HEAD STOCK)



รูปที่ 7-ก หมุนชุดแท่นเลื่อนไปทางชุดท้ายแท่น



รูปที่ 8-ก หมุนชุดแท่นเลื่อนไปทางหัวเครื่อง

ชุดแท่นเลื่อนจะประกอบไปด้วยส่วนใหญ่ ๆ 2 ส่วน

1) กล่องเฟือง (APRON) จะประกอบด้วยส่วนที่สำคัญดังนี้

1.1) มือหมุน (TRAVERSING HAND WHEEL)

1.2) ป้อนอัตโนมัติ (FEED SELECTOR)

1.3) ปรับหมุนเปลี่ยนทิศทางของเพลางาน (FEED LEVER)

1.4) คันโยกกลึงเกลียว (LEAD SCREW ENGAGMENT LEVER)

1.5) FEED SHAFT LEVER เป็นตัวบังคับเพลางานให้ตัดได้ 2 ทิศทาง

1.6) LEAD SCREW LEVER เป็นตัวบังคับในการเดินตัดเกลียว สามารถเดินตัดเกลียวได้ทั้งเกลียวซ้ายและเกลียวขวา

2) แคร่ครอม (SADDLE) จะเป็นชุดที่ใช้จับยึดคมตัด (TOOL) ประกอบด้วย

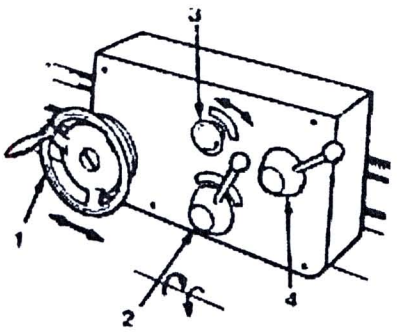
2.1) ป้อมมีด (TOOL POST)

2.2) แท่นเลื่อนบน (TOP SLIDE)

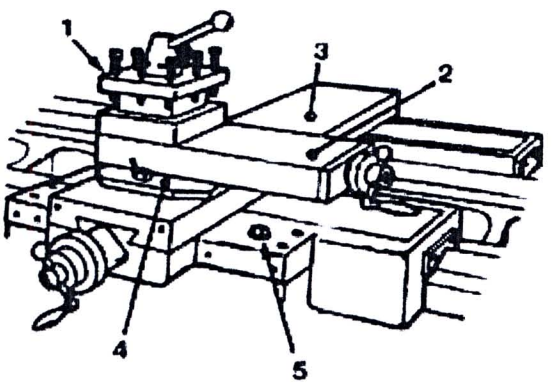
2.3) แท่นเลื่อนขวาง (CROSS SLIDE)

2.4) แท่นปรับมุม (COMPOUND REST)

2.5) ตัวล็อค (SADDLE LOCK)



รูปที่ 9-ก ชุดกล่องเฟือง



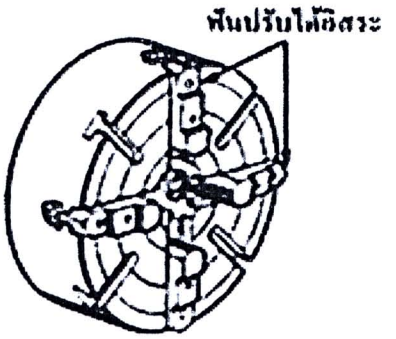
รูปที่ 10-ก ชุดแคร่ค่อม

2. อุปกรณ์จับชิ้นงาน

1) หัวจับงาน ที่ใช้กันปรกติจะเป็นชนิด 3 ฟันจับ หมุนเข้าจับงานพร้อมๆกันทั้ง 3 ฟัน และคลายออกพร้อมๆกันเช่นกัน ร่องทางเดินของฟันจับจะต้องสะอาดอยู่เสมอ อย่าให้มีเศษหรือผงโลหะเข้าไปอยู่ จะทำให้การเคลื่อนเข้าหรือคลายออกเป็นไปอย่างไม่สม่ำเสมอ จะทำให้การจับงานไม่ได้ศูนย์ และการหมุนฟันจับเข้าจับงาน จะใช้ประแจขัน และยังมีหัวจับอีกชนิดหนึ่งที่นิยมใช้คือ หัวจับแบบฟันอิสระ เหมาะสำหรับจับงานกลม งานที่ไม่เรียบ งานเหลี่ยมหรือหลายเหลี่ยมก็ได้ หรือจะเป็นรูปทรงอื่นๆ ที่ใช้การกดจับแบบสี่จุด แล้วสามารถจับชิ้นงานได้แน่นพอที่จะทำการตัดเฉือนได้ หัวจับแบบนี้ฟันจับแต่ละอันปรับได้อย่างอิสระ จับงานได้แน่น ฟันจับสามารถจะถอดกลับจับชิ้นงานที่มีขนาดต่างๆ ได้ตามความเหมาะสม

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

รูปที่ 11-ก หัวจับแบบฟันพร้อม



รูปที่ 12-ก หัวจับแบบฟันอิสระ

2) การจับงานด้วยหัวจับแบบฟันพร้อมและหัวจับแบบฟันอิสระ

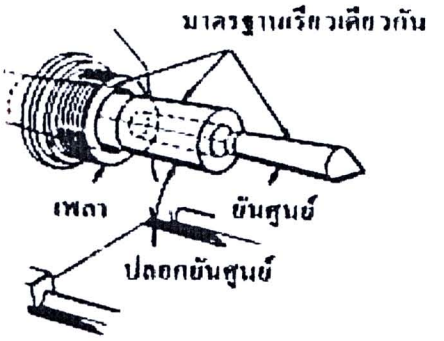
2.1) เป็นการจับงานทรงกระบอกที่ผิวภายนอกใส่งานเข้าไปขันหัวจับ ฟันทั้ง3 จะเคลื่อนที่จับงานพร้อมๆ กัน ทำให้งานได้ศูนย์ด้วย

2.2) งานที่มีขนาดใหญ่จะถอดสลักออกและกลับฟันจับ หรือถอดออกเปลี่ยนฟันชุดใหม่ทั้ง 3 ฟัน

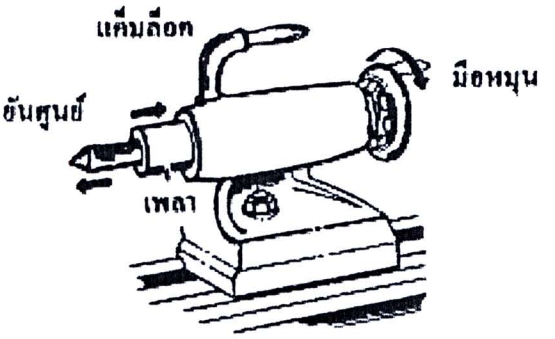
2.3) งานที่มีรูดว้านโตๆ ก็ใช้ฟันจับจับยึดรูภายในของชิ้นงาน

2.4) ยันศูนย์หัวและยันศูนย์ท้าย กรณีที่ใช้ศูนย์ด้านหัวเครื่องประกอบเข้ากับเพลา โดยอาศัยปลอกยันศูนย์และตัวยันศูนย์ซึ่งจะต้องเป็นเรียวมาตรฐานเดียวกัน เมื่อทำการตรวจสอบศูนย์เรียบร้อยแล้ว จะใช้ปลายแหลมของยันศูนย์นี้ช่วยในการติดตั้งมีดกลึง ส่วนยันศูนย์

ท้ายนั้นจะใช้เป็นตัวประคองชิ้นงานที่ไม่มั่นคง โดยมักจะใช้ศูนย์ตาย ซึ่งจะมีมุมแหลมของเรียวโต ประมาณ 60 องศา



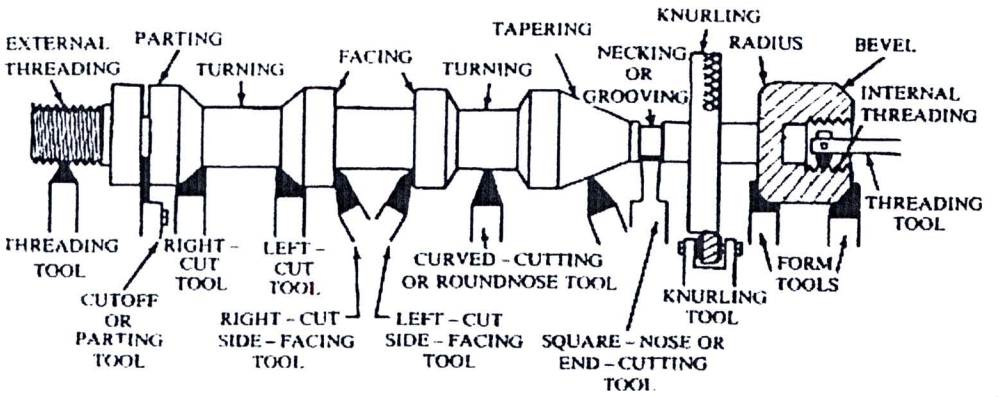
รูปที่ 13-ก ยันศูนย์หัว



รูปที่ 14-ก ยันศูนย์ท้าย

3. มีดกลึง (Tool lathe)

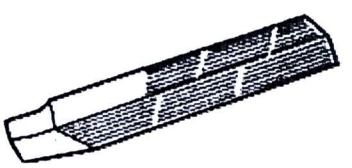
การกลึงงานให้เป็นรูปร่างลักษณะตามแบบที่กำหนด จำเป็นต้องอาศัยมีดกลึงทำหน้าที่ตัดเฉือนออกในขณะหมุนงาน มีดกลึงมีหลายลักษณะ รูปร่างแตกต่างกันออกไปตามการปฏิบัติงาน



รูปที่ 15-ก ชนิดของคมตัดเฉือนบนเครื่องกลึงที่ใช้กันทั่วๆ ไป

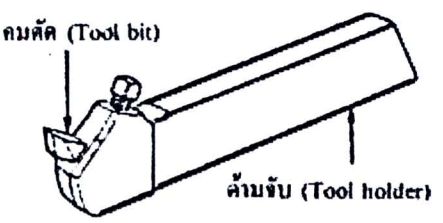
3.1 ชนิดของด้ามจับมีดกลึงและการทำงานของมีดกลึง

1) รูปร่างลักษณะมีดกลึงที่ทำมาจากเหล็ก High speed steel ชนิดนี้มีขนาดเล็ก ซึ่งจะต้องใช้ร่วมกับด้ามจับ ส่วนชนิดที่เป็นแท่งใหญ่ไม่ต้องใช้ด้ามจับ



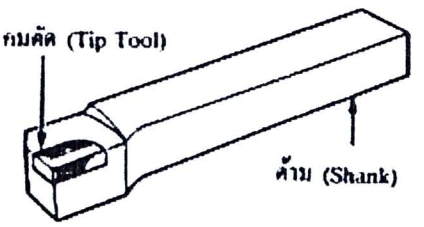
รูปที่ 16-ก มีดกลึง

2) ลักษณะของด้ามจับซึ่งมีมีดจับอยู่ด้วย มีดจะโผล่ออกมาเฉพาะคมตัด ต้องไม่โผล่ออกมามากเกินไปเพราะจะทำให้แตกหักได้ให้ขณะใช้งาน



รูปที่ 17-ก ด้ามจับและมีดกลึง

3) ลักษณะของมีดเล็บ (Tipped tool) จะเป็นชิ้นเล็กๆ บางๆ ซึ่งมีความแข็งสูง มีราคาแพง เหมาะกับงานที่มีความแข็งมากๆ การลับคมจะแตกต่างไปกว่ามีดกลึงทั่วๆไป



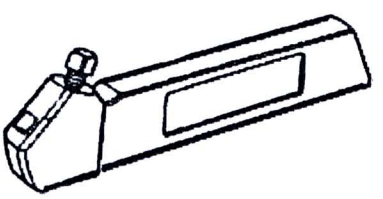
รูปที่ 18-ก มีดเล็บ

4) ลักษณะของด้ามจับ จะมีชื่อเรียกแตกต่างกันออกไปตามรูปร่างและการใช้งาน

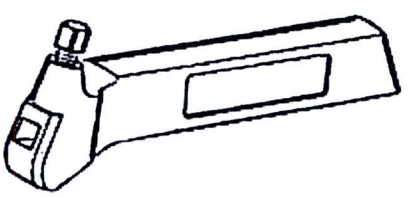
4.1) ด้ามมีดจับตรง (Straight tool holder)

4.2) ด้ามมีดจับเอียงขวา (Right hand tool holder)

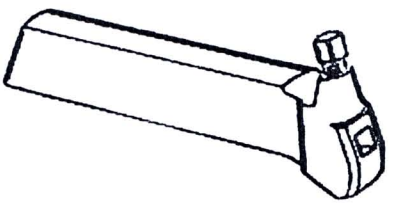
4.3) ด้ามมีดจับเอียงซ้าย (Left hand tool holder)



รูปที่ 19-ก ด้ามจับตรง



รูปที่ 20-ก ด้ามมีดจับเอียงขวา



รูปที่ 21-ก ด้ามจับเอียงซ้าย

ด้ามมีดทั้ง 3 แบบนิยมใช้กลึงงานทั่วๆ ไปและใช้กันมาก ด้ามมีดจะถูกเจาะเอียงทำมุมประมาณ 15-20 องศา เพื่อให้คมมีดสูงและไม่เกิดการเสียดสีขณะทำงานนอกจากเฉพาะคมเท่านั้น

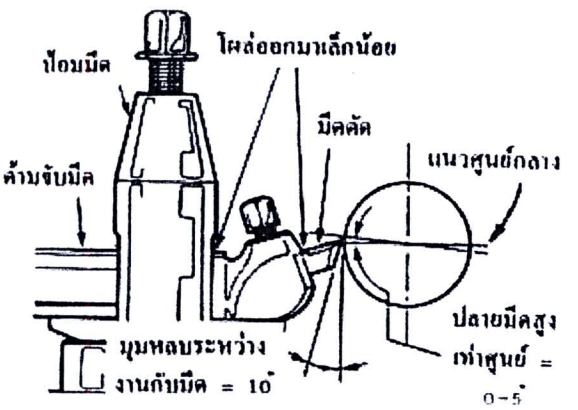
3.2 การประกอบมีดกลึงเข้ากับด้ามจับ

การประกอบมีด (Tool) เข้ากับด้ามมีด (Tool holder) เมื่อนำไปจับยึดด้วยป้องมีด (Tool post) และป้อมมีดนี้จะถูกจับยึดอยู่บน Compound rest สิ่งที่ต้องคำนึงถึงก่อนลงมือทำงานคือ

1) ด้ามมีดและตัวมีด จะต้องโผล่ออกมาจากที่จับเพียงเล็กน้อย เพื่อความแข็งแรงและปลอดภัยในการทำงาน

2) ปลายคมตัดจะต้องอยู่เหนือแนวศูนย์กลางของงานประมาณ 0-5 องศา เพื่อไม่ให้เกิดการงัดในขณะทำงาน

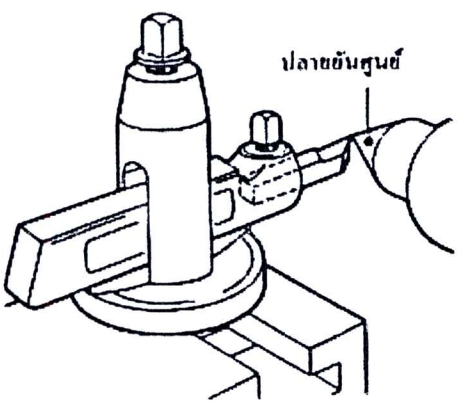
3) มุมหลบหน้ามีด (Front clearance) จะหลบประมาณ 10 องศา เพื่อลดการเสียดสีของงานในขณะทำการตัด



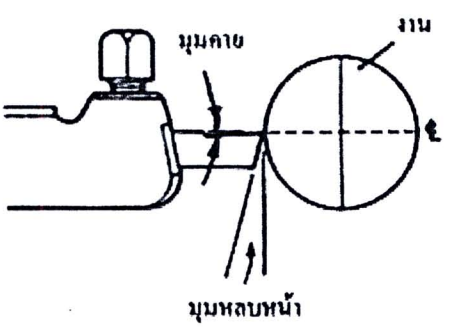
รูปที่ 22-ก แสดงการทำงานของคมมีด

เมื่อนำด้ามมีด (Tool holder) มาจับยึดบนป้อมมีด (Tool post) ด้ามมีดนี้จะถูกวางอยู่บนลิ่ม (Wedge) ซึ่งมีลักษณะเป็นส่วนโค้ง และปรับขยับได้ในแนวรัศมีนี้ ลิ่มจะวางอยู่บนแหวนรอง สามารถหมุนไป-มาได้รอบตัว (360 องศา) ดังนั้นการปรับปลายคมตัด ให้เอียงอยู่ในระดับต่างๆ กับผิวงาน ทำได้โดยการขยับด้ามมีดและลิ่มร่วมกัน

กรรมวิธีการตรวจสอบความสูงของปลายมีด ให้สูงอยู่ในแนวระดับเส้นศูนย์กลางของงาน กระทำได้โดยให้ปลายมีดแตะเทียบกับปลายยันศูนย์ของชุดท้ายแท่น (Tail stock) ซึ่งปลายของมีด (Tool) จะอยู่ในระดับเส้นศูนย์กลางของชิ้นงาน

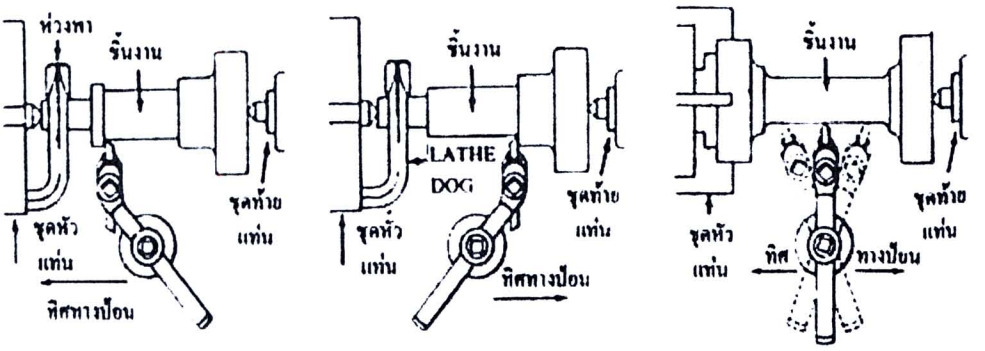


รูปที่ 23-ก การตรวจสอบปลายมีดกับยันศูนย์



รูปที่ 24-ก ระดับปลายมีดจะอยู่ที่เส้นศูนย์กลาง

ลักษณะการทำงานของด้ามมีดแบบ Standard tool post แสดงไว้ดังรูปที่ 25



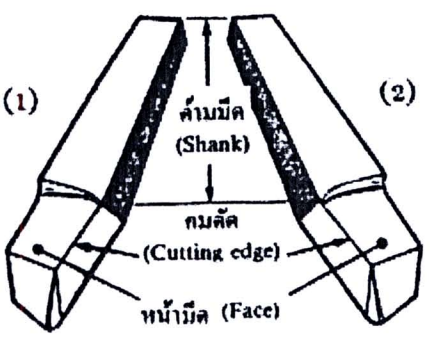
รูปที่ 25-ก แสดงการทำงานของมีดแบบต่างๆ

3.3 ชนิดของมีดกลึงและการทำงาน

1) มีดกลึง (Tool lathe) มีดกลึงที่ใช้ในงานกลึงโดยทั่วๆ ไป จะทำมาจากเหล็กทำเครื่องมือ (Tool steel) ทนความร้อนได้สูง มีความเหนียว ความแข็ง มีชื่อเรียกอีกอย่างว่าเหล็กรอบสูง (High speed steel) ถ้างานที่มีความแข็งสูงจะใช้วัสดุที่ทำมีดกลึงด้วยทังสเตนคาร์ไบด์ ซึ่งเรียกว่า Carbide tip หรือมีดเล็บ มีดกลึงโดยทั่วๆ ไปในการกลึงปอกผิวจะมีคมตัด 2 ลักษณะ คือ

1.1) มีดกลึงคมตัดขวา (Right hand tool)

1.2) มีดกลึงคมตัดซ้าย (Left hand tool)



รูปที่ 26-ก ชนิดของมีดกลึง

2) รูปร่างลักษณะและส่วนต่างๆ ของมีดกลึงมีการเรียกชื่อคือ

2.1) ความยาวของคมตัด

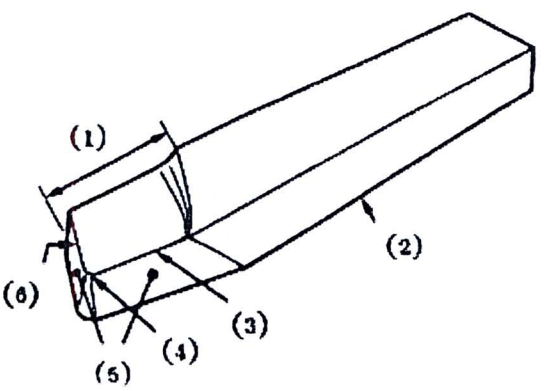
2.2) ลำตัว

2.3) คมตัด

2.4) ปลายคม

2.5) คมตัดด้านหน้า

2.6) ผิวข้างของคมตัด



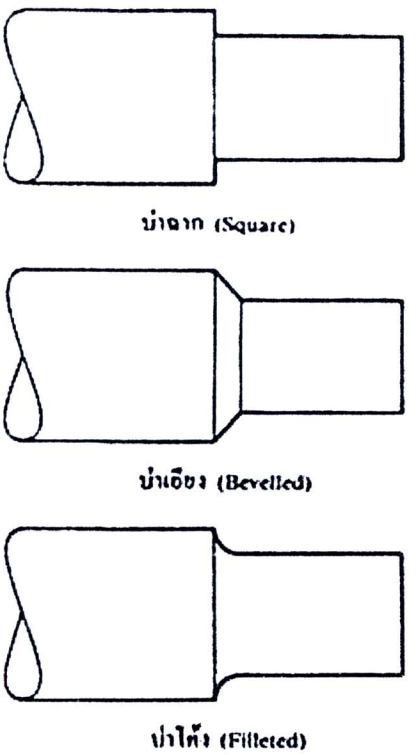
รูปที่ 27-ก ส่วนต่างๆ ของมีดกลึง

3) ชนิดของงานกลึงปอกโดยทั่วๆ ไปแล้วมีดกลึงจะกลึงตัดผิวงาน ทำให้เกิดบ่างาน แบ่งออกโดยทั่วๆ ไปได้ดังนี้

3.1) บ่าฉาก (Square)

3.2) บ่าเอียง (Bevelled)

3.3) บ่าโค้ง (Filleted)

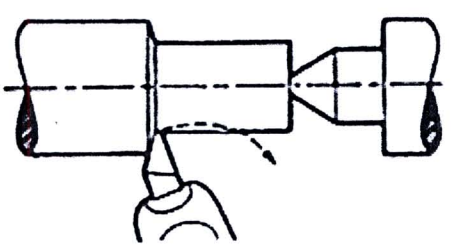


รูปที่ 28-ก ลักษณะงานกลึง

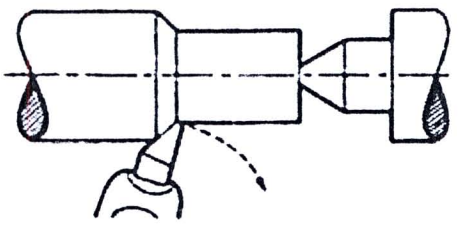
4) การปรับขยับคมมีดให้ทำการตัดเฉือนชิ้นงานจะทำได้ 2 ทิศทางคือ

4.1) เอียงคมมีดมาทางด้านหัวเครื่อง (Head stock) ไม่นิยมใช้เพราะจะทำให้มีดดีดกลับกินเนื้องานถ้ามีดหลุด

4.2) เอียงคมมีดมาทางชุดท้ายแท่น (Tail stock) นิยมใช้งานกันมาก เมื่อมีดหมุนจะไม่กินเนื้องาน



รูปที่ 29-ก แสดงการตั้งมีดกลึงเอียงเข้าหาหัวเครื่อง



รูปที่ 30-ก แสดงการตั้งมีดกลึงเอียงหนีหัวเครื่อง

5) ลักษณะและรูปร่างของคมตัดของมีดกลึงจะถูกลับและแต่งคมตามความต้องการของการใช้งาน

5.1) มีดกลึงหยาบ (Rough turning) จะมีคมตัดทั้งซ้ายและขวา ใช้สำหรับปอกกลึงผิวงาน ออกในช่วงแรกๆ

5.2) มีดกลึงผิวเรียบแบบคมตัดตรง (Straight round nose tool) จะทำการตัดเฉือนได้ 2 ทิศทาง (ดูตามลูกศร) จะใช้กลึงผิวสำเร็จ เพื่อที่จะให้ผิวเรียบนำไปใช้งานได้ จะทำการตัดเฉือนผิวงานได้ทีละน้อยๆ

5.3) มีดกลึงผิวเรียบแบบคมตัดขวา (Right hand finishing tool) ใช้กลึงผิวเรียบในขั้นสุดท้าย สามารถทำการตัดเฉือนได้ในทิศทางเดียว (ดูตามลูกศร)

5.4) มีดกลึงปอกผิวแบบสปริง (Spring finishing tool) จะมีคมตัดทั้งซ้ายและขวา ตามภาพเป็นคมตัดขวา

5.5) มีดกลึงหน้างอ (Facing operation) จะมีทั้งคมตัดซ้ายและคมตัดขวา ใช้สำหรับกลึงปาดผิวฉากโดยทำการตัดเฉือนได้ 2 ทิศทาง ตามภาพเป็นคมตัดซ้าย

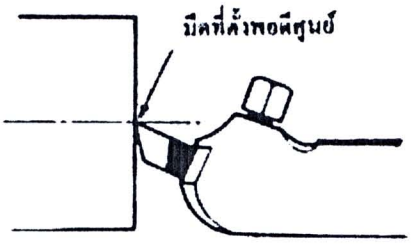
5.6) มีดกลึงปาดหน้า (Facing between center) ใช้ปาดหน้าผิวงาน มีลักษณะคมตัดทั้งซ้ายและขวาตามความต้องการใช้งาน จะใช้ปาดหน้าผิวงานที่ถูกจับอยู่ด้วยยันศูนย์ ตามภาพเป็นคมตัดขวา

6) การตั้งมีดกลึงทำงาน

6.1) ลักษณะของมีดที่ตั้ง ต่ำกว่าศูนย์กลาง เมื่อตัดเฉือนแล้วจะเกิดการตักเฉือนไม่หมด ทำให้เกิดการหักได้ง่าย คมมีดอาจจะแตกบิ่นชิ้นงานงานเสียหายได้

6.2) ลักษณะของมีดที่ตั้ง พอดีศูนย์กลางของงาน การปาดผิวหน้าของงาน หรือการตัดขาดจะทำได้ดีโดยที่มีดและงานไม่เสียหาย

6.3) ลักษณะของมีดที่ตั้ง อยู่กว่าศูนย์กลางของงาน ปลายมีดจะอัดกับงาน ทำให้แตกหัก และงานจะถูกตัดเฉือนไม่ตลอด



รูปที่ 31-ก ตั้งมีดพอดีศูนย์

7) มุมของมีดกลึงที่เหมาะกับวัสดุงาน มีดกลึงโดยทั่วไปจะเป็นแท่งสี่เหลี่ยมตัน ซึ่งมีซื้อขายกันอยู่ทั่วไป ทั้งยังแบ่งเป็นขนาดต่างๆ ตามการใช้งาน ก่อนที่จะนำมีดกลึงไปใช้งาน จะต้องมีการลับแต่งมีดให้เกิดคมตัดเสียก่อน ส่วนต่างๆ ที่ถูกลับออกไปจะทำให้เกิดมุมขึ้น ซึ่งมีเรียกดังนี้

7.1) มุมคายเศษ (Top rake angle) มีไว้สำหรับคายเศษโลหะ

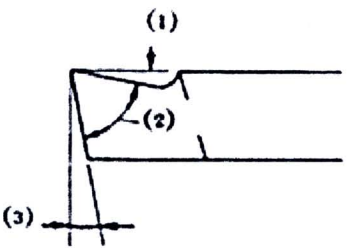
7.2) มุมคมตัดหน้า (Front cutting angle)

7.3) มุมหลบหน้า (Front clearance angle)

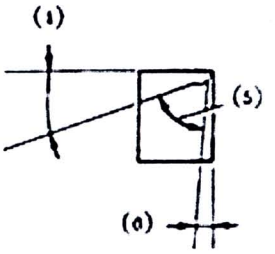
7.4) มุมหลบข้าง (Side rake angle)

7.5) มุมคมตัดข้าง (Side cutting angle)

7.6) มุมหลบข้าง (Side clearance angle)



รูปที่ 32-ก ภาพด้านข้างของมีดกลึง



รูปที่ 33-ก ภาพด้านหน้าของมีดกลึง

8) ลักษณะคมตัด (Tool angle) เมื่อทำการตัดเฉือนผิวงาน ปลายคมตัดจะแตะอยู่ที่ผิวงาน ทำการเฉือนตัดออกด้วยมุมตัด และดันเศษโลหะคายออกทางด้านมุมคาย และลดการเสียดสีด้วยการทำมุมหลบ

8.1) กรณีมีดกลึงที่ ไม่มีมุมคาย เศษโลหะ ขณะทำการตัดเฉือน เศษจะหักเป็นชิ้นเล็ก

8.2) กรณีมีดกลึงที่ มีมุมคาย เศษโลหะ ขณะทำการตักเฉือน เศษจะหักเป็นชิ้นๆ

ตารางที่ 8.1-ก ตารางค่ามุมต่างๆ ที่เหมาะกับวัสดุงาน

ตารางค่ามุมต่าง ๆ ของมีดที่เหมาะกับวัสดุงาน

วัสดุงานที่นำมากลึง	Front Clearance	Side Clearance	Top Rake	Side Rake	Front Cutting Angle	Side Cutting Angle
Low Carbon Steel	8°	12°	15°	17°	67°	61°
Medium Carbon Steel	8	10	12	15	70	65
High Carbon Steel	8	10	8	12	74	68
Cast Iron	8	8	5	12	77	70
Brass	8	10	0	0	82	80
Bronze	8	10	0	0	82	80
Aluminium	8	12	35	15	47	63

ค่าตารางข้างบนนี้ เป็นค่าของมุมต่างๆ ของมีดที่ใช้กลึงวัสดุต่างชนิดกัน เนื่องจากความแข็ง-เปราะ-เหนียว ไม่เท่ากัน จึงได้มีการทดลองลับมีดที่มุมต่างๆ จนได้กำหนดเป็นหลักในการลับมุมมีดสำหรับการกลึงงาน

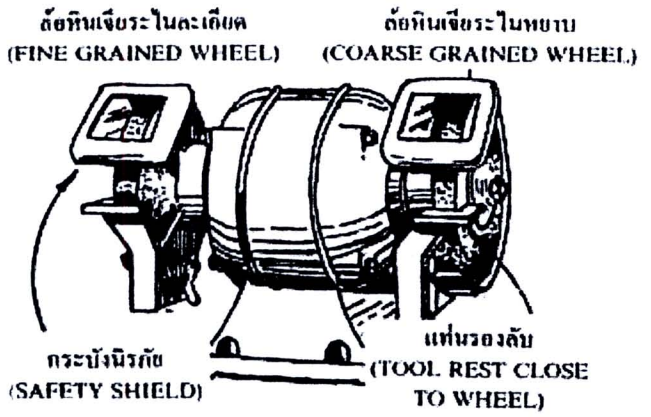
9) ส่วนต่างๆ ของล้อหินเจียระไน และการลับมีดกลึง ส่วนประกอบต่างๆ ของหินเจียระไนตั้งโต๊ะ ซึ่งประกอบด้วนส่วนใหญ่ดังนี้

9.1) ล้อหินเจียระไนหยาบ (Coarse grined wheel) ใช้ลับงานหยาบ

9.2) ล้อหินเจียระไนละเอียด (Fine grined wheel) ใช้ลับงานละเอียด

9.3) แท่นรองลับ (Tool rest close) ใช้วางพักงานที่นำมาลับ

9.4) กะบังนิรภัย (Safety shield) ป้องกันการกระเด็นของเศษลับเข้าตาและโดนส่วนต่างๆของร่างกาย



รูปที่ 34-ก เครื่องเจียระไน

10)ข้อควรปฏิบัติในการการลับมีดกลึงด้วยมือ

10.1)ใช้ชุดทำงานที่รัดกุม อยู่ในสภาพเรียบร้อยมิดชิดป้องกันการกระเด็นโดนส่วนต่างๆ ของร่างกาย

10.2)สวมแว่นตานิรภัย (Safety goggles)

10.3)สวมรองเท้านิรภัย (Safety boots)

10.4)เก็บกวาดพื้นให้สะอาดอยู่เสมอ

10.5)เครื่องจะต้องอยู่ในสภาพพร้องใช้งาน มีที่รองลับมีด มีกระจกป้องกันการกระเด็น และมีกล่องใส่น้ำ สำหรับระบายความร้อนในขณะลับ

11)การลับมีดกลึง การจับมีดกลึงจะต้องจับให้กระชับมือ และถนัด จับให้แน่น ป้องกันการกระเด็น หมั่นนำจุ่มน้ำบ่อยๆ เพื่อไม่ให้มีดไหม้ และเป็นการระบายความร้อน

รูปที่ 35-ก แสดงการจับและการลับมุมหลบข้าง

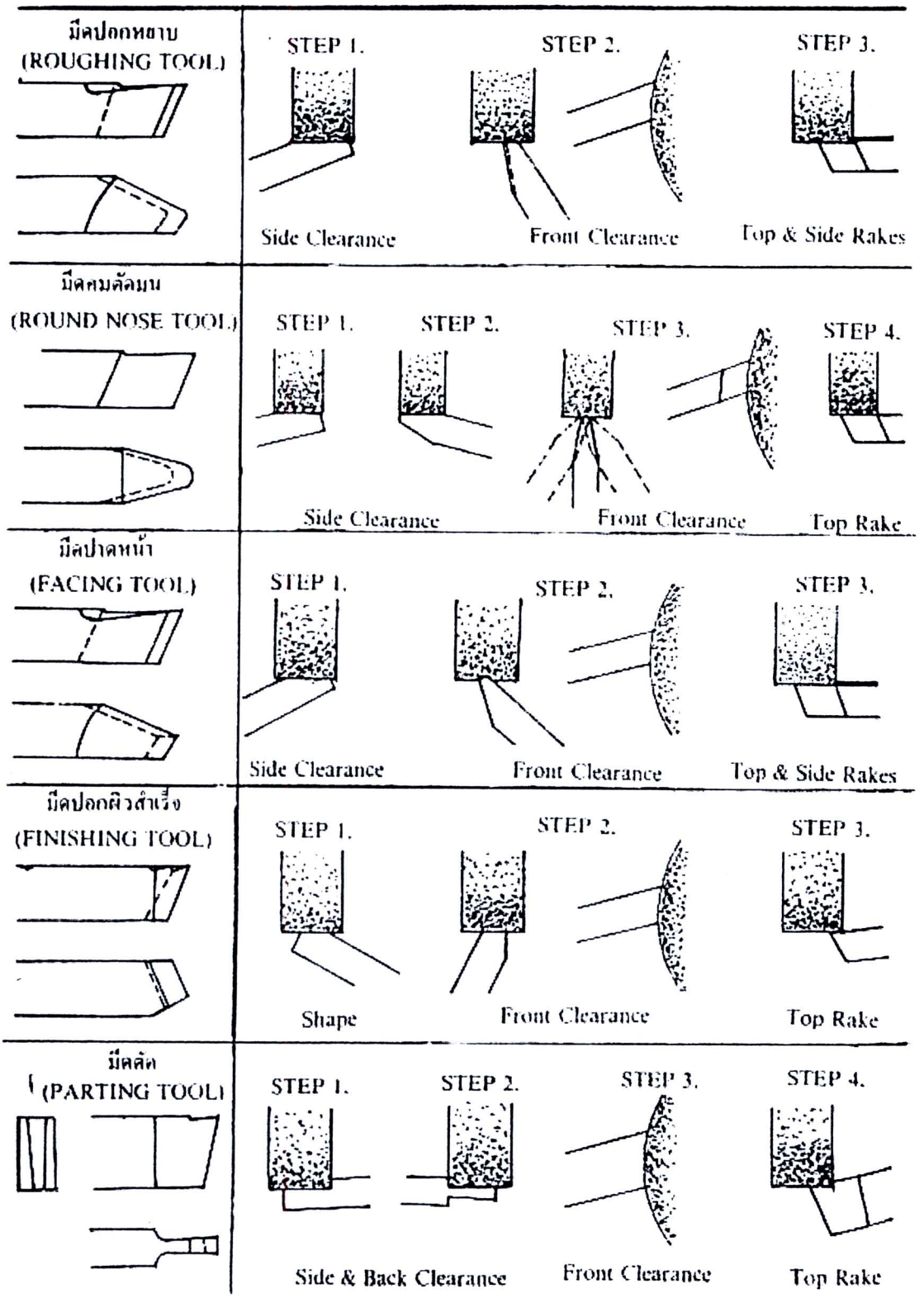
* หมายเหตุ- อย่าจับมีดเฉพาะที่จะต้องเคลื่อนที่ไป-มาตลอดหน้าเจียระไน และออกแรงกดมีดอย่าใส่แรงมาก-น้อยเกินไป การลับนี้จะต้องอาศัยประสบการณ์

12) ข้อควรปฏิบัติในการการลับมีดกลึงด้วยมือ

12.1)แท่นรองรับชิดเกินไป จะทำให้ประกายและเศษลูกไฟระบายลงด้านล่างไม่ได้ จะกระเด็นถูกมือเจ็บ

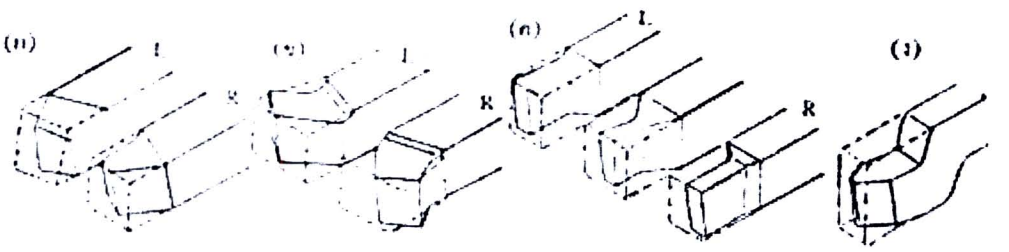
12.2)แท่นรองรับห่างเกินไป จะทำให้เกิดการงับได้ง่ายขณะทำการลับ

12.3)แท่นรองรับจะต้องห่างจากหน้าเจียระไน ไม่เกิน 1.5 มม. จึงจะทำให้การลับนั้นปลอดภัยและทำงานดีมีดหลังจากการลับแล้วจะนำมาประกอบเข้ากับด้ามจะเกิดมุม Clearance บนมีดมากขึ้นอีก



รูปที่ 36-ก แสดงท่าทางการลับมีดในลักษณะต่างๆ

13) วิธีการสังเกตลักษณะคมตัดของมีด ว่าจะเป็นคมตัดชนิดใด เพื่อจะเลือกใช้งานได้ถูก วิธีการง่ายๆ โดยการจับคมมีดเข้าหาตัว (ดูตามภาพ ก และ ข) แล้วสังเกตดูที่คมตัดว่าจะอยู่ในลักษณะใด หรือจะสังเกตจากการทำงานบนเครื่องโดยดูที่คมตัดทำการตัดเฉือน ถ้าตัดจากหัวเครื่องมาทางชุดท้ายแท่น (Tail stock) คมตัดลักษณะนี้เรียกว่า คมตัดซ้าย (Left) ถ้าทำการตัดจากชุดท้ายแท่นไปยังหัวเครื่อง (Head stock) เรียกว่าคมตัดขวา (Right) หรือการทำการตัดเฉือนในแนว Cross slide ถ้าเริ่มตัดจากด้านที่ยืนปฏิบัติงานออกไปทางด้าน Attachment จะเรียกว่ามีดคมตัดซ้าย



รูปที่ 37-ก แสดงถึงลักษณะคมตัดซ้ายและขวา ของมีดที่ใช้งานกันมาก

ภาพ ก มีดปอกผิวงานหยาบ

ภาพ ข มีดลบคม

ภาพ ค มีดตัดซึ่งแบ่งคมตัดออกเป็น 3 แบบ ซ้าย ขวา และกลาง

ภาพ ง มีดกลึงเกลียว สามารถทำงานได้ 2 ทิศทาง (ซ้ายและขวา)

14) การแต่งล้อหินเจียระไน

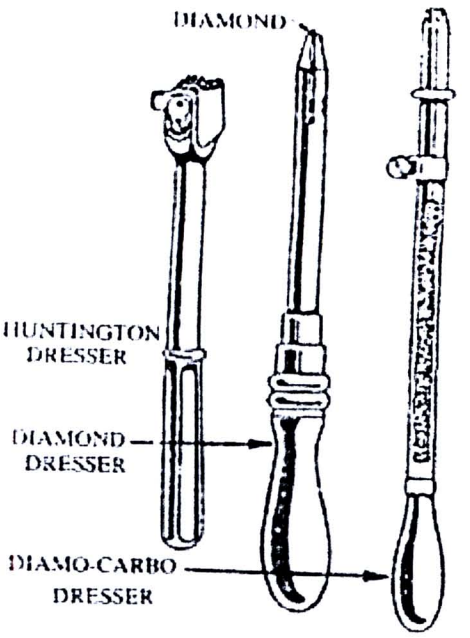
หินเจียระไน (Grinding) เมื่อใช้งานไปนานๆ เม็ดหินจะทื่อ และเกิดการอุดตันของเศษเจียระไน ทำให้หินไม่คม เมื่อใช้งานจะเกิดความร้อนสูง

วิธีแก้ปัญหานี้โดยใช้ที่แต่งหน้าหินเจียระไน แบ่งออกเป็น 3 แบบที่นิยมใช้งานกันอยู่ทั่วๆ ไป สำหรับหินเจียระไนมือ

14.1) Diamo-Carbo dresser

14.2) Diamond Dresser

14.3) Huntington Dresser



รูปที่ 38-ก ที่แต่งล้อหินเจียระไน

15) ข้อควรระวังในการลับมีด

15.1) สวมแว่นตาทุกครั้งที่ทำการลับเพื่อป้องกันการกระเด็นของเศษหินเข้าตา

15.2) สวมชุดฝึกงานให้เรียบร้อย พร้อมทั้งใส่รองเท้าหุ้มส้นด้วยจะช่วยป้องกันอันตรายได้

15.3) ตรวจสอบความเรียบร้อยของเครื่องก่อนจะเปิดเครื่องทำงาน

15.4) หน้าล้อหินเจียระไนจะต้องเรียบและอยู่ไม่ห่างจากแท่นรองรับมีดเกิน 1.5 มิลลิเมตร

15.5) ขณะทำการลับจะต้องนำมีดชุบน้ำบ่อยๆ เพื่อป้องกันการไหม้ของคมมีด

15.6) เมื่อหน้าหินเจียระไนไม่เรียบจะต้องแต่งด้วยล้อหินให้เรียบก่อนจะลงมือลับ

15.7) ล้อหินเจียระไนที่ใช้สำหรับลับมีด ห้ามนำวัสดุอื่นๆ ไปลับ

15.8) เริ่มต้นลับให้ลับกับล้อหินหยาบก่อนแล้วลับแต่งด้วยล้อหินชนิดละเอียด

4. ความเร็วตัดและอัตราป้อนตัด

1) ความเร็วตัด (Cutting speed) หมายถึง คมตัดของเครื่องมือทำการตัดเฉือนผิวงานในเวลา 1 นาที จะได้ระยะความยาวคิดออกมาเป็นเมตร

สูตร $$n = \frac{CuttingSpeed}{\pi D} \text{ (RPM)}$$

กำหนดให้

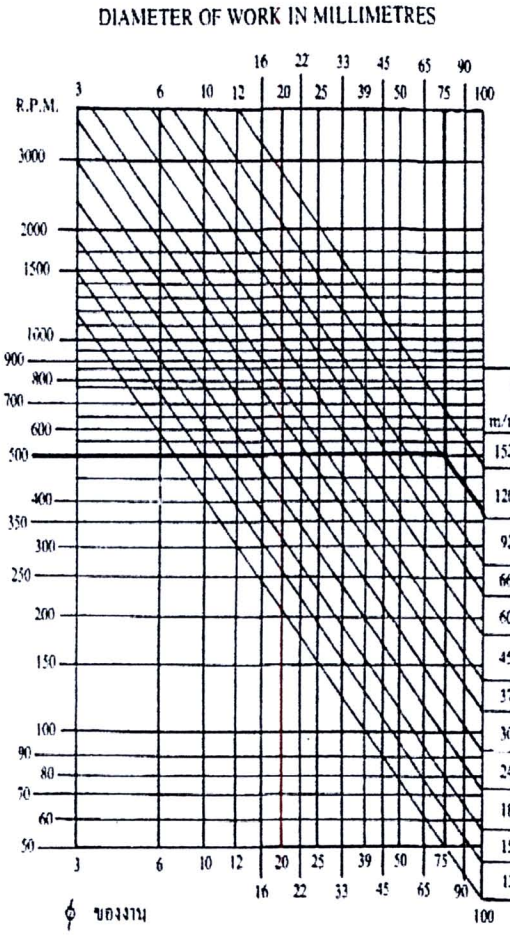
n = ค่าความเร็วรอบของเพลาใน 1 นาที (RPM)

d = เป็นขนาดความโตของชิ้นงาน

คิดที่งานหมุนครบ 1 รอบ คมตัดจะตัดผิวงานเท่ากับ d

ความเร็วรอบจำนวน n รอบ ผิวงานจะถูกตัดเท่ากับ dn

ตารางค่าความเร็วตัดเลือกใช้ตามชนิดของวัสดุงานและการทำงาน



CONDITION OF MATERIAL

F.C.	*Free cuting*
S	*Soft*
M	*Medium*
H	*Hard*
T	*Tough*
A	*Alloy*

CUTTING SPEED m/min	TURNING Rough	TURNING Finish	DRILLING	Tool Material
152	Bronze	Bronze Mild steel F.C.		CEMENTED CARBIDE
120	Mild steel F.C.	Mild steel Cast iron S		
92	Mild steel Cast iron S	Steel M Cast iron M		
66	Steel M	Steel H		
60	Cast iron			
		Brass S	Brass S	HIGH SPEED STEEL
45	Brass S	Mild steel F.C.	Brass M	
37	Mild steel F.C.	Mild steel	Brass H	
30	Mild steel	Steel M Cast iron S	Cast iron S Mild steel F.C.	
24	Steel M Cast iron S	Cast iron M	Mild steel	
18	Cast iron M	Steel T Cast iron H	Steel M Cast iron M	
15	Cast iron H	Steel A	Steel T	
12	Steel A		Cast iron H	

CUTTING SPEEDS NOMOGRAM

รูปที่ 39-ก ตารางค่าความเร็วตัด

2) อัตราป้อนตัด (Feed) หมายถึงระยะทางการเดินป้อนของมีดไปตามความยาวของชิ้นงาน ในแต่ละรอบของการหมุนของเพลาของเครื่อง หรือการป้อนตัดอาจพิจารณาจากความหนาของเศษตัดการป้อนตัด 0.5 มม. หมายถึง มีดตัดเคลื่อนที่เป็นระยะทาง 0.5 มม. ตามความยาวของชิ้นงานขณะที่ชิ้นงานหมุนได้ 1 รอบ

ดังนั้นถ้าเพลาเครื่องหมุนได้ 20 รอบ คมตัดจะเคลื่อนที่เป็นระยะทาง 0.5x20 =10.0 มม.ในกรณีที่ทำการตัดเฉือนผิวงานออกเพียง 2 ครั้ง ให้ได้ผิวงานสำเร็จขั้นสุดท้าย ควรตัดเฉือนผิวงานออก 1 ครั้ง แล้วตัดเฉือนผิวงานขั้นสุดท้าย ศษกลึงขณะที่ทำการกลึงไหลออกมาเร็วมากที่สุดเท่าที่เป็นไปได้ ผิวงานออกมาไม่เรียบ การกลึงลักษณะนี้เรียกว่า การกลึงหยาบ เศษกลึงขณะทำงานไหลออกมาน้อย ผิวงานเรียบ เรียกกรรมวิธีการกลึงลักษณะนี้ว่า การกลึงละเอียด ส่วนมากจะใช้กลึงในขั้นสุดท้าย จะได้ผิวเรียบและขนาดถูกต้อง

$$\text{ระยะทางเดินมีด} = \text{Feed X RPM}$$

เมื่อ

RPM = จำนวนรอบต่อนาที

FEED = อัตราป้อนตัด (มม./รอบ)

ภาคผนวก ข

การกำหนดปัจจัย ระดับขอบเขต และ สัญลักษณ์ ในการหาปัจจัยที่มีผลต่อ การกลึงปอกผิวเหล็กกล้า St.37

การกำหนดปัจจัย ระดับขอบเขต และสัญลักษณ์

ตารางที่ 1-ข ระดับและขอบเขตของปัจจัยในการคัดกรองปัจจัย

ปัจจัย	ระดับการตั้งค่า		สัญลักษณ์
	-1 (ระดับต่ำ)	+1 (ระดับสูง)	
น้ำมันหล่อเย็น	น้ำมันสบู่	น้ำมันกึ่งสังเคราะห์	A
อัตราป้อน	0.05 มิลลิเมตรต่อรอบ	0.10 มิลลิเมตรต่อรอบ	B
ความเร็วตัด	28 เมตรต่อนาที	70 เมตรต่อนาที	C
ระยะป้อนลึก	0.1 มิลลิเมตร	0.5 มิลลิเมตร	D
มุมมีดกลึง α	5 องศา	8 องศา	E
มุมมีดกลึง β	68 องศา	75 องศา	F
มุมมีดกลึง γ	10 องศา	14 องศา	G

รูปแบบการทดลอง

ตารางที่ 2-ข รูปแบบและลำดับขั้นการออกแบบการทดลองในการคัดกรองปัจจัย

ลำดับการทดลองมาตรฐาน	ลำดับการทดลองตามการสุ่ม	บล็อก	ค่าระดับปัจจัย						
			A (น้ำมันหล่อเย็น)	B (อัตราป้อน)	C (ความเร็วตัด)	D (ระยะป้อนลึก)	E (มุมมีดกลึง α)	F (มุมมีดกลึง β)	G (มุมมีดกลึง γ)
1	9, 53	1	-1	-1	-1	1	-1	1	1
2	13, 49	1	1	1	-1	1	-1	-1	-1
3	11, 58	1	-1	1	-1	-1	1	1	-1
4	4, 55	1	-1	1	1	-1	-1	-1	1
5	1, 39	1	-1	-1	1	-1	1	1	1
6	12, 42	1	1	1	-1	1	-1	-1	-1
7	6, 46	1	1	-1	1	-1	-1	1	-1
8	3, 47	1	-1	1	-1	-1	1	1	-1
9	8, 40	1	-1	-1	1	1	1	-1	-1

ตารางที่ 2-ข (ต่อ)รูปแบบและลำดับขั้นการออกแบบการทดลองในการคัดกรองปัจจัย

ลำดับการทดลองมาตรฐาน	ลำดับการทดลองตามการสุ่ม	บล็อก	ค่าระดับปัจจัย						
			A (น้ำมันหล่อเย็น)	B (อัตราป้อน)	C (ความเร็วตัด)	D (ระยะป้อนลึก)	E (มุมมีดกลึง α)	F (มุมมีดกลึง β)	G (มุมมีดกลึง γ)
10	7, 59	1	1	1	1	1	1	1	1
11	16, 44	1	-1	-1	1	1	1	-1	-1
12	5, 50	1	1	-1	1	-1	-1	1	-1
13	10, 61	1	1	1	1	1	1	1	1
14	15, 52	1	-1	1	1	1	-1	1	-1
15	2, 62	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
16	14, 34	1	1	-1	-1	-1	1	-1	1
17	18, 51	2	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
18	21, 35	2	-1	1	1	-1	-1	-1	1
19	31, 48	2	1	-1	1	1	-1	-1	1
20	25, 33	2	1	1	1	-1	1	-1	-1
21	19, 36	2	1	-1	-1	1	1	1	-1
22	20, 54	2	-1	1	1	-1	-1	-1	1
23	32, 56	2	1	-1	-1	-1	1	-1	1
24	29, 38	2	-1	-1	1	1	1	-1	-1
25	28, 63	2	1	-1	-1	-1	1	-1	1
26	23, 43	2	1	-1	1	1	-1	-1	1
27	22, 57	2	1	-1	-1	1	1	1	-1
28	27, 37	2	1	1	-1	1	-1	-1	-1
29	17, 60	2	-1	-1	1	-1	1	1	1
30	26, 45	2	-1	1	-1	1	1	-1	1
31	30, 41	2	1	1	-1	-1	-1	1	1
32	24, 64	2	-1	1	1	1	-1	1	-1

ภาคผนวก ค

ข้อมูลผลลัพธ์ของปัจจัยที่มีผลต่อการกลึงปอกผิวเหล็กกล้า St.37

จากการออกแบบการทดลองเบื้องต้น ปัจจัยที่ใช้ในการทดลองมีจำนวนทั้งสิ้น 7 ปัจจัย และในแต่ละปัจจัยประกอบด้วย 2 ระดับ ซึ่งถ้าทำการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบบริบูรณ์จะต้องทำการทดลองเท่ากับ 128 การทดลองซึ่งจะเสียค่าใช้จ่ายในการทดลองเป็นจำนวนมาก ดังนั้นจึงทำการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบเศษส่วน ¼ ของการออกแบบ 2^{k-p} หรือการออกแบบการทดลองแบบ 2^{7-2} ซึ่งจะเหลือการทดลองทั้งหมด 32 การทดลอง และทำการทดลองซ้ำจำนวน 1 ครั้ง รวมการทดลองทั้งหมดเท่ากับ 64 หน่วยการทดลอง ซึ่งการกำหนดรูปแบบสำหรับการทดลองและผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองคือ ค่าเฉลี่ยความเรียบผิวงานกลึง แสดงไว้ในตารางที่ 1-ง

ตารางที่ 1-ค ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองในการคัดกรองปัจจัย

ลำดับการทดลองมาตรฐาน	ลำดับการทดลองตามการรุ่น	บล็อก	ค่าระดับปัจจัย							ผลตอบ	
			A (น้ำมันหล่อเย็น)	B (อัตราป้อน)	C (ความเร็วตัด)	D (ระยะป้อนลึก)	E (มุมมีดกลึง α)	F (มุมมีดกลึง β)	G (มุมมีดกลึง γ)	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
1	9, 53	1	-1	-1	-1	1	-1	1	1	5.47	5.24
2	13, 49	1	1	1	-1	1	-1	-1	-1	5.78	6.55
3	11, 58	1	-1	1	-1	-1	1	1	-1	5.97	5.65
4	4, 55	1	-1	1	1	-1	-1	-1	1	4.73	4.56
5	1, 39	1	-1	-1	1	-1	1	1	1	5.70	6.02
6	12, 42	1	1	1	-1	1	-1	-1	-1	3.47	3.83
7	6, 46	1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	5.65	5.15
8	3, 47	1	-1	1	-1	-1	1	1	-1	4.96	4.49
9	8, 40	1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	4.23	5.00
10	7, 59	1	1	1	1	1	1	1	1	4.69	3.87
11	16, 44	1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	5.47	5.85
12	5, 50	1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	5.31	5.27
13	10, 61	1	1	1	1	1	1	1	1	3.75	4.70
14	15, 52	1	-1	1	1	1	-1	1	-1	3.63	4.21
15	2, 62	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	4.31	2.68

ตารางที่ 1-ค (ต่อ) ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองในการคัดกรองปัจจัย

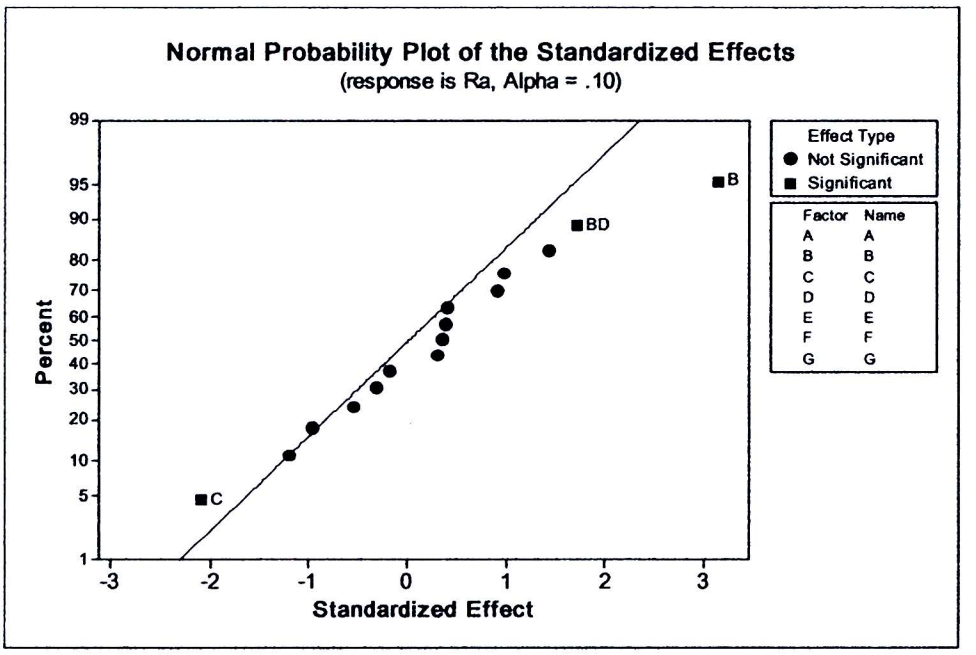
ลำดับการทดลองมาตรฐาน	ลำดับการทดลองตามการสุ่ม	บล็อก	ค่าระดับปัจจัย							ผลตอบ	
			A (น้ำมันหล่อเย็น)	B (อัตราป้อน)	C (ความเร็วตัด)	D (ระยะป้อนลึก)	E (มุมคลึง α)	F (มุมคลึง β)	G (มุมคลึง γ)	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
16	14, 34	1	1	-1	-1	-1	1	-1	1	3.13	4.44
17	18, 51	2	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	5.55	5.49
18	21, 35	2	-1	1	1	-1	-1	-1	1	4.94	4.49
19	31, 48	2	1	-1	1	1	-1	-1	1	4.38	4.60
20	25, 33	2	1	1	1	-1	1	-1	-1	2.76	3.25
21	19, 36	2	1	-1	-1	1	1	1	-1	7.31	6.40
22	20, 54	2	-1	1	1	-1	-1	-1	1	2.56	3.78
23	32, 56	2	1	-1	-1	-1	1	-1	1	6.37	5.09
24	29, 38	2	-1	-1	1	1	1	-1	-1	3.95	3.68
25	28, 63	2	1	-1	-1	-1	1	-1	1	2.46	4.98
26	23, 43	2	1	-1	1	1	-1	-1	1	4.89	6.01
27	22, 57	2	1	-1	-1	1	1	1	-1	5.41	3.03
28	27, 37	2	1	1	-1	1	-1	-1	-1	4.81	3.45
29	17, 60	2	-1	-1	1	-1	1	1	1	3.60	4.98
30	26, 45	2	-1	1	-1	1	1	-1	1	5.18	3.57
31	30, 41	2	1	1	-1	-1	-1	1	1	4.75	3.10
32	24, 64	2	-1	1	1	1	-1	1	-1	4.28	5.80

การวิเคราะห์คัดกรองปัจจัย

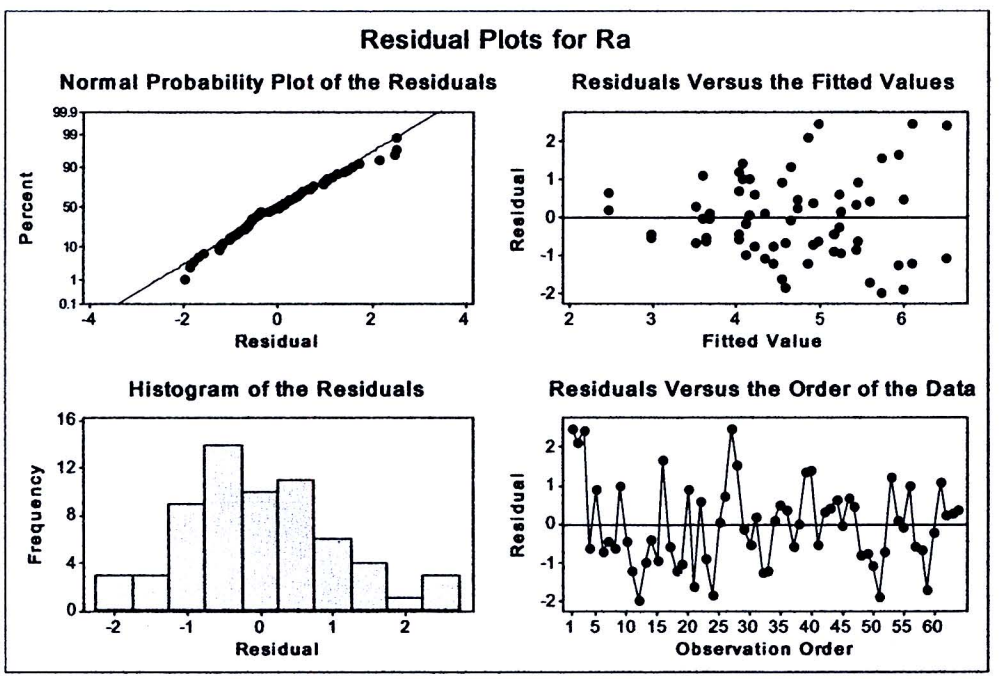
ตารางที่ 2-ค การวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การทดลองเพื่อคัดกรองปัจจัย

ชื่อเรียก	ผลกระทบ	Coef	SE Coef	T	P
Constant		4.6448	0.1579	29.4100	0.0000
Block		0.2617	0.1579	1.6600	0.1040
A	-0.2444	-0.1222	0.125	-0.98	0.333
B	0.7821	0.391	0.1252	3.12	0.003
C	-0.5258	-0.2629	0.1252	-2.10	0.041
D	-0.3031	-0.1516	0.125	-1.21	0.231
E	0.2431	0.1216	0.125	0.97	0.336
F	0.2247	0.1124	0.1261	0.89	0.377
G	0.0996	0.0498	0.1252	0.40	0.693
A*B	0.0746	0.0373	0.1252	0.30	0.767
A*C	-0.1426	-0.0713	0.1275	-0.56	0.579
A*D	0.0853	0.0426	0.1261	0.34	0.737
A*E	-0.0494	-0.0247	0.125	-0.2	0.844
A*F	0.3531	0.1766	0.125	1.41	0.164
A*G	0.0954	0.0477	0.1252	0.38	0.705
B*D	0.4254	0.2127	0.1252	1.7	0.096
B*C*G	-0.0812	-0.0406	0.1275	-0.32	0.752

และมีลักษณะกราฟดังรูปที่ 1-ค



รูปที่ 1-ค กราฟแสดงการแจกแจงของข้อมูลแบบปกติของการทดลองเพื่อคัดกรองปัจจัย



รูปที่ 2-ค กราฟแสดงส่วนตกค้างของการทดลองเพื่อคัดกรองปัจจัย

พบว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลหลัก ที่ส่งผลกระทบต่อความเรียบของผิวงานกลึงคือ อัตราป้อน และความเร็วตัด มีอิทธิพลต่อความเรียบผิวงานกลึงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.10 และปัจจัยที่เป็นอิทธิพลร่วม ที่ส่งผลกระทบต่อความเรียบผิวงานกลึงคืออัตราป้อน มีความสัมพันธ์กับระยะป้อนลึก ส่งผลกระทบต่อความเรียบผิวงานกลึงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.10 ส่วนปัจจัยอื่นๆ ไม่มีอิทธิพลต่อความเรียบผิวงานกลึง

แล้วทำการตรวจสอบความเพียงพอของแบบจำลอง และตรวจสอบความถูกต้องของสมมติฐานที่สร้างขึ้นความเพียงพอของแบบจำลองสามารถตรวจสอบ โดยการนำส่วนตกค้างของข้อมูลมาพล็อตกราฟความน่าจะเป็นแบบปกติของส่วนตกค้าง ดังรูป 2-ค พบว่าข้อมูลส่วนตกค้างของผลตอบมีการแจกแจงแบบปกติ ซึ่งดูได้จากลักษณะของกราฟ จุดของส่วนตกค้างบนกราฟเรียงตัวกันมีแนวโน้มเป็นเส้นตรง

ภาคผนวก ง

ขั้นตอนการวิเคราะห์ เพื่อหาสัมประสิทธิ์ ของปัจจัยที่มีผลต่อความเรียบผิว ในการกลึงปอกผิวเหล็กกล้า St.37

ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อหาสัมประสิทธิ์ของปัจจัยที่มีผลต่อความเรียบผิวในการกลึงปอกผิวเหล็กกล้า St.37

จากการทดลองปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความเรียบของผิวงานกลึงคือ อัตราป้อน ความเร็วตัด และระยะป้อนลึก แล้วนำปัจจัยที่ได้ไปทำการทดลองเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความเรียบของผิวงานกลึง และได้ทำการทดลองแบบการทดลองแบบส่วนประสมกลาง แล้วนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองนำมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ เพื่อหาสัมประสิทธิ์ของปัจจัยที่มีผลต่อความเรียบผิวในการกลึงปอกผิวเหล็กกล้า St.37 ที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญของผลตอบ โดยนำผลของค่าความเรียบผิวที่วัดได้ไปป้อนลงในโปรแกรม MINITAB Release 14 ที่ได้ทำการออกแบบการทดลองไว้แล้ว ในคอลัมน์ที่อยู่ถัดจากคอลัมน์ที่มีอยู่แล้วใน Work sheet โดยกำหนดชื่อของคอลัมน์ว่า Ra จากนั้นทำการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อนำมาสร้างสมการทำนายตามขั้นตอนดังนี้

1) เข้าเมนู State > Response Surface > Analyze Response Surface Design

2) เลือกตัวแปรตอบ ซึ่งตัวแปรตอบ คือ Ra

3) เลือกลักษณะข้อมูลที่จะนำมาวิเคราะห์ โดยเลือก Code หรือ Uncode มีหลักการดังนี้

3.1) ถ้าเลือก Code Units เมื่อต้องการวิเคราะห์โดยใช้ฟังก์ชั่นตัวแปรเข้ารหัส (0 , 1)

3.2) ถ้าเลือก Uncode Units เมื่อต้องการวิเคราะห์โดยใช้ฟังก์ชั่นตัวแปรธรรมชาติ (ค่าในขอบเขตปัจจัย)

4) กำหนด Term ของปัจจัย โดยเลือกลักษณะในการวิเคราะห์ข้อมูลเป็นแบบ Full quadratic

5) Click OK

6) โปรแกรมจะทำการคำนวณค่าที่เกี่ยวกับ Coefficients ของค่า Ra

7) ทำการตรวจสอบสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ โดยทั่วไปสมการที่นำไปใช้ควรมีค่า R^2 อย่างน้อย 0.75 (Haaaland, 1989 และ HU, 1999) หากสูงกว่า 0.90 ถือว่าดีมาก (ค่า R^2 มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 1 โดยที่ 0 แสดงถึงว่าไม่มีความสัมพันธ์ใด ๆ ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม และ 1 แสดงถึงว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างสมบูรณ์)

8) สร้างสมการทำนาย โดยนำค่าของ Coefficients ในเทอมต่าง ๆ ของปัจจัยไปทำการเขียนสมการทำนายค่าความเรียบผิว ตามสมการดังนี้

$$\hat{Y} = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_{12} x_1 x_2 + \varepsilon \qquad (1)$$

หลังจากทำการหาค่าที่ดีที่สุดของปัจจัย ซึ่งในการวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ทำการหาค่าที่ดีที่สุด โดยใช้ Response Optimizer ในโปรแกรม MINITAB Release 14 ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1) เข้าเมนู State > Response Surface > Response Optimizer

2) เลือกตัวแปรตอบ ซึ่งตัวแปรตอบ คือ Ra

3) ทำการกำหนดค่า Lower Target Upper Weight และ Importance ทั้งนี้เพื่อหาผลตอบที่ดีที่สุดของปัจจัย โดยพารามิเตอร์ของแต่ละตัวมีความหมายดังนี้

3.1) Lower คือ ค่าต่ำสุดของผลตอบ

3.2) Target คือ ค่าเป้าหมายสุดของผลตอบ

3.3) Upper คือ ค่าสูงสุดของผลตอบ

3.4) Weight คือ ค่ากำหนดน้ำหนักของเป้าหมาย การกำหนดน้ำหนักมีค่าอยู่ในช่วง 0.1-10 มีหลักเกณฑ์ดังนี้

(1) ถ้าค่าน้อยกว่า 1 (ต่ำสุดคือ 0.1) หมายถึงเน้นเป้าหมายน้อย

(2) ถ้าค่าเท่ากับ 1 หมายถึงเน้นเป้าหมายและขอบเขตเท่ากัน

(3) ถ้าค่ามากกว่า 1 (ต่ำสุดคือ 10) หมายถึงเน้นเป้าหมายมาก

ในงานวิจัยนี้เลือกค่า Weight เท่ากับ 1 เพราะค่าความเรียบผิวที่ต้องการนั้น ต้องได้ตามที่แบบกำหนด

4) Importance คือ ดีกำหนดความสำคัญระหว่างผลตอบ กล่าวคือกำหนดว่าผลตอบใดมีความสำคัญมากกว่ากัน โดยกำหนดความสำคัญเป็นตัวเลขตั้งแต่ 0.1-10 ซึ่งผลตอบใดมีความสำคัญมากให้กำหนดตัวเลขที่มีค่ามาก และผลตอบที่มีความสำคัญรองลงมาให้กำหนดตัวเลขให้มีค่ารองลงมาตามอัตราส่วนความสำคัญ แต่ถ้าผลตอบที่นำมาวิเคราะห์มีเพียงผลตอบเดียวหรือมีผลตอบหลายผลตอบซึ่งแต่ละผลตอบมีความสำคัญเท่ากัน จะกำหนดค่าความสำคัญเป็นตัวเลขเท่าใดก็ได้ที่มีความเท่ากัน ในการทดลองนี้มีผลตอบเพียงค่าเดียว ผู้วิจัยจึงกำหนดค่า Importance เท่ากับ 10

5) Click OK

6) โปรแกรมจะทำการคำนวณค่าที่ดีที่สุดของแต่ละปัจจัย

7) ตรวจสอบผลการคำนวณ Response Optimizer ที่ได้ วาค่าแต่ละปัจจัยเป็น Global Solution หรือไม่ ถ้าใช่แสดงว่าผลการวิเคราะห์นี้เป็นค่าเป้าหมายของผลตอบจริงซึ่งสามารถนำไปใช้ในขั้นตอนต่อไปได้

การวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อหาสัมประสิทธิ์ของปัจจัยที่มีผลต่อความเรียบผิวในการกลึงปอกผิวเหล็กกล้า St.37

Welcome to Minitab, press F1 for help.

Central Composite Design

Factors:	3	Replicates:	1
Base runs:	20	Total runs:	20
Base blocks:	1	Total blocks:	1

Two-level factorial: Full factorial

Cube points:	8
Center points in cube:	6
Axial points:	6
Center points in axial:	0
Alpha:	1.68179

Response Surface Regression: Ra versus A, B, C

The analysis was done using coded units.

Estimated Regression Coefficients for Ra

Term	Coef	SE Coef	T	P
Constant	7.2087	0.4965	14.518	0.000
A	0.7052	0.3294	2.141	0.058
B	-0.1268	0.3294	-0.385	0.708
C	-0.5519	0.3294	-1.675	0.125
A*A	-0.7427	0.3207	-2.316	0.043
B*B	-0.6667	0.3207	-2.079	0.064
C*C	-0.9655	0.3207	-3.010	0.013

A*B	-0.1012	0.4304	-0.235	0.819
A*C	0.2387	0.4304	0.555	0.591
B*C	-0.3013	0.4304	-0.700	0.500

S = 1.217 R-Sq = 70.7% R-Sq (adj) = 44.4%

Analysis of Variance for Ra

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Regression	9	35.8119	35.8119	3.97910	2.68	0.070
Linear	3	11.1712	11.1712	3.72375	2.51	0.118
Square	3	23.3766	23.3766	7.79219	5.26	0.020
Interaction	3	1.2640	1.2640	0.42135	0.28	0.836
Residual Error	10	14.8226	14.8226	1.48226		
Lack-of-Fit	5	14.6665	14.6665	2.93330	93.97	0.000
Pure Error	5	0.1561	0.1561	0.03122		
Total	19	50.6344				

Estimated Regression Coefficients for Ra using data in uncoded units

Term	Coef
Constant	7.20869
A	0.705234
B	-0.126812
C	-0.551869
A*A	-0.742731
B*B	-0.666716
C*C	-0.965470
A*B	-0.101250
A*C	0.238750
B*C	-0.301250

การวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของปัจจัยที่มีผลต่อความเรียบผิวในการกลึงปอกผิวเหล็กกล้า St.37

Response Optimization

Parameters

	Goal	Lower	Target	Upper	Weight	Import
Ra	Target	3.1	3.2	3.3	1	10

Global Solution

B = 0.090

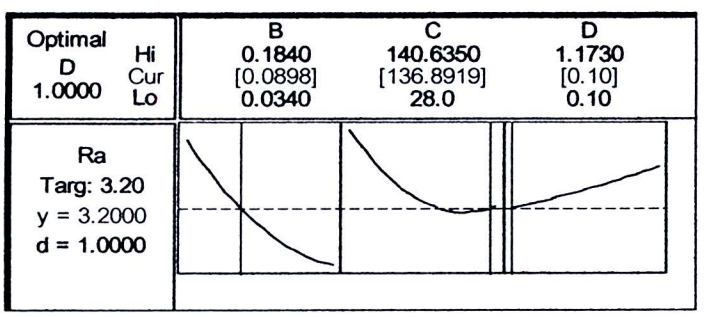
C = 136.892

D = 0.100

Predicted Responses

Ra = 3.2, desirability = 1

Composite Desirability = 1.00

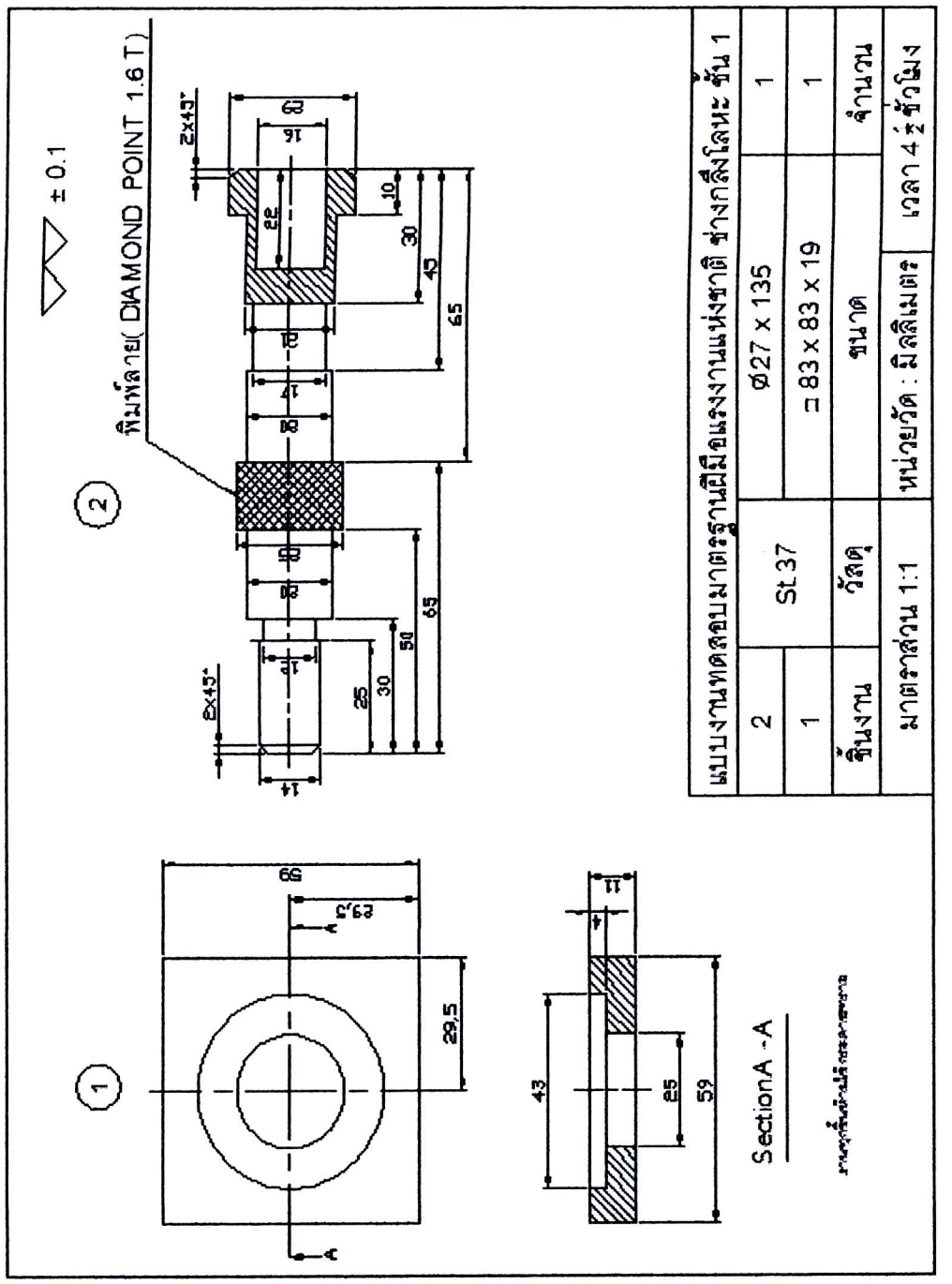


ค่าปัจจัยที่เหมาะสมจากสมการทำนาย คือ

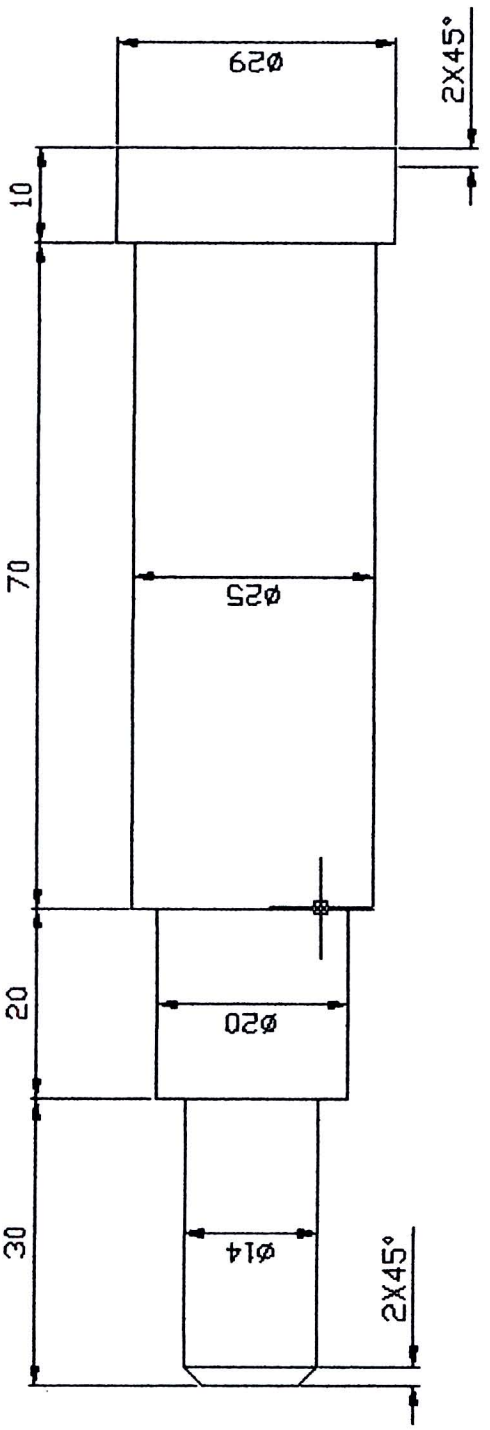
1) อัตราป้อน ค่าที่เหมาะสมที่สุดคือ 0.0898 รอบต่อนาที
2) ความเร็วตัด ค่าที่เหมาะสมที่สุดคือ 136.892 เมตรต่อนาที
3) ระยะป้อนลึก ค่าที่เหมาะสมที่สุดคือ 0.10 มิลลิเมตร

ภาคผนวก จ

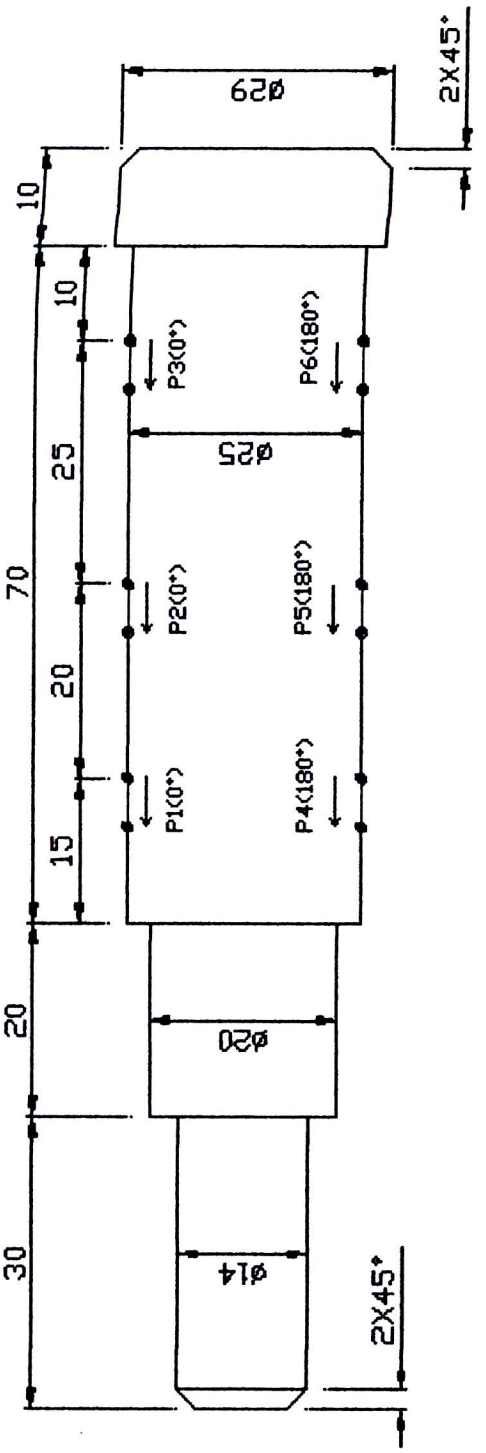
แบบการกลึงงาน



รูปที่ 1-จ แบบงานทดสอบมาตรฐาน



รูปที่ 2-จ แบบงานกลึง

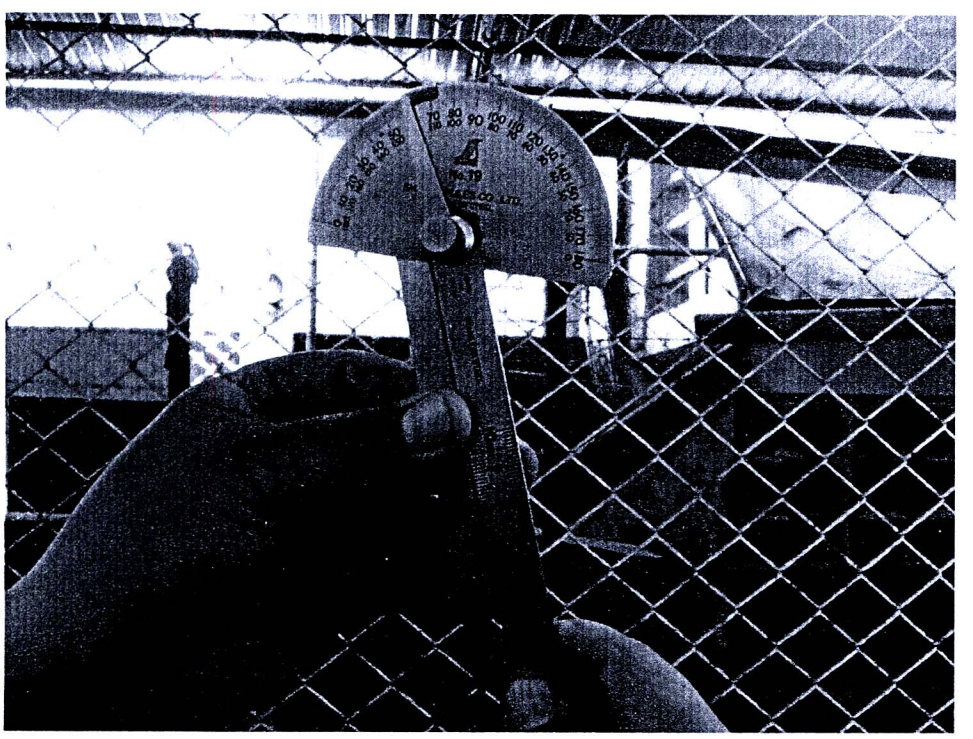


รูปที่ 3-จ จุดวัดงานกลึง

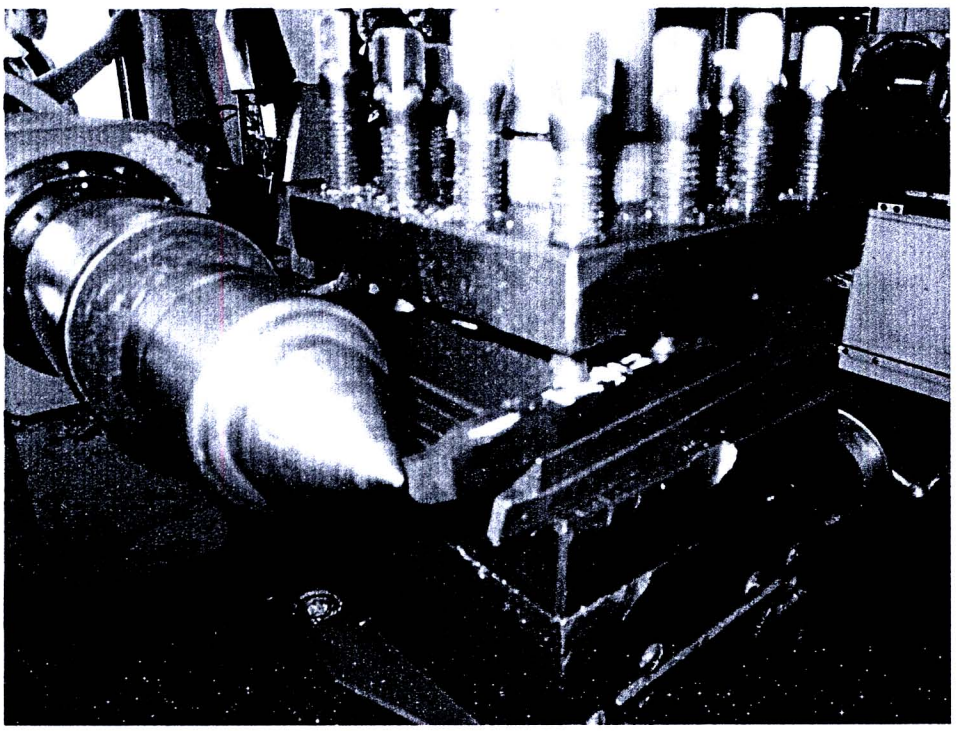
ภาคผนวก ฉ

รูปการกลึงและการวัดผิวชิ้นงาน

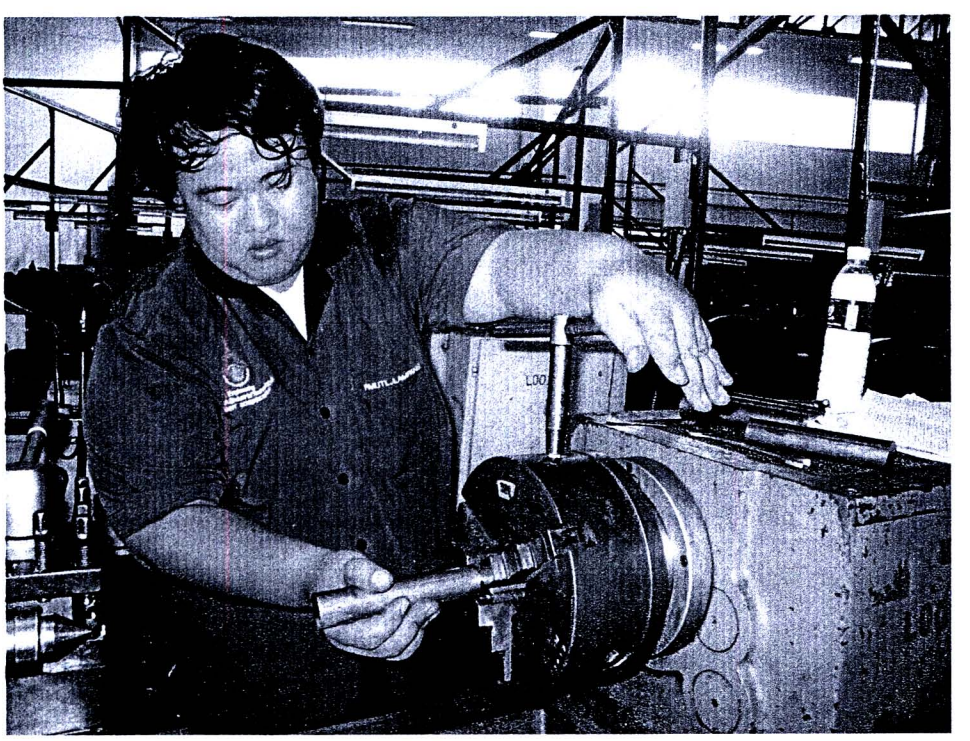
รูปที่ 1-ฉ การลับคมมีดกลึง



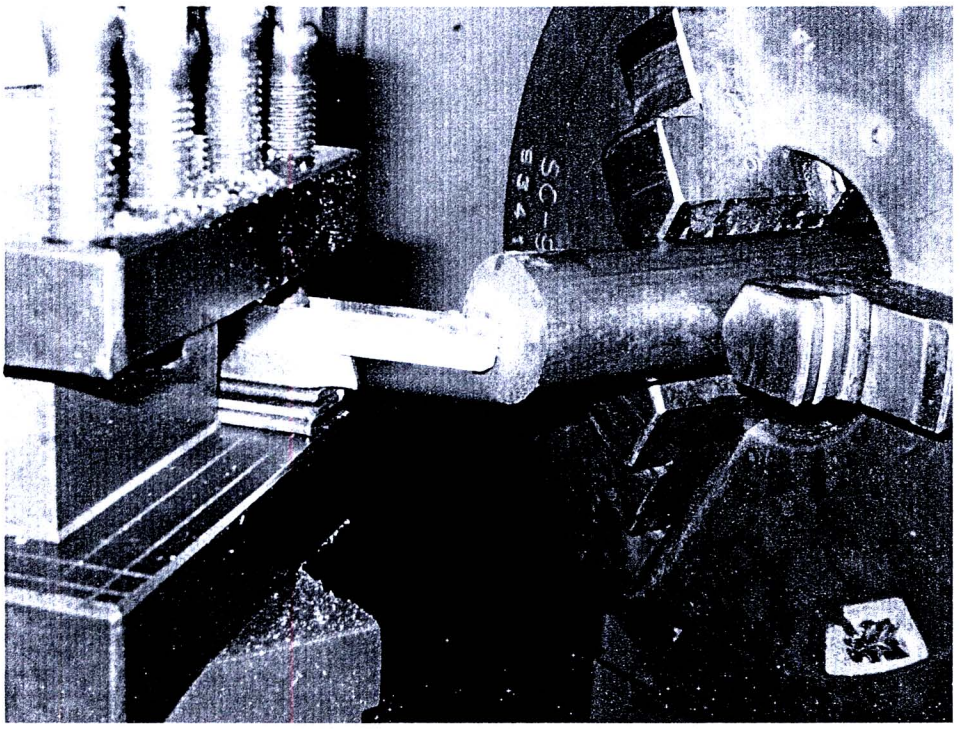
รูปที่ 2-ฉ การวัดมุมมีดกลึง



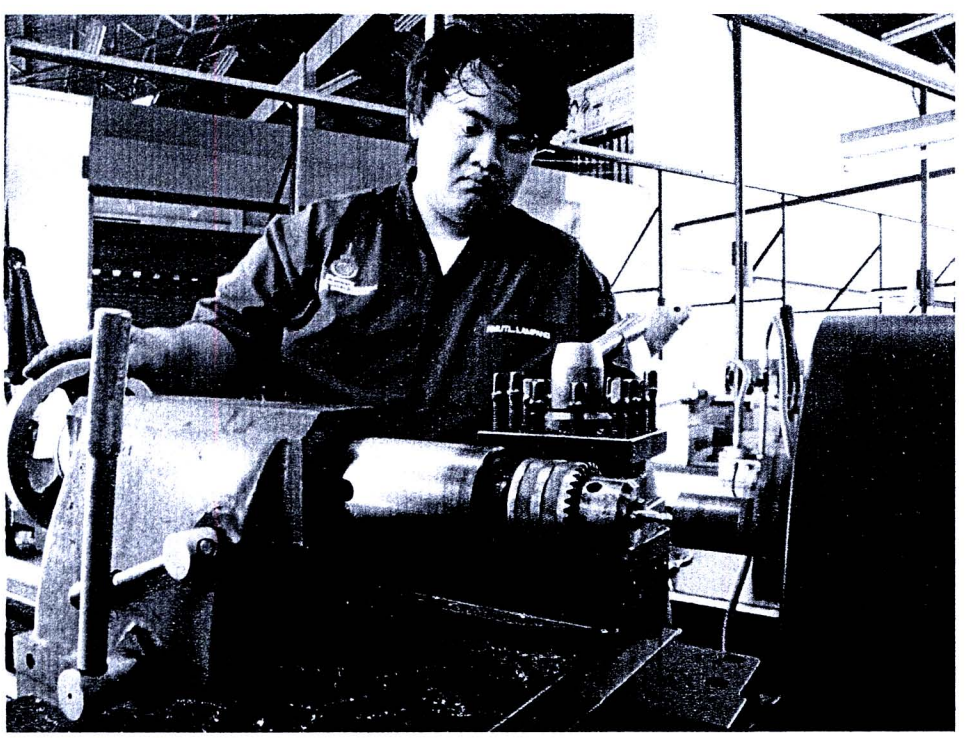
รูปที่ 3-ฉ การตั้งศูนย์มีดกลึง



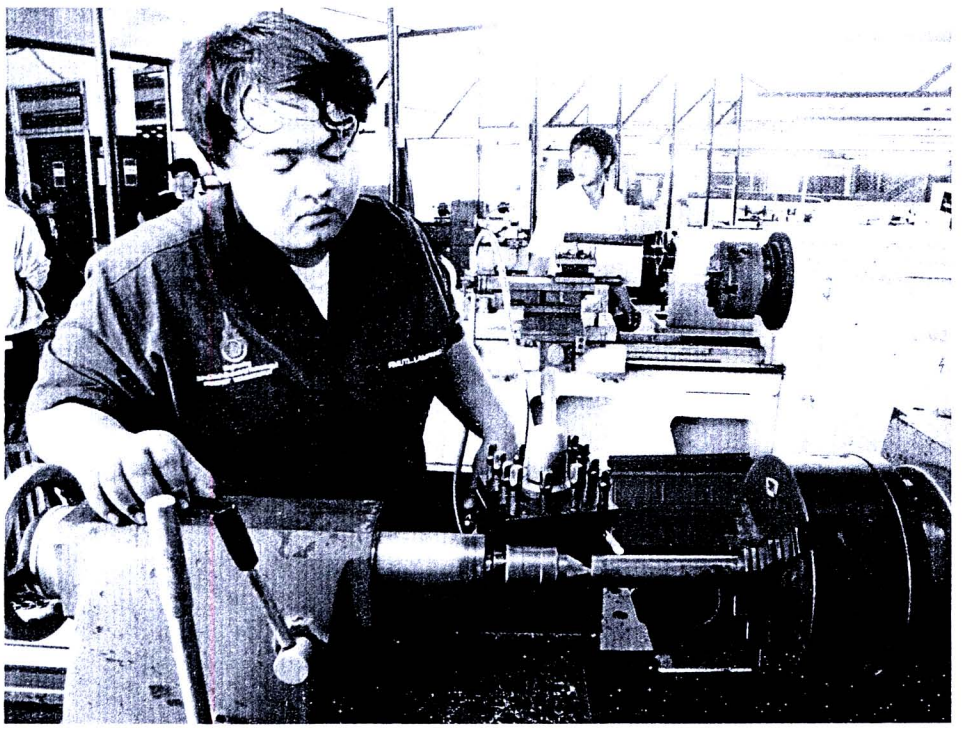
รูปที่ 4-ฉ การจับยึดชิ้นงาน



รูปที่ 5-ฉ การกลึงปาดหน้าชิ้นงาน



รูปที่ 6-ฉ การเจาะรูนำศูนย์ชิ้นงาน



รูปที่ 7-ฉ การจับยึดชิ้นงานเพื่อทำการกลึงปอก

รูปที่ 8-ฉ การจับยึดชิ้นงานเพื่อทำการกลึงปอก

ภาคผนวก ช

มาตรฐานอ้างอิงที่ใช้ในการกลึงชิ้นงาน

กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน กระทรวงแรงงาน
DEPARTMENT OF SKILL DEVELOPMENT, MINISTRY OF LABOUR

ให้วุฒิบัตรฉบับนี้ไว้เพื่อแสดงว่า
This is to certify that
นายประกาศิต วงค์คำตุ้ย
Mr. PRAKASIT WONGKUMTUY

ได้สำเร็จการฝึกหลักสูตรการฝึกยกระดับฝีมือ สาขา กลึงรูปทรงกระบอก จำนวน 60 ชั่วโมง
has completed the Upgrading Training Course in GENERAL FORM CUTTING LATHE OPERATION (60 hours)

ระหว่างวันที่ 20 มีนาคม - 18 เมษายน 2547
from 20 MARCH - 18 APRIL 2004

ให้ไว้ ณ วันที่ 18 เมษายน 2547
Given on 18 APRIL 2004

(นายสมชาติ เลขาลาวัณย์)
อธิบดีกรมพัฒนาฝีมือแรงงาน
Director-General
Department of Skill Development

(นายธนัต ศรีนา)
ผู้อำนวยการ สถาบันพัฒนาฝีมือแรงงานภาค 10 ลำปาง
Director of Institute for Skill Development Region 10 Lampang

รูปที่ 1-ช ใบมาตรฐานของผู้กลึงงาน

ตาราง T 35.1 มุมตัด – ความเร็วตัด – ความกว้างรอยกลึง – ช่วงกลึงลึก – วิธีหล่อเย็น

วัสดุงาน	วัสดุมีด	มุมมีด			กลึงปอก ▽ ช่วงกลึงลึก $a \approx 4$–10 s			กลึงละเอียด ▽▽ ช่วงกลึงลึก $a \approx 2$–6 s			วิธีหล่อเย็นและการหล่อลื่น	
					ความเร็วตัด v ม./นาที	ความกว้างรอยกลึง s มม./รอบ	ช่วงกลึงลึก a มม.	ความเร็วตัด v ม./นาที	ความกว้างรอยกลึง s มม./รอบ	ช่วงกลึงลึก a มม.	กลึงปอก ▽	กลึงละเอียด ▽▽
		α	β	γ								
เหล็กกล้า	W	8°	62°	20°	14	0,5	4	20	0,2	1		
ความเค้นดึง	SS				22	1	10	30	0,5	1	E	E หรือ P
50 กก./มม.²	H	5°	67°	18°	150	2,5	15	250	0,25	1,5		
	W	8°	68°	14°	10	0,5	4	15	0,2	1		
50–70	SS				20	1	10	24	0,5	1	E	E หรือ P
	H	5°	75°	10°	120	2,5	15	200	0,25	1,5		
	W	8°	68°	14°	8	0,5	4	12	0,2	1		
70–85	SS				15	1	10	20	0,5	1	E	E หรือ P
	H	5°	75°	10°	80	2	15	140	0,2	1,5		
	W	8°	76°	6°	6	0,5	3	8	0,2	1		
เหล็กเครื่องมือ	SS				12	1	8	16	0,5	1	E	E หรือ P
	H	5°	79°	6°	80	0,6	5	50	0,15	1		

W = เหล็กเครื่องมือ SS = เหล็กรอบสูง | H = โลหะแข็ง E = น้ำมันสะบู่ | R = น้ำมันพืช P = ปิโตรเลียม | tr = แห้ง ๆ

ถ้าเป็นงานกลึงเกลียวให้ใช้ v ประมาณกึ่งหนึ่งของความเร็วตัดในงานกลึงขาว

รูปที่ 2-ช ค่ามาตรฐานการตั้งค่าการกลึงปอกชิ้นงาน

ตารางสำหรับงานกลึงด้วยเหล็ก High speed steel [1]

กลุ่มวัสดุ [2]	R_m N/mm²	ความแข็ง	เงื่อนไขการทำงาน	มีด HSS ไม่เคลือบผิว			มีด HSS เคลือบผิว [3]	
				v_c m/min	f mm	a mm	v_c m/min	f mm
เหล็กสร้างไม่เจือ และเจือ, เหล็ก Case-hardening และเหล็กอบชุบ	< 500	< 150	หยาบ ปานกลาง ละเอียด	70 55 45	0.1 0.5 1.0	0.5 3 6	–	ถึง 1.0
เหล็กสร้างไม่เจือ และเจือ, เหล็ก Case-hardening, เหล็กอบชุบ และเหล็กเครื่องมือ	500 700	150 200	หยาบ ปานกลาง ละเอียด	60 40 30	0.1 0.5 1.0	0.5 3 6	80	
เหล็กอบชุบและเหล็กชุบไนไตรด์	1180	> 200 350	ปานกลาง	–			60	
เหล็กหล่อ	–	< 250	หยาบ ปานกลาง ละเอียด	35 30 20	0.1 0.3 0.6	0.5 3 6	60 50 35	
Al-เจือ	–	< 90	หยาบ ละเอียด	180 120	0.3 0.6	3 6	800	
Cu-เจือ	–	–	หยาบ ละเอียด	125 100	0.3 0.6	3 6	200	

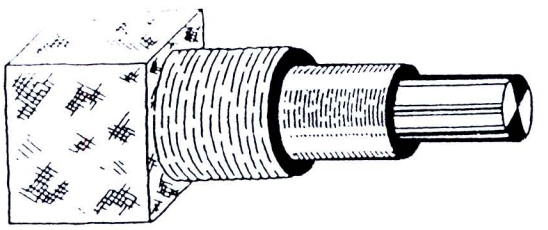
[1] ค่าในตารางนี้กำหนดขึ้นจากพื้นฐานมาตรฐาน 15 นาที สำหรับพิจารณาคำแนะนำของผู้ผลิตเครื่องมือตัด
[2] พลาสติกดูหน้า 290; [3] แผ่นคมตัด High speed steel (HSS) เคลือบด้วย TiN/TiCN และ TiAlN

รูปที่ 3-ช ตารางสำหรับงานกลึงด้วยเหล็ก High Speed Steel

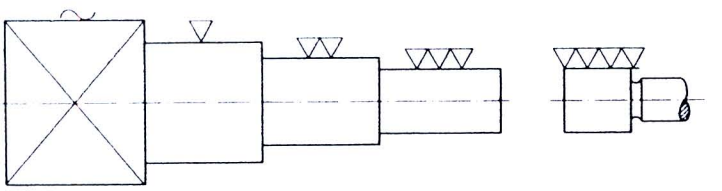
Correction factors สำหรับหาความเร็วตัดที่อายุใช้งานของคมตัดเปลี่ยนแปลง

อายุของคมตัดเป็นนาที	10	15	20	25	30	45	60
Correction factor k	1.1	1.0	0.95	0.9	0.87	0.8	0.75

รูปที่ 5-ช ตารางหาความเร็วตัดที่อายุใช้งานของคมตัดเปลี่ยนแปลง



ผิวดิบ | ผิวหยาบ | ผิวละเอียดปานกลาง | ผิวละเอียด | ผิวละเอียดที่สุด



การกำหนดค่าความหยาบละเอียดของผิวงานในแบบตาม DIN ISO 1302

ชั้นความหยาบละเอียดของผิวงาน		ค่าความหยาบละเอียดของผิวงาน Ra		ค่าความหยาบละเอียดของผิวงาน RZ(RZ=Rt)		ชั้นความหยาบละเอียดของผิวงานแบบเก่า ตาม DIN 3141 ตอนที่ 2
	สัญลักษณ์ไม่เรียบในแบบ	ไมโครเมตร µm	สัญลักษณ์เรียบในแบบ	ไมโครเมตร µm	สัญลักษณ์เรียบในแบบ	
N12	N12	50	Ra50	250	Rz250	~
N11	N11	25	25	160	Rz160	
N10	N10	12.5	12.5	100	Rz100	▽
N9	N9	6.3	6.3	50	Rz50	
N8	N8	3.2	3.2	25	Rz25	▽▽
N7	N7	1.6	1.6	12.5	Rz12.5	
N6	N6	0.8	0.8	6.3	Rz6.3	▽▽▽
N5	N5	0.4	0.4	4	Rz4	
N4	N4	0.2	0.2	2	Rz2	
N3	N3	0.1	0.1	1	Rz1	▽▽▽▽
N2	N2	0.05	0.05	0.63	Rz0.63	
N1	N1	0.025	0.025	0.40	Rz0.4	

DIN 3141 ตอนที่ 2	~	▽	▽▽	▽▽▽	▽▽▽▽	
DIN ISO 1302	√	12.5	3.2	0.8	0.1	

รูปที่ 5-ช สัญลักษณ์ความเรียบผิว

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – สกุล	นายชาญชัย ศิวิไล
วัน เดือน ปี เกิด	7 สิงหาคม 2518
ประวัติการศึกษา	สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนบุญวาทย์วิทยาลัย จังหวัดลำปาง สำเร็จการศึกษาประกาศนียบัตรวิชาชีพ โรงเรียนช่างฝีมือทหาร จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง วิทยาลัยเทคนิคลำปาง จังหวัดลำปาง สำเร็จการศึกษาปริญญาครุศาสตร์ สาขาเทคโนโลยีอุตสาหการ จากสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตธัญญบุรี
ประสบการณ์	เจ้าหน้าที่ตรวจสอบงานประกอบและงานเชื่อม บริษัท STB (สร้างโรงงานผลิตเม็ดพลาสติก ROC มาบตาพุฒ จังหวัดระยอง) เจ้าหน้าที่ตรวจสอบงานประกอบและงานเชื่อม และเป็นผู้ควบคุมคนงานประกอบและงานเชื่อมบริษัท STB (ทำโครงสร้างโรงกลั่นน้ำมัน มาบข่า จังหวัดระยอง) ช่างประจำโรงงาน บริษัท ที.ไอ.จี ลำปางออกซิเจน จังหวัดลำปาง พนักงานขายและช่างเทคนิค บริษัท ไพลิน (ขายปั๊มและวาล์วที่ใช้ในงานอุตสาหกรรม) จังหวัดลำปาง พนักงานขายและช่างเทคนิค บริษัท ลำปาง เอ็น.ที.เอส (ขายตลับลูกปืนและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานอุตสาหกรรม) จังหวัดลำปาง อาจารย์สอนประจำโรงเรียนลำปางพาณิชยการและเทคโนโลยี และปัจจุบันดำรงตำแหน่งหัวหน้าภาควิชาเครื่องมือกล จังหวัดลำปาง