# บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

## 2.1 เหล็กกล้าคาร์บอน เกรด S50C [1]

เหล็ก S50C จัดเป็นกลุ่มเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลางที่นิยมใช้ในงานพื้นฐานทั้งงานโครงสร้างงานอุปกรณ์การเกษตร งานเครื่องจักรกล งานแม่พิมพ์และส่วนประกอบแม่พิมพ์ รวมทั้งชิ้นส่วนในเครื่องยนต์ เป็นต้น เนื่องจากเป็นเหล็กที่มีคุณสมบัติที่ดีทั้งด้านความแข็งแรง ความเหนียวแกร่ง และมีราคาถูก นอกจากนี้ยังสามารถทำการอบชุบเพื่อเพิ่มความแข็งและความแข็งแรงได้ โดยสามารถชุบแข็งให้มีความแข็งอย่างน้อย 58 HRC ก่อนอบคืนตัว (As Quenched Hardness) และยังสามารถชุบอินดักชั่นได้ดีอีกด้วย

คุณลักษณะเด่น (Significant Characteristics) ของเหล็ก S50 C มีราคาถูกเมื่อเทียบกับเหล็กทำแม่พิมพ์เกรดอื่น สามารถทุบขึ้นรูปได้ดีพอสมควร มีความแข็งแรงสูงกว่าเหล็กโครงสร้างทั่วไป มีความเหนียวแกร่ง (Toughness) ดี สามารถชุบแข็งให้ได้ความแข็งสูงมาก แต่ให้ชั้นผิวแข็งตื้น สามารถชุบในเตาบรรยากาศ หรือ ชุบอินดักชั่นได้ มีความสามารถในการตัดกลึงพอใช้
การใช้งาน (Applications) S50C จะมีลักษณะการใช้งานส่วนใหญ่จะใกล้เคียงกับเกรด Ck45 เนื่องจากมีคุณสมบัติทางกลใกล้เคียงกันมาก แต่จะมีความแข็ง และความแข็งแรงสูงกว่าเล็กน้อย S50C สามารถนำไปใช้งานได้หลายชนิดทั้งงานแม่พิมพ์พลาสติก ยาง และชิ้นส่วนประกอบของแม่พิมพ์ เช่น ทำกรอบแม่พิมพ์ ชิ้นส่วนอุปกรณ์การเกษตรเกือบทุกชนิด เช่น จอบ เสียม คราด ชิ้นส่วนอะไหล่เครื่องจักรกล และส่วนประกอบในเครื่องยนต์และในรถยนต์ เป็นต้น

### 2.1.1 คุณสมบัติของธาตุที่ใช้ประสมในเหล็กกล้าคาร์บอน S50C [2]

ก) คาร์บอน (Cabon, C) เป็นสารที่ทำให้เหล็กมีความแข็งเพิ่มขึ้นและทนต่อการสึกหรอได้ดี จำนวนคาร์บอนในเหล็ก สามารถนำไปชุบแข็งได้

ข) แมงกานีส (Manganese, Mn) เมื่อประสมลงในเหล็กล้าจะทำให้เหล็กกล้านั้นทนต่อแรงกระแทก ได้ดีมีจุดหลอมละลายต่ำลง เพิ่มความเหนียวและทนต่อการสึกหรอได้ดี

ค) ซิลิกอน (Silicon, Si) ใช้เป็นตัวลดออกไซด์ในน้ำเหล็ก เพิ่มความแข็งและความแข็งแรง

ง) ฟอสฟอรัส (Phosphorus , P)เป็นตัวทำลายคุณสมบัติของเหล็ก แต่มักผสมอยู่ในเนื้อเหล็กโดยไม่ได้ตั้งใจ ต้องพยายามให้มีน้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ มักจะเรียกสารเหล่านี้ว่า สารมลทิน (Impurities) เหล็กเกรดสูงจะต้องมีฟอสฟอรัสไม่เกิน 0.03 - 0.05 %

จ) กำมะถัน (Sulphur , S) กำมะถันจะทำให้เหล็กเกิด Red Shortness จึงแตกเปราะง่าย โดยทั่วไปจึงจำกัดปริมาณกำมะถันในเหล็กไม่เกิน 0.025 หรือ 0.03 % ยกเว้น เหล็กฟรีแมชชีนนิ่ง (Free Machining) ที่เติมกำมะถันถึง 0.30 % เพื่อให้เกิดซัลไฟด์ขนาดเล็กกระจายทั่วเนื้อเหล็ก ทำให้ขี้กลึงขาดง่าย จึงตัดแต่งด้วยเครื่องมือกลได้ง่าย

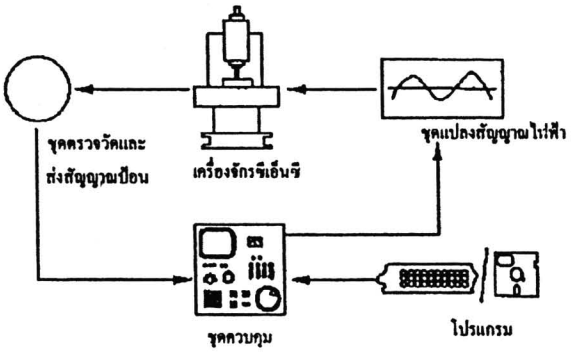
## 2.2 งานกัด [3]

Milling เรียกเป็นภาษาไทยว่า การกัด ซึ่งหมายถึงการใช้เครื่องมือตัด (ที่เรียกว่า Milling Cutter ดอกกัด) ที่หมุนรอบตัวเองอยู่กับที่ตัดเฉือนวัสดุ จากลักษณะดังกล่าว จึงเกิดการกัดขึ้น 2 ชนิดใหญ่ คือ งานกัดในแนวนอน (Peripheral Milling) และงานกัดงานในแนวตั้ง (Face Milling) ดังรูปที่ 1

งานกัดในแนวนอน (Peripheral Milling) งานกัดงานในแนวตั้ง (Face Milling)

**รูปที่ 2.1** ลักษณะของการกัด [3]

เครื่องจักรกลซีเอ็นซี (CNC) ซึ่งย่อมาจาก Computer Numerical Control หมายถึง การใช้คอมพิวเตอร์สำหรับการควบคุมการทำงาน ซึ่งคอมพิวเตอร์สามารถเข้าใจตัวเลขและตัวอักษรหรือโปรแกรมที่ป้อนและขณะเดียวกัน จะใช้คอมพิวเตอร์สำหรับการควบคุมเครื่องจักรจากคำสั่ง หรือโค้ดในโปรแกรมที่ป้อนเข้าไป โดยโปรแกรมดังกล่าวสามารถป้อนเข้าคอมพิวเตอร์โดยใช้แป้นพิมพ์ สื่อบันทึกความจำ เช่น ฮาร์ดดิสก์ ระบบสื่อสารเชื่อมโยงข้อมูล เช่น สายส่งสัญญาณ RS 232

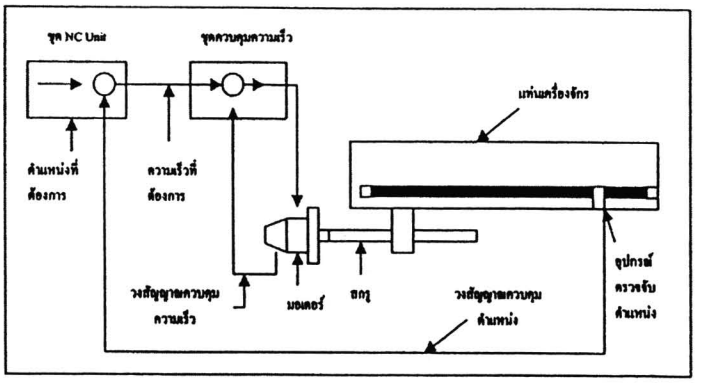



**รูปที่ 2.2** หลักการของเครื่องจักร CNC [3]

### 2.2.1 หลักการทำงานของเครื่องจักรกลซีเอ็นซี

เครื่องจักรกลซีเอ็นซีจะทำงานได้นั้น ระบบควบคุมของเครื่องจะต้องได้รับคำสั่งเป็นภาษาที่ระบบควบคุมเข้าใจได้เสียก่อนว่าจะให้เครื่องจักรกลซีเอ็นซีทำอะไร ดังนั้นจึงจำเป็นจะต้องป้อนโปรแกรมเข้าไปในระบบควบคุมของเครื่องผ่านแป้นพิมพ์ ( Key Board ) หรือเทปแม่เหล็ก ( Magnetic Tape ) เมื่อระบบควบคุมอ่านโปรแกรมที่ป้อนเข้าไปแล้ว ก็จะนำไปควบคุมให้เครื่องจักรกลทำงานโดยอาศัยมอเตอร์ป้อน ( Feed Moter )เพื่อให้แท่นเลื่อนเคลื่อนที่ได้ เช่น เครื่องกลึงซีเอ็นซี ก็จะมีมอเตอร์ในการเคลื่อนที่ 2 ตัว หรือเครื่องกัดซีเอ็นซีจะมีมอเตอร์ป้อน 3 ตัว จากนั้นระบบควบคุมอ่านโปรแกรมแล้ว ก็จะเปลี่ยนรหัสโปรแกรมนั้นให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้าเพื่อไปควบคุมให้มอเตอร์ทำงาน แต่เนื่องจากสัญญาณที่ออกจากระบบควบคุมนี้มีกำลังน้อย ไม่สามารถไปหมุนขับให้มอเตอร์ทำงานได้ ดังนั้น จึงต้องส่งสัญญาณนี้เข้าไปในภาคขยายสัญญาณของระบบขับ ( Drive Amplified ) และส่งสัญญาณต่อไปยังมอเตอร์ป้อนแนวแกนที่ต้องการเคลื่อนที่ ตามที่โปรแกรมกำหนด ความเร็วและระยะทางการเคลื่อนที่ของแท่นเลื่อน จะต้องกำหนดให้ระบบควบคุมรู้เนื่องจากระบบควบคุมซีเอ็นซีไม่สามารถมองได้ ซึ่งจะแตกต่างกับช่างควบคุมเครื่องจักรที่อาศัยสายตามองดูตำแหน่งของคมตัดกับชิ้นงาน ก็จะรู้ว่าต้องเลื่อนแท่นเลื่อนไปอีกเป็นระยะทางเท่าใด ดังนั้น จึงต้องออกแบบอุปกรณ์หรือเครื่องมือที่สามารถจะบอกตำแหน่งของแท่นเลื่อนให้ระบบควบคุมได้รู้ อุปกรณ์ชุดนี้เรียกว่าระบบวัดขนาด ( Measuring System) ซึ่งประกอบด้วยสเกลแนวตรง (Liner Scale) มีจำนวนเท่ากับจำนวนแนวแกนในการเคลื่อนที่ของเครื่องจักรกล ทำหน้าที่ส่งสัญญาณไฟฟ้าที่สัมพันธ์กับระยะทางที่แท่นเลื่อนเคลื่อนที่กลับไปยังระบบควบคุม ทำให้ระบบควบคุมรู้ว่าแท่นเลื่อนเคลื่อนที่ไปเป็นระยะทางเท่าใด

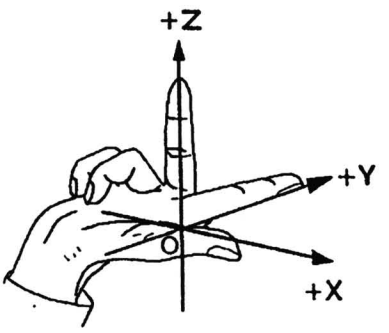
จากหลักการควบคุมการทำงานดังกล่าว ทำให้เครื่องจักรกลซีเอ็นซีสามารถผลิตชิ้นงานให้มีรูปร่างและรูปทรงให้มีขนาดตามที่ต้องการได้ เนื่องจากการสร้างและการทำงานที่เหนือกว่าเครื่องจักรกลทั่วไป จึงทำให้เครื่องจักรกลซีเอ็นซีเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญมากในที่




**รูปที่ 2.3** หลักการควบคุมการทำงานของเครื่องจักรกล CNC [3]

### 2.2.2 กฎมือขวาของระบบแนวแกน

เมื่อกางนิ้วมือขวา ทั้ง 3 นิ้วให้ตั้งฉากซึ่งกันและกัน นิ้วทั้ง 3 นิ้วจะแทนแกนในระบบแนวแกนต่อไปนี้

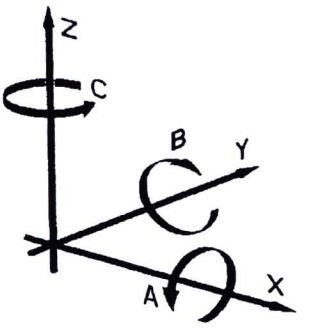



- นิ้วหัวแม่มือ แทนแกน X
- นิ้วชี้ แทนแกน Y
- นิ้วกลาง แทนแกน Z

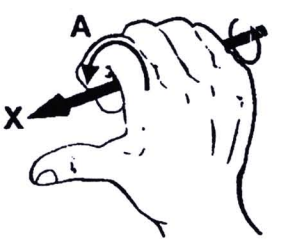
**รูปที่ 2.4** หลักการของกฎมือขวา [3]

โดยมีจุด O คือจุดศูนย์ ( หรือจุด Origin ) เป็นจุดตัดของทั้ง 3 แกน หรือตำแหน่งที่มีค่า X = 0.0 , Y = 0.0 และ Z = 0.0 หรือ ( X , Y , Z ) = ( 0 , 0 , 0 )

ตามมาตรฐานสากล ทั้งเครื่องกลึงและเครื่องกัด จะให้ทิศทางบวกของแกน Z อยู่ในแนวเดียวกับแกนของสปินเดิลของเครื่องจักร การทำงานของเครื่องจักรเป็นการเคลื่อนที่ของทูลเทียบกับแกนหรือโคออร์ดิเนทที่กำหนดบนชิ้นงาน สำหรับเครื่องจักรที่มีการเคลื่อนที่ผสมทั้งการเคลื่อนที่แบบเชิงเส้น ( Linear Motion ) หรือเคลื่อนที่ตามแนวความยาวของแกน X , Y , Z และ การเคลื่อนที่แบบเชิงมุม ( Angular Motion )หรือ โคออร์ดิเนต A, B และ C โดยทิศทางของการเคลื่อนที่เชิงมุมจะเทียบกับแกน X , Y , Z โดยที่ โคออร์ดิเนท A เป็นการหมุนรอบแกน X โคออร์ดิเนท B เป็นการหมุนรอบแกน Y โคออร์ดิเนท C เป็นการหมุนรอบแกน Z



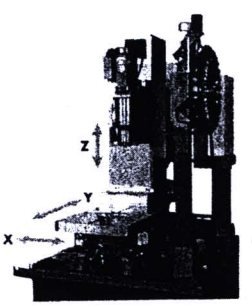

**รูปที่ 2.5** โคออร์ดิเนทของการเคลื่อนที่เชิงเส้นตรง X , Y , Z และการเคลื่อนที่เชิงมุม A , B , C [3]



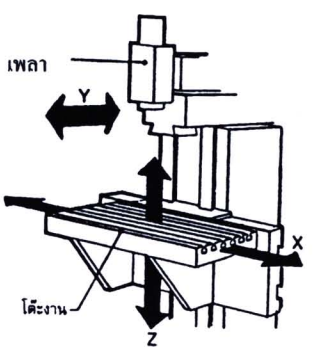

**รูปที่ 2.6** หลักการของกฎมือขวาในการกำหนดทิศทางบวกของมุม A หมุนรอบแกน X [3]

### 2.2.3 แกนและทิศทางของเครื่องกัดซีเอ็นซี

เครื่องกัด CNC นั้น จะประกอบไปด้วยแนวแกน X เป็นแนวแกนที่ทำให้โต๊ะงาน ( Table ) นั้นเคลื่อนที่ตัดขวางกับแนวแกนของสปินเดิล ส่วนแนวแกน Y เป็นแนวแกนที่ทำให้ให้โต๊ะงาน (Table ) นั้นเคลื่อนที่เข้า – ออกในแนวตั้งฉากหรือตัดขวางกับแนวแกน X และแนวแกน Z ส่วนใหญ่จะเป็นแนวแกนการเคลื่อนที่ขึ้น – ลงของสปินเดิล

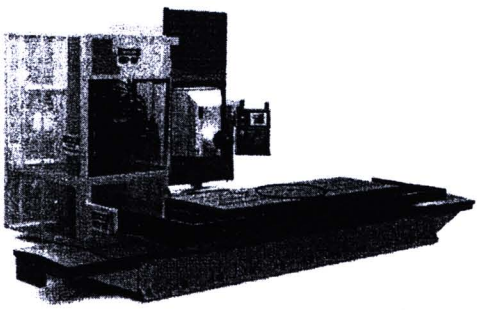



**รูปที่ 2.7** แนวแกนการเคลื่อนที่เครื่องกัด CNC [3]

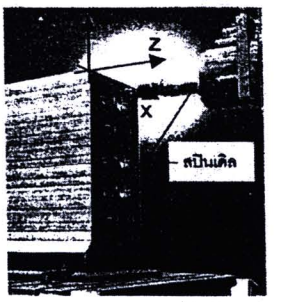



**รูปที่ 2.8** ลักษณะการเคลื่อนที่ของโต๊ะงาน และสปิลเดิน ของเครื่องกัด CNC [3]

ถ้าเป็นเครื่องกัดแนวนอน ส่วนใหญ่แนวแกน Z เป็นการเคลื่อนที่เข้าออกของทูลเมื่อเทียบกับชิ้นงาน ในแนวนอนทิศทางบวกชี้เข้าหาสปินเดิลซึ่งติดตั้งอยู่ในแนวนอน โดยมีแนวแกน X เป็นการเคลื่อนที่ตัดขวางกับชิ้นงาน หรือไปทางซ้าย - ขวา แกน Y เป็นการเคลื่อนที่ขึ้นลง



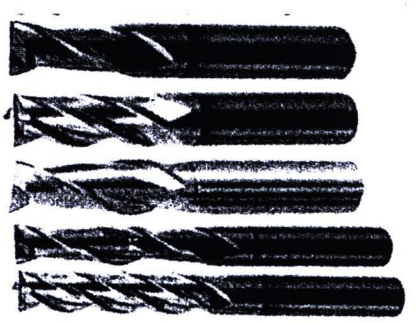
**รูปที่ 2.9** เครื่องกัด CNC แนวนอน [3]



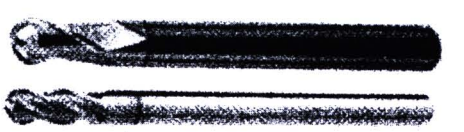

**รูปที่ 2.10** แนวแกนเครื่องกัด CNC แนวนอน [3]

### 2.2.4 เครื่องมือตัดสำหรับเครื่องซีเอ็นซี

เอ็นด์มิลล์ ( End Mill )เป็นเครื่องมือตัดที่ใช้สำหรับเครื่องกัดเพลาตั้ง วัสดุที่ใช้ทำเอ็นด์มิลล์นั้นมีทั้งทำจาเหล็กกล้ารอบสูง(HSS)และ คาร์ไบด์ (Carbide) ซึ่งในกระบวนการตัดเฉือนผิวชิ้นงานด้วยเอ็นด์มิลล์นั้นอาศัยคมตัดตรงปลายและคมตัดด้านข้าง ในการขึ้นรูปชิ้นงานสามารถขึ้นรูปได้หลายลักษณะ เช่นการกัดส่วนที่เป็นเบ้าหรือส่วนที่เป็นคอร์นูนก็ได้ ดอกกัดเอ็นด์มิลล์มีหลายลักษณะ เช่น เอ็นด์มิลล์ปลายแบบหน้าตัดตรง แบบปลายครึ่งวงกลม และแต่ละชนิดยังแบ่งดอกกัดออกได้เป็นดอกกัดหยาบและดอกกัดละเอียด



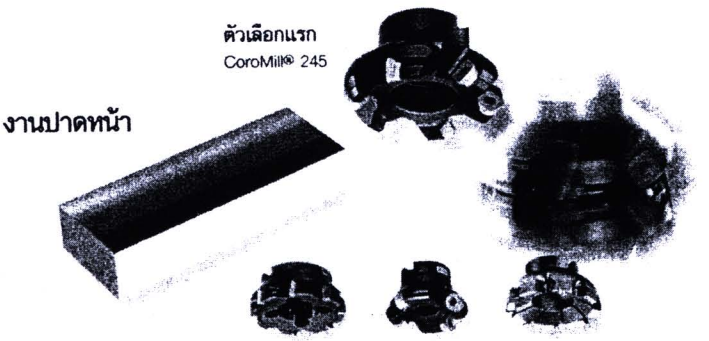
**รูปที่ 2.11** เอ็นด์มิลล์แบบปลายหน้าตัดตรง [3]



**รูปที่ 2.12** เอ็นด์มิลล์แบบปลายครึ่งวงกลม [3]

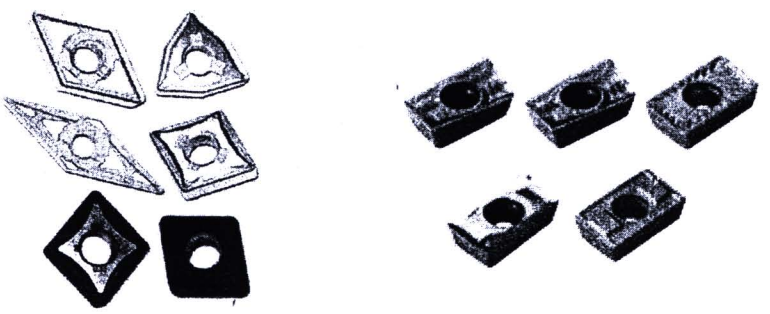
เฟซมิลล์ ( Face Mill ) เป็นเครื่องมือตัดที่ถูกออกแบบมาเพื่อใช้งานปาดผิวของชิ้นงาน เฟซมิลล์ที่ใช้สำหรับเครื่องกัดซีเอ็นซีนั้น ส่วนมากจะเป็นแบบอินเสิร์ท ซึ่งสามารถถอดเปลี่ยนอินเสิร์ทได้ เฟซมิลล์ยังมีรูปร่างลักษณะและรูปทรงที่แตกต่าง ดังนั้นการเลือกใช้งานจึงควรพิจารณาถึงรูปร่างและ

วัสดุของชิ้นงานด้วย ส่วนรายละเอียดของเฟซมิลล์เราสามารถดูได้จากคู่มือการเลือกใช้งานของบริษัทผู้ผลิต




**รูปที่ 2.13** ตัวอย่างของเฟซมิลล์ที่สำหรับปาดผิวชิ้นงาน [3]

มีดคาร์ไบด์ (Carbide) เครื่องมือตัดสำหรับงานกัดด้วยเครื่องกลึงซีเอ็นซี ส่วนใหญ่จะเป็น คาร์ไบด์ (Carbide) เนื่องจากคาร์ไบด์ (Carbide) เมื่อเกิดการสึกหรอหลังการใช้งาน ไม่ต้องถอดออกไปลับคมตัดใหม่ ซึ่งจะไม่เหมือนกับมีดตัดที่ทำจากเหล็กคาร์บอนและเหล็กรอบสูง High Speed Steel (HSS) ซึ่งคมตัดจะอยู่ติดที่ตัวด้ามมีด เมื่อเวลาใช้ไปแล้วเกิดการสึกหรอจะต้องถอดออกจากป้อมทูลแล้วนำไปลับคมตัดใหม่แล้วจึงนำกลับมาประกอบกับป้อมทูลอีกครั้งโดยจะสูญเสียเวลาในการปฏิบัติงานมาก จากเหตุผลดังกล่าวจึงมีการพัฒนามีดตัดแบบมีดคาร์ไบด์ (Carbide) ซึ่งแยกคมตัดออกจากด้ามมีด ในหนึ่งมีดคาร์ไบด์ (Carbide) ระกอบด้วยคมตัดหลาย ๆ คมขึ้นอยู่กับรูปร่างของเม็ดมีด เช่น รูปร่างสี่เหลี่ยมจะมีคมตัด 8 คม และรูปร่างสามเหลี่ยมจะมีคมตัด 6 คม เป็นต้น วิธีการผลิตมีดคาร์ไบด์ (Carbide) นั้นจะขึ้นรูปด้วยวิธีการ Sinter



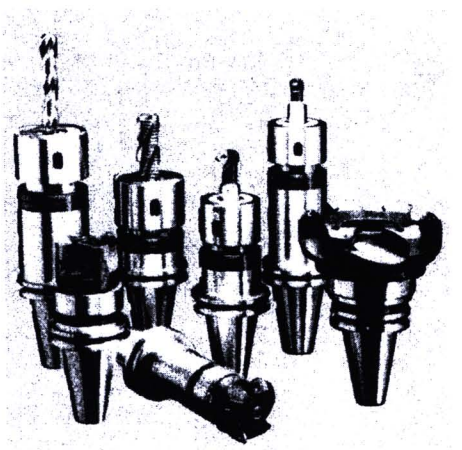
**รูปที่ 2.14** รูปร่างของมีดคาร์ไบด์ (Carbide) แบบต่าง ๆ [3]

### 2.2.5 อุปกรณ์จับยึดเครื่องมือสำหรับเครื่องกัดซีเอ็นซี

ระบบการเปลี่ยนเครื่องมืออัตโนมัตินั้น จะเป็นระบบที่ให้ความสะดวก และง่ายต่อการปฏิบัติงานของช่างควบคุมเครื่องก็จริง แต่ก็จำเป็นที่จะต้องอาศัยอุปกรณ์จับยึดเครื่องมือ ( Tools Holder ) เป็นจำนวนมาก ดังนั้นในการพิจารณาเลือกใช้อุปกรณ์จับยึดเครื่องมือจะต้องเลือกให้ถูกต้องและมีความเหมาะสมกับเครื่องมือตัดแต่ละชนิดด้วย

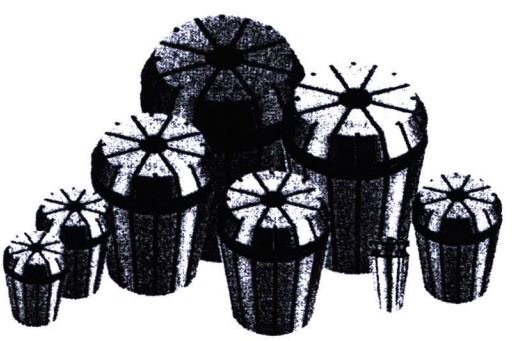
ในปัจจุบันระบบรูเพลาของเครื่องกัดซีเอ็นซี ( Spindle ) และอุปกรณ์จับยึดเครื่องมือนั้นจะมีขนาดที่เป็นมาตรฐานซึ่งสามารถเลือกใช้โดยดูจากคู่มือของบริษัทผู้ผลิต แต่สิ่งสำคัญจะลืมไม่ได้ คือ จะต้องเลือกให้มีขนาดและมาตรฐานเดียวกันกับรูเพลาของเครื่องจักรที่ใช้งานอยู่เท่านั้น

นอกเหนือจากนี้แล้ว ในการจับยึดเครื่องมือตัดบางชนิด อาจจะมีความจำเป็นที่จะต้องปลอกจับ ( Collet ) มาช่วย เช่น เอ็นด์มิลล์ ดอกต๊าป เป็นต้น โดยที่ลักษณะของปลอกจับจะมีหลายขนาดให้เลือกใช้ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับขนาดของเครื่องมือตัดที่จะนำมาใช้



สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

**รูปที่ 2.15** ตัวอย่างอุปกรณ์จับยึดเครื่องมือตัดสำหรับเครื่องกัดซีเอ็นซีแบบต่างๆ [3]



**รูปที่ 2.16** ปลอกจับ ( Collet ) เครื่องมือตัดขนาดต่างๆ [3]

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย
วันที่ 3 ก.ค. 2555
เลขทะเบียน 246182
เลขเรียกหนังสือ

## 2.3 อิทธิพลที่มีต่อการตัดเฉือนโลหะ [3]

ผู้เขียนโปรแกรมจะต้องมีความรู้ในทฤษฎีของการตัดเฉือน พิจารณาความเร็วรอบ (Speed) , ความเร็วตัด (Cutting Speed) , อัตราป้อน (Feed Rate)และระยะป้อนลึก (Depth of Cut) ซึ่งจะต้องสัมพันธ์กับเครื่องจักรด้วยและข้อมูลต่างๆ เช่น ข้อมูลทางด้านเทคนิคของวัสดุชิ้นงาน ข้อมูลทางด้านเทคนิคของวัสดุมีดตัด เป็นต้น ข้อมูลเหล่านี้จะมีผลต่ออายุการใช้งานของมีดอินเสิร์ตและยังรวมไปถึงคุณภาพผิวของชิ้นงานเพราะจะต้องคำนวณค่าต่างๆเพื่อที่จะนำไปลงในโปรแกรม CNC เพื่อที่จะนำข้อมูลไปป้อนลงในเครื่อง ต่อไป

**2.3.1** ความเร็วรอบของเพลาขับหรือเพลางาน ( Spindle Speed )การหาความเร็วรอบของเพลางานกลึง งานกัด และ งานเจาะ

จากสูตร

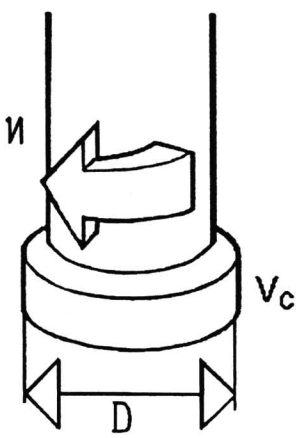
$$V_c = \frac{\pi . D . n}{1000} \quad \text{เราจะได้} \quad n = \frac{V_c . 1000}{\pi . D} \qquad (2.1)$$

กำหนดให้ $V_c$ = ความเร็วตัด เมตร / นาที

D = ∅ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเพลางาน มิลลิเมตร

n = ความเร็วรอบของเพลางาน รอบ / นาที ( rev / min )

$\pi$ = ค่าพาย เป็นค่าคงที่มีค่าเท่ากับ 3.14




**รูปที่ 2.17** ความเร็วรอบของเพลาในงานกัดและงานเจาะ [3]

**2.3.2** การหาอัตราป้อนของเครื่องมือตัดของงานกลึง งานกัด อัตราป้อนเป็นตัวแปรที่สำคัญในการกำหนดคุณภาพผิวของชิ้นงาน และยังรวมไปถึงระยะเวลาในการตัดเฉือนชิ้นงานอีกด้วย โดยทั่วไปอัตราป้อนที่ใช้เป็นข้อมูลในการตัดเฉือนในเครื่องจักรแบ่งออกได้ 3 แบบ คือ

- อัตราป้อนต่อรอบ (Feed per Revolution )
- อัตราป้อนต่อฟัน (Feed per Tooth)
- อัตราป้อนของโต๊ะงานหรือความเร็วโต๊ะงาน (Table Feed)

ในงานกัดบนเครื่องกัด CNC เรามักจะนิยมใช้ อัตราป้อนแบบ ความเร็วของโต๊ะงาน ดังนั้นอัตราป้อนจะสามารถคำนวณได้ จากสูตร

$$f = f_n . n . z \quad \text{งานกัด} \qquad (2.2)$$

| | | |
|---|---|---|
| $f_n$ | คือ อัตราป้อนต่อรอบ | มิลลิเมตร / รอบ |
| f | คือ ความเร็วของโต๊ะงาน | มิลลิเมตร / นาที |
| n | คือ ความเร็วรอบของเพลางานกัด | รอบ / นาที |
| z | คือ จำนวนฟันของเครื่องมือตัด | |

หรือจะหาได้จากสูตร

* สำหรับงานกัด ค่า F และค่า S สัมพันธ์กันจากสมการ

ค่าฟีด F ( mm / rev ) = ค่าฟีด F ( mm / tooth ) x จำนวนคมตัดของทูล ( z )

หรือ $F\,(mm/rev) = z \,.\, F\,(mm/tooth)$ (2.3)

ค่าฟีด F ( mm / min ) = ค่าฟีด F ( mm / rev ) x ค่าความเร็วรอบของสปินเดิล n ( rev / min )

หรือ $F\,(mm/min) = n\,(mm/rev) \,.\, F\,(mm/rev)$ (2.4)

**2.3.3** อัตราป้อน ของโต๊ะงานหรือความเร็วโต๊ะงาน (Table Feed)เป็นความเร็วของโต๊ะงานในงานกัด หรือชุดจับยึดทูลในงานกัด

### 2.3.4 การหาระยะป้อนลึกที่เหมาะสมในการทำงาน ( Depth of Cut )

ระยะป้อนลึกที่เหมาะสมนั้น จะมีผลต่อการทำงานเป็นอย่างมาก ถ้าเราเพิ่มระยะป้อนลึกในการทำงาน ชิ้นงานที่ผลิตนั้นก็จะใช้เวลาในการทำงานที่น้อยกว่า แต่คุณภาพผิวหรือความเที่ยงตรงในการทำงานนั้นจะมีค่าที่มากเกินกว่าที่จะยอมรับได้ แต่ถ้าเราใช้เวลาในการป้อนลึกน้อย ๆ ในการทำงาน คุณภาพผิวจะดีขึ้น แต่ระยะเวลาในการทำงานก็จะยาวนานขึ้นและยังทำให้อัตราการสึกหรอของทูลเพิ่มขึ้นอีกด้วย

## 2.4 วัสดุที่ใช้ผลิตเครื่องมือตัด [4]

วัสดุที่นำมาใช้ในการผลิตเป็นเครื่องมือตัด (Tool Materials) เช่น มีดกลึง และมีดกัด ที่ใช้ทำการตัดเฉือนโลหะ จะต้องเป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติที่มีความแข็ง ทนความร้อนที่อุณหภูมิสูง ทนต่อแรงกด และแรงดัดงอ ทั้งนี้เพราะในขณะเกิดการตัดเฉือนจะมีแรงต้านจากโลหะ อีกทั้งต้องมีความคงทนต่อความร้อนและทนต่อการสึกหรอสูง เนื่องจากในขณะที่ทำการตัดเฉือนโลหะ จะเกิดการเสียดสีกันระหว่างมีดกัดกับเนื้อโลหะทำให้เกิดมีความร้อนขึ้นและมีอุณหภูมิที่สูง ซึ่งถ้าวัสดุที่นำมาทำเครื่องมือตัดไม่มีความสามารถในการต้านทานความร้อนที่อุณหภูมิสูงก็จะทำให้วัสดุที่นำมาทำเครื่องมือตัดเกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างจากที่แข็ง และใช้ในการตัดเฉือน อาจกลายเป็นวัสดุที่อ่อนได้ จะเห็นได้ว่าวัสดุเครื่องมือตัดมีความสำคัญอย่างยิ่งในงานตัดเฉือนโลหะ นอกจากวัสดุในการทำเครื่องมือตัดเฉือนแล้วยังมีปัจจัยอื่นๆ ที่มีผลต่อการตัดเฉือนโลหะอีก เช่น อัตราป้อน ความเร็วรอบ และรูปทรงเรขาคณิตของเครื่องมือตัด

### 2.4.1 วัสดุหลักที่ใช้ในการทำเครื่องมือตัดต่าง ๆ

**2.4.1.1** เหล็กกล้าคาร์บอนสูง (High Carbon Steel) ใช้กันในช่วงที่ยังไม่มีการค้นพบเหล็กกล้าความเร็วสูง โดยวัสดุนี้จะมีปริมาณคาร์บอน 0.8%–1.20% จึงสามารถทำการชุบแข็งได้ดีและด้วยกรรมวิธีทางความร้อนที่เหมาะสมอาจเพิ่มความแข็งของมันจนมีค่าใกล้เคียงกับเหล็กกล้าความเร็วสูงต่างๆ หรืออาจทำให้มีความเหนียวแน่นได้ตามต้องการ อย่างไรก็ตามเหล็กกล้านี้มีความสามารถในการชุบแข็งหรือความลึกในการชุบแข็งต่ำและจะสูญเสียความแข็งที่อุณหภูมิประมาณ 300 องศาดังนั้นจึงถูกจำกัดใช้เฉพาะเครื่องมือตัดขนาดเล็ก และไม่เหมาะสมในการตัดด้วยความเร็วสูงหรือใช้ในงานหนัก แต่จะใช้ในการปฏิบัติกับวัสดุอ่อน

**2.4.1.2** เหล็กกล้าความเร็วสูง (High Speed Steel : HSS) เหล็กกล้าความเร็วสูงหรือเหล็กรอบสูงจะมีส่วนประกอบของโลหะผสมสูง มีความสามารถในการชุบแข็งได้ดีเป็นพิเศษ และสามารถรักษาสภาพ

ของคมตัดที่ดีไว้ได้จนถึงอุณหภูมิประมาณ 650 องศา ซึ่งสภาพนี้เป็นคุณสมบัติในด้านความต้านทานต่อการอ่อนตัวที่อุณหภูมิสูงหรือความแข็งขณะร้อนแดง (Red Hardness) อันเป็นคุณสมบัติที่ต้องการมากที่สุดในเครื่องมือตัดต่างๆ โดยเหล็กกล้าทำเครื่องมือตัดชนิดแรกที่มีคุณสมบัติดังกล่าวถูกพัฒนาขึ้นโดย Frederick W. Taylor และ M. White ในปี ค.ศ. 1900 ซึ่งทำโดยการเติมทังสเตน 18% และโครเมี่ยม 5.5% ลงเป็นธาตุผสมในเหล็กกล้า ส่วนผสมนี้สืบทอดมาจนถึงปัจจุบันโดยมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยเท่านั้น นอกจากธาตุผสมข้างต้นแล้ว ธาตุอื่นที่ใช้กันโดยปกติได้แก่ วานาเดียม โมลิบดินั่มหรือพลวงและคาร์บอน อนึ่งแม้ว่าเหล็กกล้าความเร็วสูงมีส่วนผสมแปรเปลี่ยนไปได้มาก

**2.4.1.3** โลหะผสมหล่อนอกกลุ่มเหล็ก (Cast Nonferrous Alloy) โลหะผสมนอกกลุ่มเหล็กจำนวนมากประกอบด้วยส่วนผสมหลัก โครเมี่ยม โคบอลต์และทังสเตนกับธาตุผสมในปริมาณน้อยกว่าตั้งแต่หนึ่งชนิดขึ้นไปที่มีการสร้างรูปแบบคาร์ไบด์ เช่นแทนทาลัมหรือโบรอน ซึ่งเป็นวัสดุที่เหมาะสมเป็นพิเศษสำหรับทำเครื่องมือตัด เมื่อหล่อให้เข้ารูปแล้ววัสดุจะมีความแข็งขณะร้อนแดงสูงและสามารถรักษามุมตัดที่ดีไว้ได้จนถึงอุณหภูมิ 925 องศา เปรียบเทียบกับเหล็กกล้าความเร็วสูงมันจะสามารถใช้ได้ที่อัตราเร็วตัดสูงกว่าถึง 2 เท่าที่อัตราการป้อนเดียวกันอย่างไรก็ตามโลหะผสมนี้จะมีความเปราะมากกว่า ไม่ตอบสนองต่อกรรมวิธีทางความร้อนและทำการตัดปาดได้ด้วยการเจียรนัยเพียงวิธีเดียวเท่านั้น เครื่องมือตัดที่มีรูปร่างซับซ้อนสามารถขึ้นรูปได้โดยการหล่อในแม่แบบเซรามิคส์ หรือโลหะแล้ว ทำผิวสำเร็จโดยการเจียรนัย คุณสมบัติของชิ้นงานภายหลังการหล่อจะแปรไปตามระดับของการหล่อเย็นที่เนื้อวัสดุได้รับในระหว่างการหล่อ ซึ่งส่วนผสมของเนื้อวัสดุเหล่านี้จะอยู่ในช่วงของทังสเตน 12%–25% โคบอลต์ 40%–50% และโครเมี่ยม15%–35% ร่วมกับธาตุที่ทำให้เกิดการก่อตัวของคาร์ไบด์ เช่นคาร์บอนในช่วง 1% –4% โดยสมบัติที่ได้จากส่วนผสมเหล่านี้คือ มีความต้านทานต่อการเกิดแอ่งและความต้านทานต่อการกระแทก ส่วนในด้านของประสิทธิภาพในการตัดนั้นจะอยู่ระหว่างเหล็กกล้าความเร็วสูงและเหล็กกล้าคาร์ไบด์

**2.4.1.4** คาร์ไบด์ (Carbide) มีดเล็บคาร์ไบด์ (Carbide Cutting Tool) ทำขึ้นได้โดยการทางโลหะผงเท่านั้นโดยผงโลหะของทังสเตนคาร์ไบด์และโคบอลต์จะถูกอัดให้มีรูปร่างตามต้องการแล้วนำเข้าสู่กระบวนการกึ่งยึดเหนี่ยวในเตาซึ่งมีบรรยากาศของไฮโดรเจนที่อุณหภูมิ 1550 องศา จากนั้นจึงทำผิวสำเร็จโดยการเจียรนัย เครื่องมือคาร์ไบด์นี้มีส่วนผสมของทังสเตนคาร์ไบด์ประมาณ 94 % และโคบอลต์ 6 % เหมาะสมกับการตัดปาดเหล็กหล่อและวัสดุอื่นๆจำนวนมากยกเว้นเหล็กกล้า เนื่องจากเศษตัดจะยึดติดหรือเชื่อมตัวเข้ากับผิวหน้าคาร์ไบด์และผังตัวลงในเครื่องมือตัดอย่างเร็ว อย่างไรก็ตามข้อบกพร่องนี้อาจแก้ไขได้โดยการเติมไททาเนียมและแทนทาลัมคาร์ไบด์ เข้าผสมพร้องกันกับเพิ่มปริมาณของโคบอลต์ ซึ่งในเครื่องมือตัดของคาร์ไบด์ที่เหมาะแก่การปฏิบัติสำหรับเหล็กล้าจะ

ประกอบไปด้วย ทังสเตนคาร์ไบด์ 82% ไททาเนี่ยมคาร์ไบด์ 10% และโคบอลต์ 8% ส่วนผสมนี้จะมีสัมประสิทธิ์ความเสียดทานต่ำเป็นผลให้มีแนวโน้มการสึกหรอที่ด้านบนหรือความเป็นแอ่งลดน้อยลง เนื่องจากการแปรเปลี่ยนส่วนประกอบจะทำให้คาร์ไบด์มีการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติไป โดยคาร์ไบด์ระดับคุณภาพต่างๆ สามารถหาซื้อให้เหมาะสมกับการปฏิบัติการทั่วไป

**2.4.1.5** เพชร (Diamond) เพชรใช้เป็นเครื่องมือตัดคมเดี่ยวสำหรับการตัดขนาดเบาที่อัตราเร็วสูงซึ้งต้องมีการรองรับอย่างมั่นคงแข็งแรงเนื่องจากวัสดุเพชรมีความแข็งและเปราะสูงมากเป็นพิเศษรูปแบบของการใช้งานคือ ใช้ในการตัดปาดวัสดุที่มีความแข็งจนยากต่อการปฏิบัติการด้วยเครื่องมืออื่นๆ ทั้งยังต้องการความแม่นยำและผิวสำเร็จที่ดีเยี่ยมหรือใช้ในการตัดขนาดเบาที่ความเร็วสูงสำหรับวัสดุอ่อนกว่า เช่น การตัดปาดพลาสติก ยางแข็ง คาร์บอนอัดและอลูมินัมที่อัตราเร็วตัด 5-25 เมตรต่อวินาที รวมทั้งสามารถใช้ในการตบแต่งล้อหินเจียรนัย แม่แบบดึงลวดขนาดเล็ก การเจียรนัยและการขัดถูจำเพาะอย่าง

**2.4.1.6** เซรามิก (Ceramic) เป็นส่วนผสมของผงอลูมินัมออกไซด์และสารตัวเติมจำพวกไททาเนียม แมกนีเซียม หรือโครเมี่ยมออกไซด์ (Chromium Oxide) รวมตัวประสานที่นำผ่านเข้าขบวนการทำมีดเล็ก (Cutting Tool Insert) ตัวมีดเล็บที่ได้อาจยึดเข้ากับฐานมีดได้ทั้งโดยการใช้ตัวบีบจับ (Clamp) หรือการใช้อีพอกซีเรซิน (Epoxy Resin) โดยสมบัติของมีดเล็บคือมีความแข็งแรงในด้านการรับแรงอัดสูงเป็นอย่างยิ่งแต่ค่อนข้างเปราะ ดังนั้นมีดเล็บจึงต้องมีค่ามุมคายเป็นลบในช่วง 5-7 องศา เพื่อความแข็งแรงเช่นเดียวกับฐานการรองรับซึ่งต้องทำอย่างแน่นหนาเครื่องมือตัดซิลิกอนไนไตรด์ (Silicon Nitride) ซึ่งมีชื่อรหัสเป็น S-8 จะใช้ในการตัดปาดเหล็กหล่อวัสดุจากเซรามิกส์ชนิดนี้มีอายุการใช้งานถึง 1,500 ชิ้นงานเหล็กหล่อในขณะที่เครื่องมือทังสเตนคาร์ไบด์เคลือบผิวมีอายุงานเพียง 250 ชิ้นงาน

## 2.5 การสึกหรอของมีดกัด (Tool Wear) [5]

การสึกหรอของเครื่องมือตัด (Tool Wear) หมายถึง การใช้งานจนหมดสภาพระหว่างทำงานตัดเฉือนที่ส่วนของมีดตัดถูกกระทำด้วยพลังงานความร้อน และพลังงานกล

### 2.5.1 กลไกของการสึกหรอจากการขัดสี

กลไกของการสึกหรอจากการขัดสี (Mechanism of Wear in Silding System) จากการศึกษาลักษณะของการสึกหรอที่เกิดขึ้นบนชิ้นงานแห้งๆ สองชิ้นขัดสีกันพบว่ามีอยู่ 4 ลักษณะ คือ

**2.5.1.1** การสึกหรอเนื่องจากการขัดสี (Adhesion Wear Mechanism) เป็นการขัดสีโลหะ 2 ชนิด โดยที่การขัดสีเกิดขึ้นซ้ำไปซ้ำมาบนผิวหน้าอันเดิม ซึ่งได้ผลดังนี้คือ Bowden และ Tabor พบว่าโลหะที่อ่อนกว่าส่วนหนึ่งจะหลอมละลายไปปะติดกับโลหะที่แข็งกว่า เกิดเป็นปุ่มนูนบนโลหะที่แข็งกว่า แต่เมื่อการขัดสีดำเนินไปปุ่มนูนนี้จะถูกขัดให้หลุดออกโดยที่รอยฉีกจะกินลึกกว่ารอยต่อของโลหะทั้งสองนั้นทำให้ผิวของโลหะที่แข็งกว่าร่อนไป

**2.5.1.2** การสึกหรอเนื่องจากการยึดเกาะของวัสดุ (Abrasive Wear Mechanism)การสึกหรอเนื่องจากการยึดเกาะของวัสดุ (Adhesion Wear) เกิดจากการที่ผิววัสดุ 2 ชนิดรวมยึดเกาะเป็นเนื้อเดียวกันอันเนื่องจากแรงอัดและการเยิ้มติดกัน แล้วเกิดแรงเฉือนจนทำให้บริเวณที่ยึดเกาะเป็นเนื้ออันเดียวกันนั้น ขณะตัดโลหะมักจะเกิดเหตุการณ์เหล่านี้ได้ เนื้อวัสดุของปลายคมตัดจะแตกและติดไปกับเศษชิ้นงานได้ อุณหภูมิที่เกิดขึ้นขณะตัดโลหะ และแรงกระทำที่เกิดขึ้นจะมีอิทธิพลต่อการเกิดการยึดเกาะกันของวัสดุแต่ละคู่ (เครื่องมือตัดกับชิ้นงาน) การยึดเกาะนี้จะเกิดที่ความเร็วตัดต่ำๆแต่จะขึ้นกับเวลา และมีแนวโน้มว่าจะเกิดน้อยลงเมื่อใช้ความเร็วตัดสูงๆ ถ้าเป็นการตัดที่รุนแรงหรือมีการสั่นสะเทือนหรือกระแทกเป็นช่วงๆ จะทำให้เกิดการยึดเกาะเร็วขึ้น และสึกหรอมาก

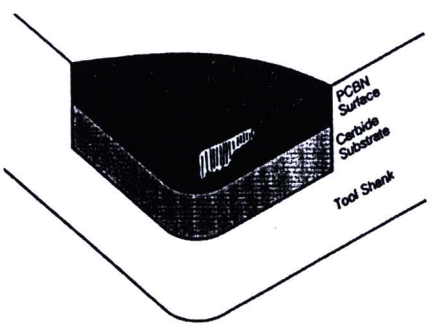
**2.5.1.3** การสึกหรอเนื่องจากการแพร่ซึมส่วนผสมเคมี ( Diffusion Wear Mechanism ) การสึกหรอเนื่องจากการแพร่ซึมส่วนผสมเคมี ( Diffusion Wear) เคมีนี้หรือของธาตุเหล่านี้เกิดในสภาวะของแข็ง (Solid – State Diffusion) ที่อะตอมเคลื่อนย้ายจาก Lattice หนึ่ง จากที่มีอะตอมเข้มข้นกว่าไปยังที่มีอะตอมเบาบางกว่าบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงกว่า บรรยากาศแวดล้อมมากก็ยิ่งมีการแพร่ซึมส่วนผสมได้มากขึ้น ขณะตัดโลหะ เมื่อเกิดการยึดเกาะของวัสดุ และเกิดอุณหภูมิสูงเพียงพอในบริเวณที่ยึดเกาะเป็นเนื้อเดียวกันนี้ จะเกิดการไหลของอะตอมจากเนื้อวัสดุเครื่องมือตัดไปยังเนื้อชิ้นงานปริมาณการแพร่ซึมจะมาก หรือ น้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับคู่สัมพันธ์ของเนื้อวัสดุทั้งสอง และระดับการสั่นของอะตอมซึ่งขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ถ้าเวลาที่สัมผัสยึดเกาะกันอยู่นานก็จะแพร่ซึมได้มาก แต่ถ้าใช้ความเร็วตัดสูงก็จะแพร่ซึมได้น้อย เครื่องมือตัดที่ทำจากเหล็กกล้าไฮสปีด จะมีอะตอมของธาตุคาร์บอนของเครื่องมือตัดแพร่ซึมเข้าไปสู่ผิวชิ้นงาน ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงส่วนผสมบริเวณนี้ คุณสมบัติของเครื่องมือตัดก็จะเปลี่ยนไป จะสึกหรอได้ง่าย

**2.5.1.4** การสึกหรอเนื่องจากการล้า (Fatigue Wear Mechanism) ว่าเมื่อผิวหน้าอันหนึ่งมีปุ่มนูนขึ้นมาแล้วขัดสีไปบนผิวหน้าอีกอันหนึ่ง จะทำให้เกิดแรงกดขึ้นที่ผิวหน้าข้างหน้าปุ่มนั้นขณะเดียวกันก็เกิดแรงดึงขึ้นข้างหลังปุ่มนั้นเมื่อปุ่มนั้นเคลื่อนที่ไปบนผิวหน้าใดก็ทำให้ผิวหน้านั้นได้รับแรงกด และแรงดึงสลับกัน ซึ่งเป็นสาเหตุก็เกิดการล้าตัวขึ้น ซึ่งในทางทฤษฎีแล้วจะทำให้เกิด Crack ขึ้นใต้ผิวหน้า และรอย Crack นี้จะดำเนินต่อไปยังผิวหน้าทำให้ผิวหน้าหลุดไป

### 2.5.2 ชนิดการสึกหรอบนคมตัดของมีด

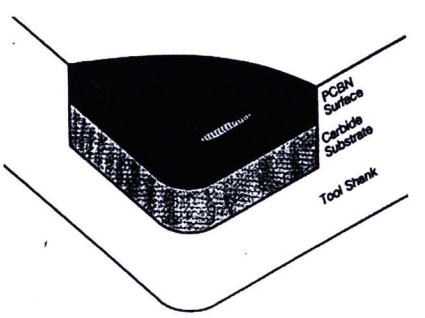
โดยทั่วไปแล้วการสึกหรอบนคมตัดของมีดสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิดตามลักษณะของตำแหน่งที่เกิดการสึกหรอ คือ การสึกหรอบนผิวหลบ (Flank Wear) การสึกหรอบนผิวคาย (Crater Wear) และการสึกหรอที่ปลายมีด (Nose Wear)

**2.5.2.1** การสึกหรอบนผิวหลบ (Flank Wear) จะเกิดขึ้นเป็นแนวยาวด้านข้างของคมตัดดังในรูปที่ 2.18การสึกหรอชนิดนี้เกิดจากการขัดสีกันระหว่างด้านข้างของมีดกลึงกับโลหะที่กำลังทำการตัดเฉือนเมื่อการสึกหรอบนผิวหลบเกิดขึ้นมากก็จะมีการขัดสีเพิ่มขึ้น ทำให้ต้องการกำลังสำหรับการตัดเฉือนมากขึ้นตามไปด้วย



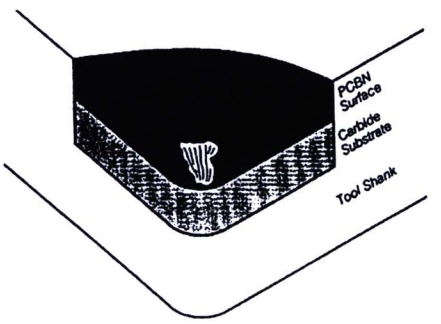

**รูปที่ 2.18** แสดงลักษณะของการสึกหรอบนผิวหลบ (Flank Wear) [5]

**2.5.2.2** การสึกหรอบนผิวคาย (Crater Wear) จะมีลักษณะเป็นหลุมหรือเป็นร่องลึก เกิดใกล้ๆกับคมตัดแสดงในรูปที่ 2.19 การสึกหรอบนผิวคายเกิดจากการไถลของเศษกลึงไปบนผิวคายของมีดกลึง เมื่อการสึกหรอบนบนผิวคายเกิดขึ้นมากในที่สุดก็จะทำให้คมตัดเกิดการแตกหักได้




**รูปที่ 2.19** แสดงลักษณะของการสึกหรอบนผิวคาย (Crater Wear) [5]

**2.5.2.3** การสึกหรอที่ปลายมีด (Nose Wear) เป็นการสึกหรอที่ปลายมีดกลึง หรือจุดที่เกิดการเสียดสีระหว่างปลายมีดกลึงกับโลหะที่กำลังทำการตัดเฉือน แสดงในรูปที่ 2.20 การสึกหรอที่ปลายมีดบนคมตัดจะส่งผลกับคุณภาพของผิวชิ้นงาน




**รูปที่ 2.20** การสึกหรอที่ปลายมีด (Nose Wear) [5]

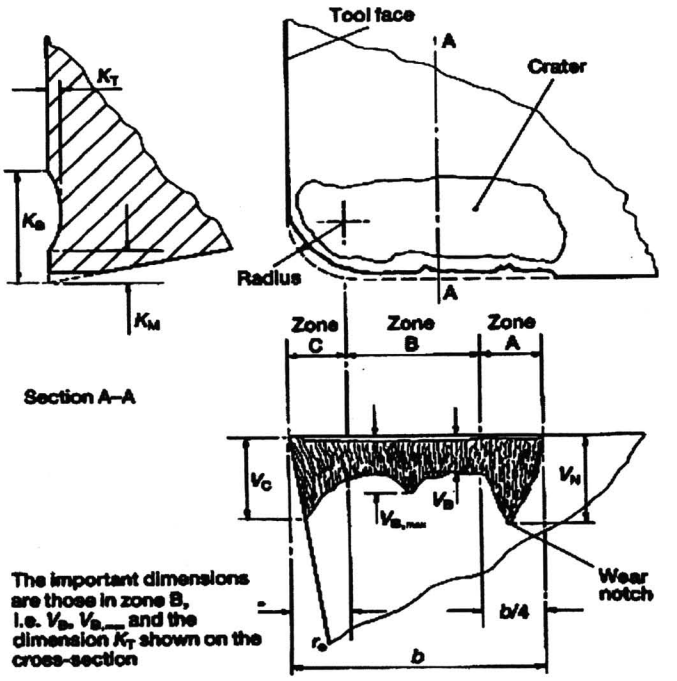
### 2.5.3 ลักษณะของการสึกหรอที่เกิดขึ้นบนคมตัด

1. การสึกหรอบนผิวหลบ (Flank Wear)
2. การสึกหรอบนผิวคาย (Crater Wear)
3. การสึกหรอเนื่องจากการเปลี่ยนรูป (Plastic Deformation)
4. การสึกหรอลักษณะแหว่ง (Notch Wear)
5. การแตกร้าวเนื่องจากความร้อน (Thermal Cracking)
6. การแตกเนื่องจากการล้าตัว (Fatigue)
7. การกะเทาะ (Chipping)
8. การแตกหัก (Fracture)
9. การพอกเศษ (Built – Up Edge)

## 2.6 ข้อกำหนดเกี่ยวกับการสึกหรอคมตัดตามมาตรฐาน ISO 3685 :1993 [6]

### 2.6.1 การแบ่งเขตของการสึกหรอบนผิวหลบ (Flank Wear)

มาตรฐาน ISO 3685:1993ได้มีการแบ่งเขตของการสึกหรอบนผิวหลบ (Flank Wear) เพื่อให้การวัดขนาดของการสึกหรอบนผิวหลบเป็นไปในแนวทางเดียวกัน โดยเขตของการสึกหรอบนผิวหลบ




**รูปที่ 2.21** แสดงเขตของการสึกหรอตามมาตรฐานสากล (ISO ISO 3685:1993) [6]

จากรูปที่ 2.21 มาตรฐาน ISO ได้แบ่งเขตของการสึกหรอบนผิวหลบ (Flank Wear Zone) ออกเป็น 3 เขต คือ เขต A เขต B และเขต C โดยกำหนดให้ b เป็นระยะป้อนลึกในการตัดเฉือนชิ้นงาน

เขต A เป็นเขตที่อยู่บนผิวหลบด้านในสุดของคมตัด มาตรฐาน ISO 3685 : 1993 (E) ได้กำหนดให้เขต A มีค่าเท่ากับ 1 ใน 4 ของ b (เมื่อ b = ระยะป้อนลึก)
ดังแสดงในรูปที่ 2.21

เขต B เป็นเขตที่อยู่บนผิวหลบเช่นเดียวกับเขต A และเขต B ก็เป็นเขตที่อยู่ระหว่างเขต A กับเขต C มาตรฐาน ISO 3685 : 1993 (E) ไม่ได้กำหนดช่วงกว้างของเขต B แต่จะกำหนดให้ช่วงกว้างของเขต B ขึ้นอยู่กับช่วงกว้างของเขต A และเขต C ดังแสดงในรูปที่ 2.21

เขต C เป็นเขตที่อยู่บนผิวหลบเช่นเดียวกับเขต A และเขต B เขต C จะอยู่นอกสุดของคมตัดและเขต C ก็อยู่ติดกับเขต B มาตรฐาน ISO 3685 : 1993 (E) ได้กำหนดให้เขต C มีช่วงกว้างเท่ากับรัศมีปลายมีด (Nose) ดังแสดงในรูปที่ 2.21

### 2.6.2 ข้อกำหนดในการใช้ขนาดของการสึกหรอบนผิวหลบ (Flank Wear)

เครื่องมือในการบ่งบอกการเสื่อมสภาพและการสิ้นสภาพของใบมีดมาตรฐาน ISO 3685 : 1993(E) ได้กำหนดการวัดขนาดของการสึกหรอบนผิวหลบ (Flank Wear) โดยกำหนดให้ทำการวัดขนาดของการสึกหรอบนผิวหลบในช่วงกว้างของเขต B และกำหนดให้ $V_B$ เป็นขนาดของการสึกหรอบนผิวหลบเฉลี่ย ส่วน $V_{B\,max}$ เป็นขนาดของการสึกหรอบนผิวหลบสูงสุด นอกจากนี้มาตรฐาน ISO 3685 : 1993 (E) ยังมีข้อกำหนดในการใช้ขนาดของการสึกหรอบนผิวหลบเป็นเครื่องมือในการบ่งบอกการเสื่อมสภาพและการสิ้นสภาพของใบมีด โดยกำหนดให้เลือกใช้ได้สองกรณี คือถ้าเลือกใช้ขนาดของการสึกหรอบนผิวหลบเฉลี่ยจะกำหนดให้ใบมีดเสื่อมสภาพและการสิ้นสภาพเมื่อขนาดของการสึกหรอบนผิวหลบเฉลี่ย ($V_B$) มีขนาดมากกว่าหรือเท่ากับ 0.3 มิลลิเมตร และถ้าเลือกใช้ขนาดของการสึกหรอบนผิวหลบสูงสุด จะกำหนดให้ใบมีดเสื่อมสภาพและการสิ้นสภาพเมื่อขนาดของการสึกหรอบนผิวหลบสูงสุ่ด ($V_{B\,max}$) มีขนาดมากกว่าหรือเท่ากับ 0.6 มิลลิเมตร ตำแหน่งของ $V_B$ และ $V_{B\,max}$ แสดงในรูปที่ 2.21

## 2.7 อายุของมีดกัด (Tool Life) [7]

อายุมีด คือ เมื่อมีดตัดเสื่อมสภาพ มีการเปลี่ยนมีดนำมีดใหม่มาทดแทนและลับมีดที่เสียหรือเครื่องมือเดิม อายุบอกเป็นเวลาที่สามารถใช้งานได้ และเป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปแล้วว่าอายุการใช้งานของใบมีด (Tool Life) มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อต้นทุนการผลิต การวัดอายุการใช้งานของใบมีดนั้นจะเริ่มนับอายุจากเวลาที่ใบมีดเพิ่งลับใหม่ จนกระทั่งถึงเวลาที่ใบมีดเสื่อมสภาพจนไม่สามารถทำการตัดโลหะให้ได้ดีตามที่ต้องการ ซึ่งใบมีดอาจจะกะเทาะร้าวลงจริงๆ หรือเพียงแต่สึกหรอก็ได้ เวลาของอายุการใช้งานมักเป็นเวลาของการใช้งานจริงๆ คือเวลาของการตัดโลหะจริงๆ นอกจากจะวัดอายุการใช้งานของใบมีดในหน่วยเวลาแล้ว ยังอาจวัดเป็นหน่วยอื่นๆ เช่น จำนวนปริมาตรของวัสดุงาน (Work Material) ที่ถูกตัดออกไปก่อนใบมีดจะสิ้นสภาพ เป็นต้น

### 2.7.1 เกณฑ์การหมดอายุของใบมีดกัด (Tool Life Criterion)

สภาพการหมดอายุของใบมีดกลึง (Tool Life Criterion) สามารถพิจารณาได้เป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ เกณฑ์การหมดอายุการใช้งานของใบมีดโดยยึดถือตัวใบมีดเป็นหลัก (Tool Life Criteria Base on Tool)ซึ่งก็ได้แก่การพิจารณาสภาพของใบมีดโดยอาจถือว่าใบมีดสิ้นสภาพเมื่อ

ก. คมมีด (Cutting Edge) กะเทาะหรือร้าว

ข. ขนาดของการสึกหรอบนผิวหลบ (Flank Wear) ใหญ่เกินไป ตาม ISO ถ้า $V_{B\,max} > 0.6$ มิลลิเมตร หรือ $V_{B\,average} > 0.3$ มิลลิเมตร

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

ค. ขนาดของการสึกหรอบนผิวคาย (Crater Wear) ลึกเกินไปหรือใหญ่เกินไป หรือกว้างเกินไป

ง. พิจารณาดูทั้งการสึกหรอบนผิวหลบ (Flank Wear) และการสึกหรอบนผิวคาย (Crater Wear) ประกอบเข้าด้วยกัน

จ. ปริมาตรหรือน้ำหนักของเนื้อสารที่สึกออกจากใบมีดมีค่ามากเกินไป

ฉ. ใบมีดแตกหักลงจริงๆ

### 2.7.2 เกณฑ์การหมดอายุการใช้งานของใบมีดโดยยึดถือเอาชิ้นงานเป็นหลัก (Tool Life Criteria Base on Work Piece) เป็นต้นว่า

ก. ความขรุขระของพื้นผิวของชิ้นงานมีค่าสูงเกินไป หรือหยาบเกินไปกว่า พิกัดความเรียบผิวในแบบงาน

ข. ขนาดของชิ้นส่วนที่ผลิตออกมามีขนาดไม่ถูกต้องตามที่กำหนด เช่นเกิด Nose Wear มีดก็จะทู่มีดก็มี ขนาดสั้นลง ทำให้ชิ้นงานโตขึ้น หรือโตไม่สม่ำเสมอ

### 2.7.3 เกณฑ์การหมดอายุการใช้งานของใบมีดโดยยึดถือหลักอื่นๆ

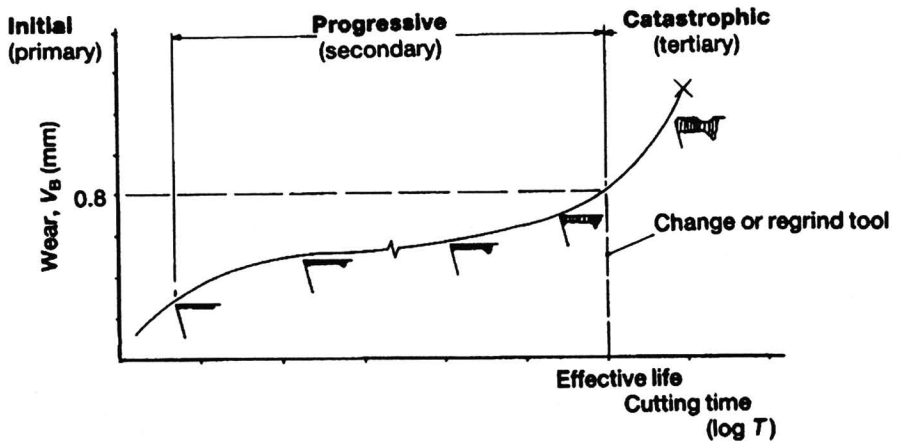
ก. แรงหรือกำลังในการตัดโลหะมีค่าสูงจนเกินไป

ข. เสียงที่เกิดจากการกลึง ดังกว่าปกติ มีค่าผิดไป เช่นการใช้วัดเสียงความถี่สูง/ต่ำ Acoustic Emission Signals

ค. การสั่นสะเทือน ในการตัดโลหะ โดยวัดแรงสั่นสะเทือน เนื่องจากการกระแทกของมีดตัดชิ้นงาน

### 2.7.4 การสึกหรอเป็นมีด กับการอายุ การใช้งาน

การสึกหรอของคมตัดจะเป็นตัวบ่งชี้ว่า มีดมีการหมดสภาพมีขนาดเกินที่กำหนดไว้ ซึ่งขนาดของการสึกหรอของคมตัดที่ใช้เป็นเครื่องมือในการประมาณอายุการใช้งานของมีดตัด (Tool Life) นั้นอาจจะประมาณจากขนาดของการสึกหรอแบบหลุมบนผิว (Crater Wear) หรือขนาดของการสึกหรอบนผิวหลบ (Flank Wear) ก็ได้ ขนาดของการสึกหรอที่ใช้ในการประมาณอายุการใช้งานของมีดตัดจะเป็นขนาดของการสึกหรอที่ถึงจุดที่การสึกหรอเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วและส่งผลให้ใบมีดหมดสภาพที่จะใช้งานต่อไป ซึ่งเรียกจุดนี้ว่าจุดวิกฤติ (Critical Point) เช่น ถ้าพิจารณาพัฒนาการของการสึกหรอบนผิวหลบ (Flank Wear) ในระหว่างอายุของใบมีดจะพบว่ามี 3 ขั้น คือ การสึกหรอขั้นแรก (Primary Wear or Initial Wear) การสึกหรอขั้นที่สอง (Secondary Wear or Progressive Wear) และขั้นสุดท้ายเป็นการสึกหรอขั้นที่สาม (Tertiary Wear or Catastrophic Wear) ดังแสดงในรูปที่ 2.22




**รูปที่ 2.22** กราฟแสดงความสัมพันธ์ของพัฒนาการของการสึกหรอบนผิวหลบ (Flank Wear) กับการกำหนดอายุการใช้งานของใบมีด [7]

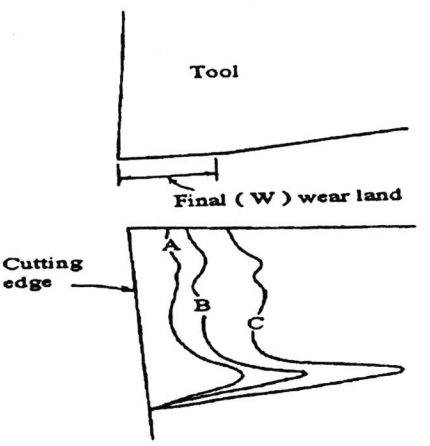
การสึกหรอขั้นแรก (Primary Wear or Initial Wear) เมื่อนำมีดกลึงที่เพิ่งลับใหม่ หรือใบมีดใหม่มาใช้ทำการตัดเฉือนชิ้นงานคมตัดก็จะเกิดความเสียหายอย่างรวดเร็ว จากรูปที่ 2.22 กราฟแสดงขนาดของการสึกหรอเทียบกับเวลา แสดงให้เห็นว่าอัตราการสึกหรอในขั้นแรกจะสูงมาก ซึ่งอัตราการสึกหรอนี้จะขึ้นอยู่กับเงื่อนไขที่ใช้ในการตัดเฉือนและวัสดุของชิ้นงานที่ทำการตัดเฉือน

การสึกหรอขั้นที่สอง (Secondary Wear or Progressive Wear) การสึกหรอในขั้นนี้เป็นการสึกหรอที่ดำเนินต่อเนื่องมาจากการสึกหรอในขั้นแรก แต่การสึกหรอเพิ่มขึ้นในลักษณะคงที่ คืออัตราการสึกหรอน้อยกว่าช่วงแรก จุดสิ้นสุดของการสึกหรอในช่วงนี้จะเรียกว่าจุดวิกฤติของการสึกหรอบนผิวหลบ (Critical Point of Flank Wear) หรือเรียกง่ายๆว่า Critical Flank ซึ่งจุดนี้มักใช้เป็นจุดสิ้นสุดของอายุการใช้งานของใบมีด ในกรณีนี้จะสิ้นสุดเมื่อการสึกหรอบนผิวหลบ (Flank Wear , $V_B$) มีขนาดมากกว่า 0.8 มม. ดังรูปที่ 2.22

การสึกหรอขั้นที่สาม (Tertiary Wear or Catastrophic Wear) การสึกหรอในขั้นนี้เป็นการสึกหรอขั้นสุดท้าย การสึกหรอจะเกิดขึ้นมากและรวดเร็วซึ่งจะนำไปสู่การสูญเสียสภาพการใช้งาน (Failure) ของใบมีดหรือคาร์ไบด์ การสูญเสียสภาพการใช้งาน (Failure) นี้เกิดจากการประกอบกันของการสึกหรอบนผิวหลบที่มีค่าสูง (High Flank Wear) กับการการสึกหรอบนผิวคายที่มีขนาดใหญ่ (Large Crater Wear)

### 2.7.5 การวัดอายุของมีด ( Measuring Tool Life)

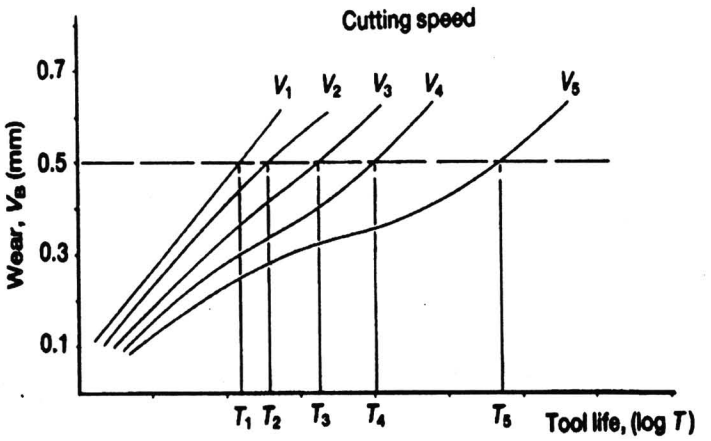
การศึกษาถึงการวัดอายุของมีดทำให้เราสามารถทราบถึงการแตกหักที่เกิดจากชิ้นงานการสึกหรอมากเกินไปทำให้เกิดการแตกหักของปลายมีดคมตัด หรืออาจเกิดการสึกหรอใช้งานไม่ได้ และทำให้ข้อแตกต่างของการออกแบบ และการเลือกเครื่องมือไม่เหมาะสม ปกติอายุคมมีดของมีดจะเกิดประโยชน์หรือประสิทธิภาพสูงสุดในขบวนการผลิตและจะทำให้เกิดการสึกหรอที่มีลักษณะค่อยๆ เกิดที่ด้านข้างของมีดตัด(มีดตัดทำงานติดต่อกัน) ส่วนการสึกหรอด้านหน้านั้นเกิดจาก Chip ที่ไหลออกจากมีดตัดหรือในพื้นที่ที่เท่าๆกัน การสึกหรอที่เกิดจาก Chip ไหลผ่านมีดตัดจะทำให้เกิดการสึกหรอลักษณะเป็นแอ่งลึกบน Rank Face ถ้าอธิบายในรูปที่ 2.23




**รูปที่ 2.23** แสดงการพัฒนาของการสึกหรอ Wear Land , ช่วง A เป็นจุดเริ่มต้น และ ช่วง C เป็นจุดสุดท้ายของการสึกหรอ [7]

ถึงอย่างไรการสึกหรอด้านหน้าที่เกิดจากการตัด จะทำให้การตรวจสอบความแข็งและปกติการสึกหรอด้านข้างจะมีอิทธิพลมากที่สุดที่ทำให้มีดตัดเกิดความเสียหาย และจะเป็นการวัดอายุมีดตัดที่เหมาะสมในการสึกหรอส่วนนี้ ปัญหาที่เกี่ยวกับการสึกหรอด้านข้างของมีดตัดลักษณะค่อยๆ เกิดและจะทำให้ทราบถึงอายุของมีดตัด

Frederick W. Taylor ได้ทดลองปฏิบัติงานและได้แสดงการเปรียบเทียบลำดับของ Cutting Tools และเสนอแนวคิดว่า ช่วงเวลา 20 นาทีแรกของการตัด มีดจะมีอายุมากสุดหลังจากเพิ่ม Cutting Speed จะทำให้มีดตัดเกิดการอ่อนตัวลงภายหลังจาก 20 นาที ของการปฏิบัติงาน อย่างไรก็ตาม อัตราส่วนของการสึกหรอที่เร็วที่สุดและถูกต้องจะสัมพันธ์กับ การทำงานของเครื่องจักรชิ้นส่วน ฯลฯ




**รูปที่ 2.24** กราฟแสดงความสัมพันธ์ของอายุการใช้งานของใบมีดกับความเร็วตัดที่เปลี่ยนไป เมื่อกำหนด Critical Flank = 0.5 มม. [7]

## 2.8 ความเรียบของผิวงาน [8]

### 2.8.1 ลักษณะทั่วไปของผิวงานที่ผ่านการแปรรูปและผ่านการตัดเฉือน

ผิวชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการผลิตด้วยกรรมวิธีต่าง ๆ เช่น งานกัด งานกลึง และงานเจียระไน ฯลฯ เมื่อมองด้วยสายตาเราจะเห็นว่าผิวของชิ้นงานมีความเรียบ แต่เมื่อนำมาขยาย ก็จะพบว่าผิวงานเหล่านั้นขรุขระเป็นคลื่น สูง - ต่ำไม่เท่ากัน สำหรับงานที่ต้องการความละเอียดสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการผลิตชิ้นส่วนของเครื่องจักรกลบางชนิด เช่น ตลับลูกปืน เป็นต้น แต่สำหรับชิ้นงานบางชนิดก็อาจจะไม่มีความจำเป็นที่จะต้องระบุความหยาบละเอียดของผิวงาน เพราะจะทำให้เสียเวลาในการผลิต

**2.8.2 ผิวงาน (Surface)** หมายถึง ขอบเขตหรือบริเวณ ที่แยกออกจากส่วนเนื้อวัสดุงาน รูปร่างและลักษณะผิวงานระบุได้ด้วยรูปภาพ (Drawing) หรือคำอธิบายคำจำกัดความ (Descriptive Specifications)

**2.8.3 รูปทรงผิว (Profile)** หมายถึง เส้นที่แสดงลักษณะพื้นผิวงานตลอดภาคหน้าตัดที่ถูกนำมาพิจารณา

**2.8.4 ความหยาบของผิว (Roughness)** หมายถึง ความผิดปกติของผิวงานที่ผ่านกระบวนการขึ้นรูป อันเนื่องมาจากขบวนการผลิต

**2.8.5 คลื่นของผิวงาน (Waviness)** หมายถึง ความผิดปกติของผิวงาน ที่มีระยะในการพิจารณากว้างกว่าช่วงความหยาบผิว เกิดขึ้นจากการโก่งตัวของทั้งชิ้นงาน และการหลวมคลอนของชิ้นส่วนเครื่องจักรกล รวมทั้งการสั่นสะเทือนขณะทำการขึ้นรูป

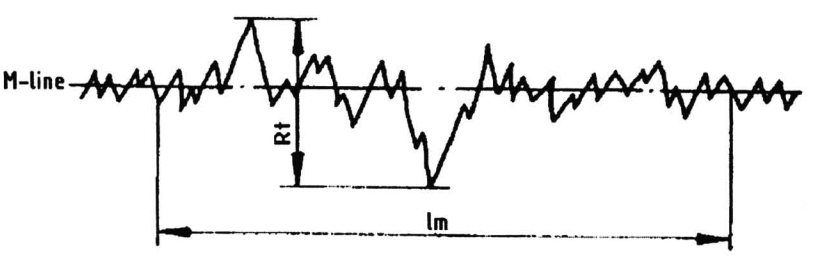
**2.8.6 Flaw** หมายถึง ความผิดปกติของผิวงาน ที่เกิดขึ้นที่จุดใดจุดหนึ่งบนผิวงาน เช่นรอยขีดข่วน รอยแตก และรูพรุน เป็นต้น

**2.8.7 Lay** หมายถึง แนวทิศทางของรอยสัน ส่วนยอดความหยาบของผิวที่ทำการตรวจสอบ

## 2.9 การวัดค่าความหยาบละเอียดของผิวงาน

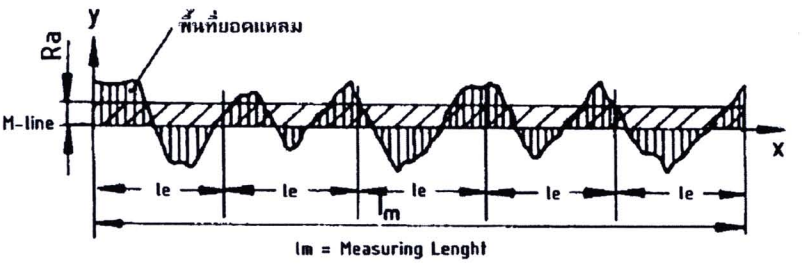
การวัดค่าความหยาบละเอียดของผิวงานที่จะกล่าวถึงนี้ ประกอบด้วย ค่า Rt, Ra และ Rz ซึ่งมีหน่วยเป็นไมโครเมตร ($\mu$m) โดยแต่ละค่ามีวิธีการวัด ดังนี้

**2.9.1 ค่า Rt** หมายถึง ค่าวัดจากจุดสูงสุดไปยังถึงจุดต่ำสุดของผิวงาน



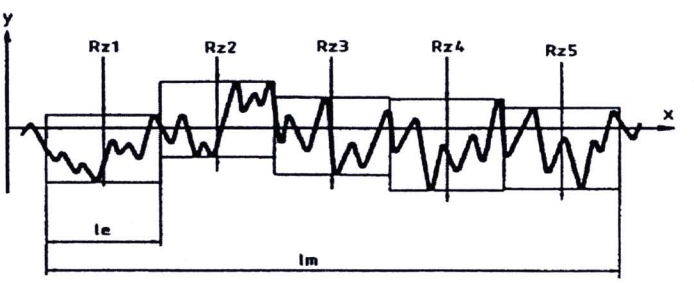

**รูปที่ 2.25** การวัดค่า Rt [8]

**2.9.2 ค่า Ra** หมายถึง ค่าที่ได้จากการหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต ของพื้นที่ยอดแหลมของคลื่นเหนือเส้นกึ่งกลาง (M - Line) กับพื้นที่ยอดแหลมของคลื่นใต้เส้นกึ่งกลาง หารด้วยความยาวเฉลี่ย (Lm) โดยที่ค่าของ Ra มีหน่วยวัดเป็นไมโครเมตร




**รูปที่ 2.26** การวัดค่า Ra [8]

**2.9.3 ค่าความหยาบ Rz** หมายถึง ค่าหาได้จากการวัดทดสอบเป็นช่วงเท่า ๆ กัน 5 ช่วง แล้วนำค่าที่ได้มารวมกันหารด้วย 5 โดยที่ค่าของ Rz มีหน่วยเป็นไมโครเมตร




**รูปที่ 2.27** การวัดค่า Rz [8]

**2.9.4 การตรวจสอบความหยาบละเอียดของผิว**

การตรวจสอบความหยาบละเอียดของผิว โดยทั่วไปจะใช้วิธีการตรวจสอบผิวของชิ้นทดสอบเปรียบเทียบกับค่าความขรุขระของพื้นผิวที่ได้จากการเจียระไนด้วยเครื่องวัดผิว

**รูปที่ 2.28** เครื่องมือวัดค่าความหยาบผิวงาน

## 2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Eyup Bagci, และคณะ [9] ได้ศึกษาปัจจัยที่จะทำให้ค่าความเรียบผิวดีที่สุดในการกัดเหล็ก Cobalt – Based Alloy ด้วยระยะป้อนลึก 3 ระดับ ได้แก่ 0.25 , 0.5 และ 0.75 มิลลิเมตร , ความเร็วตัด 3 ระดับ ได้แก่ 50 ,70 และ 90 เมตรต่อนาที และอัตราป้อน 3 ระดับ ได้แก่ 100 140 180 มิลลิเมตรต่อนาที ตามลำดับ ซึ่งผลการทดลองปรากฏว่าทั้งสามปัจจัยมีผลต่อความเรียบผิว

J.M. Vieira , A.R. Machado , E.O. Ezugwu [10] ได้ศึกษาเรื่อง Performance of cutting fluidduring face milling of steels เป็นการศึกษาประสิทธิผลของการใช้น้ำมันตัดเฉือนในงานกัดผิวราบเหล็กเหนียว ซึ่งประกอบด้วย น้ำมันตัดเฉือนแบบผสมน้ำ น้ำมันกึ่งสังเคราะห์และน้ำมันสังเคราะห์ในการกัดผิวราบ เหล็กเหนียว AISI 8640 โดยใช้มีดคาร์ไบด์เคลือบผิวเปรียบเทียบกับงานกัดแบบแห้ง เพื่อวิเคราะห์หาอายุการใช้งานของมีด กำลังงานที่ใช้ในการตัดเฉือนและความเรียบผิวงานรวมทั้งศึกษาความสามารถในการหล่อเย็นของน้ำมันตัดเฉือน อุณหภูมิระหว่างการตัดเฉือนของวัสดุเหล็ก AISI 1020 โดยวิธีการใช้เทอร์โมคัปเปิล จากการทดลองพบว่า เมื่อตัดเฉือนแบบแห้งจะทำให้เกิดอุณหภูมิสูงที่สุด รองลงมาคือ การใช้น้ำมันสังเคราะห์ (Synthetic) น้ำมันแบบผสมน้ำ(Emulsion) และน้ำมันกึ่งสังเคราะห์ (Semi-Synthetic) ตามลำดับ ส่วนกำลังที่ใช้ในการตัดเฉือนจะเป็นส่วนกลับผกผันกับอุณหภูมิส่วนอายุการใช้งาน ได้สูงที่สุดคือ การตัดเฉือนแบบแห้ง รองลงมาคือแบบสังเคราะห์และกึ่งสังเคราะห์ตามลำดับ การกะเทาะของคมตัดจะมีลักษณะเป็นแบบซี่คล้ายหวี(Comb Cracking) ส่วนความเรียบผิวงานนั้น การตัดเฉือนแบบแห้งจะมีผิวงานที่ค่อนข้างเรียบกว่าการใช้น้ำมันตัดเฉือนแบบอื่น ๆ

Ty G. Drawson and Thomas R. Kurfess [11] ได้ศึกษาการศึกษาการสึกหรอของเครื่องมือตัดโดยแบ่งวัสดุของเครื่องมือตัดออกได้ 5 ชนิด ด้วยเงื่อนไขต่างๆ ผลวิจัยที่ผ่านมาพบว่ามีด low CBN content มีสมรรถนะดีกว่ามีด high CBN content ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้จึงใช้มีด low CBN content เคลือบด้วย TiN และ TiAlN พบว่ารอยสึกบนผิวของเครเตอร์(Crater) เพิ่มมากขึ้นจนกระทั่งรูปแบบขอบคมตัดเกิดความเสียหายทั้งด้วย TIN และ TiAlN ที่เคลือบมีนัยสำคัญต่อผิวเคลือบเมื่อส่วนที่เคลือบหลุดหายไปมีผลต่อผิวงานเช่นเดียวกับเครื่องมือที่ไม่ได้เคลือบ เว้นแต่ว่าอายุใช้งานของเครื่องมือตัดที่ไม่เคลือบสั้นกว่าตามเงื่อนไข

ยุทธศักดิ์ ทวีอักษรพันธ์[12] ได้ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการสึกหรอในการกลึงเหล็กหล่อขาวโครเมียมสูง Cr 2828 สภาพหล่อความแข็งอยู่ระหว่าง 54 $\pm$ 2 HRC ด้วยมีดกลึงเซรามิก โดยใช้การสึกหรอที่ผิวหลบสูงสุด ($V_{B\,Max}$ = 0.6 มิลลิเมตร) ในการกำหนดอายุการใช้งานของมีดกลึง ตัวแปรที่ศึกษาได้แก่ ด้วยระยะป้อนลึก 3 ระดับ ได้แก่ 0.3 , 0.5 และ 0.7 มิลลิเมตร , ความเร็วตัด 3 ระดับ ได้แก่ 120 , 160

และ 200 เมตรต่อนาที และระยะป้อนลึก 3 ระดับ ได้แก่ 0.3, 0.5 และ0.7 มิลลิเมตร ซึ่งผลการทดลองปรากฏว่าทั้งสามปัจจัยมีผลต่อการสึกหรอของมีดเซอรามิก คือ ความเร็วตัด อัตราป้อนและระยะป้อนลึกที่ต่ำ การสึกหรอของมีดกลึงเซอรามิกจะน้อยในขณะที่เมื่อเพิ่มความเร็วตัด อัตราป้อนและระยะป้อนลึกการสึกหรอของมีดกลึงเซอรามิกก็จะมากขึ้นตาม

ชาญ ราชวงศ์ [13] ได้ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความเรียบผิวในการกลึงแข็ง (Hard Turning) โดยเทียบกับคุณภาพผิวของงานเจียรนัยเป็นเกณฑ์ วัสดุที่ใช้ในการทดลองเป็นเหล็ก SCM 4 ชุบแข็ง ซึ่งมีความแข็งระหว่าง 54 $\pm$ 2 HRC และใช้มีดกลึงชนิด CBN (Cubic Boron Nitride) ปัจจัยที่ใช้ศึกษาประกอบด้วย อัตราป้อน (Feed Rate) และความลึกในการป้อน (Depth of Cut) ผลการทดลองพบว่าปัจจัยที่ส่งผลคือ อัตราป้อนซึ่งมีผลต่อคุณภาพผิวงาน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 โดยที่อัตราป้อนต่ำให้ค่าความขรุขระของพื้นผิวน้อย แต่เมื่อเพิ่มอัตราป้อนให้สูงขึ้นทำให้ค่าความขรุขระของพื้นผิวเพิ่มมากขึ้นด้วย ส่วนความลึกในการป้อน ไม่ส่งผลต่อคุณภาพผิวงาน และระหว่างอัตราป้อนกับความเร็วตัด และระยะป้อนลึกไม่เกิดอิทธิพลร่วมที่ส่งผลต่อคุณภาพผิวงาน

ปัญญาคม เจริญไชย [14] ได้ศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความเรียบผิวและการสึกหรอของมีดกลึงโดยใช้วิธีการกลึงปอกผิวชิ้นงาน มีปัจจัยที่เกี่ยวข้องประกอบด้วย สารหล่อเย็น ความเร็วตัด และอัตราป้อนชิ้นงานทดลองคือ เหล็กเครื่องมือ AISI 4140 ผลการศึกษาพบว่า สารหล่อเย็นไม่มีอิทธิพลต่อความเรียบผิว และการสึกหรอของมีดกลึง ความเร็วตัดมีอิทธิพลต่อความเรียบผิว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ความเร็วตัดมีอิทธิพลต่อการสึกหรอของมีดกลึง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 อัตราป้อนมีอิทธิพลต่อความเรียบผิว และการสึกหรอของมีดกลึง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ประพล เปี่ยมศักดิ์ชัย [15] ได้ศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความเรียบผิวในการกัดเหล็กกล้าเครื่องมือเย็น D2 โดยกำหนดตัวแปรประกอบด้วย ระยะป้อนลึก 3 ระดับ ได้แก่ 0.25, 0.5 และ 0.75 มิลลิเมตรความเร็วตัด 3 ระดับ ได้แก่ 50, 70 และ 90 เมตรต่อนาที และอัตราป้อน 3 ระดับ ได้แก่ 100, 140, และ 180 มิลลิมตรต่อนาที ตัวแปรตามคือคุณภาพของผิวงาน การทดลองใช้เครื่องกัดโลหะที่ควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ภายใต้สภาวะการตัดเฉือนที่สารหล่อเย็นผลการศึกษาพบว่าความเร็วตัด และ อัตราป้อนมีอิทธิพลต่อความเรียบผิวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .01 ส่วนระยะป้อนลึกไม่มีผลต่อความเรียบผิว โดยที่ความเร็วตัดเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ค่าเรียบผิวลดต่ำลง ซึ่งตรงกันข้ามกับอัตราป้อนที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ค่าความเรียบผิวเพิ่มขึ้น

สุรศักดิ์ ศิริศิลป์ [16] จึงได้ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่ออายุการใช้งานของคมตัดในดอกสว่านชนิดเกลียวแบบไฮสปีด และชนิดเกลียวแบบไฮสปีดโคบอล 8 % โดยการวิจัยได้ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการสึกหรอของดอกสว่านอายุการใช้งานของดอกสว่าน (Tool Life) ซึ่งจากการศึกษาดังกล่าวได้กำหนดให้ความเร็วตัด อัตราการป้อน และชนิดของดอกสว่านเป็นตัวแปร ของการทดลองจากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่าการสึกหรอของดอกสว่านและอายุการใช้งานของดอกสว่านที่เกิดขึ้น มีผลโดยตรงมาจาก ความเร็วตัด อัตราการป้อน และ ส่วนผสมของดอกสว่าน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 นอกจากนี้จากการทดลองยัง พบว่าดอกสว่านชนิดเกลียวแบบไฮสปีดโคบอล 8% มีอายุการใช้งานที่นานกว่าดอกสว่านชนิดเกลียวแบบไฮสปีด