

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาอิทธิพลของกระบวนการเจาะแบบแรงเสียดทาน ต่อสมบัติงานเจาะเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ (AISI 1010) ประกอบด้วยเนื้อหาที่สำคัญและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการวิจัยครั้งนี้ ดังนี้

2.1 เหล็กกล้า [3]

เหล็กกล้าเป็นเหล็กที่ถูกนำไปใช้ในงานต่างๆมากมาย ทั้งนี้เนื่องจากเหล็กกล้านั้น มีคุณสมบัติในการรับแรงต่างๆได้ดี เช่น แรงกระแทก (Impact Strength) แรงดึง (Tensile Strength) แรงอัด (Compressive Strength) และ แรงเฉือน (Shear Strength) ซึ่งธาตุผสมส่วนใหญ่จะเป็นทั้งโลหะและอโลหะ เช่น โมลิบดินัม ทังสแตน วานาเดียม เป็นต้น

2.1.1 เหล็กกล้าคาร์บอน (Carbon steels)

เหล็กกล้าที่มีส่วนผสมของธาตุคาร์บอนเป็นธาตุหลักที่มีอิทธิพลอย่างมากต่อคุณสมบัติทางกลของเหล็ก และยังมีธาตุอื่นผสมอยู่อีก ซึ่งแบ่งเหล็กกล้าคาร์บอนออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

2.1.1.1 เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ (Low Carbon Steel)

เป็นเหล็กที่มีปริมาณคาร์บอนไม่เกิน 0.25% อยู่ในกลุ่มชั้นคุณภาพ AISI Series C – 1008 ถึง 1025 นอกจากคาร์บอนแล้ว ยังมีธาตุอื่นผสม- อยู่ด้วย เช่น แมงกานีส ซิลิคอน ฟอสฟอรัส และกำมะถัน แต่มีปริมาณน้อยเนื่องจาก หลงเหลือมาจากกระบวนการผลิต เหล็กประเภทนี้ถูกนำไปใช้ในอุตสาหกรรม และใน ชีวิตประจำวันไม่ต่ำกว่า 90% เนื่องจากขึ้นรูปง่าย เชื่อมง่าย และราคาไม่แพง โดยเฉพาะเหล็กแผ่นมีการนำมาใช้งานอย่างกว้างขวาง เช่น ตัวถังรถยนต์ ชิ้นส่วนยานยนต์ต่างๆ กระป๋องบรรจุอาหาร สังกะสีมุงหลังคา เครื่องใช้ในครัวเรือน และในสำนักงาน

2.1.1.2 เหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง (Medium Carbon Steel)

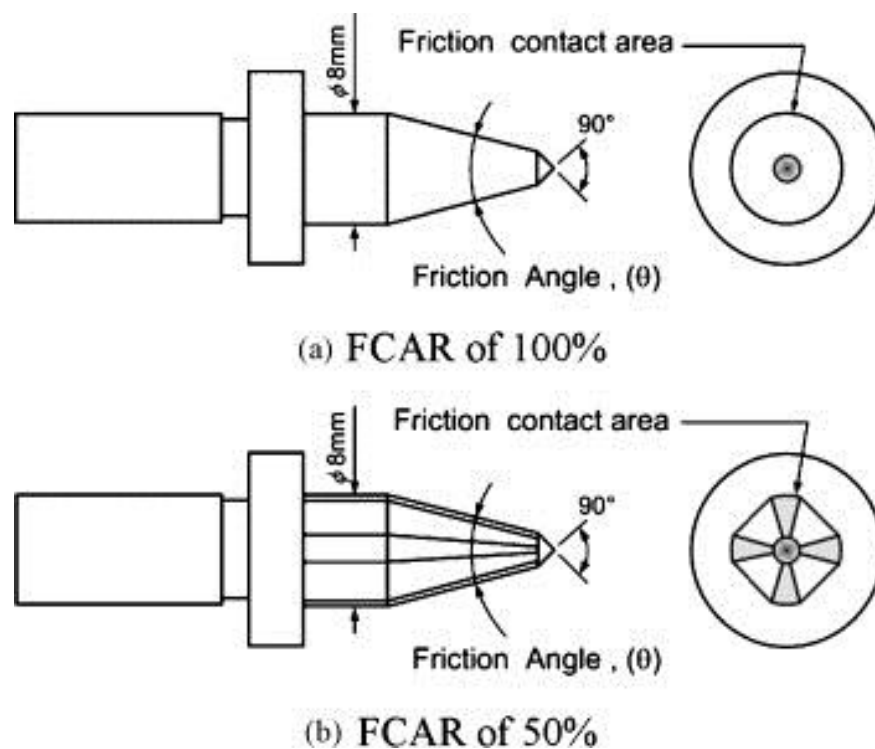
คล้ายกับเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ มีส่วนผสมธาตุคาร์บอน 0.30 – 0.60 % และมีธาตุแมงกานีสระหว่าง 0.60 – 1.65 % เหล็กกล้าที่เพิ่มธาตุคาร์บอน 0.5 % และเพิ่มปริมาณแมงกานีสในปริมาณที่เหมาะสม เป็นเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง ที่สามารถชุบแข็งและอบคืนตัวใช้ทำเพลา (Shafts) เพลาข้อเหวี่ยง (Crank Shafts) ชุดเชื่อมต่อ (Couplings) ชิ้นส่วนกดอัด (Forging) เหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง 0.30 – 0.60 % จะใช้ทำรางรถไฟ (Rails) ล้อรถไฟ (Railway Wheel) เพลาล้อรถไฟ (Rail Axles)

2.1.1.3 เหล็กกล้าคาร์บอนสูง (High Carbon Steel)

เป็นเหล็กที่มีปริมาณคาร์บอน 0.6 - 1.0% และมีส่วนผสมของธาตุแมงกานีส 0.30 – 0.90 % เหล็กกล้าคาร์บอนสูง เหมาะสำหรับงานที่ทนต่อการสึกหรอ ใช้ในการทำ เครื่องมือ สปริงแหนบ ลูกปืน เป็นต้น

2.2 ดอกเจาะ Thermal Drill

ดอกเจาะ Thermal ทำจาก คาร์ไบด์ ทั้งสแตน รูปทรงของ Thermal drill ได้ถูกพัฒนารูปร่างขึ้นเป็นพิเศษซึ่งเป็นรูปทรงเรขาคณิต ทรงกรวยปลายของดอก Thermal drill ทำมุมที่ 90 องศา ดังรูปที่ 2.1

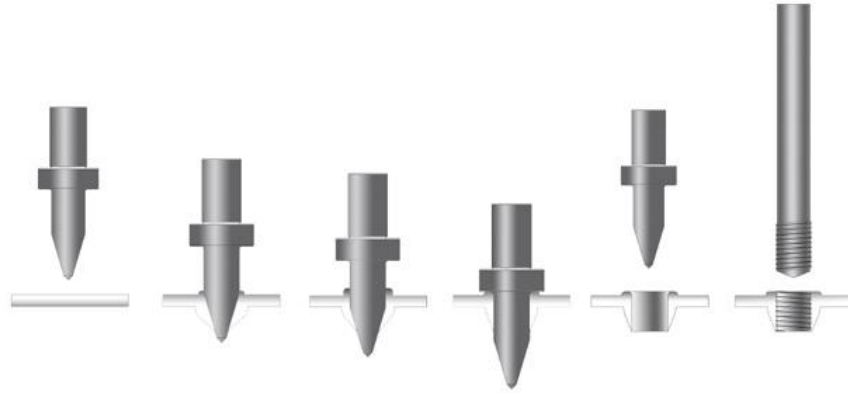


รูปที่ 2.1 ลักษณะดอกเจาะแบบแรงเสียดทาน Thermal drill [2]

2.3 กระบวนการเจาะแบบแรงเสียดทาน Friction Drilling

เป็นกระบวนการเจาะที่อาศัยความร้อนที่เกิดจากการเสียดสีและแรงดันของวัสดุตัดกับชิ้นงานให้เกิดความร้อนจนทำให้วัสดุเกิดการอ่อนตัวพร้อมกับดันตัวลงไปด้านล่างก่อตัวเป็นเป็นทรงพุ่ม เป็นปลอกโลหะที่สามารถนำไปใช้ในการรองรับเพลลาหรือแบร็งและการทำเกลียว โดยไม่ต้องมีการนำแป้นเกลียวมาเชื่อมต่อทำให้ประหยัดเวลาและลดขั้นตอนในการทำงาน กระบวนการเจาะแบบแรงเสียด

ทานเป็นการเจาะที่มีความสะอาดปราศจากเศษเนื่องจากไม่มีการสูญเสียเนื้อวัสดุที่เกิดจากการตัด
เลื่อนขึ้นงานดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 กระบวนการเจาะแบบแรงเสียดทานด้วยดอกเจาะ Thermal Drill [2]

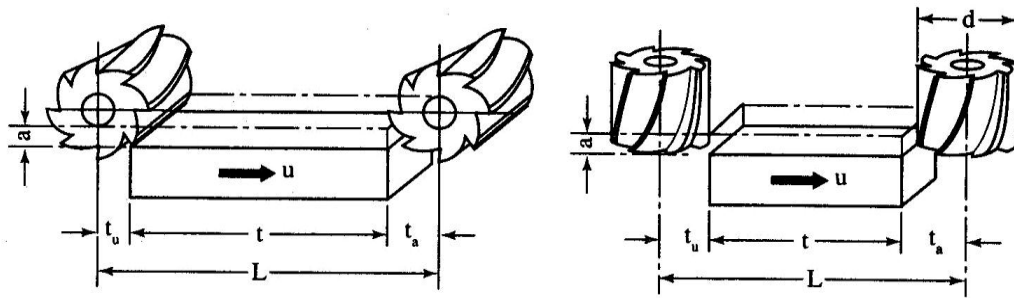
2.4 เครื่องกัด

เครื่องกัด (Milling Machines) ที่ใช้สำหรับงานขึ้นรูปโลหะ มีให้เลือกใช้หลายแบบหลายขนาด โดยเครื่องที่นิยมใช้กับงานทั่วไปมีอยู่ 2 แบบ คือ แบบที่แกนหมุนของมีดอยู่ในแนวราบ หรือเครื่องกัดแนวนอน (Plain Milling Machine) ส่วนอีกแบบหนึ่งแกนหมุนของมีดจะอยู่ในแนวตั้ง เรียกว่าเครื่องกัดเพลาตั้ง (Vertical Milling Machine) เครื่องกัดมีให้เลือกใช้หลายขนาดตั้งแต่ขนาดเล็กไปจนถึงขนาดใหญ่ [5]



รูปที่ 2.3 เครื่องกัด

Milling เรียกเป็นภาษาไทยว่า การกัด ซึ่งหมายถึงการใช้เครื่องมือตัด (ที่เรียกว่า Milling Cutter คอกกัด) ที่หมุนรอบตัวเองอยู่กับที่ตัดเฉือนวัสดุ จากลักษณะดังกล่าว จึงเกิดการกัดขึ้น 2 ชนิดใหญ่ คือ งานกัดในแนวอน (Peripheral Milling) และงานกัดงานในแนวตั้ง (Face Milling)

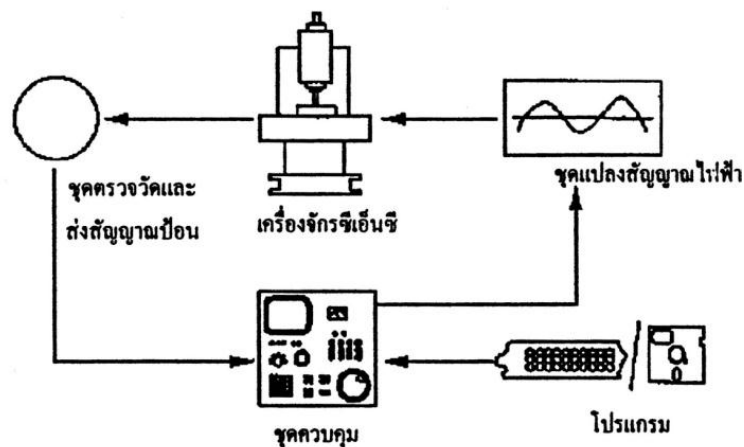


งานกัดในแนวอน (Peripheral Milling)

งานกัดงานในแนวตั้ง (Face Milling)

รูปที่ 2.4 ลักษณะของการกัด

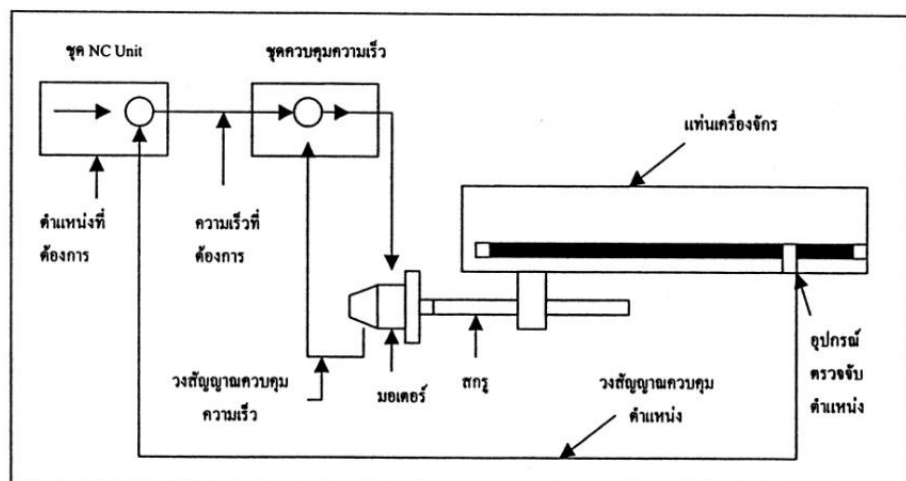
เครื่องจักรกลซีเอ็นซี (CNC) ซึ่งย่อมาจาก Computer Numerical Control หมายถึง การใช้คอมพิวเตอร์สำหรับการควบคุมการทำงาน ซึ่งคอมพิวเตอร์สามารถเข้าใจตัวเลขและตัวอักษรหรือโปรแกรมที่ป้อนและขณะเดียวกัน จะใช้คอมพิวเตอร์สำหรับการควบคุมเครื่องจักรจากคำสั่ง หรือโค้ดในโปรแกรมที่ป้อนเข้าไป โดยโปรแกรดังกล่าวสามารถป้อนเข้าคอมพิวเตอร์โดยใช้แป้นพิมพ์ สื่อบันทึกความจำ เช่น ฮาร์ดดิสก์ ระบบสื่อสารเชื่อมโยงข้อมูล เช่น สายส่งสัญญาณ RS 232 [5]



รูปที่ 2.5 หลักการของเครื่องจักร CNC [5]

2.4.1 หลักการทำงานของเครื่องจักรกลซีเอ็นซี

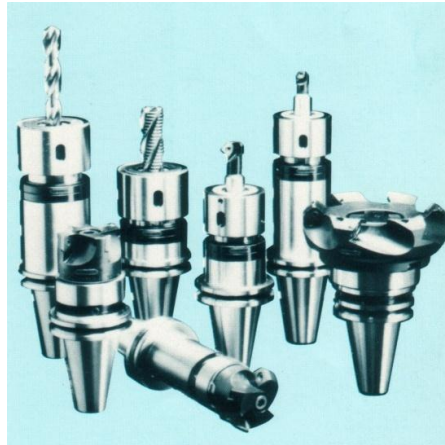
เครื่องจักรกลซีเอ็นซีจะทำงานได้นั้น ระบบควบคุมของเครื่องจะต้องได้รับคำสั่งเป็นภาษาที่ระบบควบคุมเข้าใจได้เสียก่อนว่าจะให้เครื่องจักรกลซีเอ็นซีทำอะไร ดังนั้นจึงจำเป็นต้องป้อนโปรแกรมเข้าไปในระบบควบคุมของเครื่องผ่านแป้นพิมพ์ (Key Board) หรือเทปแม่เหล็ก (Magnetic Tape) เมื่อระบบควบคุมอ่านโปรแกรมที่ป้อนเข้าไปแล้ว ก็จะนำไปควบคุมให้เครื่องจักรกลทำงานโดยอาศัยมอเตอร์ป้อน (Feed Moter) เพื่อให้แท่นเคลื่อนเคลื่อนที่ได้ เช่น เครื่องกลึงซีเอ็นซี ก็จะมีมอเตอร์ในการเคลื่อนที่ 2 ตัว หรือเครื่องกัดซีเอ็นซีจะมีมอเตอร์ป้อน 3 ตัว จากนั้นระบบควบคุมอ่านโปรแกรมแล้ว ก็จะเปลี่ยนรหัสโปรแกรมนั้นให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้าเพื่อไปควบคุมให้มอเตอร์ทำงาน แต่เนื่องจากสัญญาณที่ออกจากระบบควบคุมนี้มีกำลังน้อย ไม่สามารถไปหมุนขับให้มอเตอร์ทำงานได้ ดังนั้น จึงต้องส่งสัญญาณนี้เข้าไปในภาคขยายสัญญาณของระบบขับ (Drive Amplified) และส่งสัญญาณต่อไปยังมอเตอร์ป้อนแนวแกนที่ต้องการเคลื่อนที่ ตามที่โปรแกรมกำหนด ความเร็วและระยะทางการเคลื่อนที่ของแท่นเคลื่อน จะต้องกำหนดให้ระบบควบคุมรู้เนื่องจากระบบควบคุมซีเอ็นซีไม่สามารถมองได้ ซึ่งจะแตกต่างกับช่างควบคุมเครื่องจักรที่อาศัยสายตามองดูตำแหน่งของคมตัดกับชิ้นงาน ก็จะต้องรู้ว่าจะเคลื่อนแท่นเคลื่อนไปอีกเป็นระยะทางเท่าใด ดังนั้น จึงต้องออกแบบอุปกรณ์หรือเครื่องมือที่สามารถจะบอกตำแหน่งของแท่นเคลื่อนให้ระบบควบคุมได้รู้ อุปกรณ์ชุดนี้เรียกว่าระบบวัดขนาด (Measuring System) ซึ่งประกอบด้วยสเกลแนวตรง (Liner Scale) มีจำนวนเท่ากับจำนวนแนวแกนในการเคลื่อนที่ของเครื่องจักรกล ทำหน้าที่ส่งสัญญาณไฟฟ้าที่สัมพันธ์กับระยะทางที่แท่นเคลื่อนเคลื่อนที่กลับไปยังระบบควบคุม ทำให้ระบบควบคุมรู้ว่าแท่นเคลื่อนเคลื่อนที่ไปเป็นระยะทางเท่าใด จากหลักการควบคุมการทำงานดังกล่าว ทำให้เครื่องจักรกลซีเอ็นซีสามารถผลิตชิ้นงานให้มีรูปร่างและรูปทรงให้มีขนาดตามที่ต้องการได้ เนื่องจากการสร้างและการทำงานที่เหนือกว่าเครื่องจักรกลทั่วไป จึงทำให้เครื่องจักรกลซีเอ็นซีเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญมากในที่ [5]



รูปที่ 2.6 หลักการควบคุมการทำงานของเครื่องจักรกล CNC [5]

2.4.2 อุปกรณ์จับยึดเครื่องมือสำหรับเครื่องกัดซีเอ็นซี

ระบบการเปลี่ยนเครื่องมืออัตโนมัติ นั้นจะเป็นระบบที่ให้ความสะดวก และง่ายต่อการปฏิบัติงานของช่างควบคุมเครื่องก็จริง แต่ก็จำเป็นที่จะต้องอาศัยอุปกรณ์จับยึดเครื่องมือ (Tools Holder) เป็นจำนวนมาก ดังนั้นในการพิจารณาเลือกใช้อุปกรณ์จับยึดเครื่องมือจะต้องเลือกให้ถูกต้องและมีความเหมาะสมกับเครื่องมือตัดแต่ละชนิดด้วย ในปัจจุบันระบบบุรพลาของเครื่องกัดซีเอ็นซี (Spindle) และอุปกรณ์จับยึดเครื่องมือ นั้นจะมีขนาดที่เป็นมาตรฐานซึ่งสามารถเลือกใช้โดยดูจากคู่มือของบริษัทผู้ผลิต แต่สิ่งสำคัญจะลืมไม่ได้ คือ จะต้องเลือกให้มีขนาดและมาตรฐานเดียวกันกับบุรพลาของเครื่องจักรที่ใช้งานอยู่เท่านั้นนอกเหนือจากนี้แล้ว ในการจับยึดเครื่องมือตัดบางชนิด อาจมีความจำเป็นที่จะต้องปลอกจับ (Collet) มาช่วย เช่น เอ็นด์มิลล์ ดอกตีป เป็นต้น โดยที่ลักษณะของปลอกจับจะมีหลายขนาด ให้เลือกใช้ทั้งนี้ก็จะขึ้นอยู่กับขนาดของเครื่องมือตัดที่จะนำมาใช้ [6]



รูปที่ 2.7 ตัวอย่างอุปกรณ์จับยึดเครื่องมือตัดสำหรับเครื่องกัดซีเอ็นซีแบบต่างๆ [6]



รูปที่ 2.8 ปลอกจับ (Collet) เครื่องมือตัดขนาดต่างๆ [6]

2.5 ตัวประกอบที่มีผลต่องานเจาะ

ในระหว่างการตัดเฉือนด้วยดอกสว่าน ไม่ว่าจะเป็นการตัดเฉือนในลักษณะไหนก็ตาม ข้อควรคำนึงถึงในขั้นแรกได้แก่

- แรงในการตัดตัดเฉือน
- อุณหภูมิการเฉือนซึ่งในการเปลี่ยนแปลงแรงและอุณหภูมิในการตัดเฉือนยังขึ้นอยู่กับองค์ประกอบต่อไปนี้

แรงตัด	เงื่อนไขในงานตัด	อัตราป้อน
		ความเร็วรอบ
		ระบบหล่อเย็น
	เครื่องมือ	ขนาด
		วัสดุ
		คุณสมบัติ
	ชิ้นงาน	ขนาด
		วัสดุ
		ตัวนำเจาะ

รูปที่ 2.9 ตัวประกอบที่มีอิทธิพลต่อแรงและอุณหภูมิการตัดเฉือน [4]

1. เงื่อนไขของการตัดเจาะ (Cutting Condition) ซึ่งมีเงื่อนไขการตัดเฉือนได้แก่ อัตราการป้อน ความเร็วตัด และการหล่อเย็น
2. เครื่องมือหรือดอกสว่านที่ใช้ซึ่งเกี่ยวข้องกับรูปทรงเรขาคณิตและขนาด วัสดุ และคุณสมบัติด้านการสึกหรอ
3. ชิ้นงาน (Work piece) ซึ่งเกี่ยวข้องกับรูปทรงของชิ้นงาน วัสดุชิ้นงาน และอุปกรณ์จับยึดหรือปลอกนำเจาะการเพิ่มอัตราการป้อน ความเร็วตัดจะมีผลต่อการเพิ่มแรงและอุณหภูมิในการตัดเฉือน เช่นเดียวกับการเพิ่มความแข็งของชิ้นงาน หรือ การเปลี่ยนแปลงรูปทรงทางเรขาคณิตของเครื่องมือจากการเลือกองค์ประกอบที่เหมาะสมจากรูป ให้เกิดความเหมาะสมยอมทำให้ได้รับการตัดเฉือนที่เหมาะสมและจะทำให้อายุการทำงานยาวนาน

2.6 ทฤษฎีและรูปแบบของความเรียบผิว [4]

จากงานวิจัยของ Drawson และคณะ เมื่อปี ค.ศ. 2001 เรื่อง “ Tool life, Wear Rates, and Surface Quality in Hard Turning.” ได้สรุปเป็นสมการของความเรียบผิวดังนี้ [7]

$$Ra = \frac{f^2}{32re} \quad (2.1)$$

เมื่อ

Ra = ความเรียบผิว μm

f = อัตราป้อน mm/rev

Re = รัศมีปลายเครื่องมือตัด mm

สิ่งแรกได้มีการพิจารณาถึงข้อบกพร่องในกระบวนการผลิต เช่น เครื่องมือสั้น, เศษพอกติด [7] สิ่งต่อมาที่มีข้อจำกัดเกี่ยวกับรูปแบบนี้ เช่น เครื่องมือที่แน่นอน (เช่น CBN) ที่ต้องการรูปแบบพิเศษเพื่อช่วยในเรื่องอายุการใช้งานของเครื่องมือ ดังได้กล่าวมาแล้วว่าความเรียบผิวที่ถูกต้องในการทดลองด้วยอัตราป้อนที่ต่ำไม่สอดคล้องกับความเรียบผิว มีผลกระทบหลัก 2 อย่างที่เป็นแนวทางทำให้ความเรียบผิวเสียหาย ได้แก่ การพอกและการขูดความเสียหายสัมพันธ์ระหว่างเครื่องมือและชิ้นงานมีผลกระทบต่อคุณภาพผิวงาน [8] ที่ความฝืดต่ำแรงเสียดทานมากขึ้นอยู่กับการพอกและการเหนียวที่สัมผัสกับผิว [9] ในกรณีของการกลึงแรงเสียดทาน นี้อยู่ที่มิดและเศษที่สัมผัสกัน เช่น ที่ความเร็วต่ำเศษเสียดสีกับมิดที่ผิวคมตัดที่ 2 ทำให้การพอกเพิ่มขึ้นซึ่งมีผลระหว่างมิดกับชิ้นงาน โดยเปลี่ยนจากการตัดเป็นการขูด ความแตกต่างจากทฤษฎีความเรียบผิวที่อัตราการป้อนต่ำเป็นเหตุให้เกิดการพอกและขูด Grzesik กล่าวว่าการทำให้ผลกระทบนี้น้อยลงควรหลีกเลี่ยงไม่ให้เกิดเศษที่ไม่เป็นแบบมาตรฐานยาวเกินไป ควรให้เท่ากับความลึกวิกฤตของคมตัด

2.7 ประเภทของการตัดจำแนกตามความราบเรียบของผิวสำเร็จ [10]

1. การตัดหยาบ (Rough Cutting) หมายถึงการตัดที่ต้องการให้งานเสร็จอย่างรวดเร็วแต่ไม่เน้นเรื่องการทำให้ค่าความขรุขระต่ำ ไม่เน้นความแม่นยำหรือความละเอียดของพื้นผิวสำเร็จของชิ้นงาน ส่วนมากในการตัดโดยใช้เม็ดมิดตัดมักจะเป็นการตัดหยาบใช้ความเร็วในการตัดค่อนข้างสูง อัตราป้อนสูง และความลึกในการตัดมาก เป็นผลให้ใช้แรงตัดสูง ใช้กำลังในการตัดสูงและอาจจะต้องฉีดน้ำมันหล่อเย็นที่มีสมบัติของการหล่อลื่นหรือการลดแรงตัดได้ดี ทั้งนี้เพราะต้องการให้งานเสร็จเร็ว หลังจากงานตัดหยาบแล้วอาจจะต้องมีการตัดละเอียดหรือการเจียรระไนอีกครั้งหนึ่ง

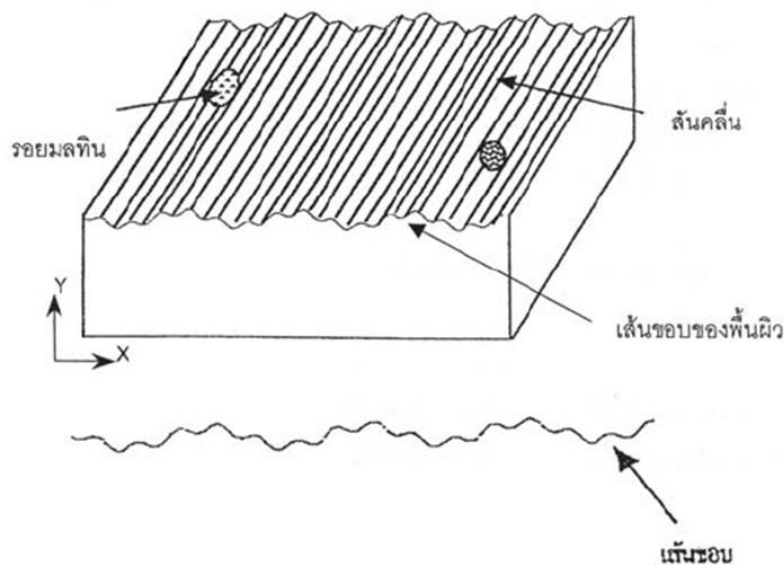
2. การตัดละเอียด (Fine Cutting) หมายถึงการตัดที่ต้องการให้ค่าความขรุขระเน้นความแม่นยำหรือความละเอียดของพื้นผิวสำเร็จของชิ้นงาน ไม่เน้นให้งานเสร็จอย่างรวดเร็ว แต่ถ้าเสร็จรวดเร็วก็เป็นการดี งานในลักษณะนี้เกิดขึ้นเป็นงานในขั้นตอนต่อเนื่องจากการตัดหยาบหรือเป็นการตัดครั้งสุดท้ายใช้ความเร็วในการตัดสูง หรือต่ำก็ได้ แล้วแต่ความเหมาะสม อัตราป้อนต่ำและความลึกในการ

ตัดต่ำหรือปานกลาง แรงและกำลังที่ใช้ตัดมีค่าจะมีค่าน้อยจนไม่ก่อให้เกิดปัญหาหมักจะต้องฉีดน้ำยาหล่อเย็นเพื่อขจัดฝอยออกจากบริเวณของการตัดอย่างรวดเร็วเพื่อลดความขรุขระของพื้นผิวสำเร็จ

3. การตัดปานกลาง(Medium Cutting) เป็นการตัดที่ประนีประนอมระหว่างการตัดหยาบและการตัดละเอียด คือ ต้องการให้งานเสร็จ โดยที่ต้องการให้พื้นผิวขรุขระด้วย ซึ่งอาจจะทำได้ในบางกรณีโดยการเลือกค่าความเร็วในการตัด อัตราป้อนและความลึกในการตัดที่เหมาะสม

2.8 ความขรุขระของพื้นผิว (Surface roughness) [11]

รูปแบบโดยทั่วไปของผิวมีคำศัพท์ทางเทคนิคหลายคำเกี่ยวกับพื้นผิวที่ควรรู้จัก เช่น พื้นผิว (Surface) หมายถึงส่วนนอกสุดของเทหวัตถุ (Body) ที่จะสัมผัสกับอวกาศ (Space) หรือสัมผัสเกี่ยวข้องกับเทหวัตถุอื่น พื้นผิวของวัตถุส่วนมากจะมีลักษณะเป็นเหมือนเกลียวคลื่น (Wave Length) ขาวผสมกับละลอกคลื่นที่มีความยาวคลื่นสั้นความเป็นคลื่น (Waviness) หมายถึง เกลียวคลื่นที่มีช่วงคลื่นยาว ความเป็นคลื่นส่วนมากจะมีลักษณะเป็นคลื่นไซน์ (Sine Wave) จึงอาจจะแสดงได้โดยขนาด (Amplitude) ของคลื่น และโดยค่าความยาวคลื่นความขรุขระ (Roughness) หมายถึง ละลอกคลื่นที่มีช่วงคลื่นสั้น ความขรุขระอาจจะแสดงได้โดยขนาด (Amplitude) ของคลื่น และโดยค่าความยาวคลื่น เส้นขอบ (Profile) เป็นเส้นแสดงพื้นที่ผิวเมื่อถูกตัดตามแนวขวางรอยมลทิน (Flaw) หมายถึง ริวรอยที่เกิดขึ้นอย่างไม่มีการวางแผน มีจำนวนน้อย และจะไม่นำมาพิจารณาในการคำนวณ หรือในการวัดค่าความขรุขระการวัดค่าความขรุขระของพื้นผิว โดยปกติแล้วจะใช้เครื่องมือที่มีปลายลักษณะคล้ายเข็มลากอย่างช้า ๆ ผ่านไปบนแกนนอน (แกน X) ของพื้นผิวที่จะวัดค่าความขรุขระ การเคลื่อนที่ของปลายเข็มในแนวตั้ง (Ya) จะเป็นไปตามลักษณะเส้นขอบของพื้นผิว (Surface Profile) ดังแสดงในรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 ลักษณะเส้นขอบของพื้นผิว (Surface profile) [11]

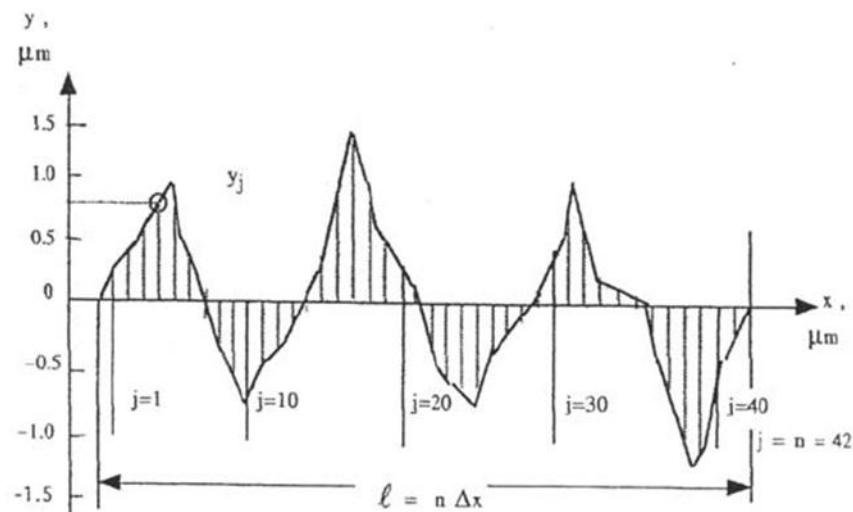
จากนั้นจะมีระบบบันทึกค่า X และ Y_a ไว้ในหน่วยความจำ และระบบคำนวณค่าอิทธิพลของความ เป็นคลื่น (Waviness) ที่มีขนาด Y_w ในแนวตั้ง จากนั้นจึงจะลบค่าอิทธิพลของความ เป็นคลื่นออก จะเหลือเฉพาะค่าในแกนตั้งอันเนื่องมาจากความขรุขระ (Y) ซึ่งจะนำไปคำนวณหาค่าความ ขรุขระต่อไป นั่นคือ $Y=Y_a - Y_w$ การคำนวณหาค่า Y จะทำโดยอัตโนมัติ ค่า X และ Y ที่บันทึกไว้ ขั้นตอนนี้ เป็นเพียงแต่ค่าของพื้นผิวจำลองที่เป็นผลมาจากความขรุขระ ยังไม่ใช่ค่าความขรุขระจะต้อง นำไปคำนวณต่อไปอีกเพื่อหาความขรุขระ

1. ค่าเฉลี่ยทางเลขคณิต (Arithmetic Average, R_a) ถ้าลากเส้นในแนวนอนผ่านกึ่งกลางของเส้น ขอบรูปที่ตัดค่าความเป็นคลื่นออก จนเหลือแต่ความขรุขระ หรือ

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l |y| dx \tag{2.2}$$

$$R_a = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n |y_j| \tag{2.3}$$

ค่าเฉลี่ยทางเลขคณิต R_a เป็นค่าที่นิยมใช้ระบุความขรุขระของพื้นผิวมาแต่ดั้งเดิมก่อนค่าอื่นๆ และเป็น ที่รู้จักกันดี และใช้กันมากจนกระทั่งปัจจุบัน แต่ต่อมามีการนำเอาตัวแปรอื่นๆ มาใช้ระบุค่าความ ขรุขระเพิ่มเติมอีก เพื่อให้การพิจารณาค่าความขรุขระมีหลายมุมมองยิ่งขึ้น



รูปที่ 2.11 ตัวอย่างการแบ่งเส้นขอบของผิวเป็นส่วนย่อย ๆ [11]

2. ค่าเฉลี่ยรูทมีนสแควร์ (Root Mean Square Average, R_q หรือ R_{rms}) การคำนวณหาค่าความ ขรุขระตามวิธีรูทมีนสแควร์ เป็นความพยายามที่จะนำเอาหลักการทางสถิติมาใช้ในการวัดค่าความ ขรุขระ โดยใช้สูตรการคำนวณ อาศัยหลักการยกกำลังสองของ Y เพื่อหาค่า Y ที่มีค่าลบกลายเป็นค่า บวกของ Y จากนั้นหาค่าเฉลี่ยของ Y แล้วจึงถอดรูท (Root) ฐานสอง เพื่อให้หน่วยของการวัดเป็น

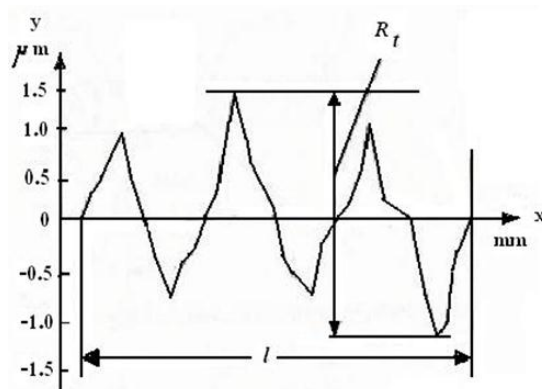
หน่วยของการวัดเป็นหน่วยยกกำลังหนึ่ง ซึ่งเป็นหน่วยตามปกติที่คุ้นเคยกันค่าความขรุขระตามวิธีรูทมีนสแควร์ R_q หรือ R_{rms} หาได้จากสมการต่อไปนี้

$$R_{rms} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n y^2} \quad (2.4)$$

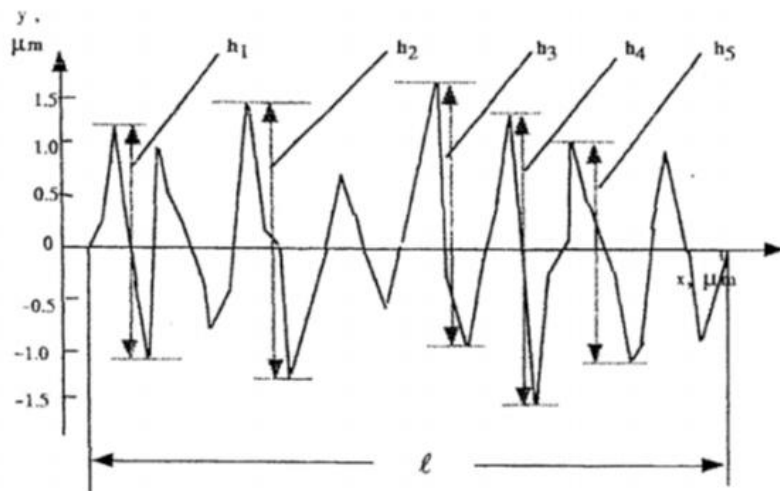
3. ค่าระหว่างยอดสูงสุดกับก้นร่องต่ำสุด (Maximum Distance Between Peak to Valley , R_t) ค่า R_t เท่าที่วัดได้จากความยาว l ที่วัดจากพื้นผิว ได้แสดงไว้โดยรูปที่ 2.12 ค่า R_t หาได้ดังนี้ $R_t = 1.5 + 1.2 = 2.7 \mu\text{m}$ ค่า R_t มีความหมายในการปฏิบัติงาน คือ เป็นค่าที่จะบอกได้ว่า ในการจะขจัดเนื้อผิวตัวอย่างนี้ จะต้องขจัดเนื้อผิวออกเป็นความลึกไม่น้อยกว่าค่า R_t จึงจะทำลายผิวเดิมได้หมด แต่เนื่องจากค่า R_t วัดได้ไม่แน่นอนเพราะเป็นค่าสูงสุดค่าเดียวซึ่งจะขึ้นอยู่กับตำแหน่งของพื้นผิวที่วัด จึงนิยมวัดค่าเฉลี่ย R_z แทนค่า R_t โดยให้ R_z เป็นค่าเฉลี่ยของค่าความสูงของระหว่างยอดสูงสุดกับก้นร่องต่ำสุด จากค่าสูงสุดที่วัดได้ 5 ค่าแรก ถ้าค่า h_1, h_2, h_3, h_4 และ h_5 เป็นค่าความสูงระหว่างยอดสูงสุดกับก้นร่องต่ำสุดโดยเป็นค่าสูงสุด 5 ค่าแรก เท่าที่วัดได้จากความยาว l ที่วัดได้จากพื้นผิว ดังได้แสดงไว้โดยรูปที่ 2.13 ดังนั้น ค่า R_z คำนวณได้จาก

$$R_z = \frac{1}{5} \sum_{j=1}^5 h_j = \frac{1}{5} [h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5] \quad (2.5)$$

ยังมีวิธีวัดค่าความขรุขระวิธีอื่นอีกหลายวิธี แต่ไม่สู้จะเป็นที่นิยมมากนัก จึงจะไม่นำมาพิจารณา



รูปที่ 2.12 แสดงค่าระหว่างยอดสูงสุดกับก้นร่องต่ำสุด R_t [11]

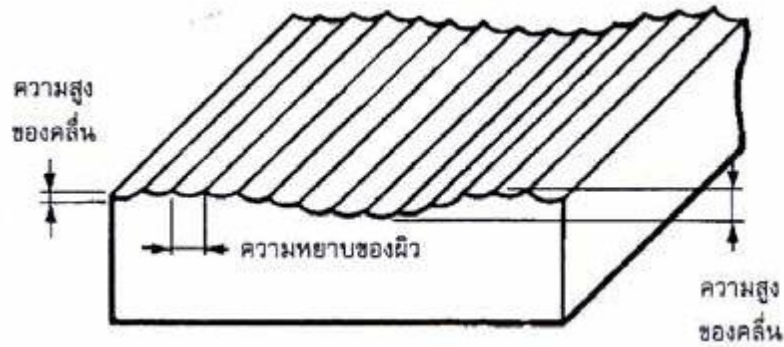


รูปที่ 2.13 แสดงค่าระหว่างยอดสูงสุดกับก้นร่องต่ำสุด 5 ค่าแรก Rz [11]

2.9 การวัดและการตรวจสอบสภาพความหยาบผิว [12]

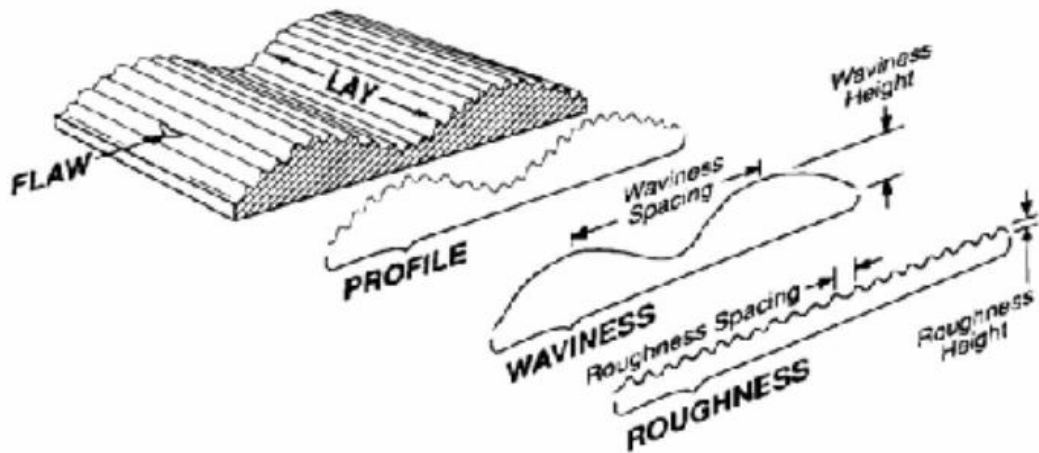
ความสำคัญของการวัดตรวจสอบสภาพพื้นผิวชิ้นงาน (Surface Finish Measurement) มีมากขึ้นตามลำดับ เนื่องจากหลากหลายสาเหตุแต่หนึ่งในสาเหตุต่างๆ เหล่านี้คือ แรงกดดันจากลูกค้าเอง โดยใช้เหตุผลของคุณภาพสูงสุดและความน่าเชื่อถือสูงสุดของผลิตภัณฑ์เมื่อนำไปใช้งาน และด้วยเหตุที่ค่าพิถีพิถัน (Tolerances) ของงานเองก็เริ่มที่จะถูกบีบให้มีค่าที่แคบลง หรือน้อยลงเรื่อยๆ ผลของความเรียบของผิวงานสำเร็จ ก็เริ่มถูกคำนึงถึงว่ามีส่วนสำคัญเช่นกัน โดยค่าความเรียบผิว (Surface Roughness) จะมีผล หรือสามารถวิเคราะห์หาผลของกรรมวิธีการผลิต เช่น การควบคุมสภาพแวดล้อม, ผลของประสิทธิภาพการทำงาน มองผ่านชิ้นงานที่เข้าสู่หรือที่ผ่านการผลิตเสร็จสิ้น ความเหมาะสมของขบวนการผลิตที่จะทำให้สภาพแวดล้อมการผลิตเหมาะสมต่องาน, ขนาดจริงแท้จริงของชิ้นงาน หลังจากชิ้นงานผ่านการใช้งานไประยะเวลาหนึ่งค่าความเรียบผิวที่เหมาะสม ค่าคุณสมบัติของผิว (Surface Parameter) และวิธีการผลิตที่ถูกต้อง จะทำให้ต้นทุนการผลิตลดลงหรือไม่ สูงเกินไป จากการออกแบบขั้นตอนการผลิตที่เหมาะสมถูกต้อง เนื่องจากการมีความเข้าใจอย่างถูกต้องต่อรูปทรงแบบต่างๆ ของคุณสมบัติของผิว, วิธีการวัดผิว/วิเคราะห์ จะทำให้ผู้ออกแบบสามารถเลือกกำหนดค่าและวิธีการวัดความหยาบที่เหมาะสม ซึ่งไม่เพียงแต่จะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ แต่จะทำให้เกิดขบวนการผลิตที่เหมาะสมและต้นทุนการผลิตที่ถูกต้อง [18] ผิวชิ้นงานที่ผ่านการกระบวนการผลิตด้วยกรรมวิธีต่าง ๆ เช่น งานหล่อ งานรีด งานกดอัดขึ้นรูป และงานขึ้นรูปด้วยเครื่องมือกล (งานกัด งานกลึง งานเจียรระไน ฯลฯ) เมื่อมองด้วยสายตาเราจะเห็นว่าผิวของชิ้นงานมีความเรียบ แต่เมื่อนำมาขยาย ก็จะพบว่าผิวงานเหล่านั้นขรุขระเป็นคลื่นสูง-ต่ำไม่เท่ากัน โดยเฉพาะถ้าผิวของชิ้นงานใดมีความสูง-ต่ำแตกต่างกันมาก แสดงว่าผิวของชิ้นงานนั้นมีความหยาบของผิวมาก แต่ถ้าผิวของชิ้นงานใดมีความสูง-ต่ำน้อย ก็แสดงว่ามีความหยาบของผิวน้อยและละเอียดมากกว่า ซึ่ง

ความหยาบละเอียดของผิวงานนี้จะมีค่าจะเป็นสำหรับงานที่ต้องการความละเอียดสูงโดยเฉพาะอย่างยิ่งการผลิตชิ้นส่วนของเครื่องจักรกลบางชนิด เช่น คลັบลูกปืน เป็นต้น แต่สำหรับชิ้นงานบางชนิดอาจจะไม่มีความจำเป็นที่จะต้องระบุความหยาบละเอียดของผิวงาน เพราะจะทำให้เสียเวลาในการผลิต



รูปที่ 2.14 ภาพขยายของผิวชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการขึ้นรูป [12]

2.9.1 ส่วนประกอบอื่นของผิว (Surface Component)



รูปที่ 2.15 ภาพแสดงส่วนประกอบของพื้นผิว [12]

1. LAY ทิศทางหลักของพื้นผิว หรือรอยทางเดินของเครื่องมือตัด ซึ่งเกิดขึ้นบนพื้นผิวระหว่างการขึ้นรูป (Machine) ทิศทางที่เกิดขึ้นอาจเป็นได้หลายแบบขึ้นอยู่กับเครื่องมือ (Tools) หรือเครื่องจักรที่ใช้เช่น กลึง, เจียรนัย, กัด, ไส, ฯลฯ

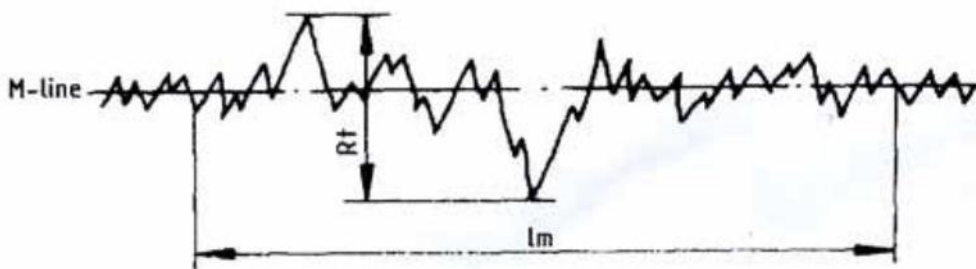
2. FLAW รอยแตกเล็กๆ บนสันของยอด ซึ่งไม่ควรนำมารวมในการคำนวณความเรียบ เพื่อแบ่งแยกความแตกต่าง ระหว่างองค์ประกอบต่างๆ ของผิวงาน หรือกำหนดการตัดสินคุณภาพของผิว

งาน ว่ามีคุณลักษณะตามต้องการหรือตามที่กำหนดหรือไม่ เราจึงต้องใช้การวัดและคำนวณหาคุณสมบัติของผิวงานเป็นตัววัด/วิเคราะห์หาความแตกต่างเหล่านั้น [12]

2.9.2 การวัดค่าความหยาบละเอียดของผิวงานตามมาตรฐานของ ISO 4287

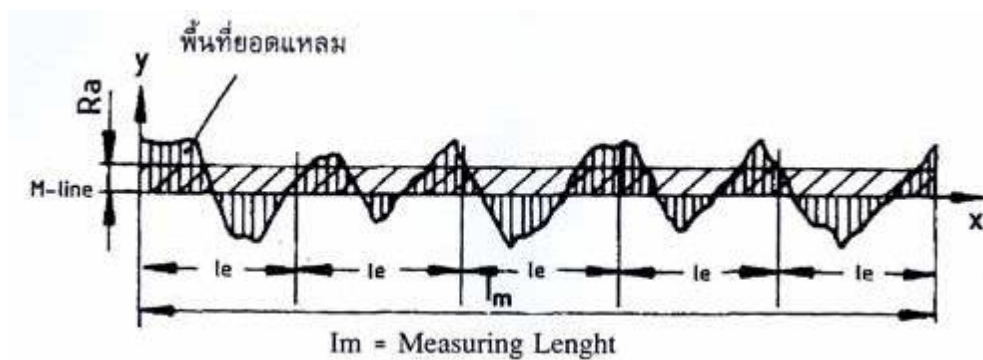
การวัดค่าความหยาบละเอียดของผิวงานที่ผ่านกระบวนการขึ้นรูปมาแล้ว ในหน่วยนี้จะ กล่าวถึง เฉพาะค่าความหยาบ R_t , R_a และ R_z เท่านั้น

1. ค่าความหยาบ R_t คือค่าวัดจากจุดสูงสุดไปยังจุดต่ำสุดของผิวงาน ซึ่งมีหน่วยเป็น ไมโครเมตร (μm)



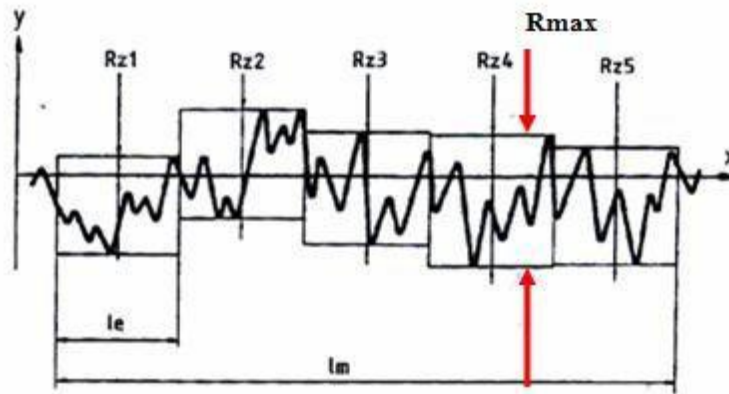
รูปที่ 2.16 การวัดค่าความหยาบ R_t [12]

2. ค่าความหยาบ R_a หมายถึง ค่าความหยาบผิวที่หาได้จากการรวมพื้นที่ยอดแหลมของคลื่นเหนือเส้นกึ่งกลาง (M -Line) กับพื้นที่ยอดแหลมของคลื่นใต้เส้นกึ่งกลาง หาค่าด้วยความยาวเฉลี่ย (L_m) โดยที่ค่าของ R_a มีหน่วยวัดเป็นไมโครเมตร



รูปที่ 2.17 การวัดค่าความหยาบ R_a [12]

3. ค่าความหยาบ R_z หมายถึง ค่าความหยาบผิว ซึ่งหาได้จากการวัดทดสอบเป็นช่วงเท่า ๆ กัน 5 ช่วง แล้วนำค่าที่ได้มารวมกันหารด้วย 5 โดยที่ค่าของ R_z มีหน่วยเป็นไมโครเมตร



รูปที่ 2.18 การวัดค่าความหยาบ Rz [9]

4. ค่าความหยาบผิวสูงสุด R max หมายถึง ความลึกสูงสุดของร่องความหยาบที่มีอยู่ในระยะทดสอบ (ดังรูปที่ 2.19)

Process	Roughness height rating, $\mu\text{m} (\mu\text{in}) \text{Ra}$											
	50 (2000)	25 (1000)	12.5 (500)	6.3 (250)	3.2 (125)	1.6 (63)	0.80 (32)	0.40 (16)	0.20 (8)	0.10 (4)	0.05 (2)	0.025 (1)
Flame cutting	[Hatched]											
Shaping	[Hatched]											
Sawing	[Hatched]											
Planing, shaping	[Hatched]											
Drilling	[Hatched]											
Chemical milling	[Hatched]											
Elect. discharge mach.	[Hatched]											
Milling	[Hatched]											
Broaching	[Hatched]											
Reaming	[Hatched]											
Electron beam	[Hatched]											
Laser	[Hatched]											
Electro-chemical	[Hatched]											
Boring, turning	[Hatched]											
Barrel finishing	[Hatched]											
Electrolytic grinding	[Hatched]											
Roller burnishing	[Hatched]											
Grinding	[Hatched]											
Honing	[Hatched]											
Electro-polish	[Hatched]											
Polishing	[Hatched]											
Lapping	[Hatched]											
Superfinishing	[Hatched]											
Sand casting	[Hatched]											
Hot rolling	[Hatched]											
Forging	[Hatched]											
Perm. mold casting	[Hatched]											
Investment casting	[Hatched]											
Extruding	[Hatched]											
Cold rolling, drawing	[Hatched]											
Die casting	[Hatched]											

Smother texture
Higher cost

Rougher texture
Lower cost

The ranges shown above are typical of the processes listed. Higher or lower values may be obtained under special conditions.

[Hatched] Average application
[Diagonal lines] Less frequent application

รูปที่ 2.19 แสดงขอบเขตความเรียบผิวงานของกระบวนการการผลิต [12]

2.10 การสึกหรอของเครื่องมือตัด (Tool Wear) [13]

การสึกหรอของเครื่องมือตัด หมายถึงการเปลี่ยนแปลงของรูปร่างของเครื่องมือตัด จากรูปร่างก่อนการใช้งานและหลังการใช้งาน ซึ่งเป็นผลมาจากวัสดุทำเครื่องมือตัดเกิดความเสียหายอย่างค่อยเป็นค่อยไป ขณะใช้งานมีสาเหตุหลายอย่างที่ทำให้เกิดการสึกหรอของเครื่องมือตัด ซึ่งความเข้าใจโดยทั่วไปการสึกหรอของเครื่องมือตัดเกิดจากการเสียดสี โดยอนุภาคที่มีความแข็งของชิ้นงานที่เกิดการถูไถบนผิวหน้าของเครื่องมือตัด การสึกหรอมักจะเกิดโดยเกิดการกระจายของโลหะผสมระหว่างวัสดุงานกับวัสดุเครื่องมือตัด ในบริเวณที่เกิดสภาวะของการสัมผัสกันของวัสดุงานและวัสดุเครื่องมือตัดจะสังเกตเห็นได้ วัสดุงานจะแสดงปฏิกิริยาโต้ตอบกับวัสดุเครื่องมือที่เป็นสาเหตุให้เกิดการสึกกร่อน เนื่องจากการเสียดสีของวัสดุเครื่องมือตัด อัตราของการสึกกร่อนเนื่องจากการเสียดสีนี้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิในบริเวณของการสัมผัส และปฏิกิริยาของเครื่องมือตัดกับวัสดุงานซึ่งกันและกัน การกระจายหรือการเกิดโลหะผสมยังเกิดขึ้นที่ซึ่งอนุภาคของวัสดุงานถูกหลอมละลายบนพื้นผิวของเครื่องมือตัด การหลอมละลายเหล่านี้จะทับถมกันจนมองเห็นเป็นลักษณะพอกพูนบนผิวหน้าเครื่องมือตัด เนื่องจากอนุภาคหรือชิ้นของวัสดุงานภายในแอ่งของผิวหน้าเครื่องมือตัด การเกิดการกระจายหรือโลหะผสม ระหว่างการทับถมและความอ่อนตัวของเครื่องมือตัดต่ำกว่าการหลอมละลายบ่อยครั้งการทับถมเหล่านี้จะมีการโต้ตอบอีกครั้งจากเศษ โดยการหลอมละลายหรือเกิดการแตกหักออกจากแรงของการชนของเศษที่หลุดออกมาปฏิกิริยาเคมีระหว่างองค์ประกอบในการทำงาน โดยการใช้สารหล่อเย็นในบางครั้งอาจจะเร่งอัตราของการสึกหรอของเครื่องมือตัด การเกิดออกซิเดชัน (Oxidation) ของโลหะที่มีความร้อนใกล้คมตัด จะมีการกระจายทำให้เกิดการสึกหรอของเครื่องมือตัดอีกด้วย โดยเฉพาะการใช้ความเร็วตัดที่สูงเกินไปร่วมกับอุณหภูมิในการตัดเฉือนที่สูง การแตกหักของคมตัดเป็นสาเหตุให้เกิดการรับภาระในการตัดเฉือนที่มากเกินไป หรือเกิดการกระแทกอย่างกะทันหัน หรือการออกแบบเครื่องมือตัดที่ไม่เหมาะสมตามมาตรฐานสวมจะต้องแก้ไขให้ถูกต้องปรากฏการณ์ในการเกิดการสึกหรอของเครื่องมือตัด เนื่องจากความเค้นที่สูงที่เกิดจากการสัมผัสระหว่างผิวคาย (Rake Face) กับเศษของวัสดุงาน เป็นสาเหตุในการเกิดการเสียดสีรุนแรงที่ผิวคายเนื่องจากความเสียดทานระหว่างผิวหลบด้านข้าง (Flank) กับผิวที่ถูกตัดเฉือน ดังนั้นผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นทั้งหมดอาจจัดอันดับการสึกหรอของเครื่องมือตัดได้คือบริเวณผิวคาย(Rake Face) และผิวหลบด้านข้าง (Flank Face)

2.11 ปัจจัยที่มีผลต่ออายุการใช้งานของเครื่องมือตัด [14]

2.11.1 คุณสมบัติของวัสดุเครื่องมือตัดที่มีผลต่ออายุการใช้งานของเครื่องมือตัด

1. ความสามารถในการรักษาความแข็ง ขณะอยู่ในสภาวะอุณหภูมิสูง
2. ความเหนียวเพื่อป้องกันการเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้นกับคมตัด ในกรณีที่ได้รับแรงกระแทกหรือแรงจากการตัดอย่างรุนแรง
3. ความทนทานต่อการสึกหรอ
4. ความสามารถในการนำความร้อนรวมทั้งสัมประสิทธิ์การขยายตัวของวัสดุเครื่องมือตัดเพื่อช่วยลดความเสียหายที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ

2.11.2 คุณสมบัติของวัสดุชิ้นงานที่มีผลต่อการเพิ่มอายุการใช้งานของเครื่องมือตัด

1. การอ่อนตัวเพื่อลดแรง อุณหภูมิและการสึกหรอเนื่องมาจากการขัดถู
2. คุณภาพของวัสดุ เช่น อัจฉริยะเม็ดทรายฝังตัวอยู่ในเนื้อวัสดุ
3. ส่วนผสมของธาตุบางชนิด ในวัสดุชิ้นงานที่ช่วยเพิ่มอายุการใช้งานของเครื่องมือตัดเช่น ตะกั่วช่วยในการหล่อลื่น กำมะถันช่วยลดแรงและอุณหภูมิในการตัด
4. โครงสร้างของเนื้อวัสดุชิ้นงาน เช่น โครงสร้างเพอร์ไรท์ที่เป็นก้อนกลมจะช่วยให้อายุของเครื่องมือตัดทนทานเป็นต้น

2.11.3 ความเร็วตัด อัตราป้อน และความลึกในการตัด ที่มีผลต่ออายุการใช้งานของเครื่องมือตัด

1. ความเร็วตัดที่สูงขึ้น จะมีผลทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นด้วย ผลคือทำให้ความแข็งลดลง จึงเป็นเหตุทำให้อายุการใช้งานของเครื่องมือตัดลดลง
2. อัตราการป้อนที่มีขนาดสูง จะเพิ่มแรงกระทำระหว่างเศษโลหะกับผิวคายของเศษโลหะ และเพิ่มแรงกระทำกับชิ้นงานและผิวด้านข้างของเครื่องมือตัดมีส่วนทำให้อุณหภูมิและการสึกหรอต่าง ๆ สูงขึ้นทำให้อายุการใช้งานของเครื่องมือตัดสั้นลง แต่ยังมีผลน้อยกว่าความเร็วตัด
3. ระบบป้อนลึกตัด การเพิ่มความลึกในการตัดทำให้พื้นที่สัมผัสระหว่างชิ้นงานกับผิวด้านข้างของเครื่องมือตัด และเศษโลหะกับผิวคายเศษโลหะ มีอิทธิพลทำให้อายุการใช้งานของเครื่องมือตัดลดลง

2.12 การกำหนดอายุการใช้งานของเครื่องมือตัด

ช่วงเวลาที่สามารถในการใช้เครื่องมือตัดได้ตามวัตถุประสงค์เป็นจุดมุ่งหมายของการใช้งานที่ต้องการให้คุณภาพของงานนั้นบรรลุวัตถุประสงค์ การที่คุณภาพของงานนั้นไม่สามารถบรรลุถึงวัตถุประสงค์ได้นั้น ส่วนหนึ่งมาจากสาเหตุอายุของเครื่องมือตัด อันจะส่งผล เช่น ผิวงานไม่เรียบเท่าที่ควร แรงที่ใช้ในการเจาะโลหะเพิ่มมากขึ้น อุณหภูมิในการเจาะโลหะสูงขึ้นอาจจะส่งผลเสียดต่คุณสมบัติของวัสดุชิ้นงาน หรือทำให้ขนาดของชิ้นงานผิดพลาดไป เป็นต้น ดังนั้นจึงได้มีการกำหนดกฎเกณฑ์อายุของเครื่องมือตัดที่เหมาะสมกฎเกณฑ์ในการกำหนดอายุของเครื่องมือตัดที่เหมาะสม [15]

2.12.1 การกำหนดอายุของเครื่องมือตัด โดยใช้ความกว้างของรอยสึกหรือจะใช้ความกว้างของรอยสึกหรือทางด้านข้างของคมตัดเป็นตัวกำหนดอายุเครื่องมือตัด โดยแบ่งลักษณะรอยสึกหรือออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนปลายคมตัด ส่วนกลางคมตัด และส่วนท้ายคมตัดการสึกหรือทางส่วนปลายและส่วนท้ายคมตัดจะมากกว่าส่วนกลางเนื่องจากบริเวณส่วนปลายเป็นที่เกิดความร้อนสะสมมากกว่าส่วนอื่นและส่วนท้ายคมตัดเป็นส่วนที่ต้องสัมผัสกับอากาศ จะมีการทำปฏิกิริยาเคมีกับออกซิเจนในอากาศ จึงจะเป็นตัวเร่งการสึกหรือที่เกิดขึ้นสำหรับการสึกหรือทางส่วนกลางของคมตัด อาจเกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอหรือไม่สม่ำเสมอก็ได้ การวัดความกว้างของรอยสึกหรือจะต้องทำในส่วนนี้ตามมาตรฐาน ISO (ISO 3685-1977(E)) กำหนดอายุของเครื่องมือตัด โดยใช้ความกว้างของรอยสึกหรือไว้ดังนี้ ความกว้างของรอยสึกหรือ 0.3 มม. ในกรณีที่ย่อยสึกหรือสม่ำเสมอความกว้างมากที่สุดของรอยสึกหรือ 0.6 มม. ในกรณีที่ย่อยสึกหรือไม่สม่ำเสมอหากวัดความกว้างของรอยสึกหรือได้ตามนี้แล้วถือว่าเครื่องมือตัดหมดอายุการใช้งาน

2.12.2 การกำหนดอายุของเครื่องมือตัด จากความสึกของหลุมผิวคายเศษโลหะ เนื่องจากความสึกของหลุมนี้มีผลต่อความแข็งแรงของคมตัด ทำให้สิ้นเปลืองพลังงานและต้องใช้แรงในการตัดมากขึ้น

2.12.2.1 การสึกหรือด้านข้างของคมตัดจะมีลักษณะเป็นระนาบที่มองเห็นได้จากด้านข้างคมตัดซึ่งอาจมีทั้งที่เกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอและไม่สม่ำเสมอ ขนาดของรอยสึกหรอนี้ใช้เป็นตัวชี้ว่า เครื่องมือตัดหมดอายุการใช้งานหรือไม่

2.12.2.2 การสึกหรือชนิดเป็นหลุมบนผิวคายเศษโลหะ จะเกิดขึ้นในตำแหน่งใกล้กับคมตัด จากการทดลองวัดความสึกของรอยสึกหรือโดยละเอียดพบว่า ตำแหน่งที่มีความสึกสูงสุด คือตำแหน่งที่มีอุณหภูมิสูงสุดด้วย ในบางกรณีหลุมสึกหรือใกล้คมตัดมากๆอาจสังเกตเห็นได้ยาก การเกิดรอยสึกหรือ

ชนิดเป็นหลุมนี้ ทำให้คมตัดอ่อนแอและมีแนวโน้มที่จะแตกหักได้มาก การสึกหรอชนิดนี้เกิดจากการที่เศษโลหะไหลผ่านบริเวณดังกล่าวจึงทำให้เกิดการสึกหรอในลักษณะที่เป็นหลุมบนผิวคายเศษโลหะ

2.12.2.3 การกำหนดอายุของเครื่องมือตัด โดยใช้ความเรียบของผิวเมื่อคมตัดเกิดการสึกหรอยอมทำให้ความเรียบผิวชิ้นงานเสียไปด้วย ดังนั้นจึงสามารถใช้ความเรียบผิวเป็นตั้งแปรที่กำหนดอายุของเครื่องมือตัดได้โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการกำจัดโลหะ ที่เป็นการตัดละเอียด เมื่อเครื่องมือตัดไม่สามารถสร้างความเรียบผิวได้ตามต้องการ ก็ถือว่าเครื่องมือตัดหมดอายุการใช้งาน

2.12.2.4 การกำหนดอายุของเครื่องมือตัดจากขนาดพิคัดชิ้นงาน เมื่อเริ่มต้นใช้เครื่องมือตัดคมตัดใหม่ขนาดของชิ้นงานจะอยู่ในพิคัดที่ต้องการเมื่อทำการผลิตชิ้นงานจำนวนมากขึ้น การสึกหรอของเครื่องมือตัดจะเป็นสาเหตุให้ขนาดพิคัดของชิ้นงานเปลี่ยนไป เมื่อขนาดพิคัดเปลี่ยนแปลงไปจนเกินขนาดพิคัดที่กำหนด ก็จะไม่สามารถใช้เครื่องมือตัดนั้นได้ ถือว่าเครื่องมือตัดนั้นหมดอายุการใช้งาน

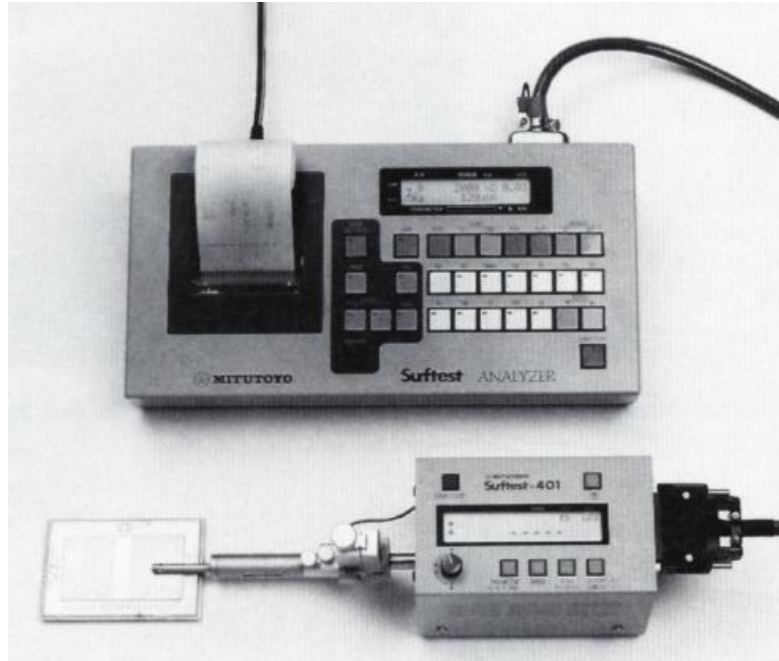
2.12.2.5 การกำหนดอายุของเครื่องมือตัด จากการเพิ่มแรงในการกำจัดโลหะขนาดของรอยสึกหรอที่สูงขึ้นจะเพิ่มความต้านทาน ทั้งในบริเวณผิวคายเศษโลหะและด้านข้างของคมตัดของเครื่องมือตัดที่จะต้องสัมผัสกับผิวงานสำเร็จรูป เมื่อความต้านทานเพิ่มสูงขึ้น แรงที่ใช้ในการกำจัดโลหะจะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ดังนั้นถ้าแรงที่ใช้ในการกำจัดโลหะเพิ่มสูงขึ้นกว่าค่าที่ยอมรับได้ ก็ถือว่าเครื่องมือตัดนั้นหมดอายุการใช้งาน

2.12.2.6 การกำหนดอายุของเครื่องมือตัดจากปริมาณโลหะที่กำจัดได้ ปริมาณของโลหะที่กำจัดได้ขึ้นอยู่กับข้อกำหนด ความเร็วตัด อัตราการป้อน และความลึกในการตัดรวมทั้งเวลาที่ใช้ในการกำจัดโลหะ ถ้ากำหนดสภาวะต่างๆได้คงที่ ดังนั้นขนาดของรอยสึกหรอจะแปรผันตามปริมาตรของโลหะที่กำจัดได้ เวลาที่ใช้ในการกำจัดโลหะกำหนดปริมาณของโลหะที่กำจัดได้มีความสัมพันธ์กับขนาดรอยสึกหรอจึงสามารถใช้เป็นเกณฑ์ตัดสิน การหมดอายุการใช้งานของเครื่องมือตัดได้

2.12.2.7 การกำหนดอายุของเครื่องมือตัดจากความสามารถในการกำจัดโลหะ ในกรณีนี้ถือว่าเครื่องมือตัดหมดอายุการใช้งาน เมื่อเครื่องมือตัดนั้นไม่สามารถทำให้เกิดการกำจัดโลหะได้

2.13 การตรวจสอบความหยาบละเอียดของผิว

การตรวจสอบความหยาบละเอียดของผิว โดยทั่วไปจะใช้วิธีการตรวจสอบผิวของชิ้นทดสอบเปรียบเทียบกับค่าความขรุขระของพื้นผิวที่ได้จากการเจียรระไนด้วยเครื่องวัดผิว ดังรูปที่ 2.20 [16]



รูปที่ 2.20 เครื่องมือวัดค่าความหยาบผิวงาน [16]

2.14 การกำหนดค่าพารามิเตอร์สำหรับงานกัด

ในการกัค่าตัวแปรที่ถูกนำมาพิจารณาในกระบวนการขึ้นรูปด้วยเครื่องกัดมากที่สุด ประกอบด้วย ความเร็วตัด (Cutting Speed), อัตราป้อน (Feed Rate) และความลึกของการตัดเฉือน (Depth of Cut) โดยที่ค่าตัวแปรทั้ง 3 นี้ จะเป็นตัวชี้วัดสมรรถภาพของกระบวนการตัดเฉือนขึ้นงาน ดังนั้น ในการพิจารณาเลือกค่าตัวแปรทั้ง 3 นี้ควรคำนึงถึงความสามารถในการตัดเฉือนของเครื่องมือตัด กำลังม้าที่ใช้ในการขับเพลลาจับเครื่องมือตัด และความแข็งแกร่ง (Rigidity) ของชิ้นงานและอุปกรณ์จับยึด [17]

2.14.1 ความลึกของการตัดเฉือน

ความลึกหรือความกว้างของการตัดเฉือน (Depth of Cut) หมายถึง ระยะทางที่คมของเครื่องมือตัดหยั่งลึกเข้าไปในชิ้นงานในทิศทางที่ตั้งฉากกับการเคลื่อนที่ โดยทั่วไปความลึกของการตัดหยาบจะมีขนาดมากกว่าความลึกของการตัดละเอียด การกำหนดความลึกของการตัดเฉือนนี้ จะต้องพิจารณาถึงองค์ประกอบที่สำคัญ 2 ประการคือ แรงม้าในการขับเพลลาจับเครื่องมือตัดหรือชิ้นงานกับความแข็งแกร่งของเครื่องมือตัดหรือความแข็งแกร่งของเครื่องกัด [17]

2.14.2 ความเร็วตัด

ความเร็วตัด (Cutting Speed) ในกระบวนการขึ้นรูปทางกลด้วยเครื่องกัด หมายถึง ความเร็วขอบ ณ จุดที่เกิดการตัดเฉือนของเครื่องมือตัด ในขณะที่เครื่องมือตัดนั้นเคลื่อนตัดเฉือนบนผิวชิ้นงาน ในการเลือก

ค่าความเร็วตัดนั้น ควรพิจารณาถึงองค์ประกอบ ดังนี้ เช่น ความสามารถในการขึ้นรูปของวัสดุชิ้นงาน วัสดุและรูปทรงเรขาคณิตของเครื่องมือตัด การหล่อเย็น อัตราป้อนและความลึกของการตัดเฉือน และ กำลังม้าในการขับเพลาจับยึดเครื่องมือตัด เป็นต้น [18]

2.14.3 อัตราป้อน

อัตราป้อน (Feed Rate) หมายถึง อัตราการเคลื่อนที่ของเครื่องมือตัดที่เคลื่อนที่เข้าหาชิ้นงาน ซึ่ง กำหนดหน่วยของอัตราป้อนมี 3 ลักษณะ ดังนี้ [18]

2.14.3.1 อัตราป้อนเป็นระยะทางการเคลื่อนที่ต่อฟันของเครื่องมือตัด เช่น นิ้ว/ฟัน (Inches Per Tooth : IPT) หรือ มิลลิเมตร/ฟัน (Millimeters Per Tooth: MPT)

2.14.3.2 อัตราป้อนเป็นระยะทางการเคลื่อนที่ต่อรอบ เช่น นิ้ว/รอบ (Inches Per Revolution :IPR) หรือ มิลลิเมตร/รอบ (Millimeter Per Revolution: MMPR)

2.14.3.3 อัตราป้อนเป็นระยะทางการเคลื่อนที่ต่อนาที เช่น นิ้ว/นาที (Inches Per Minute:IPM) หรือ มิลลิเมตร/นาที (Millimeter Per Minute: MPPM)

2.15 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

H.S. Liu, B.Y. Lee and Y.S. Tarn [19] ได้ศึกษาเรื่อง “In process prediction of corner wear in drill operation” เป็นการพยากรณ์การสึกหรอของดอกสว่านจากการเจาะ โดยใช้สูตรคำนวณทางคณิตศาสตร์ ซึ่งมีขั้นตอนและการสังเคราะห์โดยใช้เซนเซอร์เป็นตัวพยากรณ์การสึกหรอของดอกสว่าน คือ แรงในการเจาะ ทอร์ค ซึ่งในการเจาะดอกสว่านจะมีความสัมพันธ์กับการสึกหรอของมุมดอกสว่าน จากผลการทดลองพบว่าแรงในการเจาะจะมากกว่าแรงบิด การสึกหรอของดอกสว่านจะขึ้นอยู่กับแรงในการเจาะและเงื่อนไขต่างๆที่มาจาก ความเร็วตัด อัตราการป้อน ความโตของดอกสว่านและแรงในการเจาะ

Wen-Chon and Chung-chen Tsao [20] ได้ศึกษาเรื่อง “Cutting performance of different coated twist drills” เป็นการศึกษาการเจาะของดอกสว่านชนิด HSS ที่ผ่านการชุบผิวที่หลากหลายรูปแบบ โดยการทดลอง เป็นการหาเหตุผลและเปรียบเทียบแรง ในการตัดและอายุการใช้งานของดอกสว่านซึ่งในการทดลองจะใช้เหล็กคาร์บอนมาตรฐาน JIS SS 400 จากผลลัพธ์ของการทดลองชี้ให้เห็นว่าแรงในการเจาะและแรงบิดในขบวนการเจาะจะมีการแปรผันเล็กน้อย ระหว่างแรงบิดและแรงในการเจาะของดอกสว่าน ภายใต้เงื่อนไขของการเจาะ แม้ว่า ค่าเฉลี่ยของแรงจะน่าเชื่อถือและแรงบิดจะเพิ่มขึ้นจาก

การเพิ่มขึ้นของอัตราการป้อน สำหรับดอกสว่านที่ผ่านการชุบผิว ในขณะที่ค่าเฉลี่ยของแรงในการเจาะ และแรงบิดที่ลดลงที่อยู่ภายในช่วงแคบของ หัวจับดอกสว่านที่สูงถึง 725 รอบ/นาที ของการทดลองซึ่งจากการทดลองดังกล่าว ได้มีการพัฒนาความกว้างของผิวด้านข้างของดอกสว่านด้วยและจากการชุบผิวของดอกสว่านพบว่าดอกสว่านที่ผ่านการชุบผิวด้วย TiCN มีการสึกหรอที่ผิวด้านข้างน้อยกว่าการชุบผิวแบบอื่นของการเจาะ

สหรัฐ วงษ์ศรีษะ [21] ได้ศึกษาเชิงวิศวกรรมย้อนรอยมีดกัดร่อง (Slot drills) ที่ผลิตจากเหล็กกล้ารอบสูง ภายใต้เงื่อนไขการตัดเฉือนที่แตกต่างกัน 2 ลักษณะ ได้แก่ การตัดเฉือนภายใต้เงื่อนไขการเฉื่อย คือความเร็วตัด อัตราป้อน เท่ากัน และเงื่อนไขที่กำหนดของแต่ละผลิตภัณฑ์ จำนวน 3 รหัส ผลการศึกษาพบว่า

1. ผลการทดสอบการสึกหรอของมีดกัดร่อง โดยใช้เงื่อนไขค่าเฉลี่ย ทำการตัดเฉือนทั้งหมดเป็นระยะทาง 3000 มิลลิเมตร และไม่มีการหล่อเย็นมีดกัดร่อง ที่มีระยะการสึกหรอที่ผิวหลบมากที่สุด ได้แก่ ตัวอย่างมีดกัดร่อง E มีระยะการสึกหรอที่ผิวหลบมากที่สุด เท่ากับ 0.121 มิลลิเมตร เพราะมีการแตกหักบริเวณคมตัด เนื่องจากการตัดเฉือนในขณะที่ทดสอบ ส่วนตัวอย่างมีดกัดร่องที่มีระยะการสึกหรอน้อยที่สุด ได้แก่ ตัวอย่างมีดกัดร่อง B มีระยะการสึกหรอที่ผิวหลบ เท่ากับ 0.088 มิลลิเมตร

2. ผลการทดสอบการสึกหรอของมีดกัดร่อง โดยใช้เงื่อนไขมาตรฐานที่บริษัทผู้ผลิตกำหนด ทำการตัดเฉือนทั้งหมดเป็นระยะทาง 3000 มิลลิเมตร และไม่มีการหล่อเย็นมีดกัดร่อง ที่มีระยะการสึกหรอที่ผิวหลบมากที่สุด ได้แก่ ตัวอย่างมีดกัดร่อง E มีระยะการสึกหรอที่ผิวหลบมากที่สุด เท่ากับ 340.123 มิลลิเมตร ส่วนตัวอย่างมีดกัดร่องที่มีระยะการสึกหรอน้อยที่สุด ได้แก่ ตัวอย่างมีดกัดร่อง B มีระยะการสึกหรอที่ผิวหลบ เท่ากับ 0.087 มิลลิเมตร

3. ผลการเปรียบเทียบค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการสึกหรอที่ผิวหลบ พบว่า ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานความผิดพลาดการสึกหรอของมีดกัด โดยใช้เงื่อนไขค่าเฉลี่ยที่ผิวหลบมีค่ามากที่สุด ได้แก่ ตัวอย่างมีดกัดร่อง รหัส H มีค่าเท่ากับ 0.019 มิลลิเมตร ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานความผิดพลาดการสึกหรอที่ผิวหลบมีค่าน้อยที่สุด ได้แก่ มีดกัดร่องรหัส B มีค่าเท่ากับ 0.013 มิลลิเมตร ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานความผิดพลาดการสึกหรอของมีดกัดร่อง โดยใช้เงื่อนไขค่ามาตรฐานผู้บริษัทผลิตกำหนด ที่ผิวหลบมีค่ามากที่สุด ได้แก่ตัวอย่าง มีดกัดร่อง รหัส B มีค่าเท่ากับ 0.021 มิลลิเมตร ความผิดพลาดการสึกหรอของมีดกัดร่อง ที่ผิวหลบมีค่าน้อยที่สุด ได้แก่ตัวอย่าง มีดกัดร่อง รหัส E มีค่าเท่ากับ 0.006 มิลลิเมตร

Anish Paul, Shiv G. Kapoor and Richard E. DeVor [22] ได้ศึกษาเรื่อง “Chisel edge and cutting lipshape optimization for improved twist drill point design” เป็นการออกแบบและปรับปรุงรูปร่าง

ของคมตัดและคมขวางของดอกสว่านเพื่อให้เกิดความคุ้มค่าสูงสุด โดยศึกษาความคุ้มค่าสูงสุดของดอกสว่านจากจุดต่างๆ ของดอกสว่านบนรูปทรงเลขาคณิตของดอกสว่าน รูปร่างที่คล้ายกรวยของดอกสว่าน ซึ่งดูจาก แรงในการเจาะที่ใช้ต่ำสุด และ แรงบิดที่ใช้ต่ำสุด พื้นฐานและตัวแปรต่างๆบนรูปทรงเลขาคณิตของดอกสว่านซึ่งตัวแปรในการเจาะค่าตัวแปรที่กำหนดเป็นไปตามที่บริษัทผู้ผลิตเป็นผู้กำหนดจากการทดลองพบว่า แรงในการเจาะลดลงและแรงบิดของดอกสว่านลดลงในขณะที่เจาะเกิดความคุ้มค่าสูงสุด

S.C.Lin and I.K.Chen [23] ได้ศึกษาเรื่อง “Drilling carbon fiber – reinforced composite material at high speed” เป็นการศึกษาโลหะผสมคาร์บอนไฟเบอร์ในการเจาะที่ความเร็วรอบสูงซึ่งเป็นการหาผลลัพธ์ที่เกิดจากการเจาะที่เพิ่มขึ้น ของความเร็วตัดในการทดลองโดยใช้ความเร็วตัดสูงตั้งแต่ 9,550-38,650 รอบ/นาที บนค่าเฉลี่ยของแรงในการเจาะ การสึกหรอของเครื่องมือตัด คุณภาพของชิ้นงานที่ผ่านการเจาะ โดยใช้ดอกสว่านที่เจาะได้หลากหลาย (Multifacet drill) และ ดอกสว่านชนิดเกลียวบิด (Twist drill) ซึ่งรูปแบบของการทดลองจะเพิ่มแรงในการเจาะมีเพียงอัตราการป้อนที่ต่ำและคงที่จากการศึกษาพบว่า

1. ค่าเฉลี่ยของแรงในการเจาะ เพิ่มขึ้นขณะที่ความเร็วตัดเพิ่มขึ้นของ ดอกสว่านทั้งสองชนิดพบว่าดอกสว่านที่เจาะได้หลากหลายมีค่าเฉลี่ยของแรงบิดเพิ่มขึ้นในขณะที่ความเร็วตัดเพิ่มขึ้นแต่ในขณะที่ดอกสว่านชนิดเกลียวบิดมีค่าเฉลี่ยของแรงบิดจะลดลงในขณะที่ความเร็วตัดเพิ่มขึ้น
2. การสึกหรอของเครื่องมือโดยส่วนใหญ่มีผลกระทบมาจาก ความเร็วตัด ความยาวของดอกสว่านนอกจากนี้การสึกหรอของเครื่องมือจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อความเร็วตัดเพิ่มขึ้น
3. ดอกสว่านที่ผ่านการใช้งานมานาน แรงในการเจาะจะต้องเพิ่มขึ้นอย่างมากแต่ก็จะ ไม่ส่งผลต่อคุณภาพของรูที่ผ่านการเจาะเนื่องจากการใช้อัตราการป้อนที่ต่ำ

Han- Ming Chow, Shin- Min Lee, Lieh-Dai Yang [24] ศึกษาเรื่อง Machining characteristic Study of friction drilling on AISI 304 Stainless steel มุมเสียดทานและรูปทรงการเจาะ, อัตราส่วนผิวสัมผัส แรงเสียดทาน, อัตราป้อนและความเร็วรอบส่งผลต่อความเรียบของผิวงานแต่เงื่อนไขที่เหมาะสมคือมุมเสียดทาน 30 องศา อัตราส่วนผิวสัมผัสแรงเสียดทาน คือ 50 % ความเร็วตัดคือ 90 เมตรต่อนาที อัตราป้อนคือ 100 มิลลิเมตรต่อนาที ในการเจาะผิวที่ดีที่สุดที่ค่าความเรียบของผิว 0.96 μm หลังจากได้ค่าของมุมเสียดทาน, อัตราส่วนผิวสัมผัสแรงเสียดทาน, อัตราป้อนและความเร็วรอบที่เหมาะสมแล้วจึงนำไปทดลองโดยใช้การเจาะด้วยดอกสว่านทั้งสแตนคาร์ไบด์เป็นตัวเปรียบเทียบผลปรากฏว่าการเจาะด้วยดอกสว่านทั้งสแตนคาร์ไบด์เกิดความเสียหายมากในการเจาะเพียงสามครั้งแต่การเจาะด้วยผิวสัมผัสแรงเสียดทานหลังจากเจาะไปหกสิบครั้งการสึกหรอเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อย ดังนั้นการเจาะด้วย

ผิวสัมผัสแรงเสียดทานจึงมีประสิทธิภาพที่ดีกว่าการเจาะด้วยดอกสว่านทั้งสแตนคาร์ไบด์และคุณภาพผิวเรียบเหมือนผิวกระจก

Pantawane. P.D, Ahuja. B.B [25] ศึกษา Experimental investigations and multi-objective optimization of friction drilling process on AISI 1015 การเพิ่มความเร็วรอบจาก 2500-4500 rpm ความเรียบผิวจะลดลงจาก $0.536 \mu\text{m}$ เป็น $0.341 \mu\text{m}$ ความผิดพลาดของขนาดรูเจาะพบว่าเพิ่มขึ้น จาก $452 \mu\text{m}$ เป็น $495 \mu\text{m}$ เมื่ออัตราป้อนเปลี่ยนแปลงจาก 71.36 เป็น 198.64 mm./min และขนาดของดอกเจาะส่งผลทำให้ขนาดของรูเจาะผิดพลาดขณะที่ความเร็วผิวลดลงส่งผลให้ได้ผิวที่ดีเยี่ยม ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นของขนาดดอกเจาะและอัตราป้อนพบว่ามีความสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อขนาดของรูแต่ไม่มีความสำคัญกับความเรียบผิว เงื่อนไขการเลือกค่าที่เหมาะสมในการปฏิบัติงานเจาะด้วยแรงเสียดทานของเหล็ก AISI 1015 หนา 1 มม. ที่ดีที่สุดที่ความเร็วรอบ 4500 rpm อัตราป้อน 71.36 mm./min ขนาดดอกเจาะ 7.3 มม.

P. V. Gopal Krishna, K. Kishore and V.V. Satyanarayana [26] ศึกษา Some Investigations In Friction Drilling AA6351 using high speed steel tools. การทดลองใช้ความเร็วในการเจาะ 3000-4000 rpm. อัตราป้อน 0.1 และ 0.3 min/rev เลือกใช้ดอกเจาะทำจากเหล็ก high speed steel สองลักษณะคือ ดอกเจาะทำเป็นมุม 45 องศา และอีกอันหนึ่งทำเป็นมุม 90 องศา ชิ้นงานทดลองเป็นอลูมิเนียม AA6351 หนา 1 มม. จากการรีดเย็นเป็นแผ่น จากการทดลองสรุปได้ว่า มุมกรวย (cone angle) เป็นตัวแปรที่สำคัญที่มีผลต่อแรงบิดรวมถึงแรงขับเคลื่อน และในการเลือกใช้ความเร็วในการเจาะในระดับต่ำและปานกลางจะทำให้เกิดผิวมันอย่างมากขณะที่ความเร็วในการเจาะในระดับสูงจะทำให้ผิวเกิดรอยต่างขึ้น

สุรศักดิ์ ศิริศิลป์ [27] ได้ศึกษาเกี่ยวกับการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่ออายุการใช้งานของคมตัดในดอกสว่านชนิดเกลียวแบบไฮสปีด และ ชนิดเกลียวแบบไฮสปีดโคบอล 8 % ซึ่งได้กล่าวไว้ในการอภิปรายผลการทดลองพบว่า การเพิ่มขึ้นและลดลงของความเร็วตัดและอัตราการป้อน มีผลโดยตรงต่ออายุการใช้งานของดอกสว่าน ซึ่งถ้าความเร็วตัดและอัตราการป้อน ลดลงจะส่งผลให้อายุการใช้งานของดอกสว่านยาวนานขึ้น ในทางตรงกันข้ามถ้าความเร็วตัดและอัตราการป้อนที่เพิ่มขึ้น ก็จะส่งผลให้อายุการใช้งานของดอกสว่านลดลงเช่นกัน นอกจากนี้ยังพบว่า การเพิ่มและลดลง ของอัตราการป้อนยังส่งผลต่อการคายของเศษโลหะที่เกิดจากการเจาะ ในกรณีที่อัตราการป้อนที่สูงมากๆ จะส่งผลทำให้อุณหภูมิของดอกสว่านสูงขึ้น ทำให้เศษโลหะที่เกิดจากการเจาะเกิดการหลอมละลายติดอยู่กับคมตัด และคมเลื่อยของดอกสว่านยังส่งผลให้อายุการใช้งานของดอกสว่านสั้นลง เมื่อพิจารณาที่ดอกเจาะ

แบบแรงเสียดทานเป็นดอกเจาะที่ไม่มีร่องเลื่อยสำหรับคายเศษและคมตัดคังนั้นจึงไม่มีการบิ้นของคมตัดแต่จะเกิดการหลอมละลายของวัสดุที่เกิดจากการหลอมละลายของวัสดุมาติดรอบดอกเจาะ

Wei-Liang Ku , Ching- Lien Hung , Shin- Min Lee and Han- Ming Chow [28] กล่าวว่ารูปแบบการเจาะที่ใช้ความร้อนจากแรงเสียดทานได้ใช้วิธีการTaguchi เป็นแนวทางในการทดลอง ใช้เหล็ก SUS 304 ขนาด 30x30x2 มิลลิเมตร เป็นวัสดุในการทดลอง มุมเสียดทาน อัตราส่วนพื้นที่ผิวสัมผัสแรงเสียดทาน อัตราป้อนและความเร็วรอบเป็นตัวทดสอบ สำหรับความหยาบของผิวและความยาวของบุชก็ได้รับการทดสอบเหมือนกัน พบว่าความเร็วรอบเป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญซึ่งส่งผลต่อความเรียบผิวในการเจาะ นอกจากนี้พารามิเตอร์ที่เหมาะสมคืออัตราส่วนผิวสัมผัสแรงเสียดทาน 50 % ความเร็วรอบคือ 3,600 rpm.