บทที่ 2
หลักการและทฤษฎี

2.1 ความหมายของซีเอ็นซี[6]

เครื่องจักรกลซีเอ็นซี (CNC ซึ่งย่อมาจาก Computer Numerical Control) หมายถึง เครื่องจักรกลที่ควบคุมการทำงานด้วยระบบคอมพิวเตอร์

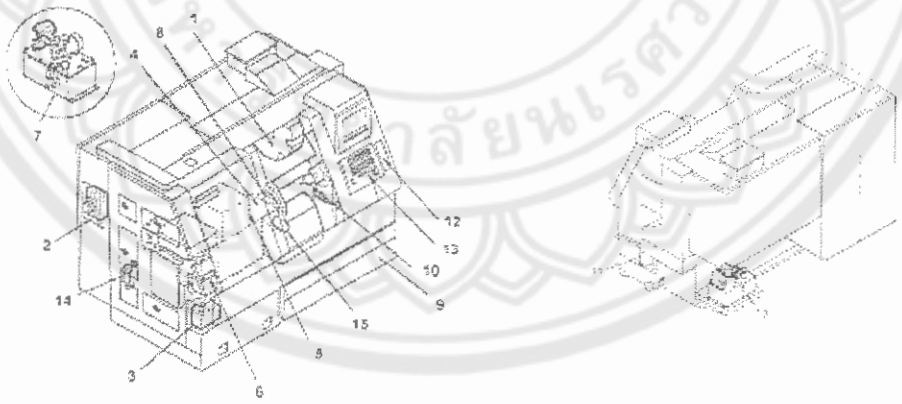
อักษร C ย่อมาจาก Computer หมายถึง คอมพิวเตอร์ที่ติดตั้งบนเครื่องจักร

อักษร N ย่อมาจาก Numerical ("นิวเมอริริเคล") หมายถึง ตัวเลข 0 ถึง 9ตัวอักษร หรือ โค้ด เช่น A,B,C ถึง Z และสัญลักษณ์อื่นๆ เช่น เครื่อง +,- และ %

อักษร C ย่อมาจาก Control ("คอนโทรล") หมายถึง การควบคุมโดยกำหนดค่า หรือตำแหน่งจริงที่ต้องการเพื่อให้เครื่องจักรทำงานให้ได้ค่าตามที่กำหนด ดังนั้น เครื่องจักรกลซีเอ็นซี จะมีคอมพิวเตอร์ที่สามารถเข้าใจตัวเลขและอักษร หรือ โปรแกรมที่ป้อนและในขณะเดียวกัน จะใช้คอมพิวเตอร์สำหรับการควบคุมเครื่องจักรจากคำสั่ง หรือ โค้ดในโปรแกรมที่ป้อนให้

2.2 โครงสร้างของเครื่องซีเอ็นซี[6]

2.2.1 โครงสร้างของเครื่องกลึง CNC



รูปที่ 2.2.1 แสดงส่วนประกอบหลักของเครื่องกลึง CNC

ตารางที่ 2.1 แสดงส่วนประกอบหลักของเครื่องกลึง CNC

เลขที่	ชื่อ	เลขที่	ชื่อ
1.	Turret	9.	Coolant tank
2.	Main circuit breaker	10.	Tailstrock
3.	Lubrication unit	11.	Coolant pump
4.	Spindle	12.	Data I/0 panel (micro disk interface)
5.	Spindle cooling unit	13.	Opcrating panel
6.	Pressure nameplate (Main pressure,Chuck pressure, Tailstock thrust power)	14.	Air unit
7.	Hydraulic unit	15.	Tool eye
8.	Chuck	16.	

2.2.2 การทำงานของเครื่องจักรกล CNC

หลักการทำงานของเครื่องจักรซีเอ็นซีจะคล้ายกับการทำงานของเครื่องจักรกลทั่วไป โดยพื้นฐานแล้วเครื่องซีเอ็นซีจะผลิตชิ้นงานเหมือนเครื่องจักรกลทั่วไป แต่ว่าระบบควบคุมซีเอ็นซีของเครื่องจะทำงานในขั้นต่างๆ แทนช่างควบคุมเครื่อง อย่างไรก็ตามก่อนเครื่องจักรจะทำงานได้ ระบบจะต้องรู้ก่อนว่าจะทำอะไร นั่นคือจะต้องป้อนโปรแกรมเข้าไปในระบบควบคุมก่อน

เมื่อระบบควบคุมอ่านโปรแกรมแล้วจะนำไปควบคุมเครื่องจักรกลให้ทำงาน โดยแท่นเครื่องจะสามารถเคลื่อนที่ได้จากการป้อนมอเตอร์ป้อน (Feed motor) ประกอบอยู่ เช่นเครื่องจักรซีเอ็นซีจะมีการเคลื่อนที่ 2 แนวแกน ก็จะมีมอเตอร์ป้อน 2 ตัว

เมื่อระบบควบคุมอ่านโปรแกรมแล้วก็จะเปลี่ยนโรแกรมนั้นให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า เพื่อควบคุมให้มอเตอร์ทำงาน แต่เนื่องจากสัญญาณที่ออกจากระบบควบคุมนี้ยังน้อยเกินไปไม่สามารถขับหมุนมอเตอร์ให้ทำงานได้ ดังนั้นต้องส่งสัญญาณนี้เข้าไปในภาคขยายสัญญาณของระบบขับ (Drive amplified) และส่งต่อไปยังมอเตอร์ป้อนของแนวแกนการเคลื่อนที่ ความเร็วและระยะทางการเคลื่อนที่ของแท่นเลื่อน จะต้องกำหนดให้ระบบควบคุมรู้ ช่างที่ทำการควบคุมเครื่องอาศัยสายตามองดูตำแหน่งของคมตัดกับชิ้นงาน ก็จะรู้ว่าต้องเลื่อนแท่นเลื่อนไปทิศทางใดแต่ระบบ

ซีเอ็นซีมองไม่เห็น จึงต้องมีอุปกรณ์ในการบอกตำแหน่ง เรียกว่าระบบวัดขนาด (Measuring System) ทำหน้าที่ส่งสัญญาณไฟฟ้าที่สัมพันธ์กับระยะทางที่แท่นเลื่อนที่กลับไปยังระบบควบคุม ทำให้ระบบควบคุมรู้ว่าแท่นเลื่อนเคลื่อนที่ไปเป็นระยะทางเท่าใดแล้ว

หลังจากการควบคุมทำงานดังกล่าว ที่ให้เครื่องจักรซีเอ็นซีสามารถสามารถผลิตชิ้นงานให้มีรูปร่างและขนาดที่ต้องการได้ จากลักษณะสร้างและการทำงานที่เหนือกว่าเครื่องจักรกลทั่วไป ทำให้เครื่องจักรกลซีเอ็นซีเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญมากในอุตสาหกรรมอัตโนมัติ และปริมาณความต้องการใช้เพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ

2.2.3 ข้อเสียของเครื่องจักรกล CNC

2.2.3.1 มีราคาแพง ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ

2.2.3.2 ค่าซ่อมแซมสูง การซ่อมแซมมีความซับซ้อน เพราะมีทั้ง ฮาร์ดแวร์ และ ซอฟต์แวร์ รวมถึงคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็คโทรนิกส์

2.2.3.3 อุปกรณ์และซอฟต์แวร์เสริม (Option) มีราคาสูงและต้องใช้จากผู้ผลิตนั้นๆ เท่านั้น

2.2.3.4 ต้องมีความรู้พื้นฐานคณิตศาสตร์พอควรในการเขียนโปรแกรม

2.2.3.5 ต้องมีพื้นที่ และสิ่งอำนวยความสะดวกให้แก่ผู้เขียนโปรแกรม

2.2.3.6 ต้องหางานป้อนให้เครื่องทำประจำอย่าสม่ำเสมอ

2.2.3.7 ไม่เหมาะสมกับการผลิตงานจำนวนน้อยๆ

2.2.3.8 สัญญาค่าซ่อมบำรุงสูง

2.2.3.9 ชิ้นส่วนอะไหล่ในบางกรณี ต้องรอจากต่างประเทศ

2.2.3.10 คอนโทรลเลอร์ เป็นภาษาอังกฤษ ช่างต้องเรียนรู้ และมีการรับการฝึกอบรมการใช้เครื่องและการเขียนโปรแกรมก่อนเริ่มใช้เครื่องได้

2.3 ความเร็วตัด (Cutting speed) [3]

ความเร็วตัด (cutting speed) คือความเร็วที่คมมีดกลึงตัด หรือปาดผิวโลหะออก เมื่อโลหะหมุนครบ 1 รอบคมมีดกลึงก็จะตัดโลหะเป็นแนวตัดยาวเท่าเส้นรอบวงพอดี ความเร็วตัดมีหน่วยเป็น เมตร/นาที หลักเกณฑ์การเลือกใช้ความเร็วตัดมีดังนี้ คือ

2.3.1 วัสดุที่ใช้ทำเครื่องมือตัด (Cutting tools) ที่ทำมาจากเหล็กรอบสูง (High Speed Steel) สามารถใช้ความเร็วตัดเป็น 2 เท่า ของความเร็วตัดของมีดที่ทำมาจากวัสดุเหล็กคาร์บอน ส่วนวัสดุคมตัดที่มีส่วนผสมพิเศษออกไปสามารถใช้ความเร็วตัดได้กว่าเหล็กรอบสูง

2.3.2 ชนิดของวัสดุ (Material) ที่จะนำมาทำการตัดเฉือน โดยทั่วไปวัสดุงานที่แข็งมากจะใช้ความเร็วตัดช้ากว่าวัสดุที่อ่อนกว่า

2.3.3 รูปร่างของคมตัด (Form Cutting Tool) มีผลต่อการทำงานมาก เช่น มีดตัดงานขาดจะใช้ความเร็วรอบต่ำกว่ามีดกลึงปอกผิว

2.3.4 ความลึกในการตัด (Depth of Cut) ถ้าป้อนตัดลึกจะใช้ความเร็วรอบน้อยกว่าป้อนตัดตื้น

2.4.5 อัตราป้อน (Rate of Feed) ในการป้อนตัดงานหยาบ เช่น อัตราป้อน 3 mm. ความเร็วที่ใช้ในการตัดจะต่ำกว่าการป้อนตัดขั้นสุดท้าย เช่น อัตราป้อนตัด 0.13 mm. เป็นต้น จะใช้ความเร็วรอบได้สูง

2.3.6 การระบายความร้อน (Cutting lubricant) ความเร็วตัดของวัสดุบางชนิดอาจเพิ่มให้สูงขึ้นได้เมื่อมีการระบายความร้อนที่ถูกต้อง ซึ่งสารระบายความร้อนนี้ จะช่วยรักษาอุณหภูมิของคมตัดไม่ให้ร้อนสูงเกินไปขณะทำงาน

2.3.7 การจับงานให้มั่นคงแข็งแรง (Rigidity of the Work) ในกรณีงานที่ถูกจับด้วยหัวจับโผล่ออกมาสั้นๆจะใช้ความเร็วได้สูงกว่างานที่ถูกจับโผล่ออกมายาวๆ

2.3.8 ความสามารถของสภาพเครื่อง เครื่องที่แข็งแรงมีกำลังสูง สามารถใช้ความเร็วตัดได้สูง อย่างไรก็ตามอย่าใช้สูงจนคมตัดไหม้

2.4 กฎทั่วไปในการใช้ความเร็วตัด และอัตราป้อน [3]

ถ้า Feed อัตราป้อน (mm./min.) เพิ่ม Speed ความเร็ว (rpm.) ต้องลดลงเมื่อความลึกของการตัดคงที่

ถ้า Speed ความเร็ว เพิ่ม Feed อัตราป้อน ต้องลดลง เมื่อความลึกของการตัดคงที่

ถ้าความลึกในการตัดเพิ่มขึ้น Speed ต้องลดลงเมื่อ Feed คงที่

ผลกระทบของความเร็วตัดที่มีต่ออายุการใช้งานของมีดกลึง (Effect of Cutting Speed)

ในการตัดเฉือนชิ้นงาน ถ้าใช้ความเร็วตัดที่ไม่เหมาะสมกับสภาพเงื่อนไขของงานซึ่งได้แก่ วัสดุงาน วัสดุมีด ขนาดของชิ้นงาน ฯลฯ ก็จะทำให้ค่าใช้จ่ายในการทำงานเพิ่มขึ้นได้ เช่นถ้าใช้ความเร็วตัดสูงเกินไปก็จะทำให้มีดกลึงสึกหรอได้เร็วกว่าปกติ นั่นก็คืออายุการใช้งานของมีดกลึงสั้นลง ซึ่งเป็นสาเหตุที่จะต้องลับมีดบ่อยๆ ทำให้เสียเวลาในการทำงาน คือเสียเวลาในการลับมีดและเสียเวลาในการติดตั้งมีดใหม่อีกด้วย ซึ่งเป็นการลดความสามรถ และจำนวนผลิตชิ้นงาน เป็นการเพิ่มค่าใช้จ่ายในการทำงานโดยใช่เหตุ

ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วตัดและอายุการใช้งานของมีดกลึงนั้น สามารถอธิบายได้ดังนี้ ขณะที่ใช้ความเร็วตัดต่ำๆ การสึกหรอของมีดจะเป็นไปอย่างช้าๆ ทั้งนี้เพราะอุณหภูมิจากการเสียดสี ระหว่างมีดกลึงกับชิ้นงานจะมีค่าต่ำ แต่ถ้าใช้ความเร็วตัดสูงขึ้นความร้อนระหว่างผิวมีดกลึงกับชิ้นงาน และเศษตัดจะเกิดมากขึ้น ซึ่งเป็นเหตุให้เกิดการสึกหรอที่บริเวณผิวของมีดกลึงกับชิ้นงานที่เสียดสีกัน ซึ่งจะทำให้อายุการใช้งานของมีดกลึงสั้น โดยแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วตัด และอายุการใช้งานของมีดกลึงได้โดยสมการของ Taylor

2.5 **อัตราป้อน** [3]

อัตราป้อนหมายถึง ระยะทางการเดินป้อนของมีดไปตามความยาวของชิ้นงาน ในแต่ละรอบของการหมุนของเพลาของเครื่องหรือการป้อนตัด อาจพิจารณาจากความหนาของเศษตัด (Chips) การป้อนตัด 0.5 mm. หมายถึง มีดตัดเคลื่อนที่เป็นระยะทาง 0.5 มม. ตามความยาวของชิ้นงาน ขณะที่ชิ้นงานหมุน 1 รอบ

การกลึงหยาบ ใช้อัตราป้อนที่สูง มีดตัดชิ้นงานได้ปริมาณเศษมากผิวงานออกมาไม่เรียบ

การกลึงละเอียด อัตราป้อนที่น้อย ทำให้ผิวงานเรียบ ส่วนมากจะใช้กลึงในขั้นสุดท้ายจะได้ผิวเรียบและขนาดถูกต้องในทางปฏิบัติที่ดีที่สุด

การเลือกใช้ความลึกในการตัดปานกลางขณะทำการป้อนตัดหนักๆและใช้ความเร็วตัดให้ถูกต้อง เมื่อกลึงงานหยาบ ถ้าต้องการให้กลึงงานผิวเรียบในขั้นสุดท้ายให้เพิ่มความเร็วตัดมากขึ้น การป้อนกินลึกน้อยลง พร้อมกับให้อัตราการป้อนตัดละเอียดให้สัมพันธ์กัน ในกรณีที่ใช้ความลึกในการตัดมาก และอัตราการป้อนตัดน้อยๆจะดีกว่าการใช้ความลึกในการตัดเท่ากับอัตราป้อนตัดถึงแม้ว่าอัตราการไหลของเศษโลหะจะเท่ากัน

2.6 **วิธีคำนวณความเร็วรอบของเครื่องกลึง** [1]

วิธีการคำนวณระยะกลึงปาดหน้าและเวลากลึงปาดหน้า แตกต่างกันตามลักษณะดังนี้

2.6.1 งานกลม (ตัน)

ระยะทางป้อนกลึงปาดหน้า = ขนาดของชิ้นงานที่กลึง m / 2

หรือ L = D/2

L คือระยะป้อนกลึงปาดหน้า

D คือขนาดชิ้นงานที่กลึง

2 คือตัวหารให้ผลลัพธ์เป็นคลึงหนึ่งของขนาดชิ้นงานที่จะกลึง

2.6.2 งานกลมกลวง (มีหน้าตัดเป็นวงแหวน)

ระยะทางป้อนกลึงปาดหน้า L = (D1-D2)2

L คือระยะทางป้อนกลึงปาดหน้า

D1 คือขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก

D2 คือขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน

สำหรับการกลึงปอกชิ้นงานกลมยาวๆ ต้องใช้กันกลึงสะท้านอยู่กับที่ช่วยด้วย โดยการใช้กันกลึงสะท้านอยู่กับที่ จับชิ้นงานกลมยาวๆ ที่ศูนย์กลางพอดี ส่วนการกลึงเกลียวชิ้นงานกลมยาวๆ ต้องใช้กันกลึงสะท้านตามช่วยด้วย

2.6.3 วิธีคำนวณเวลากลึงปอก

การกลึงปอกผิวชิ้นงานจะกลึงขนานไปกับแนวชิ้นงานจำนวน 1 ครั้ง ถ้าความกว้างของรอยกลึงมีค่า S mm/r และกลึงชิ้นงานยาวเท่ากับ 1 มิลลิเมตร เพราะฉะนั้นชิ้นงานหมุนได้ 1/ S รอบ จึงกลึงปอกผิวชิ้นงานได้หมดครั้งหนึ่งพอดี

แต่ความเร็วรอบของชิ้นงานคือ n rpm หรือในเวลา 1 min. หมุนได้จำนวน รอบ n และถ้าหมุนได้ครบจำนวน 1 รอบ ต้องใช้เวลาหมุนนาน 1/ n rpm

เพราะฉะนั้น เวลากลึงปอกผิวชิ้นงานครั้งหนึ่ง = 1/s * 1/ n rpm

$$\text{หรือ} = \frac{1}{s*n}$$

สูตร เวลากลึงปอก = ความยาวของงานที่จะกลึง * จำนวนครั้งที่กลึงออก
ความกว้างของรอยกลึง * ความเร็วรอบ

$$Th = \frac{l * i}{S*n}$$

แต่ ความเร็วรอบ = ความเร็วกลึง * 1000 rpm. * ขนาดของงานที่จะกลึง $n = v \times 1000$

ดังนั้น เวลากลึงปอก = ความยาวของงานที่จะกลึง *จำนวนครั้งที่กลึงออก* ขนาดงานที่จะกลึง
ความกว้างของรอยกลึง * ความเร็วตัดกลึง *1000

$$Th = \frac{l * i * D}{S * V * 1000}$$

กำหนดให้ Th คือเวลากลึงปอก

L คือความยาวของงานที่จะกลึง (รวมทั้งช่วงหน้าและหลังมีด)

I คือจำนวนครั้งที่กลึงออก (ครั้ง)

D คือขนาดของงานที่จะกลึง

S คือความกว้างของรอยกลึง

V คือความเร็วตัด

N คือความเร็วรอบ

อายุคมมีดและความเร็วตัดกลึง มีสัญลักษณ์ดังนี้ 30 = m./min หมายถึงอายุคมมีด 60 min ความเร็วตัดกลึง 30 m/min

24 = m/min หมายถึงอายุคมมีด 240 min ความเร็วตัดกลึง24 m/min

หมายเหตุ อายุคมมีดคือ เวลาที่ใช้มีดกลึงขึ้นงานจริงๆ จนกระทั่งนำไปลับใหม่ให้คมอีกครั้งหนึ่ง แต่ถ้าใช้ความเร็วตัดกลึงมากกว่าอายุมีดคมจะน้อยลง สังเกตได้จากประสบการณ์

2.6.4 วิธีคำนวณความเร็วรอบของเครื่องกลึง

สูตร $v = \frac{N\pi.d}{1000}$

กำหนดให้ v คือความเร็วตัดกลึง(m./min)

d คือขนาดชิ้นงานที่จะกลึง(mm.)

N คือความเร็วรอบของเครื่องกลึง(rpm.)

2.7 การวัดความเรียบของผิว (SURFACE FINISH MEASUREMENT) [4]

ในอดีตนั้นความเรียบของผิวไม่มีความสำคัญเท่าปัจจุบันนี้ เพราะฉะนั้นเครื่องจักรและรถยนต์ต่าง ๆ จึงกำหนดขึ้นใช้ได้ทนยิ่งขึ้นเพื่อที่จะป้องกันความร้อนที่เกิดขึ้นจากความเสียดทานจะเป็นเหตุให้เกิดอันตรายกับเครื่องจักรจึงกำหนดเป็นมาตรฐานเสมอ เป็นหยาบ ปานกลาง และละเอียด ที่เป็นชนิดของความเรียบที่แสดงให้ทราบโดยใช้กรรมวิธี (คว้านด้วยดอกคว้าน (Ream) เจียระไน (Grimo) ขัด (LAP) ฯลฯ) ดังนั้นความเรียบของผิวจึงมักจะตรวจสอบโดยใช้มือลูบไปตามผิว เพื่อแสดงถึงความไม่สม่ำเสมอ ส่วนการตรวจด้วยตาเปล่าจะใช้อีกด้วย แต่จะไม่ปฏิบัติกับผิวมันที่ไม่จำเป็นต้องแสดงให้ทราบถึงผิวละเอียด

เทคโนโลยีในสมัยใหม่จึงมีความเรียบของผิวที่ทำให้ดีขึ้นตามประเภทการใช้ ลูกสูบ (Pistons) แบริ่ง (bearing) และเฟืองต่าง ๆ (Gears) จะขึ้นอยู่กับความเรียบของผิวที่ดีมากที่สุดสำหรับการใช้งานถูกต้อง ดังนั้น จึงบังคับขึ้นเล็กน้อยหรือเวลาที่ทำไม่ลดลงมีความเรียบดีกว่าเมื่อบังคับให้ปฏิบัติเพิ่มขึ้นเสมอ เช่น การขัดด้วยแผ่นโลหะหรือสารเชิงทราย (Lapping) หรือการขัดด้วยหินหรือสารเชิงทราย (Honing) และค่าแรงในการผลิตแพงมาก เพื่อให้มีความเรียบตามความประสงค์จึงแสดงไว้บนแรงงานและแจ้งความรู้นี้กับผู้ปฏิบัติเครื่องมือกลด้วยระบบของสัญลักษณ์ที่

คิดค้นขึ้น โดยสมาคมมาตรฐานอเมริกัน (American Standard Association (ASA) ใช้ระบบมาตรฐานนี้ขึ้นกำหนดแสดงให้ทราบถึงความเรียบของผิวขึ้นเป็นหน่วยในการวัดความเรียบของผิว คือ ไมโครนิ้ว หรือหนึ่งในล้านนิ้ว (0.000001) หรือ (ไมโครเมตร (0.000001)) เครื่องมือที่ใช้ในการวัดความเรียบของผิวโดยมาก คือ เครื่องแสดงผิว (Surface Indicator)

เครื่องนี้ประกอบด้วยเทร์สเซอร์เฮ็ด (Tracer Head) และเครื่องขยาย (Amplifier) ซึ่งโครงของเทร์สเซอร์เฮ็ดเป็นลายแหลมเส้นตัดกัน (Diamond Stylus) มีรัศมีที่ปลาย 0.0005" (0.01 มม.) รองรับการเลื่อนติดอยู่กับชิ้นผิวงานที่อาจจะเคลื่อนที่ไปตามผิวงานด้วยมือหรือขับด้วยมอเตอร์ เมื่อปลายแหลมเคลื่อนที่ไปบนผิวที่ไม่สม่ำเสมอแล้วจะเปลี่ยนเป็นไฟขึ้น ๆ ลง ๆ โดยเทร์สเซอร์เฮ็ดสัญญาณเหล่านี้ขยายให้เห็นโดยเครื่องขยายและแสดงที่มิเตอร์ด้วยเข็มแล้ว อ่านจากที่แสดงที่มิเตอร์เป็นไมโครนิ้ว (ไมโครเมตร) โดยเฉลี่ยความสูงของความหยาบของผิวหรือการยื่นออกของผิวนี้จากที่เกี่ยวเส้น (ศูนย์กลาง)

การอ่านอาจจะเป็นไปได้ทั้งเฉลี่ยตัวเลข (AA) หรือรากที่สอง (Root Mean Square (RMS)) ตามปกติรูปตัดตามขวางของชิ้นงานจะขยายได้มากขึ้น เพื่อที่จะคำนวณความเรียบของผิวโดยไม่มีเครื่องแสดงผิวและความสูงของการเบี่ยงเบนเหล่านี้จะต้องวัดและบันทึกไว้ เป็นตัวเลขหรือรากที่สอง เป็นวิธีที่ดีที่สุดที่จะหาความหยาบของผิวดังนั้นการเบี่ยงเบนจึงมีมากเป็นพิเศษ

สำหรับการหาความเที่ยงขนาดของความเรียบของผิวด้วยเครื่องแสดงนั้น ขั้นแรกจะต้องแก้ขนาดความผิดพลาดโดยการตั้งกับผิวที่มีความเกี่ยวข้องชนิดละเอียดอยู่บนแท่งทดสอบที่แก้ขนาดความผิดพลาดกับมาตรฐาน (ASA)

2.8 คำจำกัดความของความเรียบของผิว(SURFACE FINISH DIFFINITIONS) [5]

การเบี่ยงเบนของผิว (Surface Deviations) คือ การยื่นจากผิวปกติเป็นรูปต่าง ๆ ของลูกคลื่น ความหยาบ ตำหนิ จัดคลื่น และรูปด้านข้าง

ลูกคลื่น (Waviness) เกี่ยวข้องกับความไม่สม่ำเสมอของลูกคลื่นที่เบี่ยงเบนออกจากผิวเฉลี่ยในรูปลูกคลื่น ซึ่งอาจจะเกิดจากการสั่นของเครื่องหรือชิ้นงาน โดยทั่ว ๆ ไปแล้วจะมีระยะขยายไปกว้าง

ความหยาบ (Roughness) มีความสัมพันธ์เฉลี่ยของระยะละเอียดที่ไม่สม่ำเสมอของลูกคลื่น และเกิดขึ้นจากเครื่องมือตัดหรือการกร่อนของเม็ดแกรนสารเชิงทรายด้วยความเร็วป้อนของเครื่อง ซึ่งไม่มีความสม่ำเสมอเหล่านี้จะแคบมากกว่าลูกคลื่น

ตำหนิ (Flaw) คือ ความไม่สม่ำเสมอ เช่นรอยขูด รอยแตก สัน หรือโพรงที่ไม่เป็นไปตามแบบสม่ำเสมอในกรณีนี้จะเกิดขึ้นในลูกคลื่นและมีความหยาบ

จัดคลื่น (Lay) คือ ทิศทางของแบบผิวที่ตกลงกันไว้เกิดขึ้นจากกรรมวิธีของการใช้เครื่องทำ

รูปด้านข้าง (Profile) คือ รูปร่างที่กำหนดตลอดหน้าตัดของผิว

ไมโครนิ้ว (Micro inch) คือ หน่วยของการวัดที่ใช้วัดความเรียบของผิวจะเท่ากับ หนึ่งไมโครนิ้ว (0.000001) หรือ (ไมโครเมตร (0.000001))

สัญลักษณ์ที่แสดงให้ทิศทางที่จดคลื่นดังนี้

∥ คือสัญลักษณ์ที่ขนานกับเส้นขอบเขตของผิว

⊥ คือสัญลักษณ์ที่ตั้งฉากกับเส้นขอบเขตของผิว

X คือสัญลักษณ์ที่เป็นเชิงมุมทั้งสองทิศทางบนผิว

M หลายทิศทาง

C คือสัญลักษณ์ของวงกลมประมาณกับศูนย์กลางของผิว

R คือสัญลักษณ์ของรัศมีที่มีประมาณสัมพันธ์กับศูนย์กลางของผิว

เฉลี่ยความหยาบของผิวที่ผลิตขึ้นจากกรรมวิธีการใช้เครื่องมาตรฐาน เป็นไมโครนิ้ว (ไมโครเมตร)

	ไมโครนิ้ว	ไมโครเมตร
การกลึง	100 – 250	2.54 – 6.35
การเจาะ	100 – 200	2.54 – 5.08
การคว้านด้วยดอกคว้าน	50 – 150	1.27 – 3.81
การเจียระไน	20 – 100	0.50 – 2.54
การขัดด้วยหินขัด(Mowing)	5 - 20	0.12 – 0.50
การขัดด้วยสารเชิงทราย (Lapping)	1 – 10	0.02 – 0.25

2.9 วิธีวัดความเรียบของผิวด้วยเครื่องแสดงผิว [5]

2.9.1 เปิดสวิตช์และอุ่นเครื่อง (Warm-up) อยู่ประมาณสามนาที

2.9.2 ตรวจสอบแก้ขนาดความผิดพลาดของเครื่องโดยเคลื่อนลายแหลม (Stylus) ไปตามแท่งทดสอบ 125 ไมโครนิ้ว (3.1 ไมโครเมตร) ประมาณ 1/8" ต่อวินาที (3 มม.ต่อวินาที)

2.9.3 ถ้ามีความจำเป็นให้ปรับเครื่องควบการแก้ขนาดความผิดพลาดจนเข็มเข่นเดียวกับแท่งทดสอบ

2.9.4 จะต้องใช้ค่าตัดออก (Cut – Off Value) 0.30 (0.8 มม.) เสมอจนกว่าถ้าผิวที่น้อยกว่า 30 ไมโครนิ้ว (1 ไมโครเมตร จะใช้ค่าตัดออก 0.010 (0.25 มม.)

หมายเหตุ เมื่อวัดผิวที่ไม่ทราบขนาดในทางปฏิบัติที่ดีควรจะตั้งสวิตช์ให้ระยะสวิตช์ให้สูงเพื่อไม่ให้เป็นอันตรายกับเครื่องมือหลังจากที่เริ่มทดสอบแล้วระยะสวิตช์อาจจะหมุนไปตั้งที่ละเอียดเพื่อให้อ่านผิวเที่ยงขนาดยิ่งขึ้น

2.9.5 ทำความสะอาดผิวที่ทำการวัดให้ทั่วถึง จะทำให้การอ่านค่ามีความเที่ยงขนาดและลดการสึกหรอของฝาปิดลายแหลม (Stylus)

2.9.6 ถ้าอยู่กับผิวละเอียดแล้วลายสัมผัส (Stylus) จะเคลื่อนที่สม่ำเสมอกับผิวงานประมาณ 0.80" ต่อวินาทีหรือ 4.800" ต่อนาที (2 มม. ต่อวินาที หรือ 120 มม. ต่อนาที)

2.9.7 บันทึกค่าที่อ่านไมโครนิ้ว (ไมโครเมตร) จากมิเตอร์สเกลไว้

เครื่องมือเพิ่มเติมมีอยู่มากสำหรับการวัดความเรียบของผิวเป็นเครื่องวิเคราะห์ผิว เมื่อนำมารวมเข้าด้วยกันแล้ว จะบันทึกออกมาเป็นเส้นหมึกกราฟที่ผิวไม่สม่ำเสมออยู่บนกราฟ

ถึงแม้ว่าเครื่องแสดงผิวมีวิธีใช้มากอยู่แล้วก็ตาม แต่ยังมีวิธีที่จะใช้วัดความเรียบของผิวที่อยู่ในระหว่างกรรมวิธีที่ใช้เครื่องทำมีความเที่ยงขนาดสมเหตุผล

2.10 เครื่องทดสอบความหยาบของผิว(SURFACE ROUGHNESS TESTER) [5]

เครื่องทดสอบผิวนี้จะใช้ในการวัดความหยาบของผิวในเทอมของ R_a (ใช้เลขคณิตหาตัวกลางการเบี่ยงเบน) หรือ R_t (กำหนดขึ้นจากมาตรฐานเยอรมัน) จึงอ่าน R_a และ R_t โดยตรงจากมิเตอร์ เมื่อนำเครื่องบันทึกมารวมเข้าด้วยกันแล้วจะบันทึกออกมาได้เช่นเดียวกัน

เครื่องทดสอบประกอบด้วยเครื่องสามตู้ คือ เครื่องรับคลื่น เครื่องขับ และเครื่องขยายมีมิเตอร์อยู่ด้วย

เครื่องรับคลื่น อยู่สคิด(skid) ลาก (Trace) ไปบนผิวที่ไม่สม่ำเสมอให้ลายแหลมเส้นตัดกัน (Diamond Tipped Stylus) รัศมี 1.25 μm (.005") มุม 60 องศาใช้แรงน้อยกว่า 1.5 gf มีระยะเคลื่อนที่ขึ้นลง

เครื่องขยายและมิเตอร์ติดอยู่ มีทั้งที่กำหนดขึ้นเป็นระบบเมตริก หรือ เมตริก/อังกฤษ ขนาด 0.3 μm (10 μ–inch ถึง 3000 μ-inch) เครื่องขับ 0.02 μm ถึง 5.0 μm (0.5 μ-inch ถึง 200.0 μ-inch) ค่าตัดออก (Cut – off Value) 6 mm. (0.240") per min. ใช้ขนาด 2.5 mm. (1") ถึง 0.25 mm. (0.010") และ 2 mm. (0.808")per secใช้ขนาด 0.8 mm. (0.030") ถึง 0.08 mm. (0.003")

แรงขับคงที่และเครื่องรับคลื่นขนาด 6 mm. (240") per sec หรือ 2 mm./sec คลื่นละเอียดมีความเร็วเที่ยงขนาดแน่นอนและไว้ใจได้

เครื่องนี้เป็นทรานซิสเตอร์อยู่รวมกับวงจรพิมพ์มีความสามารถให้จุดต่าง ๆ ที่เส้นผลิตออกมาสำหรับกรรมวิธีตรวจที่อยู่ระหว่างกลางของความหยาบของผิว

เครื่องบันทึกผิว เมื่อนำไปใช้ร่วมกับเครื่องทดสอบผิวแล้ว จะบันทึก R_t ออกมาสำหรับผู้ตรวจใช้สะดวกยิ่งขึ้น

เครื่องลากด้วยมือ (Hand Tracer) ใช้สำหรับวัดผิวเว้า (Concave) หรือนูน (convex) ที่เครื่องรับคลื่นรับคลื่นมาตรฐานอยู่กับเครื่องขับไม่สามารถที่จะใช้ได้จึงใช้เครื่องชนิดนี้โดยที่ลายแหลม (Stylus) รองรับโดยที่สะคิดทั้งสามจึงทำให้วัดได้สม่ำเสมอแน่นอน

2.11 รูปทั่วไปของการออกแบบ 3^K [2]

แนวความคิดของการออกแบบ 3^2 และ 3^3 สามารถขยายไปสู่กรณีของปัจจัย k ตัว แต่ละตัวประกอบด้วย 3 ระดับ นั่นคือ การออกแบบเชิงแฟกทอเรียลแบบ 3^K สัญลักษณ์แบบดิทัลถูกนำมาใช้แทนการทดลองร่วมปัจจัยที่เกิดขึ้น เช่น 0120 หมายถึงการทดลองร่วมปัจจัยในกรออกแบบ 3^4 ที่มี A และ D อยู่ที่ระดับต่ำ B อยู่ที่ระดับกลาง และ C อยู่ที่ระดับสูง การออก 3^K

นี้ประกอบด้วยการทดลองร่วมปัจจัยทั้งสิ้น 3^K การทดลอง และมีระดับความเสรีเท่ากับ 3^K -1 จากการทดลองร่วมปัจจัยเหล่านี้จะทำให้เกิดผลรวมของกำลังสองของผลหลัก k ตัว ที่แต่ละตัวมีระดับขั้นความเสรีเท่ากับ 2 ; อันตรกิริยาแบบสองปัจจัยจำนวน C_2^k ซึ่งมีระดับขั้นความเสรีเท่ากับ4 และอันตรกิริยาแบบ k ปัจจัยซึ่งมีระดับขั้นความเสรีเท่ากับ2^k ถ้ามีการทดลองทั้งสิ้น n เรพลิเคต จะทำให้ระดับขั้นความเสรีทั้งหมดเท่ากับ$n3^k$-1 และค่าความผิดพลาดของระดับขั้นความเสรีเท่ากับ 3^k (n-1)

ค่าผลรวมกำลังสองสำหรับผลหลักและอันตรกิริยาสามารถคำนวณได้โดยใช้วิธีการตามปกติของการออกแบบเชิงแฟกทอเรียล ธรรมดาแล้วอันตรกิริยาแบบสามปัจจัยและสูงกว่าจะไม่ถูกแยกอีกต่อไป อย่างไรก็ตามอันตรกิริยาแบบ h ปัจจัยจะมีส่วนประกอบแบบเชิงตั้งฉาก จำนวน 2^{h-1} ตัว ซึ่งแต่ละตัวมีระดับขั้นความเสรีเท่ากับ 2 ตัวอย่างเช่น อันตรกิริยาสี่ปัจจัย ABCDจะมีส่วนประกอบแบบเชิงตั้งฉาก จำนวน $2^{4-1} = 8$ ตัวซึ่งเขียนได้คือ $ABCD^2$, ABC^2D , AB^2CD ,ABCD, ABC^2D^2, AB^2C^2D, AB^2CD^2 , และ$AB^2C^2D^2$ ในการเขียนส่วนประกอบเหล่านี้ สังเกตว่าตัวเลขยกกำลังของตัวอักษรตัวแรกจะมีค่าเท่ากับ 1 เสมอ ถ้าตัวเลขยกกำลังนี้มีค่าไม่เท่ากับ 1 แล้วให้นำพจน์นี้มายกกำลังสองและตัวเลขยกกำลังจะลดลงโดยใช้ อะดูลัส 3 ตัวต่อไปนี้

$$A^2BCD = (A^2BCD)^2 = A^4B^2C^2D^2 = AB^2C^2D^2$$

อันตรกิริยาของส่วนประกอบเหล่านี้ไม่มีความหมายในทางกายภาพแต่ประการใด และจะมีประโยชน์ในการสร้างการออกแบบที่ซับซ้อน

จะเห็นได้ว่าขนาดของการออกแบบจะมีค่าสูงขึ้นอย่างรวดเร็วตามขนาดของ k ตัวอย่างเช่น การออกแบบ 3^K จะประกอบด้วยการทดลองร่วมปัจจัยทั้งสิ้น 27 ตัวต่อหนึ่งเรพลิเคต, การออกแบบ 3^4 จะมี 81 ตัว, การออกแบบ 3^5 จะมี243 ตัว, เช่นนี้เรื่อยไป ดังนั้น บ่อยครั้งที่เราจะทำการทดลองแล้ว 3^K เพียง 1 เรพลิเคตเท่านั้น

2.12 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากวิทยานิพนธ์ การประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์เพื่อควบคุมเครื่องกลึง เอ็นซี เครื่องกลึง เอ็นซี เป็นเครื่องมือกลชนิดที่ทำงานโดยอัตโนมัติ ตามโปรแกรมคำสั่ง ซึ่งจะประกอบไปด้วยชุดคำสั่ง ข้อมูลที่เป็นตัวเลข และตัวอักษร ดังนั้น จึงเหมาะสมกับงานการผลิตที่ต้องการความเที่ยงตรง และปริมารการผลิตจำนวนมาก ปัญหาที่พบในเครื่องกลึงชนิด เอ็นซี ส่วนมากจะอยู่ที่การเขียนโปรแกรมคำสั่งซึ่งต้องอาศัยผู้ชำนาญงาน ซึ่งค่อนข้างที่จะหาผู้ที่มีความชำนาญได้น้อยดังนั้นจากโปรแกรมที่ได้พัฒนาขึ้น จะเป็นการนำเอาข้อมูลที่ได้จากโปรแกรมวาดแบบ มาทำการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของแนวทางเดินของมีดกลึง และเปลี่ยนให้อยู่ในรูปโปรแกรมภาษาที่เรียกว่า จีโคด ส่งผ่านสายนำสัญญาณข้อมูล (Asynchronous Communication Cable, RS-232C) โดยโปรแกรมที่พัฒนาเพื่อใช้ในการควบคุมเครื่องกลึง เอ็นซี แบ่งย่อยออกเป็น 2 ส่วน คือ

1. โปรแกรมรับข้อมูลจากโปรแกรมวาดแบบ ซึ่งมีหน้าที่รับข้อมูลที่ได้จากโปรแกรมวาดแบบ ที่มีการจัดเก็บข้อมูลแบบ Data Exchange Fild (DXF) นำข้อมูลดังกล่าวมาแยกและจัดกลุ่มข้อมูลที่ต้องการ แล้วทำการเปลี่ยนให้อยู่ในโปรแกรมชุดคำสั่งในภาษา จีโคด

2. โปรแกรมจำลองสภาวะการทำงาน จะทำหน้าที่จำลองทิศทางแนวการเดินของมีดตามแบบที่ได้ออกแบบไว้ เพื่อป้องกันความผิดพลาดจากโปรแกรมชุดคำสั่ง จีโคด ที่ได้ โดยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น สามารถที่จะสร้างชุดคำสั่ง ในการเคลื่อนที่ของมีดกลึงในแนวเส้นตรง, เส้นตรงที่ทำมุม และในแนวเส้นโค้ง ความเที่ยงตรงของเครื่องกลึง เอ็นซี มีค่าเท่ากับ 0.02 มม. ซึ่งขึ้นอยู่กับการเคลื่อนที่ของ สเตปปิ้งมอเตอร์ (Stepping motor) [12]

จากวิทยานิพนธ์ การสร้างแบบจำลองของงานกลึงปอกผิวแบบหลายชั้น สำหรับใช้ในการเลือกค่าพารามิเตอร์ตัดเฉือนที่เหมาะสม ในงานกลึงปอกผิวแบบหลายชั้น การเลือกใช้ค่าพารามิเตอร์การตัดเฉือนชิ้นงานจะต้องมีความอดคล้องทั้งในด้านเทคโนโลยีการตัดเฉือนและเวลาในการผลิตชิ้นงานที่ต้องการ งานวิจัยในครั้งนี้ จึงได้ประยุกต์ใช้การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical model) ในการแก้แก้ปัญหาการหาค่าพารามิเตอร์เงื่อนไขการกลึง ซึ่งประกอบไปด้วย ค่าความเร็วตัด อัตราป้อน ความลึกป้อนตัด และพารามิเตอร์จำนวนชั้น ให้สอดคล้องกับเวลาในการผลิตชิ้นงานต่อชิ้นต่ำสุด โดยพิจารณาภายใต้ข้อจำกัดของกระบวนการทำงาน ในด้านเครื่องกลึง มีดกลึง แรงในการกลึง กำลังมอเตอร์ และการควบคุมเศษกลึงเป็นสำคัญ และประยุกต์ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปแมทแคด (MathCAD) สำหรับการทดสอบแบบจำลองในการคำนวณพารามิเตอร์การตัดเฉือนที่เหมาะสม

ในกรณีศึกษาของงานวิจัย ได้พิจารณาผลการใช้แบบจำลองการแก้ปัญหาการหาค่าพารามิเตอร์การตัดเฉือนที่เหมาะสมออกเป็น 2 กรณี โดยกรณีแรกเป็นการหาค่าโดยกำหนดข้อจำกัดในกระบวนการทำงานคงที่ และกรณีที่สองเป็นการหาค่าพารามิเตอร์ให้สอดคล้องกับเวลาในการผลิตที่ต้องการ โดยกำหนดให้สามารถปรับเปลี่ยนข้อจำกัดในกระบวนการทำงานได้ซึ่งผลการวิจัยพบว่า แบบจำลองสามารถแก้ปัญหาการเลือกใช้ค่าพารามิเตอร์การตัดเฉือนได้ทั้งสองกรณี โดยสามารถแสดงค่าของเวลาในการผลิตชิ้นงานต่อชิ้นต่ำ ค่าเงื่อนไขการกลึงและขอบเขตของข้อจำกัดในกระบวนการทำงาน ให้สามารถเลือกใช้ได้อย่างเหมาะสม [13]

จากวิทยานิพนธ์ การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของงานกัดตัวอักษรบนไม้ยางพาราด้วยเครื่องกัดควบคุมด้วยระบบคอมพิวเตอร์ งานวิจัยนี้จึงเป็นการศึกษาความเป็นไปได้ของการตัดเฉือนชิ้นงานยางเพื่อให้สามารถนำไปใช้ประยุกต์ในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ยางที่มีความซับซ้อนของรูปร่างค่อนข้างสูงรวมถึงผลิตภัณฑ์ยางต้นแบบ เช่น พื้นยางของรองเท้า ยางรถยนต์ ยางรถแทรกเตอร์ โดยไม่จำเป็นต้องมีการสร้างแม่พิมพ์เพื่อเป็นการลดค่าใช้จ่ายและเวลาในการผลิตผลิตภัณฑ์ยาง โดยทำการตัดเฉือนชิ้นงานที่เป็นยางยางธรรมชาติผ่านกระบวนการกัดและการกลึงที่สภาวะต่างๆโดยมีตัวแปรที่สำคัญที่มีผลต่อความเรียบผิวของชิ้นงานที่ได้คือ อุณหภูมิของชิ้นงาน ความเร็วรอบของชิ้นงาน อัตราเร็วในการป้อนชิ้นงาน ลักษณะของเศษยางจากการตัดเฉือนที่ได้ ซึ่งผลการวิจัยที่อุณหภูมิของชิ้นงานยางประมาณ -76 องศาเซลเซียสนั้นพบว่าในกระบวนการกัดและการกลึงนั้นที่ความเร็วรอบต่ำจะส่งผลให้ขอบชิ้นงานที่ถูกกัดมีลักษณะเป็นขุย ในทางกลับกันที่ความเร็วรอบสูงจะทำให้ขอบชิ้นงานที่ถูกกัดมีลักษณะเรียบ อย่างไรก็ตามยังไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วในการป้อนชิ้นงานและลักษณะของเศษยางกับความเรียบผิวของชิ้นงานอย่างชัดเจนนักในกระบวนการกัด ซึ่งต่างจากผลการวิจัยที่ได้ในกระบวนการกลึงซึ่งพบว่าอัตราเร็วในการป้อนชิ้นงานที่ต่ำและลักษณะของเศษยางที่เป็นเส้นยาวจะมีผลทำให้ความเรียบผิวของขอบชิ้นงานที่ถูกกลึงดีขึ้นอย่างชัดเจนผลในการวิจัยนี้เป็นแนวทางในการเลือกใช้ตัวแปรที่เหมาะสมในการตัดเฉือนชิ้นงานที่เป็นยางเพื่อนำไปขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ยางธรรมชาติต่อไป [14]