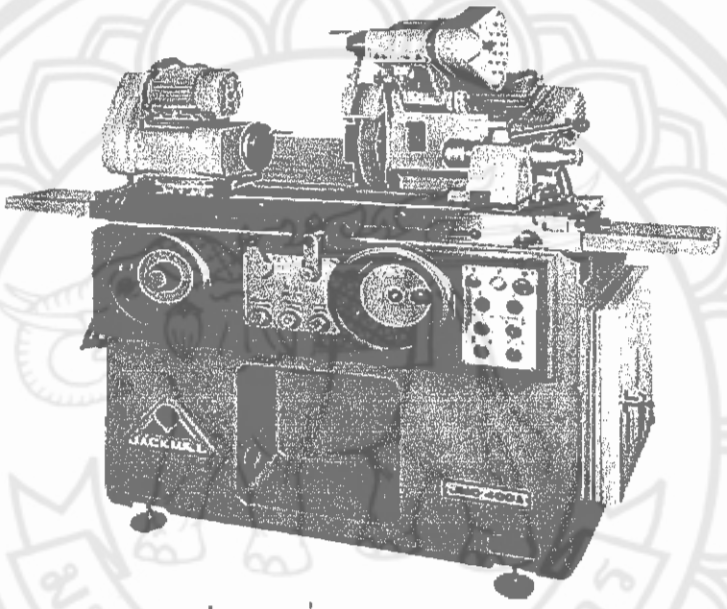
บทที่ 2
หลักการ ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เครื่องเจียรนัยเพลากลม

2.1.1 ชื่อเรียกส่วนต่าง ๆ ของเครื่องเจียรนัยเพลากลม

เครื่องเจียรนัยเพลากลมแบ่งส่วนประกอบได้เป็น 4 ส่วนคือ แท่นศูนย์หัว แท่นเจียรนัย แท่นศูนย์ท้าย และโต๊ะชิ้นงาน

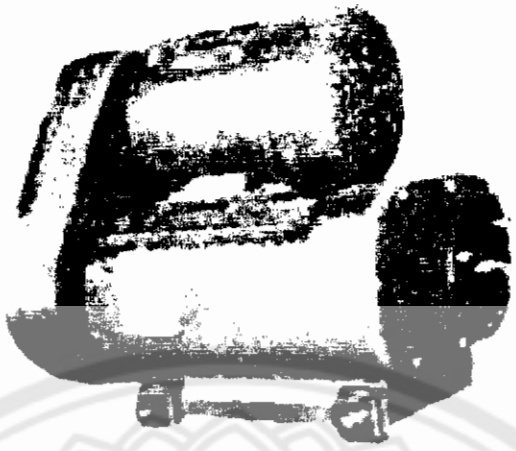


รูปที่ 2.1 เครื่องเจียรนัยเพลากลม

2.1.2 แท่นศูนย์หัว

แท่นศูนย์หัวแบ่งออกเป็นแบบติดแน่นและแบบหมุนบิดได้ สำหรับติดแน่นจะมีตำแหน่งอยู่บนแท่นและปฏิบัติงานโดยใช้การยันด้วยศูนย์ หรือทำการเจียรนัยผิวในโดยใช้การจับยึดด้วยหัวจับ สำหรับแท่นศูนย์หัวแบบหมุนบิดได้สามารถหมุนบิดได้ 360° บนโต๊ะชิ้นงาน การปฏิบัติงานจะใช้การยันด้วยศูนย์และสามารถเจียรนัยแบบเทเปอร์ได้ด้วย

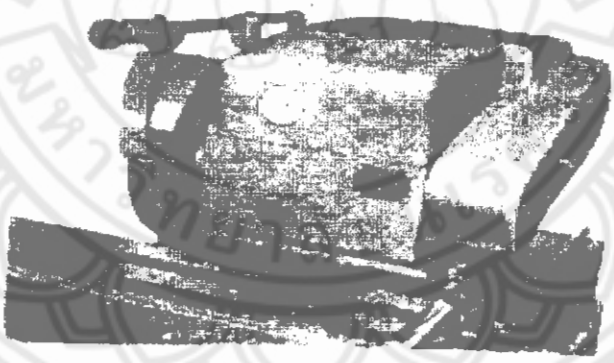
เพลาหมุนหลักจะหมุนขณะยึดจับชิ้นงานอยู่ และความรวดเร็วรอบจะสามารถปรับเปลี่ยนได้ตามชนิดของงาน เพลาหมุนหลักจะมีมอเตอร์ไฟฟ้าสำหรับขับเคลื่อนโดยเฉพาะ การเปลี่ยนความเร็วจะใช้สายพานซึ่งมีการสั่นสะเทือนน้อยแทนการใช้ชุดฟันเฟือง โดยที่เพลาตอนกลางจะมีล้อสายพานแบบเป็นขั้วประกอบอยู่ และการเปลี่ยนแปลงความเร็วกระทำได้โดยการถอดเปลี่ยนสายพานรูปตัววี (V)



รูปที่ 2.2 แท่นศูนย์หัว

2.1.3 **แท่นเจียรนัย**

แท่นหินเจียรนัยมีฐานเลื่อนได้เตียงแท่น บนฐานเลื่อนได้นี้มีแท่นเลื่อนและขาตั้งซึ่งรองรับเพลาหินเจียรนัยประกอบอยู่ตามลำดับ ปริมาณการเจียรนัย ปรับได้โดยขยับแท่นเลื่อนบนฐานเลื่อนได้ ส่วนฐานเลื่อนได้จะสามารถหมุนบิด เพื่อทำการเจียรนัยเทเปอร์ได้ด้วย



รูปที่ 2.3 แท่นเจียรนัย

2.1.3.1 **หัวเจียรนัย** หัวเจียรนัยจะเป็นหน่วยๆ หนึ่งประกอบด้วยเพลาหินเจียรนัย ซึ่งต้องมีขนาดโตเพียงพอที่จะรับประกันความเที่ยงตรงตลอดระยะเวลาอันยาวนานและทนทานต่อการเจียรนัยอย่างหนักได้ เพื่อป้องกันการบิดเบี้ยวตลอดอายุการใช้งานจึงใช้ Nitriding steel ที่รับการเผาร้อนแล้วเจียรนัยอย่างละเอียดและตกแต่งสำเร็จอย่างพิเศษ

แบริ่งเป็นส่วนที่สำคัญที่สุดของเครื่องเจียรนัย จะใช้แบริ่งเรียบที่มีการปรับปรุงหลาย ๆ ประการเพื่อให้เพลาสามารถหมุนด้วยความเร็วสูงและรักษาความเที่ยงตรงไว้ได้สูงด้วย แบบที่ใช้กันมากตามปกติเป็นดังนี้ ใช้แบริ่งเทเปอร์รองรับปลายทั้งสองของเพลาหินเจียรนัย สำหรับแบริ่งเรียบที่มีความสำคัญมากนั้นจะใช้น้ำมันอัดซึ่งมีความดันคงที่ส่งมาหล่อลื่นจาก 3 – 5 จุด และใช้น้ำมันอัดเพื่อให้ศูนย์กลางของเพลาหมุนหลัก และศูนย์กลางของแบริ่งตรงกันอย่างมีเสถียรภาพ

เนื่องจากขณะหมุน เพลา จะไม่สัมผัสกับแบริ่งเลย การสึกหรอจึงไม่เกิดขึ้น ทำให้สามารถรักษาระดับความเที่ยงตรงจากแรกเริ่มไปได้เป็นเวลานาน

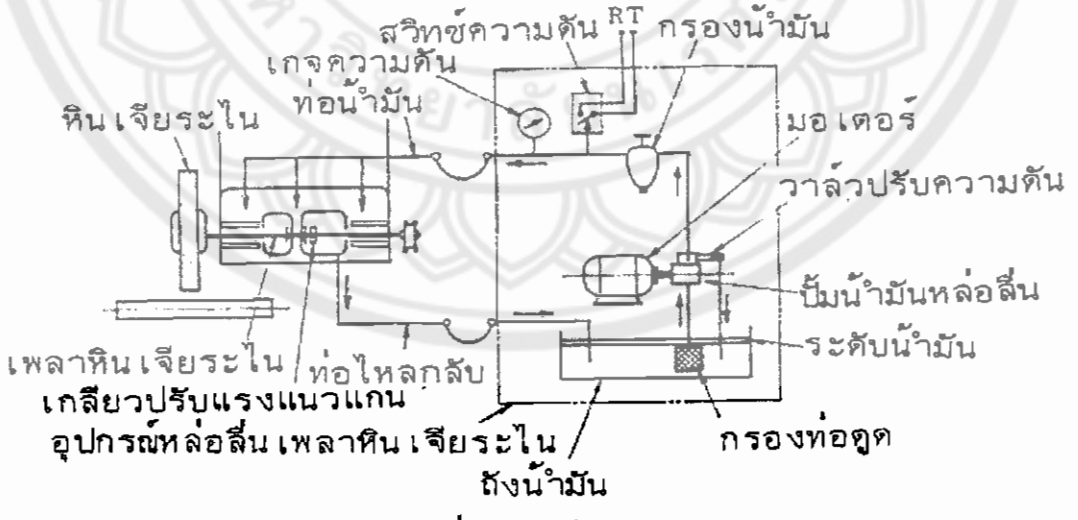
แบริ่งแบบของไหลมีข้อดีดังต่อไปนี้

1) แม้ในขณะที่เพลาไม่หมุนก็ตาม จากการป้อนน้ำมันอัดก็จะช่วยรักษาตำแหน่งศูนย์กลางของเพลาไว้ได้อย่างมั่นคงเสมือนว่ามีแหวนโลหะรองรับอยู่

2) เนื่องจากการเดินและการหยุดมอเตอร์ไฟฟ้าสำหรับเพลาหินเจียรนัย กระทำโดยใช้สวิทช์ความดัน (Pressure switch) ซึ่งติดตั้งอยู่ในวงจรน้ำมันของแบริ่งและใช้อุปกรณ์ควบคุมเวลา (Time) ประกอบกัน ดังนั้นเพลาจะไม่มีโอกาสหมุนขณะที่ยังสัมผัสอยู่กับแบริ่งจึงช่วยลดการสึกหรอได้และไม่ต้องเสียเวลาซ่อมแซมและปรับแต่ง

3) เนื่องจากมีผลในการลดการสั่นสะเทือนด้วย จึงช่วยให้ได้ผิวสำเร็จที่เที่ยงตรงสูง

4) เนื่องจากความต้านทานจากการเสียดสีขณะเริ่มหมุนและขณะหมุนอยู่มีน้อยมาก การสูญเสียของกำลังขับเคลื่อนจึงมีน้อย



รูปที่ 2.4 หัวเจียรนัย

2.1.3.2 อุปกรณ์หล่อลื่นเพลาหินเจียรนัย มีลำดับการทำงานดังนี้

มอเตอร์ไฟฟ้าสำหรับเครื่องสูบน้ำมันหล่อลื่นเริ่มหมุน⟶ เครื่องสูบหมุน ⟶ ความดันเพิ่มขึ้น ⟶ ไหลผ่านหม้อกรองน้ำมัน⟶ เกจวัดความดันแสดงค่าสูงขึ้น⟶ หล่อลื่นเพลาหินเจียรนัย ⟶ เมื่อความดันได้ตามกำหนดแล้ว สวิทช์ความดันจะทำงาน⟶ มอเตอร์ไฟฟ้าสำหรับเพลาหิน – เจียรนัยอัตโนมัติ ในกรณีที่ความดันเกิดลดลงมอเตอร์ไฟฟ้าสำหรับเพลาหินเจียรนัยจะหยุดหมุนทันที มาตรฐานความดันของน้ำมันหล่อลื่นเท่ากับ 4 กก./ซม^2.

2.1.3.3 **การป้อนหินเจียรนัยในแนวหน้าหลัง** การป้อนแท่งหินเจียรนัยเพื่อการเจียรนัยจะมีกลไกการป้อนโดยใช้เกลียวส่งและเนื่องจากมีอุปกรณ์ขจัดการถอยหนี (Back – lash) โดยใช้เกลียวตัวเมียและสปริงประกอบอยู่ จึงทำให้สามารถเจียรนัยได้อย่างเที่ยงตรงสูงและเรียบ นอกจากนี้ยังช่วยให้ไม่เกิดการลื่นไถลเป็นจังหวะอีกด้วย

ในกรณีที่ทำการเจียรนัยชิ้นงานแบบเดียวกันจำนวนมาก ๆ หินเจียรนัยย่อมมีการสึกหรอ เพื่อรักษาสัดส่วนของชิ้นงานให้อยู่ในขอบเขตความคลาดเคลื่อนอนุโลม ผู้ปฏิบัติงานจะต้องเอาใจใส่ในการวัดชิ้นงานสำเร็จและปรับตั้งหินเจียรนัยอยู่เสมอ

อุปกรณ์กำหนดขนาดอัตโนมัติ เป็นกลไกเพื่อการผลิตชิ้นงานที่มีขนาดคงที่อย่างมีประสิทธิภาพสูงเพื่อลดเวลาที่สูญเปล่าในการที่จะต้องคอยวัดและปรับตั้งหินเจียรนัย เพื่อรักษาระดับของชิ้นงานที่ได้โดยไม่สัมพันธ์กันกับความชำนาญของผู้ปฏิบัติงาน กลไกนี้จะหยุดเครื่องโดยอัตโนมัติเมื่อชิ้นงานได้ขนาดตามที่กำหนดแล้ว อุปกรณ์กำหนดขนาดอัตโนมัติแบ่งออกเป็นแบบกำหนดโดยทางอ้อมและแบบกำหนดโดยตรง

1) แบบกำหนดโดยทางอ้อม เป็นระบบที่ง่ายที่สุดโดยใช้มือทำการป้อนแท่นหินเจียรนัยไปยังตำแหน่งที่คงที่ตำแหน่งหนึ่งแล้วหลังจากใช้เวลาในการเจียระไนที่คงที่แล้วจึงใช้มือหมุนเลื่อนแท่นกลับ สำหรับแบบนี้จะต้องระมัดระวังความแตกต่างกันของขนาดชิ้นงานที่ได้เนื่องจากขนาดที่ได้จะมีความสัมพันธ์กันกับความแข็งแกร่งของกลไกส่งหินเจียรนัย การสึกหรอของหินเจียรนัย ความชำนาญงานของผู้ปฏิบัติงาน และความหนาของเนื้อโลหะที่เผื่อไว้สำหรับการเจียรนัย

2) แบบกำหนดโดยตรง เป็นแบบที่พยายามวัดขนาดของชิ้นงานโดยอัตโนมัติขณะทำการเจียรนัย โดยอาศัยการพัฒนาด้านอุปกรณ์การควบคุมจึงทำให้สามารถควบคุมขนาดที่มีความเที่ยงตรงและแน่นอนได้เป็นผลสำเร็จ วิธีที่นิยมใช้กันปัจจุบันนี้มีแบบแอร์ – ไมโครมิเตอร์ แบบมินิมิเตอร์ แบบเดลต้า เหล่านี้เป็นต้น

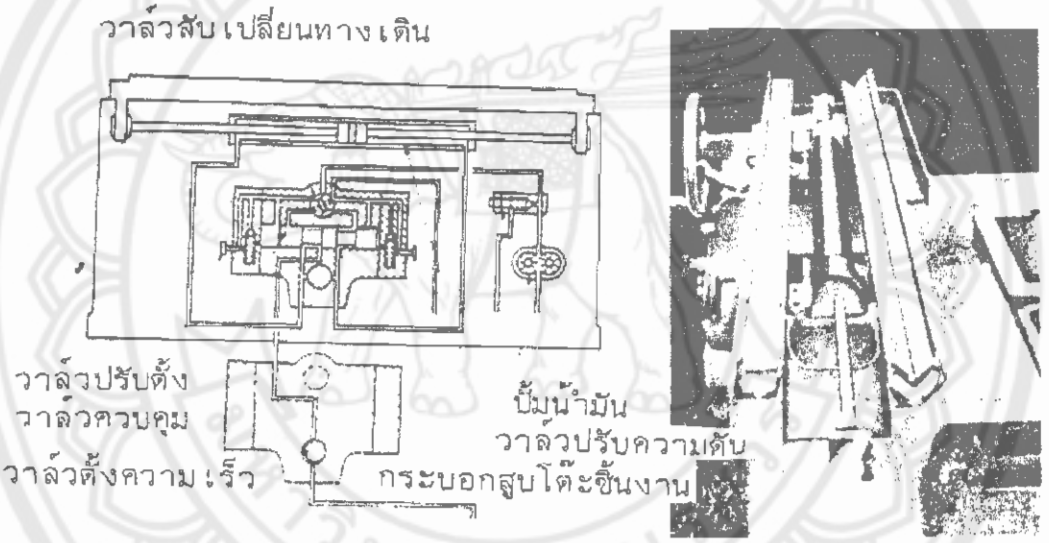
แท่นหินเจียรนัยจะมีร่องนำเสื่อมรูปตัววี (V) และผิวเรียบ และเคลื่อนที่บนรางซึ่งติดอยู่กับที่สำหรับการหล่อลื่น

2.1.4 โต๊ะชิ้นงานและการโยกโต๊ะชิ้นงาน

แท่นศูนย์หัวและแท่นศูนย์ท้ายจะติดตั้งไว้บนโต๊ะหมุนซึ่งตั้งอยู่บนโต๊ะโยก โดยที่โต๊ะโยกจะเลื่อนไปมาซ้ายขวาได้บนเตียงแท่น การป้อนซ้ายขวาสามารถใช้มือหมุนหรือป้อนโดยอัตโนมัติได้ตามชนิดของงาน การป้อนโดยมือหมุนเป็นแบบเฟืองเล็กและเฟืองสะพาน ซึ่งมีอัตราป้อนแบ่งเป็นขั้นคือ ขั้นหยาบ ปานกลาง ละเอียด ได้สวนใหญ่ การป้อนโดยอัตโนมัติส่วนมากจะใช้ระบบไฮดรอลิค การหล่อลื่นร่องนำเลื่อนจะใช้แบบเดียวกันกับกรณีของแท่นหินเจียรนัย

โต๊ะหมุนมีจุดค้ำ (Pivot) ซึ่งอยู่เกือบกึ่งกลางของโต๊ะโยก สเกลของการบิดจะอ่านเป็นค่าเปอร์เซ็นของเทเปอร์และค่ามุมบิดได้บนแผ่นสเกลซึ่งติดตั้งอยู่บนแผ่นกดโต๊ะหมุน

การป้อนโดยระบบไฮดรอลิค จะทำให้การเคลื่อนที่ราบเรียบ และสามารถเปลี่ยนความเร็วได้อย่างไม่มีขั้นตอน ดังนั้นกลไกการป้อนไปมาส่วนใหญ่จะใช้การขับเคลื่อนด้วยระบบไฮดรอลิคนี้



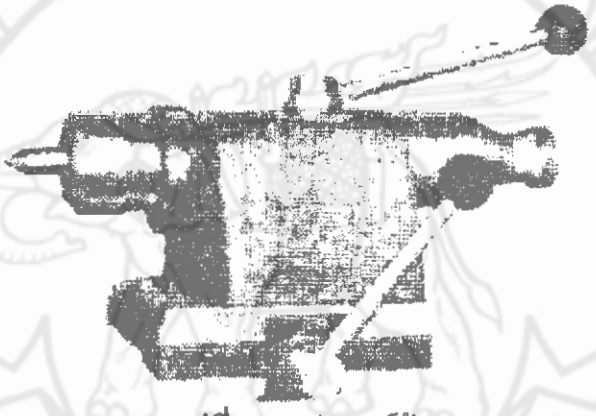
รูปที่ 2.5 โต๊ะชิ้นงาน

การเคลื่อนที่ของโต๊ะจะใช้ลูกสูบและกระบอกสูบซึ่งยึดไว้กับเตียงแท่นใต้โต๊ะชิ้นงาน และอาศัยน้ำมันอัดซึ่งส่งมาจากปั๊ม การปรับตั้งจะสามารถกระทำได้อย่างแม่นยำและง่ายโดยการทำงานของวาล์วควบคุม นอกจากนี้การสั่นสะเทือนก็จะเกิดขึ้นน้อยมาก จึงสามารถให้การปฏิบัติงานที่มีความแน่นอนได้ด้วย

2.1.5 แท่นศูนย์ท้าย

แท่นศูนย์ท้ายแท่นสามารถเคลื่อนที่จะเลื่อนไปตามแนวยาวบนโต๊ะชิ้นงานได้อย่างอิสระและสามารถที่จะยึดติดไว้ในตำแหน่งที่เหมาะสมได้เช่นเดียวกันกับศูนย์แท่นศูนย์หัว แท่นศูนย์ท้ายแท่นส่วนที่มีความสำคัญมากที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพของการเจียรนัย โดยเฉพาะปลอกสวมทำจาก

เหล็กเหนียวประสมสำหรับการชุบแข็งผิวและได้รับการแปลสภาพด้วยความร้อน และตกแต่งสำเร็จอย่างดี ปลอกศูนย์ท้ายสอดอยู่ในรูของแท่นศูนย์ท้ายและมีสปริงทำหน้าที่ปรับระยะโดยอัตโนมัติเพื่อชดเชยการขยายตัวเนื่องจากความร้อนที่เกิดขึ้นในการเจียรนัย ในการปฏิบัติงานโดยยันชิ้นงานด้วยศูนย์ ถ้าขันปลอกให้ยันชิ้นงานแน่นโดยไม่ให้สปริงทำงานได้แล้วละก็ ในขณะที่เจียรนัยชิ้นงานได้ยังไม่ลึกเท่าที่ต้องการ ประกายไฟที่เกิดขึ้นตอนกลางจะมาขึ้นเรื่อย ๆ และเกิดการคดงอได้ จึงต้องระวังให้ดี ปกติปลอกศูนย์ทำได้โดยสะดวก ในการเลื่อนแท่นศูนย์ท้ายถ้าเศษเหล็กเข้าไปอยู่ระหว่างแท่นศูนย์ท้ายกับผิวบนโต๊ะชิ้นงาน แคร่เลื่อนได้แล้วละก็ จะก่อให้เกิดผลเสียต่อความเที่ยงตรงของเครื่องและเกิดรอยขีดข่วนขึ้นได้ ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องทำความสะอาดร่องนำเลื่อนและหยอดน้ำมันหล่อลื่นให้เพียงพอเสียก่อน



รูปที่ 2.6 แท่นศูนย์ท้าย

2.1.6 การเจียรนัยทรงกระบอก

วิธีการเจียรนัยทรงกระบอกสามารถแบ่งออกได้ตามความต้องการเคลื่อนที่สัมพันธ์ระหว่างหินเจียรนัยและชิ้นงานได้เป็นการเจียรนัยแบบป้อนตามยาว (Traverse Cut) และการเจียรนัยแบบกัด (Plung Cut) สำหรับการเจียรนัยแบบป้อนตามยาว มีตัวอย่างพิเศษคือ มีการติดตั้งหินเจียรนัย 2 อัน ขึ้นไปบนเพลาเดียวกัน แล้วทำการเจียรนัยซึ่งเรียกว่า มัลติวีลคัต (Multi-Wheel Cut)

ในการเจียรนัยแบบป้อนตามยาว ปกติจะให้โต๊ะติดตั้งชิ้นงานเคลื่อนที่ไปตามแนวยาวบนเตียงแท่น และเพิ่มปริมาณการกัดของหินเจียรนัยที่ปลายทั้งสองหรือที่ปลายด้านใดด้านหนึ่งของชิ้นงาน

การเจียรนัยแบบกัดจะไม่ทำการป้อนชิ้นชิ้นงานตามแนวยาว แต่จะให้หินเจียรนัยแบบนี้มีประสิทธิภาพสูงกว่าการเจียรนัยแบบป้อนตามยาว จึงเหมาะสมในการผลิตชิ้นงานที่มีบ่าหรือรูปร่างต่าง ๆ กันเป็นจำนวนมาก ๆ

2.2 การปฏิบัติงานโดยเครื่องเจียรนัย

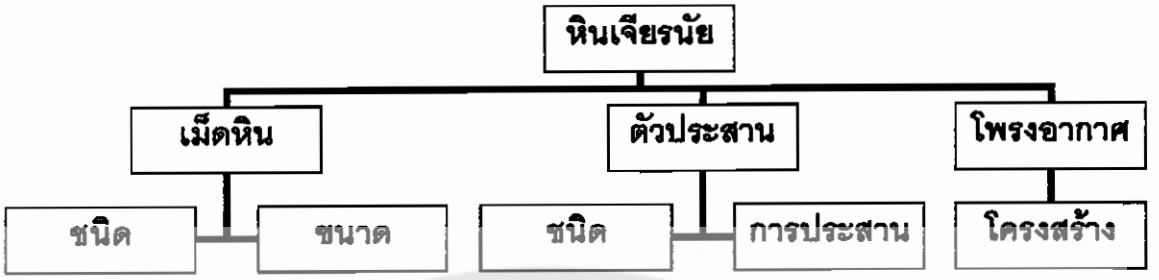
ในการเจียรนัย หินเจียรนัยทำหน้าที่เช่นเดียวกับมีดหมุนกัด ดังนั้นถ้าเงื่อนไขในการใช้งานไม่เหมาะสมกับเงื่อนไขในการปฏิบัติงานแล้ว เครื่องเจียรนัยก็ไม่อาจทำงานได้เต็มที่และยังอาจทำให้ความเที่ยงตรงของชิ้นงานและประสิทธิภาพในการผลิตลดต่ำลงได้อีกด้วย ดังนั้นถ้าไม่เข้าใจการทำงานและลักษณะการเจียรนัยของหินเจียรนัยได้ดีแล้วก็ไม่อาจทำการเจียรนัยที่ถูกต้องได้ จึงต้องพิจารณาเงื่อนไขที่ควรจะเป็นไปตามปกติ เพื่อกำหนดการเลือกใช้หินเจียรนัยและอื่น ๆ

รูปที่ 2.7 โครงสร้างของหินเจียรนัย

2.2.1 โครงสร้างของหินเจียรนัย

หินเจียรนัยมีส่วนประกอบ 3 ส่วน คือเม็ดหิน (ทำหน้าที่เจียรนัย) ตัวประสาน (ทำหน้าที่ยึดและประสานเม็ดหิน) และโพรงอากาศ (ทำหน้าที่ไล่เศษโลหะที่เกิดขณะเจียรนัย) ใช้เป็นเครื่องมือเจียรนัยโดยอาศัยการเกิดมีดเจียรนัยขนาดเล็กและโพรงอากาศตลอดเวลาขณะหมุนด้วยความเร็วสูง หินเจียระไนอาจคิดได้ว่าเป็นมีดหมุนซึ่งมีมุมคายเป็นลบ มีลักษณะเช่นเดียวกับมีดหมุนกัดแบบผังที่มีมีดและช่องว่างสำหรับเศษโลหะซึ่งมีขนาดเล็กและจำนวนนับไม่ถ้วน มีตัวประสานเป็นโครงยึดมีดแบบผังและโพรงอากาศระหว่างเม็ดหินกับตัวประสานเป็นช่องว่างสำหรับเศษโลหะ

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบของหินเจียรนัย



A	ขนาดเม็ดหิน (No)			
WA	หยาบ	10	ละเอียด	70
C		12		80
GC		14		90
SA		16		100
DA		20		120
FA		24		150
PA	ปานกลาง	30		180
TA		36		220
19A		46		
EV		54		
HV		60		
GV	ผงละเอียด (ไมโคร)			
	ละเอียดมาก	240	ละเอียดยิบ	1000
		280		
		320		
		400		-
		500		3000
		600		
		800		

สัญลักษณ์	ตัวประสาน
V	ไวตริไฟด์
S	ซิลิเกต
R	ยาง
B	เรซินอยด์
E	เชลักซ์
M	โลหะ
ตัวประสานพิเศษ	

สัญลักษณ์		
อ่อนมาก	E	
	F	
	G	
อ่อน	H	
	I	
	J	
	K	
ปานกลาง	L	
	M	
	N	
	O	
แข็ง	P	
	Q	
	R	
	S	
แข็งมาก	T	
	U	
	V	
	W	
	X	
	Y	
	Z	

สัญลักษณ์	ชนิด
W	หยาบ
m	ปานกลาง
C	แน่น
0	แน่น
1	
2	
3	
4	ปานกลาง
5	
6	
7	หยาบ
8	
9	
10	
11	
12	

สำหรับการเจียรนัยที่เหมาะสมนั้น การเลือกใช้หินเจียรนัยมีความสำคัญมาก เพื่อให้ได้ผลที่สมบูรณ์สามารถกำหนดสมรรถนะของหินเจียรนัยได้จากองค์ประกอบดังต่อไปนี้

(ก) ชนิดและสมรรถนะของเม็ดหิน

(ข) ขนาดของเม็ดหิน

(ค) การประสานเม็ดหิน

(ง) โครงสร้างของหินเจียรนัย

(จ) ชนิดและวิธีประสานของตัวประสาน

(ฉ) รูปร่างของหินเจียรนัย

(ช) ขนาดของหินเจียรนัย

การเลือกใช้หินเจียรนัยให้พิจาณาจากองค์ประกอบต่าง ๆ ของหินเจียรนัย

(ก) เม็ดหิน ในการเจียรนัยเนื่องจากเม็ดหินทำหน้าที่เช่นเดียวกับคมมีดของเครื่องมือโดยทำการกัดชิ้นงาน ดังนั้นเม็ดหินจึงจำเป็นต้องแข็งแกร่งกว่าชิ้นงาน เพื่อให้เป็นไปตามเงื่อนไขนี้ในธรรมชาติมีเพชรซึ่งมีคุณสมบัติเหมาะสม แต่เนื่องจากมีราคาแพงมากจึงไม่นิยมใช้กัน ปกติใช้เม็ดหินเจียระไนสังเคราะห์

เม็ดหินเจียรนัยสังเคราะห์มี 2 ชนิดคือ สารอลูมินา (Al_2O_3) และสารซิลิกอนคาร์ไบด์ (SiC) ดังนั้นจึงต้องเลือกใช้เม็ดหินให้เหมาะสมกับวัสดุของชิ้นงาน

ตารางที่ 2.2 การเลือกเม็ดดิน

สารอลูมินา	A	ใช้กับวัสดุทนแรงดึงได้สูง มีความแข็งแกร่งและค่อนข้างเหนียว ให้ความลึกในการกัดมาก	เหล็กเหนียวอ่อน เหล็กเหนียวแข็ง
	WA	ใช้กับวัสดุทนแรงดึงได้สูงมาก มีความแข็งแกร่ง แต่ค่อนข้างเปราะ ให้ความลึกในการกัดน้อย	เหล็กเหนียวชุบแข็ง
สารซิลิกอนคาร์ไบด์	C	ใช้กับวัสดุทนแรงดึงได้ต่ำ มีความแข็งแกร่งแต่ค่อนข้างเปราะ หรืออโลหะที่ยืดตัวได้มาก	เหล็กหล่อ โลหะอื่นที่ไม่ใช่เหล็กอโลหะ (หิน,ยาง,แม่เหล็ก)
	GC	**ใช้กับวัสดุทนแรงดึงได้ต่ำ มีความแข็งแกร่งแต่เปราะ ให้ความลึกในการกัดน้อย**	**โลหะผสมแข็งพิเศษ**

เม็ดหินที่ทำด้วยสารอลูมินาแบ่งออกเป็น 4A และ 2A เม็ดหิน 4A มีความบริสุทธิ์กว่าเม็ดหิน 2A และแข็งกว่าเล็กน้อยแต่จะเปราะกว่า ดังนั้นในขณะเจียรนัยเม็ดหินจะหักหลุดออกไปและ

เกิดคมมีดใหม่ที่แหลมคมมาทดแทนติดต่อกันได้ง่ายกว่า หินเจียรนัยที่ทำด้วย 4A และ 2A ใช้แสดงด้วยสัญลักษณ์ของ WA และ A ตามลำดับ

เม็ดหินที่ทำด้วยซิลิกอนคาร์ไบด์แบ่งออกเป็น 4C และ 2C เม็ดหิน 4C มีความบริสุทธิ์กว่า 2C และแข็งกว่า หินเจียรนัยที่ทำด้วยเม็ดหิน 4C และ 2C ใช้แสดงด้วยสัญลักษณ์ GC และ C ตามลำดับ

ตารางที่ 2.3 สัญลักษณ์ของหินเจียรนัยและชนิดของเม็ดหินสังเคราะห์

หินเจียรนัย		ชนิดของเม็ดหินสังเคราะห์
ชนิด	สัญลักษณ์	
สารอลูมินาสีขาว	WA	4A
สารอลูมินาสีน้ำตาล	A	2A
สารซิลิกอนคาร์ไบด์สีเขียว	GC	4C
สารซิลิกอนคาร์ไบด์สีเทา	C	2C

(ข) ขนาดของเม็ดหิน ขนาดของเม็ดหินเป็นตัวเลขที่ใช้แสดงความโตของเม็ดหินมีค่า No. 10 – 800 ซึ่งกำหนดไว้โดย JIS (Jis R 6210 – 1958)

ตามปกติหินเจียรนัยชนิดหยาบ (No. 10 – No.24) และชนิดปานกลาง (No.30 – No.60) ถ้าใช้เม็ดหินละเอียดขึ้นผิวสำเร็จที่ได้ก็จะดีขึ้น แต่ในแง่ของเงื่อนไขในการเจียรนัยแล้ว ควรพิจารณาเลือกใช้ตามหัวข้อต่อไปนี้

1) ถ้าพิจารณา – ตามประสิทธิภาพแล้ว ใช้เม็ดหินหยาบสำหรับการเจียรนัยหยาบและใช้เม็ดหินละเอียดสำหรับการเจียรนัยแต่งสำเร็จ

2) ใช้เม็ดหินละเอียดสำหรับชิ้นงานที่แข็งและเปราะ และใช้เม็ดหยาบสำหรับชิ้นงานที่อ่อนและเหนียว

3) ในกรณีที่หินเจียรนัยและชิ้นงานที่มีพื้นผิวสัมผัสน้อย ให้ใช้เม็ดหินละเอียดในกรณีพื้นผิวสัมผัสใหญ่ใช้เม็ดหินหยาบ

(ข) การประสาน การประสานนั้นปกติเรียกเป็นความแข็ง แต่ไม่ใช่ความแข็งของเม็ดหิน หมายถึงความแข็งอ่อนของแรงประสานซึ่งยึดเม็ดหินไว้

การประสานใช้เครื่องทดสอบการประสานแบบ โอโดซิ ทำการวัดแล้วแสดงค่าเป็นสัญลักษณ์เป็นตัวอักษร (JIS R 6210 – 1958)

สิ่งที่สำคัญที่สุดในการพิจารณาเลือกการประสาน คือ คุณสมบัติทางฟิสิกส์ของชิ้นงานและความลึกในการเจียรนัยของเม็ดหิน

ตารางที่ 2.4 วิธีเลือกการประสาน

			การประสาน
1	**คุณสมบัติทางฟิสิกส์ของชิ้นงาน**	**ชิ้นงานแข็ง** **ชิ้นงานอ่อน**	**อ่อน** **แข็ง**
2	**ความเร็วตามเส้นรอบวงของหินเจียรนัย**	**ความเร็วตามเส้นรอบวงสูง** **ความเร็วตามเส้นรอบวงต่ำ**	**อ่อน** **แข็ง**
3	ความเร็วตามเส้นรอบวงของชิ้นงาน	ความเร็วตามเส้นรอบวงสูง ความเร็วตามเส้นรอบวงต่ำ	แข็ง อ่อน
4	ลักษณะการสัมผัสของหินเจียรนัยและชิ้นงาน	ผิวสัมผัสหรือส่วนโค้งที่สัมผัสน้อย ผิวสัมผัสหรือส่วนโค้งที่สัมผัสมาก	แข็ง อ่อน
		ความลึกในการกัดตามแนวรัศมีมาก ความลึกในการกัดตามแนวรัศมีน้อย	แข็ง อ่อน
5	ความเรียบของผิวเจียรนัย	ชิ้นงานที่มีผิวหยาบ ชิ้นงานที่มีผิวละเอียด	แข็ง อ่อน
6	วิธีจับยึด	จับยึดด้วยเครื่องจักร จับยึดด้วยมือ	อ่อน แข็ง
7	สภาพของเครื่องเจียรนัย	เครื่องที่แข็งแกร่งและเที่ยงตรง เครื่องที่สั่นมาก	อ่อน แข็ง

(ง) <u>โครงสร้าง</u> โครงสร้างหมายถึงความใหญ่เล็กของโพรงอากาศที่ทำหน้าที่ระบายเศษโลหะที่เกิดขึ้นขณะเจียรนัยหรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือลักษณะการกระจายของเม็ดหินที่เรียงกันอยู่ในหนึ่งหน่วยปริมาตรของหินเจียรนัย เป็นการแสดงการเปลี่ยนแปลงของความหนาแน่นนั่นเอง สำหรับ JIS ใช้แสดงเป็นอัตราส่วนเม็ดหิน หมายถึงความมากน้อยของปริมาตรรวม ของเม็ดหินที่มีอยู่ในหนึ่งหน่วยปริมาตรของหินเจียรนัย ถ้าอัตราส่วนเม็ดหิน เม็ดหินจะอยู่ชิดกันจะแสดงด้วยสัญลักษณ์ "C" หมายถึงโครงสร้างแน่น ในกรณีที่อัตราส่วนเม็ดหินน้อย จะแสดงด้วยสัญลักษณ์ "W" หมายถึงโครงสร้าง ถ้าอยู่ในเกณฑ์ปานกลางจะแสดงด้วยสัญลักษณ์ "m" แต่สำหรับบริษัทนอร์ตันได้แบ่งออกเป็น 13 ขนิดคือ 0 – 13

ตารางที่ 2.5 การเลือกโครงสร้าง

1	**คุณสมบัติทางฟิสิกส์ของชิ้นงาน**	**วัสดุอ่อนและยืดได้ง่าย** **วัสดุแข็งและเปราะ**	**โครงสร้างหลวม** **โครงสร้างแน่น**
2	**คุณภาพของผิวสำเร็จ**	**แต่งสำเร็จหยาบ** **แต่งสำเร็จละเอียด**	**โครงสร้างหลวม** **โครงสร้างแน่น**
3	**เนื้อโลหะที่เผื่อไว้สำหรับเจียรนัย**	**มาก** น้อย	**โครงสร้างหลวม** โครงสร้างแน่น
4	ลักษณะการสัมผัสของหินเจียรนัยและชิ้นงาน	ส่วนโค้งของผิวสัมผัสมาก ส่วนโค้งของผิวสัมผัสน้อย	โครงสร้างหลวม โครงสร้างแน่น

จ) ตัวประสาน ทำหน้าที่ยึดจับเม็ดหินเจียรนัย ตัวประสานที่ใช้ในการทำหินเจียรนัยมี แก้ว, เครื่องเคลือบ, สารอินทรีย์ และโลหะ

ตารางที่ 2.6 การเลือกตัวประสาน

ชนิด		การใช้งาน	สัญลักษณ์
ตัวประสานเครื่องเคลือบ	Vitrified Bond	ใช้งานเจียรนัยปกติ	V
ตัวประสานโซเดียมซิลิเกต	Silicate Bond	เหล็กเหนียวความเร็วสูง วัสดุที่ร้าวง่าย	S
ตัวประสานยาง	Rubber Bond	ล้อปรับตั้งของเครื่องเจียรนัยแบบไร้ศูนย์ใช้งานตัด	R
ตัวประสานเรซินสังเคราะห์	Resinoid Bond	ใช้งานตัด	B
ตัวประสานธรรมชาติ	Shellac Bond	ขัดเงาลูกกลิ้ง	E
ตัวประสานโลหะ	Metal Bond	ใช้กับโละผสมแข็งพิเศษ	M

(ฉ) รูปร่างของหินเจียรนัย แบ่งออกเป็น 4 ประเภทใหญ่ ๆ คือ แบบเรียบ แบบแท่ง แบบประกอบ และแบบมีเพลาประกอบ ดังได้กำหนดไว้ใน JIS

(ช) ขนาดของหินเจียรนัย ขนาดของหินเจียรนัยแสดงโดยเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก × ความหนา (ในกรณีของแบบที่แตกต่างกันให้ใช้ความหนารวม) ×เส้นผ่าศูนย์กลางของรูในกรณีของหินเจียรนัยแบบที่แตกต่างกันให้ใช้รูปแสดงขนาดประกอบด้วย

ในการระบุหินเจียรนัยต้องใช้อักษรย่อระบุส่วนประกอบต่าง ๆ เรียงกันเป็นลำดับตามที่กำหนดไว้ใน JIS เช่น

W	60	K	m	V	เรียบ	300	×	25	×	100
↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		↓		↓
เม็ดหิน	ขนาดเม็ดหิน	การประสาน	โครงสร้าง	ตัวประสาน	รูปร่าง	เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก		ความหนา		เส้นผ่าศูนย์กลางของรู

2.2.2 **การทำงานของหินเจียรนัย**

(ก) <u>กลไกการทำงานของหินเจียรนัย</u> โครงสร้างของหินเจียรนัยมีส่วนประกอบ 3 ส่วน ในขณะเจียรนัยส่วนประกอบเหล่านี้จะทำงานสัมพันธ์กันและสามารถแบ่งได้เป็น 4 แบบ ดังต่อไปนี้

1) แบบเม็ดหินหลุด ในกรณีที่เม็ดหินแข็งและแกร่งมาก แต่การประสานอ่อนเกินไป เม็ดหินจะหลุดออกและบางส่วนจะถูกอัดติดผิวของชิ้นงาน ดังนั้นการสิ้นเปลืองเม็ดหินจะสูงมากผิวของชิ้นงานจะหยาบ ความเที่ยงตรงของขนาดและประสิทธิภาพของการเจียรนัยจะลดต่ำมา

2) แบบปกติ ในกรณีที่เม็ดหินมีความแข็งแกร่งและการประสานพอเหมาะกับแรงต้านทานการเจียรนัย ปลายของเม็ดหินจะค่อย ๆ สึกหรอตามโครงสร้างผลึกเฉพาะตัวของเม็ดหิน และเมื่อที่อลงก็จะหลุดออกไปคมมีดใหม่และโพรงอากาศจึงเกิดขึ้นมา กล่าวคือจะเกิดคมมีดใหม่มาตลอดเวลา การเจียรนัยจึงทำได้ดีโดยสามารถรักษาคุณภาพของผิวสำเร็จและประสิทธิภาพให้สม่ำเสมอได้

3) แบบอุดตัน ในกรณีที่การประสานแข็งเกินไป ถึงแม้แรงต้านทานการเจียรนัยจะเพิ่มขึ้นเนื่องจากเม็ดหินสึกหรอไปก็ตาม เม็ดหินจะไม่หลุดออกไป ความร้อนในการเจียรนัยจึงสูงขึ้น ทำให้เศษโลหะละลายติดผิวหินเจียรนัยซึ่งกระทบกระเทือนต่อการเจียรนัย ดังนั้นผิวสำเร็จที่ได้จะเกิดรอยไหม้หรือรอยขรุขระได้

4) แบบเม็ดลึก ในกรณีที่เม็ดหินไม่หลุดออกและไม่เกิดคมมีดใหม่เนื่องจากการประสานแข็งเกินไป ปลายเม็ดหินจะทื่อและมนจนเรียบ แรงต้านทานการเจียรนัยจึงเพิ่มขึ้นและเกิดผิวไหม้หรือขรุขระได้ เช่น เดียวกับกรณีของแบบอุดตัน

2.2.3 **เงื่อนไขในการเจียรนัย**

ในการเจียรนัยมีปัญหาสำคัญ ซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะของชิ้นงานและความละเอียดในการแต่งสำเร็จ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องกำหนดเงื่อนไขต่อไปนี้ให้เหมาะสมคือ ชนิดของหินเจียรนัย

ความเร็วรอบของหินเจียรนัย ความเร็วรอบของชิ้นงาน ความเร็วของโต๊ะ ความลึกในการกัด และน้ำมันหล่อเย็น ต่อไปเป็นตัวอย่างการกำหนดเงื่อนไขในการเจียรนัยทรงกระบอก

(ก) **การเลือกหินเจียรนัย จำเป็นต้องเลือกให้เหมาะสมกับความเร็วรอบของหินเจียรนัย วัสดุ การอบร้อน รูปร่าง เนื้อที่เผื่อไว้เจียรนัย ความละเอียดในการแต่งสำเร็จ ความเร็วรอบ ความเร็วในการป้อนของชิ้นงาน เหล่านี้เป็นต้น**

(ข) **ความเร็วที่เส้นรอบวงของหินเจียรนัย จำเป็นต้องเปลี่ยนความเร็วที่เส้นรอบวงของหิน** เจียรนัยตามขนาดส่วนโค้งสัมผัสของหินเจียรนัย เนื่องจากการเจียรนัยทรงกระบอกและการเจียรนัยผิวเรียบต่างกัน จึงต้องเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยในกรณีที่ต้องการ เจียรนัยหยาบเพียงอย่างเดียว ความสามารถในการกัดของหินเจียรนัย จะมีความสำคัญยิ่งกว่าการสึกหรอดังนั้นจึงใช้หินเจียรนัยอย่างอ่อนและเลือกใช้ความเร็วที่เส้นรอบวงค่อนข้างต่ำ ในกรณีที่ต้องการเจียรนัยแต่งสำเร็จให้ใช้ความเร็วสูงกว่านี้

(ค) ความเร็วที่เส้นรอบวงของชิ้นงาน ปกติใช้ความเร็วที่เส้นรอบวงของชิ้นงานเท่ากับ 1/100 ของความเร็วที่เส้นรอบวงของหินเจียรนัย เนื่องจากความเร็วสัมพัทธ์ของหินเจียรนัยมีอิทธิพลต่อความสามารถในการกัดและผิวสำเร็จที่ได้ จึงจำเป็นต้องเลือกใช้ความเร็วที่เหมาะสม โดยพิจารณาถึงวัสดุของชิ้นงาน ชนิดของหินเจียรนัย ระดับการแต่งสำเร็จที่ต้องการ และอัตราส่วนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของหินเจียรนัยและชิ้นงานเหล่านี้ด้วย ในกรณีที่เกิดการสั่นหรือผิวไหม้เกรียมให้ปรับความเร็วตามความเหมาะสม ในกรณีที่เกิดชิ้นงานเกิดสั่นให้ลดความเร็วที่เส้นรอบวงลง ในกรณีที่เกิดผิวไหม้เกรียมให้เพิ่มความเร็วที่เส้นรอบวงของชิ้นงานที่เลือกใช้หินเจียรนัยชนิดอ่อน กรณีที่เกิดการสึกหรออย่างรวดเร็วแสดงว่าความเร็วรอบของชิ้นงานสูงเกินไปหรือหินเจียรนัยอ่อนเกินไป ตามปกติเมื่อเพิ่มความเร็วตามเส้นรอบวงของชิ้นงานให้สูงขึ้น หินเจียรนัยจะกัดชิ้นงานน้อยลง และเมื่อลดความเร็วลงหินเจียรนัยจะกัดชิ้นงานแรงขึ้น ดังนั้นจึงควรให้ชิ้นงานมีความเร็วที่เส้นรอบวงสูงสุดเท่าที่จะเป็นไปได้ ซึ่งช่วยให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นและลดการปรับแต่งลงได้เป็นการประหยัดด้วย

ในการคำนวณความเร็วที่เส้นรอบวงของชิ้นงานทำได้โดยใช้สมการต่อไปนี้

$$V = \frac{\pi DN}{1000} \qquad (1)$$

โดยที่ V : ความเร็วที่เส้นรอบวงของชิ้นงาน(ความเร็วของการเจียรนัย) (ม./ นาที)

D : เส้นผ่าศูนย์กลางของชิ้นงาน (มม.)

N : ความเร็วรอบของเพลา (รอบ/ นาที)

(ง) <u>ความเร็วป้อนโต๊ะ</u> ความเร็วป้อนโต๊ะในกรณีของเหล็กเหนียวถ้าเป็นการเจียรนัยหยาบให้ป้อนโต๊ะ ~3 /4 ของความกว้างของหินของหินเจียรนัยต่อความเร็วรอบของชิ้นงาน และในการเจียรนัยละเอียดให้ป้อนโต๊ะ ~2 /3 หรือต่ำกว่านี้ ในขณะของหินเจียรนัยหยาบถ้าป้อนโต๊ะต่ำกว่า 1/2 ของความกว้างของหินของหินเจียรนัยแล้วล่ะก็ ริมทั้งสองจะสึกหรอเร็วผิวของหินเจียรนัยจะโค้งนูนขึ้นมา การใช้ความเร็วป้อนโต๊ะประมาณ 2/3 ของความกว้างของหินของหินเจียรนัยจะช่วยให้สึกหรอสม่ำเสมอกันดี แต่ในการของหินเจียรนัยให้ได้เงื่อนไขที่ดีที่สุดนั้นต้องการความชำนาญมากโดยเฉพาะในการเจียรนัยหยาบสำหรับชิ้นงานที่ยาว ให้ปฏิบัติดังต่อไปนี้

1) ใช้วิธีส่งประมาณ 2/3 ของความกว้างของหินเจียรนัยต่อ 1 รอบของเพลาหมุนหลักดังกล่าวข้างต้น

2) วิธีของหินเจียรนัยโดยใช้ผิวปลายของหินเจียรนัย ด้วยการกัดค่อนข้างลึกและความเร็วค่อนข้างต่ำ เมื่อเจียรนัยหยาบเสร็จค่อยของหินเจียรนัยแต่งสำเร็จต่างหาก

3) วิธีเจียรนัยโดยป้อนเป็นขั้น ๆ โดยคงเหลือเนื้อเหล็กไว้เพื่อแต่งสำเร็จ

ให้เลือกใช้วิธีดังกล่าวข้างต้นให้เหมาะสมตามเงื่อนไข

การป้อนด้วยมือโดยใช้มือหมุน ให้กระทำโดยคำนวณเปลี่ยนเป็นความเร็วรอบของมือหมุนต่อ 1 นาที

$$V = \frac{L \times n}{1000} \qquad (2)$$

L : ปริมาณส่งต่อ 1 รอบของมือหมุน (มม.)

V : คำนวณความเร็วป้อนโต๊ะที่ต้องการ (ม./นาที)

N : จำนวนรอบที่หมุนมือหมุนใน 1 นาที (รอบ/นาที)

นอกจากนี้ถ้าให้ระยะเคลื่อนที่ของโต๊ะเป็น S แล้ว

$$SN = 1000\ V \qquad (3)$$

N : จำนวนครั้งที่เคลื่อนที่ไปมาใน 1 นาที

(ตัวอย่าง) ถ้าปริมาณป้อนต่อ 1 รอบของมือหมุนเท่ากับ 20 มม.และช่วงชักของโต๊ะเท่ากับ 250 มม. จะต้องหมุนมือหมุนด้วยความเร็วเท่าใดความเร็วของโต๊ะจึงจะเท่ากับ 1.5 ม./นาที

(เฉลย) จำนวนรอบของมือหมุนใน 1 นาทีเป็นดังนี้

จาก (2) $N = \frac{1000V}{S} = \frac{1000 \times 1.5}{250} = 6$

จาก (3) $n = \frac{SN}{L} = \frac{250 \times 6}{20} = 75$ รอบ

(จ) ความลึกของหินเจียรนัย ความลึกในการกัดของหินเจียรนัยมีความสัมพันธ์อย่างแนบแน่นกับเงื่อนไขของการเจียรนัยอื่น ๆ ซึ่งรวมถึงรูปทรง, ขนาด และวัสดุ

การเจียรนัยแบบป้อนตามยาวนั้นปกติเนื่องจากชิ้นงานเล็กและยาว การโค้งงอเนื่องจากน้ำหนักของชิ้นงานและแรงต้านทานการเจียรนัย มีผลต่อความเที่ยงตรงของงานเป็นอย่างยิ่ง การเลือกความลึกในการกัดของหินเจียรนัยและความเร็วรอบตามหลักทฤษฎีจะไม่ให้ผลที่น่าพอใจ ดังนั้นจึงต้องปรับความลึกในการกัดโดยดูจากลักษณะผิวของชิ้นงานและการเกิดประกายไฟขณะกำลังเจียรนัยอยู่ เพื่อรักษาระดับความละเอียดของผิวและขนาดที่ต้องการ กล่าวคือผู้ปฏิบัติงานต้องมีความชำนาญมาก

ในการเจียรนัยแบบเอนตามยาวให้ใช้ความลึกในการกัดตามที่ได้คำนวณ ซึ่งเมื่อกำหนดความเร็วที่เส้นรอบวงที่เหมาะสมกับเส้นผ่าศูนย์กลางของชิ้นงานแล้วก็สามารถหาความเร็วรอบของชิ้นงานและกำหนดความเร็วในการป้อนหินเจียรนัยได้ แต่ความลึกในการกัดมีความสัมพันธ์กับความยาวของชิ้นงานและความกว้างของหินเจียรนัยด้วย

(ฉ) เนื้อโลหะที่เผื่อไว้สำหรับการเจียรนัย เนื่องจากความลึกในการเจียรนัยมีปริมาณน้อย ในกรณีของการเจียรนัยทรงกระบอกเนื้อโลหะที่เผื่อไว้สำหรับการเจียรนัยขึ้นอยู่กับความขรุขระของผิว ที่ได้จากกรรมวิธีขั้นต้นและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโตและยาวมาก

(ช) การปรับแต่งหินเจียรนัย หัวจับเครื่องมือสำหรับปรับแต่งหินเจียรนัยมี 3 ชนิด คือ ชนิดประกอบเข้ากับแท่นศูนย์ท้าย ชนิดเหนือแท่น และชนิดประกอบเข้ากับศูนย์ท้าย ชนิดเหนือแท่น และชนิดประกอบเข้ากับหัวเจียรนัย

หัวจับเครื่องมือที่นิยมใช้กันมากคือ ชนิดประกอบเข้ากับแท่นศูนย์ท้าย ซึ่งให้ผลดีในกรณีที่สามารถปรับแต่งได้ในตำแหน่งใกล้เคียงกับตำแหน่งของหินเจียรนัยขณะทำการเจียรนัย เนื่องจาก **การเคลื่อนที่ของหินเจียรนัยมีน้อยมากจึงสามารถลด เวลาในการปรับแต่งลงได้ หัวจับเครื่องมือแบบนี้สามารถเลื่อนได้ตามร่องรูป T ซึ่งอยู่ด้านข้างของแท่นศูนย์ท้าย โดยให้แนวแกนหมุนของหัวจับทำกับมุมแนวเชื่อมระหว่างจุดศูนย์กลางของหินเจียรนัยและจุดสัมผัสเป็นมุมก้มลงประมาณ 5 ~ 10 องศา เพื่อป้องกันหินเจียรนัยแตกหักรวมถึงป้องกันการสั่นด้วย ในกรณีที่ใช้เครื่องมือทำด้วยเพชรจะสามารถรักษาผิวด้านที่ใช้ให้คมอยู่ตลอดเวลาได้**

ความเร็วในการปรับแต่งในการเจียรนัยหยาบใช้ 250~500 มม./นาที ในการเจียรนัยแต่งสำเร็จใช้ 100 ~ 200 มม./นาที

2.3 น้ำมันเจียรนัย

ในการเจียรนัยจะเกิดการอุดตันของหินเจีย การแตกของเม็ดหินและการหลุดออก ทำให้ลักษณะการเจียรนัยเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา กลไกของการเจียรนัยจึงสลับซับซ้อนมากและมีปัญหายุ่งยากมากมาย ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้น้ำมันเจียรนัยเพื่อให้สามารถได้ผิวสำเร็จของชิ้นงานที่สวยงาม โดยป้องกันการอุดตันของหินเจียรนัย ลดความร้อนขณะเจียรนัยและลดแรงต้านทานการเจียรนัยลง ตามปกติต้องมีคุณสมบัติที่ต้องการมาก 3 ประการคือ การหล่อลื่น การระบายความร้อน การทำความสะอาด ในการใช้งานต้องคำนึงถึงหัวข้อต่อไปนี้

1) ช่วยหล่อลื่น ระบายความร้อน และผสมกับน้ำมันได้ดี
2) ไม่ทำปฏิกิริยาที่ไม่พึงปรารถนาต่อโลหะ เช่นกัดกร่อน หรือทำให้เกิดสนิม
3) มีเสถียรภาพทางเคมีดี และมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน
4) ไม่มีกลิ่นและเป็นพิษต่อคน (โดยเฉพาะผิวหนัง)
5) ไหลได้ดี และสามารถทำความสะอาดผิวของหินเจียรนัยและเศษเหล็กได้ดี
6) เศษโลหะตกตะกอนและน้ำมันตอนบนใสสะอาดได้อย่างรวดเร็ว
7) ทำการวัดชิ้นงานได้ง่าย

เนื่องจากเป็นการยากที่จะหาน้ำมันที่มีคุณสมบัติดังกล่าวข้างต้นครบถ้วน ดังนั้นจึงควรกำหนดเงื่อนไขของความสำคัญตามลักษณะของงาน และเลือกใช้ของที่มีคุณสมบัติสำคัญ ๆ นี้อย่างครบถ้วน

ถ้าแยกประเภทของน้ำมันเจียรนัยตามคุณสมบัติจะได้ดังนี้

1) น้ำมันผสมแบบน้ำนม ได้จากการเอาน้ำมันธรรมชาติผสมกับแอลกอฮอล์ต่าง ๆ แล้วเจือด้วยน้ำประมาณ 15 ~ 40 เท่า มีสีขาวคล้ายน้ำนม ในบรรดาน้ำมันเจียรนัยที่ละลายน้ำได้น้ำมันผสมแบบน้ำนมนี้มีคุณสมบัติหล่อลื่นได้อย่างสมบูรณ์ จึงนิยมใช้กันในงานปกติมาก

2) น้ำมันผสมแบบน้ำนมชนิดใส มีส่วนประกอบหลัก 30 ~ 50% เป็นสารแบบกลางหรือแบบไม่มีไอออนซึ่งผสมกับน้ำมันธรรมชาติและสารป้องกันสนิม เป็นน้ำมันผสมแบบน้ำนมที่กระจายแผ่ไปในน้ำได้อย่างใส ตามปกติใช้งานโดยเจือน้ำลงไป 70 ~ 100 เท่า เหมาะสมกับงานเจียรนัยอย่างละเอียด

3) ของเหลวละลายน้ำ มีส่วนประกอบหลักเป็นด่าง ถ้าละลายน้ำได้ดีและใสจะใช้งานได้ดี ไม่มีคุณสมบัติของน้ำมัน มีแรงตึงผิวสูง ป้องกันสนิมบนผิวเหล็กที่มีเกลือ อนินทรีย์ได้ดี และเหมาะกับงานเจียรนัยเหล็กหล่อ เหล็กเหนียวหล่อ และโลหะผสมติตาเนียม

4) ของเหลวไม่ละลายน้ำ เป็นเกลือซัลไฟด์หรือคลอไรด์ เช่นซัลไฟด์ของไขมันผสมกับน้ำมันธรรมชาติอย่างอ่อน ใช้ในกรณีที่ต้องการคุณสมบัติที่ละลายในน้ำมันได้ดีโดยเฉพาะ

ตามปกติต้องการให้ผิวที่เจียรนัยแล้วมีคุณสมบัติทนการกัดกร่อน และทนการสึกหรอควบคู่กันไปกับความเที่ยงตรงของขนาดสำหรับคุณสมบัติทางการสึกหรอนั้นมิได้ขึ้นอยู่กับความขรุขระของผิวเพียงอย่างเดียว แต่ยังขึ้นอยู่กับแรงกดในการเจียรนัยและความหนาของผิวที่เปลี่ยนคุณสมบัติไปเนื่องจากความร้อนขณะเจียรนัย นอกจากนี้ในกรณีที่เกิดความร้อนมากจะเกิดปรากฏการณ์ที่เรียกว่า การไหม้ขณะเจียรนัยได้ ดังนั้นการเลือกใช้น้ำมันเจียรนัยให้เหมาะสมจึงมีความยุ่งยากพอสมควร

ในการตรวจความเที่ยงตรงของเครื่องมือกล มีการตรวจสอบหลายอย่าง เช่น การตรวจสอบความเที่ยงตรง, การทดสอบความเที่ยงตรง และการตรวจสอบการเดินเครื่อง เป็นต้น

2.4 การวัดความเรียบของผิว (SURFACE FINISH MEASUREMENT)

ในอดีตนั้นความเรียบของผิวไม่มีความสำคัญเท่าปัจจุบันนี้ เพราะฉะนั้นเครื่องจักรและรถยนต์ต่าง ๆ จึงกำหนดขึ้นใช้ได้ทนยิ่งขึ้นเพื่อที่จะป้องกันความร้อนที่เกิดขึ้นจากความเสียดทานจะเป็นเหตุให้เกิดอันตรายกับเครื่องจักรจึงกำหนดเป็นมาตรฐานเสมอ เป็นหยาบ ปานกลาง และละเอียด ที่เป็นชนิดของความเรียบที่แสดงให้ทราบโดยใช้กรรมวิธี (คว้านด้วยดอกคว้าน (Ream) เจียรนัย (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 เพื่อให้มีความเรียบตามความประสงค์จึงแสดงไว้บนแรงงานและแจ้งความรู้นี้กับผู้ปฏิบัติเครื่องมือกลด้วยระบบของสัญลักษณ์ที่คิดค้นขึ้น โดยสมาคมมาตรฐานอเมริกัน (American Standard Association (ASA) ใช้ระบบมาตรฐานนี้ขึ้นกำหนดแสดงให้ทราบถึงความเรียบของผิวขึ้นเป็นหน่วยในการวัดความเรียบของผิว คือ ไมโครนิ้ว หรือหนึ่งในล้านนิ้ว (.000001) หรือ (ไมโครเมตร (0.000001)) เครื่องมือที่ใช้ในการวัดความเรียบของผิวโดยมาก คือ เครื่องแสดงผิว (Surface Indicator)

เครื่องนี้ประกอบด้วยเทร์สเซอร์เฮ็ด (Tracer Head) และเครื่องขยาย (Amplifier) ซึ่งโครงของเทร์สเซอร์เฮ็ดเป็นลายแหลมเส้นตัดกัน (Diamond Stylus) มีรัศมีที่ปลาย .0005" (0.01 มม.)

รองรับการเลื่อนติดอยู่กับชิ้นผิวงานที่อาจจะเคลื่อนที่ไปตามผิวงานด้วยมือหรือขับด้วยมอเตอร์ เมื่อปลายแหลมเคลื่อนที่ไปบนผิวที่ไม่สม่ำเสมอแล้วจะเปลี่ยนเป็นไฟฟ้า ๆ ลง ๆ โดยเทร์สเซอร์เฮ็ด สัญญาณเหล่านี้ขยายให้เห็นโดยเครื่องขยายและแสดงที่มิเตอร์ด้วยเข็มแล้ว อ่านจากที่แสดงที่มิเตอร์เป็นไมโครนิ้ว (ไม่โครเมตร) โดยเฉลี่ยความสูงของความหยาบของผิวหรือการยื่นออกของผิวนี้จากที่เกี่ยวเส้น (ศูนย์กลาง)

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

สำหรับการหาความเที่ยงขนาดของความเรียบของผิวด้วยเครื่องแสดงนั้น ขั้นแรกจะต้องแก้ขนาดความผิดพลาดโดยการตั้งกับผิวที่มีความเกี่ยวข้องชนิดละเอียดอยู่บนแท่งทดสอบที่แก้ขนาดความผิดพลาดกับมาตรฐาน (ASA)

2.5 คำจำกัดความของความเรียบของผิว(SURFACE FINISH DIFFINITIONS)

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

ลูกคลื่น (Wavines) เกี่ยวข้องกับความไม่สม่ำเสมอของลูกคลื่นที่เบี่ยงเบนออกจากผิวเฉลี่ยในรูปลูกคลื่น ซึ่งอาจจะเกิดจากการสั่นของเครื่องหรือชิ้นงาน โดยทั่ว ๆ ไปแล้วจะมีระยะขยายไปกว้าง

ความหยาบ (Roughness) มีความสัมพันธ์เฉลี่ยของระยะละเอียดที่ไม่สม่ำเสมอของลูกคลื่น และเกิดขึ้นจากเครื่องมือตัดหรือการกรรของเม็ดแกรนสารเชิงทรายด้วยความเร็วป้อนของเครื่อง ซึ่งไม่มีความสม่ำเสมอเหล่านี้จะแคบมากกว่าลูกคลื่น

ตำหนิ (Flaw) คือ ความไม่สม่ำเสมอ เช่นรอยขูด รอยแตก สัน หรือโพรงที่ไม่เป็นไปตามแบบสม่ำเสมอในกรณีนี้จะเกิดขึ้นในลูกคลื่นและมีความหยาบ

จัดคลื่น (Lay) คือ ทิศทางของแบบผิวที่ตกลงกันไว้เกิดขึ้นจากกรรมวิธีของการใช้เครื่องทำ

รูปด้านข้าง (Profile) คือ รูปร่างที่กำหนดตลอดหน้าตัดของผิว

ไมโครนิ้ว (Microinch) คือ หน่วยของการวัดที่ใช้วัดความเรียบของผิวจะเท่ากับ หนึ่งไมโครนิ้ว (0.000001) **หรือ (ไมโครเมตร** (0.000001))

สัญลักษณ์ที่แสดงให้ทิศทางที่จุดคลื่นดังนี้

∥ **คือสัญลักษณ์ที่ขนานกับเส้นขอบเขตของผิว**

⊥ **คือสัญลักษณ์ที่ตั้งฉากกับเส้นขอบเขตของผิว**

X คือสัญลักษณ์ที่เป็นเชิงมุมทั้งสองทิศทางบนผิว

M หลายทิศทาง

C คือสัญลักษณ์ของวงกลมประมาณกับศูนย์กลางของผิว

R คือสัญลักษณ์ของรัศมีที่มีประมาณสัมพันธ์กับศูนย์กลางของผิว

เฉลี่ยความหยาบของผิวที่ผลิขึ้นจากกรรมวิธีการใช้เครื่องมาตรฐาน 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
การเจียรนัย	20 – 100	0.50 – 2.54
การขัดด้วยหินขัด(Mowing)	5 - 20	0.12 – 0.50
การขัดด้วยสารเชิงทราย (Lappiwg)	1 – 10	0.02 – 0.25

2.6 วิธีวัดความเรียบของผิวด้วยเครื่องแสดงผิว

2.6.1 เปิดสวิตซ์และอุ่นเครื่อง (Warmup) อยู่ประมาณสามนาที

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

2.6.3 ถ้ามีความจำเป็นให้ปรับเครื่องควบการแก้ขนาดความผิดพลาดจนเข็มเข่นเดียวกับแท่งทดสอบ

2.6.4 จะต้องใช้ค่าตัดออก (Cut – Off Value) .30 (0.8 มม.) เสมอจนกว่าถ้าผิวที่น้อยกว่า 30 ไมโครนิ้ว (1 ไมโครเมตร๗ จะใช้ค่าตัดออก .010 (0.25 มม.)

หมายเหตุ เมื่อวัดผิวที่ไม่ทราบขนาดในทางปฏิบัติที่ดีควรจะตั้งสวิตซ์ให้ระยะสวิตซ์ให้สูงเพื่อไม่ให้เป็นอันตรายกับเครื่องมือหลังจากที่เริ่มทดสอบแล้วระยะสวิตซ์อาจจะหมุนไปตั้งที่ละเอียดเพื่อให้อ่านผิวเที่ยงขนาดยิ่งขึ้น

2.6.5 ทำความสะอาดผิวที่ทำการวัดให้ทั่วถึง จะทำให้การอ่านค่ามีความเที่ยงขนาดและลดการสึกหรอของฝาปิดลายแหลม (Stylus)

2.6.6 ถ้าอยู่กับผิวละเอียดแล้วลายสัมผัส (Stylus) จะเคลื่อนที่สม่ำเสมอกับผิวงานประมาณ .80" ต่อวินาทีหรือ 4.800" ต่อนาที (2 มม. ต่อวินาที หรือ 120 มม. ต่อนาที)

2.6.7 บันทึกค่าที่อ่านไมโครนิ้ว (ไมโครเมตร) จากมิเตอร์สเกลไว้

เครื่องมือเพิ่มเติมมีอยู่มากสำหรับการวัดความเรียบของผิวเป็นเครื่องวิเคราะห์ผิว เมื่อนำมารวมเข้าด้วยกันแล้ว จะบันทึกออกมาเป็นเส้นหมึกกราฟที่ผิวไม่สม่ำเสมออยู่บนกราฟ

ถึงแม้ว่าเครื่องแสดงผิวมีวิธีใช้มากอยู่แล้วก็ตาม แต่ยังมีวิธีที่จะใช้วัดความเรียบของผิวที่อยู่ในระหว่างกรรมวิธีที่ใช้เครื่องทำมีความเที่ยงขนาดสมเหตุผล

2.7 เครื่องทดสอบความหยาบของผิว(SURFACE ROUGHNESS TESTER)

เครื่องทดสอบผิวนี้จะใช้ในการวัดความหยาบของผิวในเทอมของ Ra (ใช้เลขคณิตหาตัวกลางการเบี่ยงเบน) หรือ Rt (กำหนดขึ้นจากมาตรฐานเยอรมนี) จึงอ่าน Ra และ Rt 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

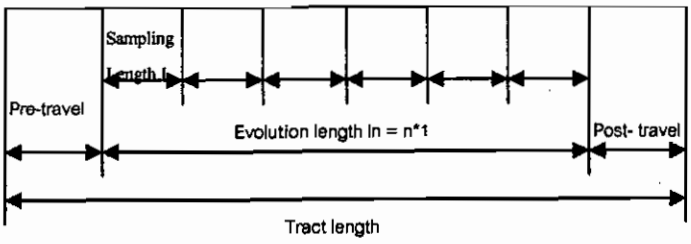
เครื่องขยายและมิเตอร์ติดอยู่ มีทั้งที่กำหนดขึ้นเป็นระบบเมตริก หรือ เมตริก/อังกฤษ ขนาด 0.3 μm (10 μ – นิ้ว ถึง 3000 μ นิ้ว) เครื่องขับ 0.02 μm ถึง 5.0 μm (.5 μ – นิ้ว ถึง 200.0 μ –นิ้ว) ค่าตัดออก (Cut – off Value) 6 มม. (.240") ต่อวินาที ใช้ขนาด 2.5 มม. (1") ถึง 0.25 มม. (.010") และ 2 มม. (.808") ต่อวินาที ใช้ขนาด 0.8 มม. (.030") ถึง 0.08 มม. (.003")

แรงขับคงที่และเครื่องรับคลื่นขนาด 6 มม. (240") ต่อวินาที หรือ 2 มม. ต่อวินาที คลื่นละเอียด มีความเร็วเที่ยงขนาดแน่นอนและไว้ใจได้

เครื่องนี้เป็นทรานซิสเตอร์อยู่รวมกับวงจรพิมพ์มีความสามารถให้จุดต่าง ๆ ที่เส้นผลิตออกมาสำหรับกรรมวิธีตรวจที่อยู่ระหว่างกลางของความหยาบของผิว

เครื่องบันทึกผิว เมื่อนำไปใช้ร่วมกับเครื่องทดสอบผิวแล้ว จะบันทึก Rt ออกมาสำหรับผู้ตรวจใช้สะดวกยิ่งขึ้น

เครื่องลากด้วยมือ (Hand Tracer) ใช้สำหรับวัดผิวเว้า (Concave) หรือนูน (convex) ที่เครื่องรับคลื่นรับคลื่นมาตรฐานอยู่กับเครื่องขับไม่สามารถที่จะใช้ได้จึงใช้เครื่องชนิดนี้โดยที่ลายแหลม (Styzlus) รองรับโดยที่สคิดทั้งสามจึงทำให้วัดได้สม่ำเสมอแน่นอน



รูปที่ 2.8 Evaluation length and sampling length

- Sampling length l เป็นหน่วยความยาวจะใช้เพื่อการการคำนวณของแต่ละตัวแปร

- Evaluation Length 1n เป็นการประเมินความยาวซึ่งประกอบด้วยตัวอย่างความยาว n ที่ต่อเนื่องกัน วัตถุประสงค์ของตัวแปรจะได้รับมาจากค่าเฉลี่ยของการประเมินค่าที่คำนวณไว้แล้วจากแต่ละการสุ่มตัวอย่างความยาว อย่างไรก็ตาม ถ้าตัวแปรคือชนิดของความยาวที่ต้องการมันจะใช้สำหรับการคำนวณ

- Pre-travel (Start-up length) เป็นส่วนของความยาวที่ข้ามไปก่อนที่จะทำการประเมินผล

- Post-travel (finish length) เป็นส่วนของความยาวที่ข้ามหลังจากที่ได้ประเมินผลแล้ว

- Marginal length เป็นชื่อทั่วไปของ Pre-travel และ Post-travel สำหรับทั้ง 2 แบบนี้ ความยาวครึ่งหนึ่งจะถูกตัดออก (0.5 X λC) จะเป็นลักษณะเฉพาะของค่ามาตรฐาน

- Trace length เป็นความยาวจะถูกจำกัดโดยการประเมินความยาว Start-up length และ finish length เป็นพิเศษ

2.7.1 Primary profile P

Profile นี้จะเป็นผลมาจากการบรรจบกันของ เครื่องมือที่ใช้วัดความเรียบผิว โดยความเรียบปกติถึงความเรียบมาตรฐาน อย่างไรก็ตาม โดยปกติแล้วจะแสดงให้เห็นว่า Primary profile ปริมาณที่วัดได้จริง โดยผู้วัดความหยาบของพื้นผิวจะใช้เครื่องมือวัดรอยขีดของชิ้นงาน

2.7.2 Roughness profile R

Profile นี้จะเป็นผลมากจาก Primary profile เป็นการปรับเส้นของ Primary profile ให้เรียบขึ้น ซึ่งประกอบด้วย เส้นความยาวคลื่น เรียกว่า "Waviness components" หรือส่วนประกอบความเป็นคลื่น การกรองจะถูกใช้เพื่อจุดมุ่งหมายที่เรียกว่า high-pass filters

ป. ว
1280
ว2811ก
2550

สำนักหอสมุด
14428122 C.2
22 ก.ค. 2551

2.7.3 Mean line (base line)

เส้นมาตรฐานคือเส้นที่ใช้อ้างถึงในการคำนวณ ของตัวแปรของโครงสร้างที่ใช้ในการประเมิน

2.7.4 Ra ค่าเฉลี่ยเรขาคณิตของโครงสร้าง

Ra คือค่าเฉลี่ยเรขาคณิต ของค่าสัมบูรณ์ของโครงสร้างการหันเห Yi จากเส้นมาตรฐาน

$$Ra = 1/N \sum_{i=n}^{N} /Yi/ \qquad (4)$$

2.7.5 Rq ค่าเฉลี่ยของรากที่สอง ของโครงสร้าง

Rq คือ รากที่สองของค่าเฉลี่ยเรขาคณิต ของโครงสร้างการหันเห Yi จากเส้นมาตรฐาน

$$Rq = (1/N \sum_{i=n}^{N} Yi^2)^{1/2} \qquad (5)$$

2.7.6 Ry (ISO, JIS): ค่าสูงสุดของโครงสร้าง

Ry (ISO, JIS) คือผลรวมของค่าที่สูง Yp ของจุดสูงสุดของเส้นมาตรฐาน และค่าที่ต่ำ Yv ของจุดที่ต่ำที่สุดของเส้นมาตรฐาน

$$Ry = Yp + Yv \qquad (6)$$
$$= Y\,max + Y\,min$$

โครงสร้างของจุดสูงสุด /จุดสูงสุดและต่ำที่สุด ของโครงสร้าง

เมื่อ Profile ถูก Sliced โดยเส้นมาตรฐานและแบ่งเป็นส่วนที่อยู่เหนือเส้นมาตรฐาน (convex) เรียกว่า "Profile peak" และส่วนที่อยู่ด้านล่างเส้นมาตรฐาน (concave) เรียกว่า "Profile valley"

จุดสูงสุดของแต่ละโครงสร้างที่สูง เรียกว่า "Highest peak"

จุดที่ต่ำสุดของแต่ละโครงสร้างที่ต่ำ เรียกว่า "Deepest valley"

2.7.7 Rz (ISO, JIS) 10 จุดสูงสุดของความไม่สม่ำเสมอ

ทั้งหมดของ 2 ค่าเฉลี่ยคือค่าสูงสุดและต่ำสุด ซึ่ง คือค่าเฉลี่ยที่สูงสุดของ 5 จุดที่สูงที่สุดและค่าเฉลี่ยของจุดที่ลึกที่สุด 5 จุด จะถูกวัดได้โดย เส้นสัมผัสที่จุดจุดหนึ่งของจุดสูงสุดและต่ำที่สุดและทำให้เส้นสัมผัสขนานกับเส้นมาตรฐาน

ค่าน้อยสุดของจุดสูงสุดล่ำสุดจะต้องเป็น 10 % ของ Ry

Note: **ถ้าจำนวนของค่าสูงสุดและต่ำสุด ซึ่งเป็นค่าที่น่าพอใจเป็นค่าน้อยที่สุดซึ่งจะน้อยกว่า** ผลรวมของ 2 ค่าคือค่าเฉลี่ยสูงสุดและต่ำสุด ค่าเฉลี่ยที่สูงที่สุดและต่ำที่สุดซึ่งเป็นที่น่าพอใจคือข้อสันนิษฐานของ Rz การวิเคราะห์ Rz จากสิ่งหนึ่งคือการตัดสินใจโดยใช้ทฤษฎี มันแสดงถึง Rz

2.7.8 Rc ค่าเฉลี่ยที่สุดของความไม่แน่นอน

การหันเหของจุดที่สูงที่สุดจากเส้นมาตรฐาน คือ Yp และการหันเหของจุดที่ต่ำที่สุดจากเส้นมาตรฐาน คือ Yv ผลรวมของค่าเฉลี่ยเรขาคณิตของ Yp and Yv คือ Rc

$$Rc = (1/N \sum_{i=n}^{N} Ypi) + (1/N \sum_{i=n}^{N} Yvi) \qquad (7)$$

2.8 การออกแบบการทดลอง

ไม่ว่าเราจะอยู่ในสาขาวิชาใดก็ตาม เราจะต้องมีความเกี่ยวข้องกับการทดลองบ้างไม่มากก็น้อยทั้งนี้เพื่อทำให้เราทราบหรือค้นพบบางสิ่งบางอย่างเกี่ยวกับกระบวนการหรือระบบบางอย่าง โดยคำศัพท์แล้วการทดลองจะหมายถึงการทดสอบ เราอาจจะให้คำนิยามของการทดลองว่าเป็นการทดสอบหรือเป็นชุดการทดสอบที่มีการเปลี่ยนแปลงกับตัวแปรขาเข้า (Input Variable) ของกระบวนการหรือระบบเพื่อว่าเราอาจจะสังเกต หรือบ่งชี้ถึงเหตุผลของการเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้นกับผลตอบขาออกได้

เนื้อหาของหนังสือเล่มนี้จะเกี่ยวกับการออกแบบและการดำเนินการทดลอง และการวิเคราะห์ผลที่ได้จากการทดลองเพื่อที่จะหาข้อสรุปที่มีเหตุผล หนังสือเล่มนี้จะเน้นไปที่การทดลอง **ทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ ฟิสิกส์ และเคมี สำหรับทางด้านวิศวกรรมศาสตร์นั้นการทดลองจะมีบทบาทที่สำคัญในการออกแบบผลิตภัณฑ์ใหม่การพัฒนากระบวนการผลิต และการปรับปรุงกระบวนการผลิตวัตถุประสงค์หลักก็ที่จะพัฒนากระบวนการที่มีความเข้มแข็ง** (Robust Process) **ซึ่งความแปรผันภายนอกจะส่งผลกระทบต่อกระบวนการได้น้อยมาก**

ตัวอย่างของการทดลองก็คือ สมมติว่าวิศวกรโลหะการคนหนึ่งต้องการจะศึกษาถึงผลกระทบของกระบวนการชุบแข็ง 2 วิธี ที่ใช้กับโลหะผสมอะลูมิเนียม คือ วิธีการใช้น้ำมันและวิธีการใช้น้ำเกลือในที่นี้วัตถุประสงค์ในการทดลองก็เพื่อจะหาว่าสารละลายชนิดไหนที่ทำให้เกิดความแข็งมากที่สุดต่อโลหะผสมที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ วิศวกรคนนั้นก็ดำเนินการทดลองโดยใช้ตัวอย่างของโลหะผสมจำนวนหนึ่งลงในสารละลายแต่ละชนิด และหลังจากนั้นก็ทำการวัดค่าความแข็งของชิ้นงาน ค่าเฉลี่ยของความแข็งของชิ้นงานที่ถูกจุ่มลงในสารละลายต่างชนิดกันจะนำมาใช้ในการตรวจสอบว่าสารละลายชนิดไหนดีที่สุด

หลังจากที่เราพิจารณาการทดลองง่ายๆ ตามตัวอย่างข้างต้นไปแล้ว เราอาจจะมีคำถามมากมายในใจตามมาได้ เช่น

1. สารละลายสองชนิดเท่านั้นเองหรือที่เราสนใจ
2. มีปัจจัยอื่นอีกหรือไม่ที่อาจจะส่งผลกระทบต่อความแข็งแรง ซึ่งเราควรตรวจสอบหรือควบคุมในการทดลอง
3. เราควรจะใช้ตัวอย่างจำนวนเท่าใดในการทดลอง
4. เราจะกำหนดลำดับของชิ้นงานตัวอย่างที่จะทดสอบกับสารละลายอย่างไร
5. เราจะใช้วิธีการใดในการวิเคราะห์ผลการทดลอง
6. ค่าความแตกต่างขนาดใดของความแข็งเฉลี่ยของชิ้นงานที่จุ่มลงในสารละลายที่แตกต่างกันจะเรียกว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

คำถามเหล่านี้และอาจจะมีคำถามอื่นๆ อีก ควรจะมีคำตอบก่อนที่จะทำการทดลองจริง

ในการทดลองใดๆ ก็ตาม ผลลัพธ์และข้อสรุปที่เกิดขึ้นจะขึ้นกับวิธีการเก็บข้อมูล สมมติว่าวิศวกรโลหะการนำชิ้นงานตัวอย่างชิ้นหนึ่งที่ถูกเผาด้วยความร้อนค่าหนึ่งแล้วนำไปจุ่มลดความร้อนด้วยน้ำเกลือ เมื่อนำเอาค่าเฉลี่ยความแข็งของชิ้นงานทั้งสองมาเปรียบเทียบกัน เขาจะไม่สามารถกล่าวได้ว่าความแตกต่างที่เกิดขึ้นนั้น มีขนาดเท่าใดที่เป็นผลมาจากตัวกลางที่ใช้ดับความร้อน และขนาดอีกเท่าใดที่เป็นผลมาจากความแตกต่างของความร้อนดังนั้นจะเห็นว่าวิธีการในการเก็บข้อมูลจะส่งผลอย่างมากต่อข้อสรุปที่จะเกิดขึ้นจากการทดลอง ตามปกติแล้วการทดลองถูกนำมาใช้เพื่อศึกษาถึงประสิทธิภาพในการทำงานของกระบวนการและระบบ

เราอาจจะมองได้ว่า กระบวนการ คือ การรวมเอาคนงาน เครื่องจักร วิธีการ และทรัพยากรอื่นๆ เข้าด้วยกัน เพื่อเปลี่ยนอินพุต (เช่น วัตถุดิบ) ไปสู่เอาต์พุตที่มีผลตอบออกมาในรูปแบบหนึ่งหรือมากกว่าซึ่งเราสามารถเห็นได้ตัวแปรกระบวนการบางชนิด $x_1, x_2, \ldots x_p$ เป็นตัวแปรที่เราสามารถควบคุมได้ ในขณะที่ตัวแปรบางตัว $z_1, z_2, \ldots zq$ เป็นตัวแปรที่เราไม่สามารถควบคุมได้ (ถึงแม้ว่าในบางครั้งเราอาจควบคุมตัวแปรพวกนี้ได้ในขณะทำการทดลองก็ตาม) ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการทดลองอาจจะเกี่ยวกับ

1. หาตัวแปรที่มีผลมากที่สุดต่อผลตอบ y
2. หาวิธีการตั้งค่าของ x ที่มีผลต่อค่าผลตอบ y เพื่อทำให้ y อยู่ที่ค่าที่ต้องการ
3. หาวิธีการตั้งค่าของ x ที่มีผลต่อค่าผลตอบ y เพื่อทำให้ y มีค่าน้อย
4. หาวิธีการตั้งค่าของ x ที่มีผลต่อค่าผลตอบ y เพื่อให้ผลของตัวแปรที่เราไม่สามารถควบคุมได้ $z_1, z_2, \ldots z_q$ มีค่าน้อยที่สุด

ดังที่กล่าวมาแล้วว่า การทดลองส่วนมากจะเกี่ยวข้องกับปัจจัยหลายตัว และวัตถุประสงค์ของบุคคลที่ทำการทดลอง (เรียกว่า ผู้ทดลอง) ก็คือ หาผลกระทบของปัจจัยเหล่านี้กับผลตอบของระบบ เราเรียกการวางแผนและดำเนินการทดลองว่า กลยุทธ์ของการทดลอง (Strategy of Experimentation) ซึ่งมีกลยุทธ์หลายอย่างที่ผู้ทดลองสามารถนำไปใช้ได้ เช่น แบบหนึ่งปัจจัยต่อครั้ง (One Factor at-a-Time) หรือการทดลองเชิงแฟกทอเรียล (Factorial Design) ซึ่งรายละเอียดจะกล่าวถึงในบทต่อๆไป

2.8.1 หลักการพื้นฐาน

ถ้าต้องการให้การทดลองมีประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ผลได้สูงสุด เราจะต้องนำวิธีการทางวิทยาศาสตร์เข้ามาช่วยในการวางแผนการทดลอง คำว่า การออกแบบการทดลองเชิงสถิติ (Statistical Design of Experiment)หมายถึงกระบวนการในการวางแผนการทดลองเพื่อว่าจะได้มาซึ่งข้อมูลที่เหมาะสมที่สามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์โดยวิธีการทางสถิติ ซึ่งจะทำให้เราสามารถหาข้อสรุปที่สมเหตุสมผลได้ วิธีการออกแบบการทดลองในเชิงสถิติเป็นสิ่งที่จำเป็น ถ้าเราต้องการหาข้อสรุปที่มีความหมายจากข้อมูลที่เรามีอยู่ และถ้ายิ่งปัญหาที่น่าสนใจเกี่ยวข้องกับความผิดพลาดในการทดลอง (Experimental Error) วิธีการตามสถิติเป็นวิธีการเพียงอย่างเดียวเท่านั้นที่จะสามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์ผลการทดลองนั้นได้ ดังนั้นสิ่งสำคัญสองประการสำหรับปัญหาที่เกี่ยวกับการทดลองก็คือการออกแบบการทดลอง และการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติ ซึ่งศาสตร์ทั้งสองนี้มีการเกี่ยวข้องกันอย่างมาก ทั้งนี้เพราะว่าวิธีการวิเคราะห์เชิงสถิติที่เหมาะสมนั้นจะขึ้นกับการออกแบบการทดลองที่จะนำมาใช้

หลักการพื้นฐาน 3 ประการสำหรับการออกแบบการทดลองคือ เรพลิเคชัน (Replication) แรนดอมไมเซชัน (Randomization) และ บล็อกกิง (Blocking) ในที่นี้เรากำหนดให้ว่า เรพลิเคชัน หมายถึงทำการทดลองซ้ำ เรพลิเคชันมีคุณสมบัติที่สำคัญ 2 ประการคือ ประการแรกเรพลิเคชันทำให้ผู้ทดลองสามารถหาค่าประมาณของความผิดพลาดในการทดลองได้ ตัวประมาณค่าความผิดพลาดนี้กลายเป็นหน่วยของการวัดขั้นพื้นฐานสำหรับพิจารณาว่า ความแตกต่างสำหรับข้อมูลที่ได้จากการทดลองนั้นมีความแตกต่างกันในเชิงสถิติหรือไม่ ประการที่สองค่าเฉลี่ย (ตัวอย่างเช่น $\bar{y}$) ถูกนำมาใช้เพื่อประมาณผลที่เกิดจากปัยจัยหนึ่งในการทดลอง ดังนั้นเรพลิเคชันทำให้ผู้

ทดลองสามารถหาตัวประมาณที่ถูกต้องยิ่งขึ้นในการประมาณผลกระทบนี้ ตัวอย่างเช่น ถ้า σ^2 คือความแปรปรวนของข้อมูลแต่ละตัว และมี n เรพลิเคต ดังนั้นค่าความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยของตัวอย่างนี้

$$\sigma \frac{2}{y} = \frac{\sigma^2}{n} \quad (8)$$

ผลในการปฏิบัติคือว่า n = 1 เรพลิเคต และค่าที่ได้จากการทดลอง y_1 = 145 (ใช้น้ำเป็นตัวดับความร้อน) และ y_2 = 147 (ใช้น้ำเกลือเป็นตัวดับความร้อน) เราอาจจะไม่สามารถที่จะสรุปอะไรเกี่ยวกับผลการทดลองทั้งสองนี้ได้ นั่นคืออาจเป็นไปได้ว่าความแตกต่างที่สังเกตได้อาจจะเป็นผลมาจากความผิดพลาดในการทดลอง ในทางตรงกันข้าม ถ้า n มีค่ามากพอเพียง และความผิดพลาดจากการทดลองมีค่าน้อย ดังนั้นถ้าเราสังเกตได้ว่า $\bar{y}_1 < \bar{y}_2$ เราก็จะสามารถสรุปได้อย่างปลอดภัยว่าการใช้น้ำเกลือเป็นตัวดับความร้อนนั้นจะทำให้ค่าความแข็งของชิ้นงานมากกว่าการใช้น้ำเป็นตัวดับความร้อนสำหรับโลหะผสมอะลูมิเนียม

แรนดอมไมเซชัน เป็นพื้นฐานหลักสำหรับการใช้วิธีการเชิงสถิติในการออกแบบการทดลอง แรนดอมไมเซชัน หมายถึง การทดลองที่มีทั้งวัสดุที่ใช้ในการทดลองและลำดับของการทดลองแต่ละครั้งเป็นแบบสุ่ม วิธีการเชิงสถิติกำหนดว่าข้อมูล จะต้องเป็นตัวแปรแบบสุ่มที่มีการกระจายแบบอิสระ แรนดอมไมเซชันจะทำให้สมมติฐานนี้เป็นจริง การที่เราแรนดอมไมซ์การทดลอง ทำให้เราสามารถลดผลของปัจจัยภายนอกที่อาจจะปรากฏในการทดลองได้

บล็อกกิง เป็นเทคนิคที่ใช้สำหรับเพิ่มความเที่ยงตรงให้แก่การทดลอง บล็อกอันหนึ่งอาจหมายถึงส่วนหนึ่งของวัสดุที่ใช้ในการทดลองที่ควรจะมีความเป็นอันหนึ่งอันเดียวกันมากกว่าเซ็ตทั้งหมดของวัสดุ การเปรียบเทียบเงื่อนไขที่น่าสนใจต่างๆภายในแต่ละบล็อกจะเกิดขึ้นได้จากการทำบล็อกกิง

หลักการพื้นฐานทั้งสามที่กล่าวมานี้มีความสำคัญอย่างมากต่อการทดลองทุกๆชนิด ดังนั้นเราอาจจะต้องกล่าวถึงหลักการทั้งสามนี้บ่อยครั้ง เพื่อเป็นการแสดงและเน้นให้เห็นถึงประโยชน์ของหลักการดังกล่าว

2.8.2 แนวทางในการออกแบบการทดลอง

การใช้วิธีการเชิงสถิติในการออกแบบและวิเคราะห์ผลการทดลอง มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ทุกคนที่เกี่ยวข้องในการทดลองจะต้องมีความเข้าใจอย่างถ่องแท้ล่วงหน้าว่า เรากำลังศึกษาอะไรอยู่ จะเก็บข้อมูลได้อย่างไร และจะวิเคราะห์ข้อมูลที่เก็บได้นั้นอย่างไร ขั้นตอนในการดำเนินการอาจจะทำได้ดังต่อไปนี้

2.8.2.1 ทำความเข้าใจถึงปัญหา บางคนอาจคิดว่าขั้นตอนนี้ง่ายและตรงไปตรงมา แต่ในความเป็นจริงแล้วขั้นตอนนี้ไม่ได้ง่ายอย่างที่คิด ในขั้นตอนนี้เราจะต้องพยายามพัฒนา

แนวความคิดเกี่ยวกับวัตถุประสงค์ของการทดลองและบ่อยครั้งที่เราจะต้องหาข้อมูลอินพุตจากบุคคลหรือหน่วยงานต่างๆที่เกี่ยวข้อง เช่น แผนกวิศวกรรม แผนกประกันคุณภาพ แผนกผลิต แผนกการตลาด ผู้บริหาร ลูกค้า และแผนกบุคคล ถ้อยแถลงของปัญหาที่มีความชัดเจนจะมีผลอย่างมากต่อความเข้าใจเกี่ยวกับปรากฏการณ์และคำตอบสุดท้ายของปัญหานั้นๆ ด้วยเหตุนี้เอง การออกแบบการทดลองทุกครั้งควรจะมีการทำงานเป็นทีม

2.8.2.2 **เลือกปัยจัย ระดับ และขอบเขต** ผู้ทดลองต้องเลือกปัจจัยที่จะนำมาเปลี่ยนแปลงในระหว่างทำการทดลอง กำหนดขอบเขตที่ปัจจัยเหล่านี้จะเปลี่ยนแปลง และกำหนดระดับ (Level) ที่จะเกิดขึ้นในการทดลองจะต้องพิจารณาด้วยว่าจะควบคุมปัจจัยเหล่านี้ ณ จุดที่กำหนดให้อย่างไรและจะวัดผลตอบได้อย่างไร ดังนั้นในกรณีเช่นนี้ผู้ทดลองจะมีความรู้เกี่ยวกับกระบวนการอย่างมากซึ่งความรู้นี้อาจจะได้มาจากประสบการณ์และความรู้ทางทฤษฎี มีความจำเป็นที่เราจะต้องตรวจสอบดูว่า ปัยจัยที่กำหนดมาทั้งหมดนี้มีความสำคัญหรือไม่และมีวัตถุของการทดลองคือการกรองปัยจัย (Screening) เราควรจะกำหนดให้ระดับต่างๆ ที่ใช้ในการทดลองมีจำนวนน้อยๆ การเลือกขอบเขตของการทดลองก็มีความสำคัญเช่นกัน ในการทดลองเพื่อกรองปัยจัยเราควรเลือกขอบเขตให้มีความกว้างมากๆ และเมื่อเราได้เรียนรู้เพิ่มขึ้นว่า ตัวแปรใดมีความสำคัญและระดับใดที่ทำให้เกิดผลลัพธ์ที่ดีที่สุด เราอาจจะลดขอบเขตลงมาให้แคบลงได้

2.8.2.3 **เลือกตัวแปรผลตอบ** ในการเลือกตัวแปรผลตอบ ผู้ทดลองควรจะแน่ใจว่าตัวแปรนี้จะให้ข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการที่กำลังศึกษาอยู่ บ่อยครั้งที่ค่าเฉลี่ยหรือส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (หรือทั้งคู่)ของกระบวนการตัวแปรเป็นผลตอบ เป็นไปได้ว่าการทดลองหนึ่งอาจจะมีผลตอบหลายตัวและมีความจำเป็นอย่างมากที่เราจะต้องกำหนดให้ได้ว่า อะไรคือตัวแปรผลตอบ และจะวัดตัวแปรเหล่านี้ได้อย่างไร ก่อนที่จะเริ่มดำเนินการทดลองได้จริง

2.8.2.4 **เลือกการออกแบบการทดลอง** ถ้ากิจกรรมการวางแผนก่อนการทดลองทำได้อย่างถูกต้อง ขั้นตอนนี้จะเป็นขั้นตอนที่ง่ายมาก การเลือกการออกแบบเกี่ยวข้องกับการพิจารณาขนาดของตัวอย่าง(จำนวนเรพลิเคต) การเลือกลำดับที่เหมาะสมกับการทดลองที่จะใช้ในการเก็บข้อมูล และการตัดสินใจว่าควรจะใช้วิธีบล็อกหรือใช้การแรนดอมไมเซชันอย่างใดอย่างหนึ่งหรือไม่ ในการเลือกการออกแบบ เราจำเป็นจะต้องคำนึงถึงวัตถุประสงค์ของการทดลองอยู่ตลอดเวลา ในการทดลองวิศวกรรมศาสตร์ส่วนมาก เราจะทราบตั้งแต่เริ่มต้นแล้วว่า ปัจจัยบางตัวมีผลต่อผลตอบที่เกิดขึ้น ดังนั้นเราจะหาว่าปัจจัยตัวใดที่ทำให้เกิดความแตกต่างและประมาณความแตกต่างที่เกิดขึ้น

2.8.2.5 **ทำการทดลอง** เมื่อทำการทดลองเราจะต้องติดตามดูกระบวนการทำงานอย่างระมัดระวัง เพื่อให้แน่ใจว่าการดำเนินการทุกอย่างเป็นไปตามแผน ถ้ามีอะไรผิดพลาดเกิดขึ้น

เกี่ยวกับวิธีการทดลองในขั้นตอนนี้ จะทำให้การทดลองนี้ใช้ไม่ได้ ดังนั้นการวางแผนในขั้นตอนแรกจะมีความสำคัญอย่างมากต่อความสำเร็จที่เกิดขึ้น

2.8.2.6 **วิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติ** เราควรจะนำวิธีการทางสถิติมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อว่าผลลัพธ์และข้อสรุปที่เกิดขึ้นจะเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการทดลอง ถ้าการทดลองได้ถูกออกแบบไว้เป็นอย่างดี และถ้าเราทำการทดลองตามที่ได้ออกแบบไว้ วิธีการทางสถิติที่จะนำมาใช้นั้นจะเป็นวิธีการที่ไม่ซับซ้อน ข้อได้เปรียบของวิธีการทางสถิติก็คือ ทำให้ผู้มีอำนาจทางการตัดสินใจมีเครื่องมือช่วยที่มีประสิทธิภาพ และถ้านำวิธีการทางสถิติมาผนวกกับความรู้ทางวิศวกรรมความรู้เกี่ยวกับกระบวนการ และสามัญสำนึก จะทำให้ข้อสรุปที่ได้ออกมานั้นมีเหตุผลสนับสนุนและมีความน่าเชื่อถือ

2.8.2.7 **สรุปและข้อเสนอแนะ** เมื่อเราได้วิเคราะห์ข้อมูลเรียบร้อยแล้ว ผู้ทดลองจะต้องหาข้อสรุปในการปฏิบัติและแนะนำแนวทางของกิจกรรมที่จะเกิดขึ้น ในขั้นตอนนี้เราจะนำวิธีการทางกราฟเข้ามาช่วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเราต้องการนำเสนอผลงานนี้ให้ผู้อื่นฟัง นอกจากนี้แล้วการทำการทดลองเพื่อยืนยันผล (Confirmation Testing) ควรจะทำขึ้นเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของข้อสรุปที่เกิดขึ้นอีกด้วย

2.8.3 การออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียล

การทดลองส่วนมากในทางปฏิบัติจะเกี่ยวข้องกับการศึกษาถึงผลของปัจจัย (Factor) ตั้งแต่สองปัจจัยขึ้นไป ในกรณีเช่นนี้ การออกแบบเชิงแฟกทอเรียล (Factorial Design) จะเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพสูงสุด การออกแบบเชิงแฟกทอเรียล หมายถึง การทดลองที่พิจารณาถึงผลที่เกิดจากการรวมตัวของระดับ (Level) ของปัจจัยทั้งหมดที่เป็นไปได้ในการทดลองนั้น ตัวอย่างเช่น กรณี 2 ปัจจัย ถ้าปัจจัย A ประกอบด้วย a ระดับ และปัจจัยB ประกอบด้วย b ระดับ ในการทดลอง 1 เรพลิเคต (Replicate) จะประกอบด้วยการทดลองทั้งหมด ab การทดลอง และเมื่อปัจจัยที่เกี่ยวข้องถูกนำมาจัดให้อยู่ในรูปแบบเชิงแฟกทอเรียล เราจะกล่าวปัจจัยเหล่านี้มีการไขว้ (Crossed) ซึ่งกันและกัน

ผลที่เกิดจากปัจจัยหนึ่ง หมายถึง การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับผลตอบ (Response) ที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงระดับของปัจจัยนั้นๆ ซึ่งเรียกว่า ผลหลัก (Main Effect) เนื่องจากว่ามันเกี่ยวข้องกับปัจจัยเบื้องต้นของการทดลอง

ในการทดลองบางอย่าง เราอาจจะพบว่าความแตกต่างของผลที่เกิดขึ้นตามระดับต่างๆของปัจจัยหนึ่งมีค่าไม่เท่ากัน ที่ระดับอื่นๆ ทั้งหมดของปัจจัยอื่น ซึ่งหมายความว่า ผลตอบของปัจจัยหนึ่งกับระดับของปัจจัยอื่นๆนั้นเอง และเราเรียกเหตุการณ์นี้ว่า มีอันตรกิริยา (Interaction) ต่อกันระหว่างปัจจัยที่เกี่ยวข้อง

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.9.1 หัวข้อโครงงาน : อิทธิพลของอัตราการป้อนและความเร็วรอบของชิ้นงานในแต่ละขั้นตอนย่อย ของการเจียระไนทรงกระบอก (แบบยันศูนย์) ที่มีผลต่อความหยาบผิว

บทคัดย่อ : ศึกษาอิทธิพลของสภาวะการตัดในแต่ละขั้นตอนย่อย สำหรับกระบวนการเจียระไนทรงกระบอก (แบบยันศูนย์) ที่มีผลต่อความหยาบผิว (ในที่นี้ คือ ความหยาบผิวเฉลี่ย (Ra)) โดยอาศัยหลักการออกแบบการทดลองทางสถิติ ซึ่งเมื่อทดลองและวิเคราะห์ความแปรปรวนแล้ว พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อความหยาบผิวเฉลี่ย คือ อัตราการป้อนล้อหินเจียระไนเข้าหาชิ้นงานในช่วงการเจียระไนละเอียดพิเศษ (D), เวลาหยุดนิ่งหลังการเจียระไนในช่วงการเจียระไนละเอียดพิเศษ (E) และอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยทั้งสอง (DE) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดย E มีอิทธิพลสูงที่สุดจากค่า F0 = 29.76 เมื่อใช้ค่า E ในระดับต่ำ หรือใช้เวลาหยุดนิ่งหลังการเจียระไนในช่วงการเจียระไนละเอียดพิเศษนานขึ้น ส่งผลให้ได้ค่าความหยาบผิวเฉลี่ยต่ำลง และ D มีผลกระทบต่อร่องรอยการตัดของผิวสุดท้ายก่อนช่วงเวลาหยุดนิ่ง หลังการเจียระไนในช่วงการเจียระไนละเอียดพิเศษ นั้นคือ หากอัตราการป้อนล้อหินเจียระไนเข้าหาชิ้นงาน ในช่วงการเจียระไนละเอียดพิเศษมีค่าสูง หรือป้อนหนัก (เร็ว) จะทำให้ร่องรอยของการตัด ซึ่งเกิดจากเม็ดขัดมีลักษณะลึก (หรือมียอดสูง) หากเวลาหยุดนิ่งหลังการเจียระไนในช่วงการเจียระไนละเอียดพิเศษไม่นานพอที่จะให้เม็ดขัดเม็ดอื่นๆ เข้ามากำจัดยอดของรอยตัด ส่งผลให้ผิวของชิ้นงานมีลักษณะหยาบ หรือมีค่าความหยาบผิวสูง จากผลการวิจัย เมื่อควบคุมเพียงแต่อัตราการป้อนล้อหินเจียระไนเข้าหาชิ้นงานในช่วงการเจียระไนละเอียดพิเศษและเวลาหยุดนิ่งหลังการเจียระไน ในช่วงการเจียระไนละเอียดพิเศษ ให้มีค่าที่เหมาะสม นั้นคือ 0.699 เส้นผ่าศูนย์กลางมิลลิเมตรต่อนาที และ 2.8326 วินาที ตามลำดับ สามารถลดเวลาในการเจียระไนสำหรับชิ้นงานตัวอย่างลงได้ถึง 31.58 เปอร์เซ็นต์ เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบค่าที่ได้จากการทดลองกับค่าที่ได้จากสมการถดถอย พบว่า มีความถูกต้องถึง 95.24 เปอร์เซ็นต์

2.9.2 **หัวข้อโครงงาน** : การทำนายความเรียบผิวชิ้นงานหลังการขึ้นรูปด้วยเครื่องกัดซีเอ็นซี

บทคัดย่อ : เนื่องจากการประกอบอุตสาหกรรมเกี่ยวกับการทำแม่พิมพ์ และผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์ สิ่งที่มีความสำคัญอย่างมากคือความเรียบผิวของชิ้นงานหลังจากการขึ้นรูป แต่เนื่องจากการทำแม่พิมพ์ยังไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควรในการกำหนดค่าความเรียบผิวที่ต้องการ และจากบทความ Int . J. Mach. Tools Manufact **ของ** N .H. LOH , S.C. TAM and S.MIYAZAVA **กล่าวว่าปัจจัยที่มีผลกับความเรียบผิว คือ ความเร็วรอบ , การป้อน และ**

ระยะกินลึก ดังนั้นจึงมีการศึกษาถึงอัตราการเปลี่ยนแปลงความเรียบผิวที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของปัจจัย 3 ชนิด ได้แก่ ความเร็วรอบ , การป้อน , ระยะกินลึก เพื่อให้ทราบความเรียบผิวชิ้นงานก่อนที่จะมีการขึ้นรูปจริง โดยนำชิ้นงานตัวอย่างมาขึ้นรูปด้วยเครื่องกัด ตามแบบการทดลองที่ออกแบบด้วยวิธีทางสถิติจากนั้นนำไปวัดความละเอียดของผิวชิ้นงานโดยเครื่องวัดความเรียบผิว และนำผลการทดลองที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูลหาความสัมพันธ์ของความเรียบผิวกับความเร็วรอบ,ระยะกินลึกและการป้อน ด้วยละมุนภัณฑ์ SPSS for Windows ซึ่งใช้การทดสอบ 3 แบบประกอบด้วย สมการแบบเชิงเส้น(Linear) , สมการแบบพหุนาม (Polynomial) และ เลขชี้กำลัง (Exponential) แล้วทำการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จนได้สมการเพื่อใช้ในการทำนายความเรียบผิว โดยเลือกสมการแบบ Polynomial เนื่องจากให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มากที่สุดจากการทดสอบทั้ง 3 แบบ เมื่อได้สมการทำนายความเรียบผิวแล้วได้มีการพัฒนาละมุนภัณฑ์เพื่อใช้ในการทำนายความเรียบผิวโดยใช้ชื่อว่าโปรแกรมทำนายความเรียบผิวเหล็กเหนียว