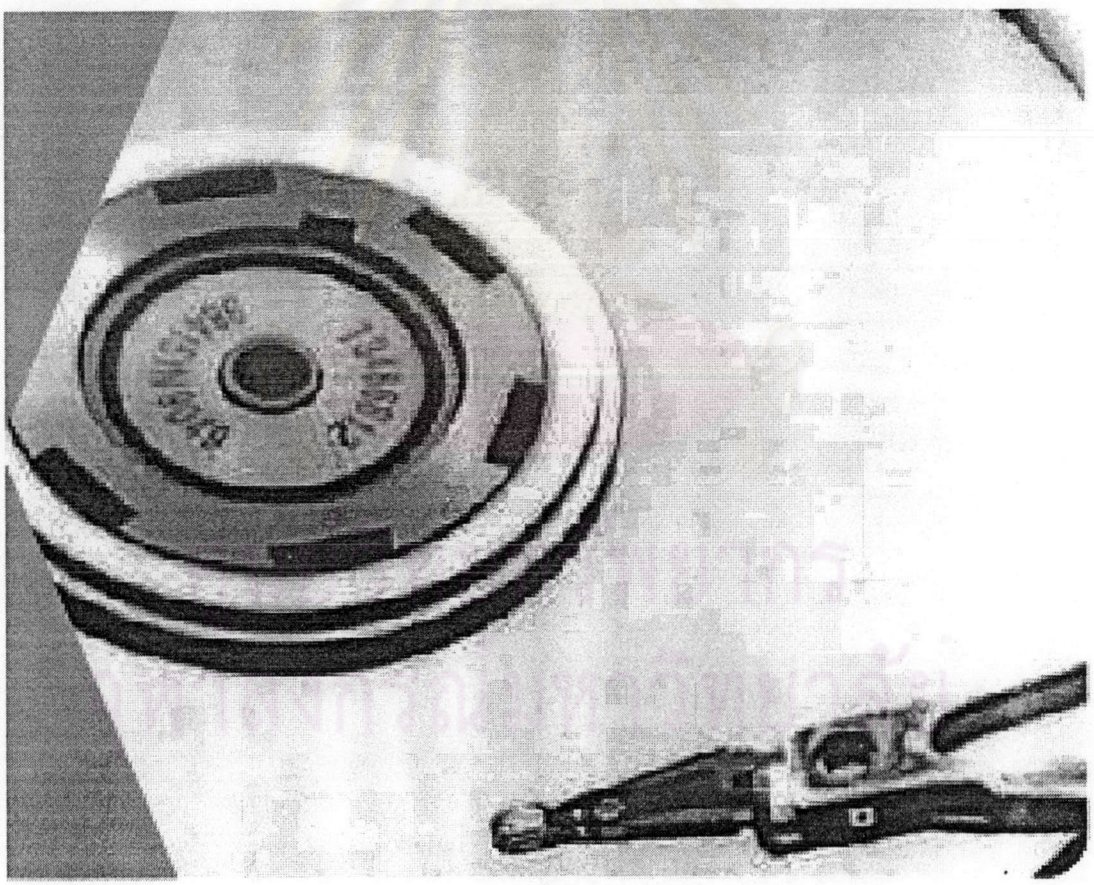
บทที่ 2
วารสารปริทัศน์

2.1 โรงงานตัวอย่างและข้อมูลก่อนการปรับปรุง

2.1.1 ลักษณะของโรงงานตัวอย่างและผลิตภัณฑ์

โรงงานตัวอย่าง เป็นโรงงานผลิต มีผลิตภัณฑ์ที่ทำการผลิต คือ แขนจับยึดหัวอ่านเขียน (Suspension) ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำรายได้หลักให้กับบริษัท โดยมีสัดส่วนรายได้จากการขายแขนจับยึดหัวอ่านเขียนนี้มากกว่าร้อยละ 90 จากรายได้ทั้งหมด แขนจับยึดหัวอ่านเขียน เป็นชิ้นส่วนที่สำคัญอย่างหนึ่งในฮาร์ดดิสก์ (Hard disk) ทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการจับยึดหัวอ่านเขียนเพื่อทำการอ่านและเขียน ข้อมูลจากแผ่นดิสก์ที่อยู่ในฮาร์ดดิสก์

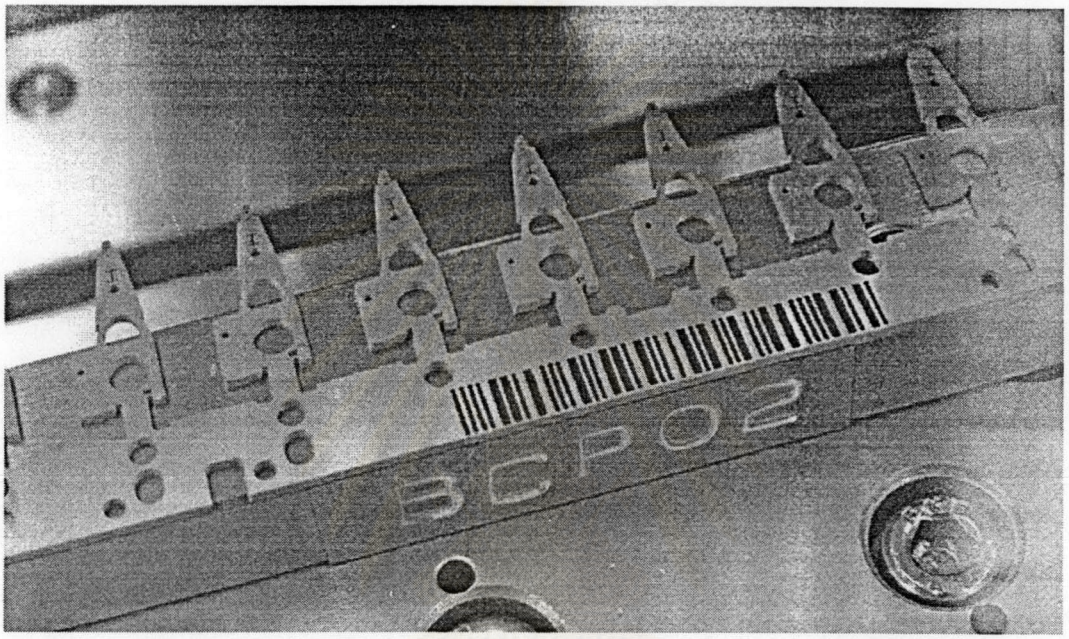
รูปที่ 2.1 แบบจำลองผลิตภัณฑ์ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟและแขนจับยึดหัวอ่าน



แขนจับยึดหัวอ่านเขียน มีส่วนประกอบที่สำคัญ 3 ส่วน คือ

1. อาร์ม (Arm) เป็นแผ่นเหล็กแสตนเลสที่มีความหนาประมาณ 0.050 มิลลิเมตร เป็นแผ่นยาวทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการประกอบ

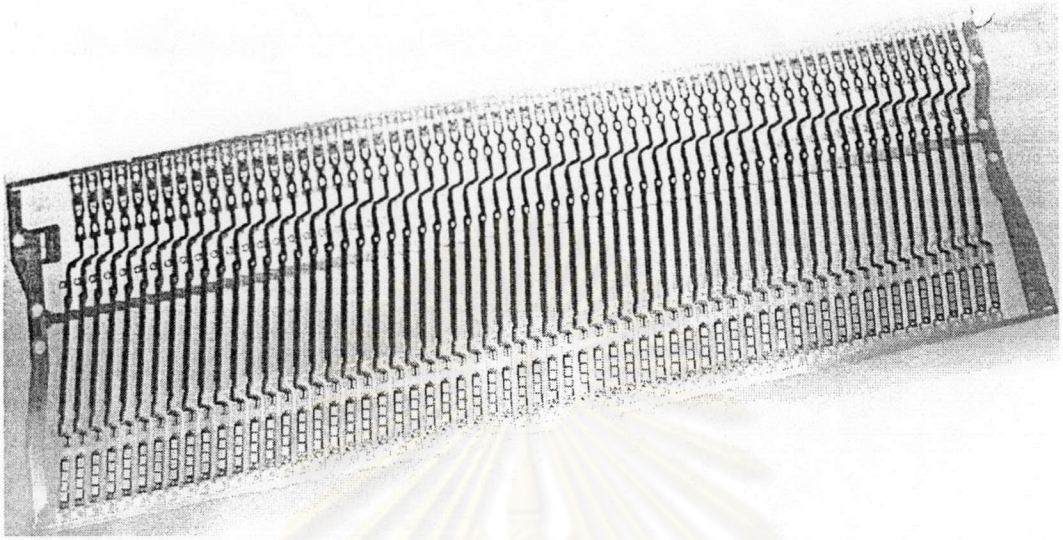
รูปที่ 2.2 ส่วนประกอบ Arm ของแขนจับยึดหัวอ่านเขียน



2. ทีจี (TG) เป็นแผ่นโพลีเอไมด์มีสายไฟ ที่มีความหนาประมาณ 0.020 มิลลิเมตรและ จะติดอยู่ตรงส่วนปลายของอาร์ม ทำหน้าที่สำหรับติดหัวอ่านเขียนในกระบวนการถัดไป

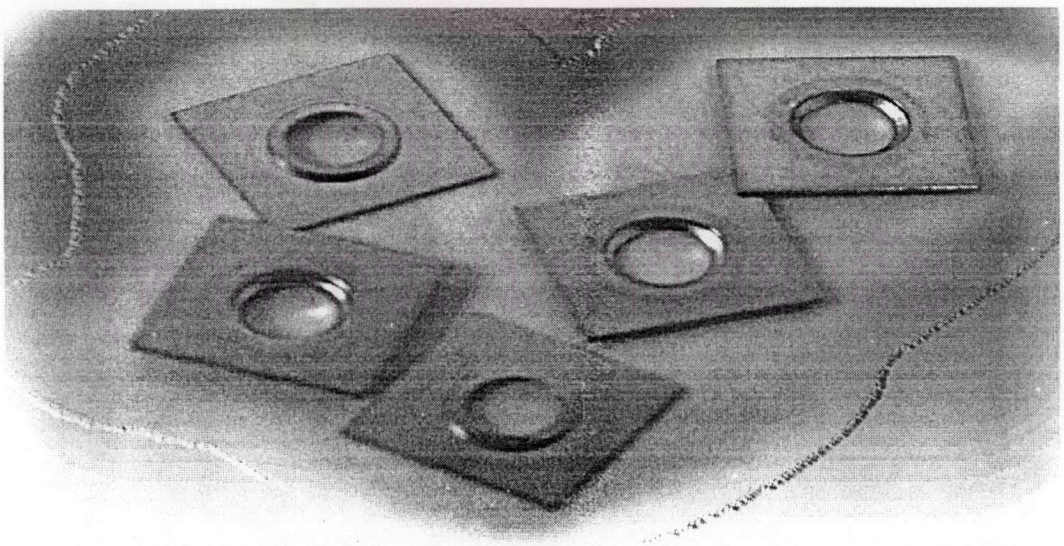
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 2.3 ส่วนประกอบทีจี ของแขนจับยึดหัวอ่านเขียน

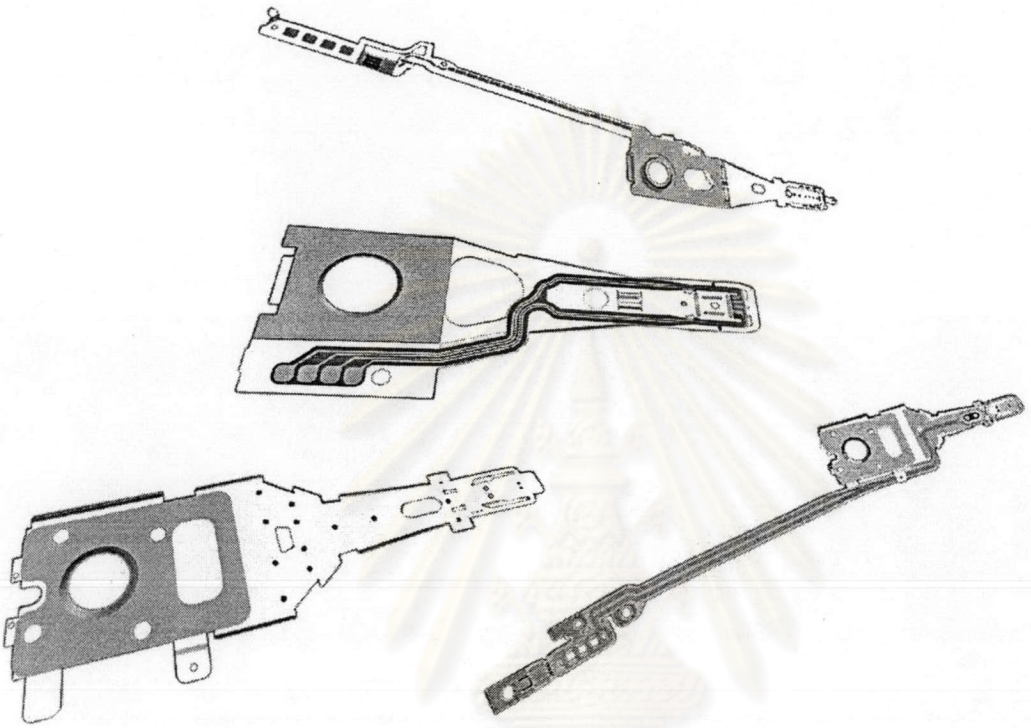


3. เพลต (Plate) มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยม ทำจากเหล็กแสตนเลสเช่นกัน จะมีความหนาประมาณ 0.150 มิลลิเมตร จะติดกับบริเวณท้ายของอาร์ม ทำหน้าที่สำหรับจับยึดกับแกนในการประกอบในกระบวนการถัดไป

รูปที่ 2.4 ส่วนประกอบเพลต ของแขนจับยึดหัวอ่านเขียน



4. ลักษณะของผลิตภัณฑ์และส่วนประกอบ แสดงในรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 ส่วนประกอบของแขนจับยึดหัวอ่านเขียน

2.1.2 กระบวนการผลิต

กระบวนการของการผลิตแขนจับยึดหัวอ่านเขียน โดยส่วนใหญ่แล้วจะเป็นการผลิตในลักษณะการขึ้นรูป การปรับแต่งค่าละเอียด การประกอบชิ้นส่วน ซึ่งกระบวนการต่าง ๆ เหล่านี้จะถูกแบ่งเป็น 2 สายการผลิตหลัก คือ สายการผลิตการกัดขึ้นรูปชิ้นงานด้วยสารเคมี (Etching Process) และสายการผลิตการขึ้นรูปและประกอบ (Forming and Assembly Process)

1. กระบวนการกัดขึ้นรูปชิ้นงานด้วยสารเคมี (Etching Process)

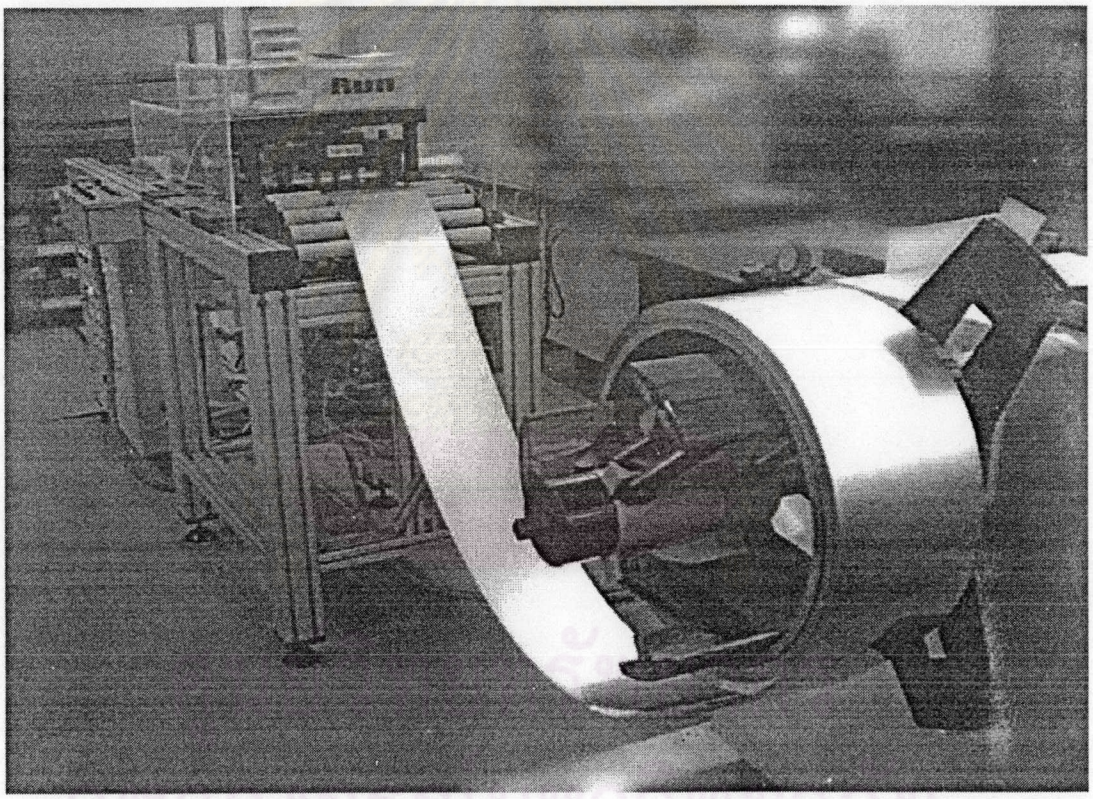
ธุรกิจอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการกัดขึ้นรูปโลหะด้วยสารเคมี ส่วนใหญ่จะมีหลักการคล้าย ๆ กันตามที่กล่าวมาแล้ว แต่ในส่วนรายละเอียดจะแตกต่างกันไปบ้าง ซึ่งในวิทยานิพนธ์นี้จะแสดงรายละเอียดขั้นตอนกระบวนการกัดโลหะด้วยสารเคมีแบบพ่น (Spray

etching process) เพื่อการผลิตผลิตภัณฑ์ชิ้นส่วนแขนจับหัวอ่าน (Suspension Assembly for Hard Disk Drive) ในคอมพิวเตอร์ ประกอบไปด้วยกระบวนการผลิตย่อยและลำดับในการผลิต ดังนี้

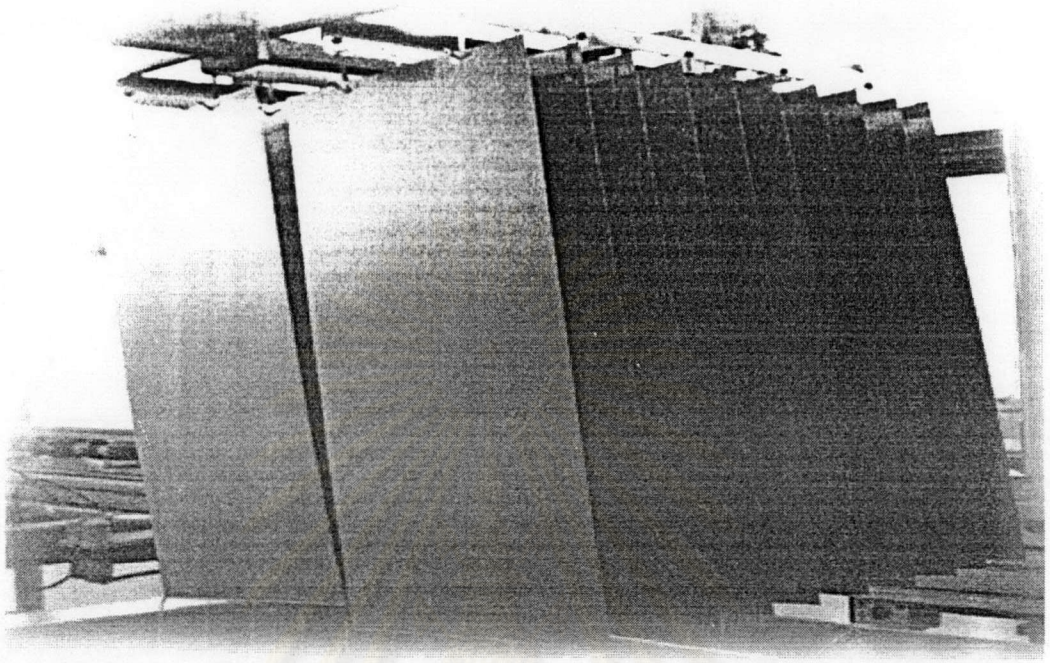
1.1 การตัดและการทำความสะอาด (Cutting & Cleaning)

กระบวนการนี้ ทำหน้าที่ในการนำวัตถุดิบ ซึ่งเป็นแผ่นแสตนเลสที่มีความหนาต่าง ๆ มาทำการตัดให้เป็นไปตามขนาดที่ได้ระบุไว้ ซึ่งจะมีขนาดใหญ่สามารถบรรจุชิ้นงานได้เป็นจำนวนมาก โดยจะนำวัตถุดิบมาเข้าเครื่องจักร (Cut and Punch Machine) หลังจากนั้นก็นำวัตถุดิบที่ผ่านการตัดแล้วไปทำการล้างด้วยสารละลายต่าง ๆ

รูปที่ 2.6 การป้อนม้วนสแตนเลสเข้าเครื่องจักร



รูปที่ 2.7 แผ่นชิ้นงานสแตนเลสที่เจาะรูและตัดขนาดตามต้องการ



1.2 การล้างงาน (Cleaning)

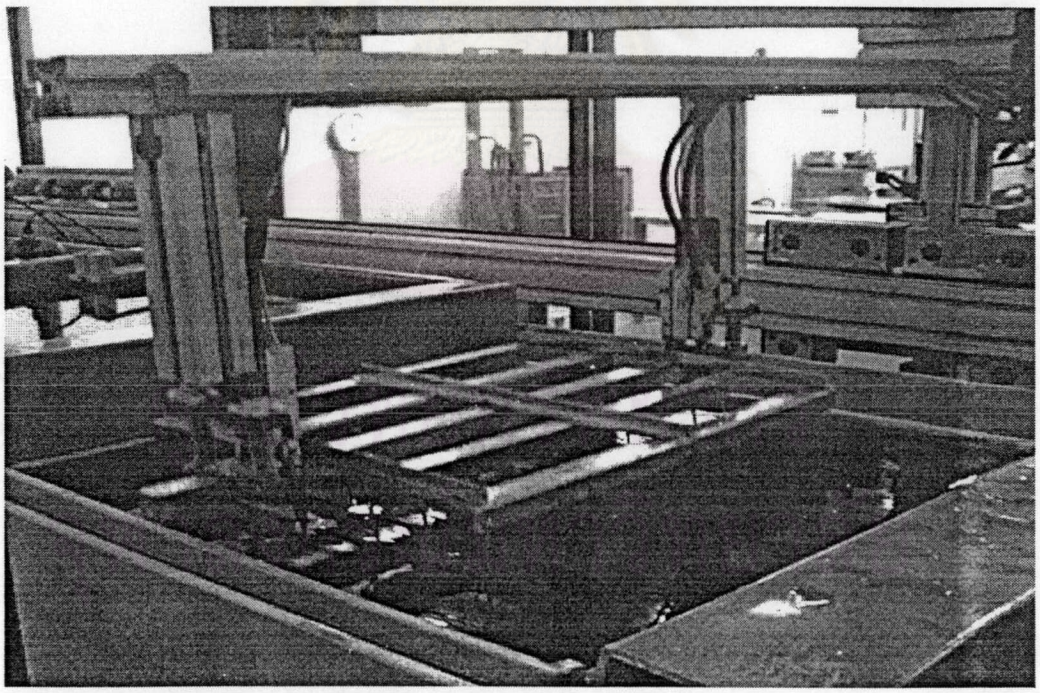
การล้างงาน (Cleaning) โดยจะล้างออกไซด์ ฝุ่นฝ้า หรือรอยนิ้วมือ และทำให้ผิวชิ้นงานหยาบขึ้น ทำได้โดยการกำจัดไขมันบนผิวของชิ้นงานด้วยด่าง หรือของเหลวที่เป็นสารอินทรีย์ที่สามารถละลายไขมันออกได้ และเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการล้างชิ้นงานที่ดีขึ้น จะสลับกับการล้างชิ้นงานด้วยน้ำสะอาด (City water และ De-ionization water) และเทคนิคทางกลของถังล้าง (Bath) เช่น การประกอบเครื่องสั่นของคลื่นอุลตร้าโซนิค (Ultrasonic) กับถังล้าง ส่วนเงื่อนไขภาวะการทำงานแสดงดังตารางที่ 2.1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.1 ขั้นตอนวิธีการทำงานของการล้างงาน

ถังที่	เงื่อนไขภาวะการทำงาน	
	รายละเอียด	พารามิเตอร์ที่ควบคุม
1	ใช้สารละลายอัลคาไลท์ล้างไขมัน หรือคราบต่าง ๆ ออกจากชิ้นงาน	เวลา, อุณหภูมิ, ความเข้มข้นของสารเคมี
2	ใช้น้ำ City ล้างสารเคมีออกจากชิ้นงาน	-
3	ใช้น้ำ City ล้างสารเคมีออกจากชิ้นงาน	-
4	ใช้น้ำ City ล้างสารเคมีออกจากชิ้นงาน	-
5	ใช้สารละลายกรดปรับผิวเพิ่มการยึดเกาะของชิ้นงาน	เวลา, อุณหภูมิ, ความเข้มข้นของสารเคมี
6	ใช้น้ำ City ล้างสารเคมีออกจากชิ้นงาน	-
7	ใช้น้ำ DI ล้างชิ้นงาน	เวลา, อุณหภูมิ
การอบแห้ง	ใช้ลูกกลิ้งและลมร้อน (Dryer) ทำให้ชิ้นงานแห้ง	เวลา, อุณหภูมิ, ความเร็วของสายพาน

รูปที่ 2.8 การล้างแผ่นสแตนเลสในเครื่องล้าง



1.3 ดิปโคทติ้ง (Dip Coating)

กระบวนการนี้ ทำหน้าที่เคลือบน้ำยาไวแสงให้กับแผ่นแสตนเลสที่ได้เตรียมไว้ โดยการจุ่มแผ่นแสตนเลสลงไปในสารน้ำยาไวแสง และนำมาอบ ซึ่งจะเกิดเป็นแผ่นฟิล์มบาง ๆ เคลือบแผ่นสแตนเลสเอาไว้

สารเคมีไวแสง (Photo resist) เป็นตัวต้านทาน (Etchant) ซึ่งเป็นสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการกัดโลหะ คือ เฟอร์ริกคลอไรด์ ($FeCl_3$) โดยสารเคมีไวแสงจะมีคุณสมบัติความไวต่อแสง UV (Ultraviolet) ใช้เคลือบบนชิ้นงาน พารามิเตอร์ที่ควบคุม คือ ความหนืดของสารเคมี อุณหภูมิ เวลา และความเร็วในการดึงชิ้นงานขึ้นจากถังชุบเคลือบ

ชนิดของสารเคมีไวแสง สามารถแบ่งได้ 3 กลุ่ม ดังนี้

1.3.1 กลุ่มที่ 1 แบ่งออกเป็น 2 ประเภท

One component คือ สารเคมีซึ่งใช้ของเหลวชนิดเดียวสำหรับการใช้งาน ซึ่งเป็นชนิดเดียวกันกับในวิทยานิพนธ์

Two component คือ สารเคมีซึ่งใช้ของเหลว 2 ชนิด นำมาผสมกัน สำหรับการใช้งาน

1.3.2 กลุ่มที่ 2 แบ่งออกเป็น 2 ประเภท

Positive photo resist คือ สารเคมีไวแสงที่สามารถล้างส่วนที่โดนแสงยูวีออกที่ขั้นตอน Development process ซึ่งเป็นชนิดเดียวกันกับในวิทยานิพนธ์

Negative photo resist คือ สารเคมีไวแสงที่สามารถล้างส่วนที่ไม่โดนแสงยูวีออกที่ขั้นตอน Development process

1.3.3 กลุ่มที่ 3 แบ่งออกเป็น 2 ประเภท

Wet photo resist คือ สารเคมีไวแสงชนิดของเหลว ซึ่งเป็นชนิดเดียวกันกับในวิทยานิพนธ์

Dry photo resist หรือ Dry film คือ สารเคมีไวแสงชนิดแห้ง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 2.9 กระบวนการดิพโดทติ้ง

1.4 การถ่ายงาน (Exposure)

กระบวนการนี้ ทำหน้าที่ฉายแสงเพื่อให้เกิดรูปร่างบนแผ่นแสตนเลสให้เป็นไปตามต้องการ โดยนำแผ่นแสตนเลสที่ผ่านกระบวนการดิพโดทติ้ง แล้วมาใส่ลงในซองฟิล์ม (ซึ่งมีรูปร่างของตัวงาที่ต้องการอยู่) มาใส่ในเครื่องฉายแสง เพื่อให้แสงทำลายน้ำยาไวแสงที่ติดอยู่บนแผ่นแสตนเลสใสในที่ไม่มีฟิล์มบังไว้

การขึ้นรูปผ่านการฉายแสง (Exposure and Film control)

เพื่อขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ตามแบบที่ต้องการ บนสารเคมีไวแสงที่เคลือบบนแผ่นสแตนเลส โดยการใช้แสง UV ฉายผ่านแบบ หรือฟิล์ม (Artwork หรือ film) ลงไปยังชิ้นงาน ด้วยระดับพลังงานแสงต่าง ๆ และพารามิเตอร์ที่ควบคุม คือ อุณหภูมิภายในห้องฉายแสง ปริมาณฝุ่นในพื้นที่ ระดับพลังงานแสง และเวลาการฉายแสง

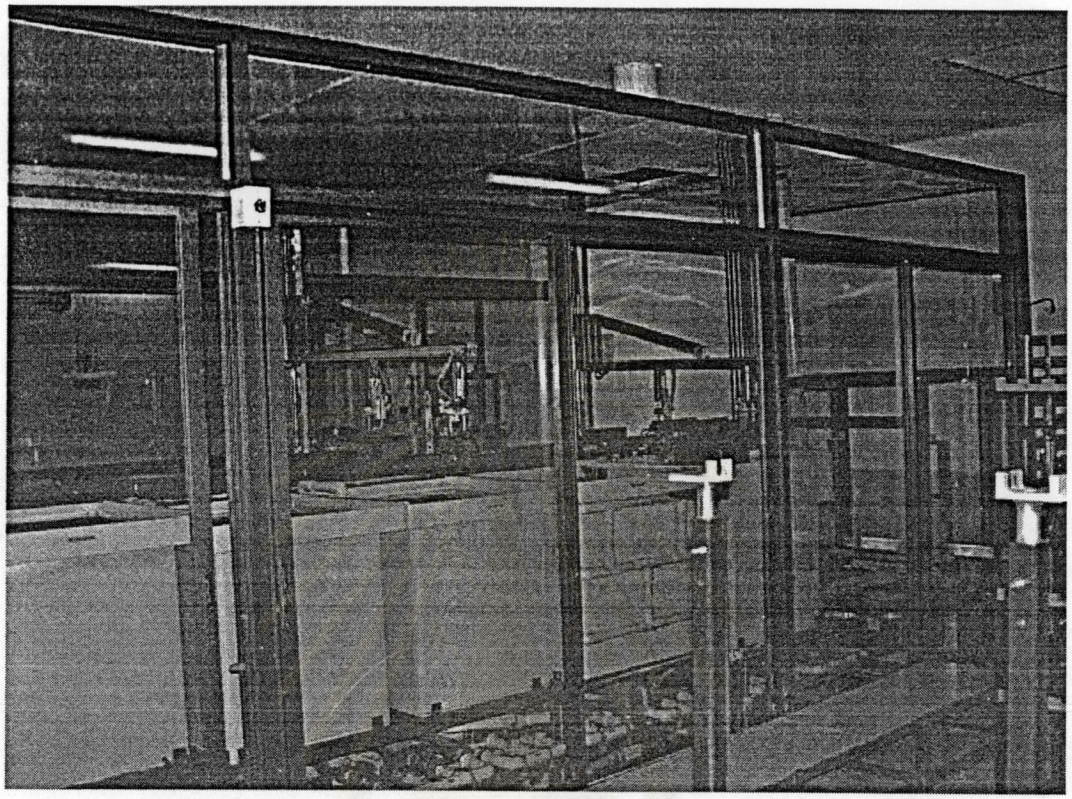
รูปที่ 2.10 กระบวนการถ่ายงาน

1.5 ดีเวลลอปเม้นท์ (Development)

กระบวนการนี้ ทำหน้าที่ล้างแผ่นแสตนเลสให้เหลือน้ำยาไวแสงเป็นรูปร่างที่ต้องการ โดยนำแผ่นแสตนเลสที่ผ่านกระบวนการถ่ายงาน แล้วมาล้างด้วยสารละลายชนิดต่าง ๆ และนำไปอบไว้ ดังนั้นจะได้แผ่นแสตนเลสที่มีน้ำยาไวแสงเป็นรูปร่างตัวงานตามฟิล์มติดอยู่

การใช้สารละลายด่างล้างสารเคมีไวแสงที่ผ่านการฉายแสงแล้วออกจากชิ้นงาน โดยล้างส่วนที่โดนแสงยูวี และพารามิเตอร์ที่ควบคุม คือ เวลา และความเข้มข้นของสารเคมี หลังจากล้างสารเคมีไวแสงแล้ว ต้องผ่านการอบแห้ง ซึ่งเป็นการอบให้ชิ้นงาน และสารเคมีไวแสงที่เหลือแห้ง นอกจากนี้ ยังต้องการให้สารเคมีไวแสงมีความแข็งแรง และความต้านทานต่อสารละลายกรดในขั้นตอนการกัดโลหะด้วย

รูปที่ 2.11 กระบวนการดีเวลลอป



1.6 การกัดงาน (Etching)

กระบวนการนี้ ทำหน้าที่กัดหรือทำลายแสตนเลสที่ไม่ได้ถูกน้ำยาไวแสงเคลือบไว้ โดยนำมาผ่านสารละลายและกรดเข้มข้น เพื่อกัด ทำลาย ละลาย แสตนเลสที่ไม่ได้ถูกน้ำยาไวแสงเคลือบไว้ ซึ่งจะได้แผ่นแสตนเลสที่มีรูปร่างตัวงานตามที่ต้องการแล้ว

การกัดชิ้นงานด้วยสารเคมีแบบพ่น (Spray Chemical Etching)

การกัดโลหะส่วนที่ไม่โดนสารเคมีไวแสงเคลือบออกไป ทำได้โดยใช้สารพวกออกซิไดซ์ซิ่ง (Oxidizing agent) ชนิดกรด เช่น เฟอร์ริกคลอไรด์ ($FeCl_3$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในขั้นตอนนี้ ได้แก่

ปฏิกิริยารีดอกซ์

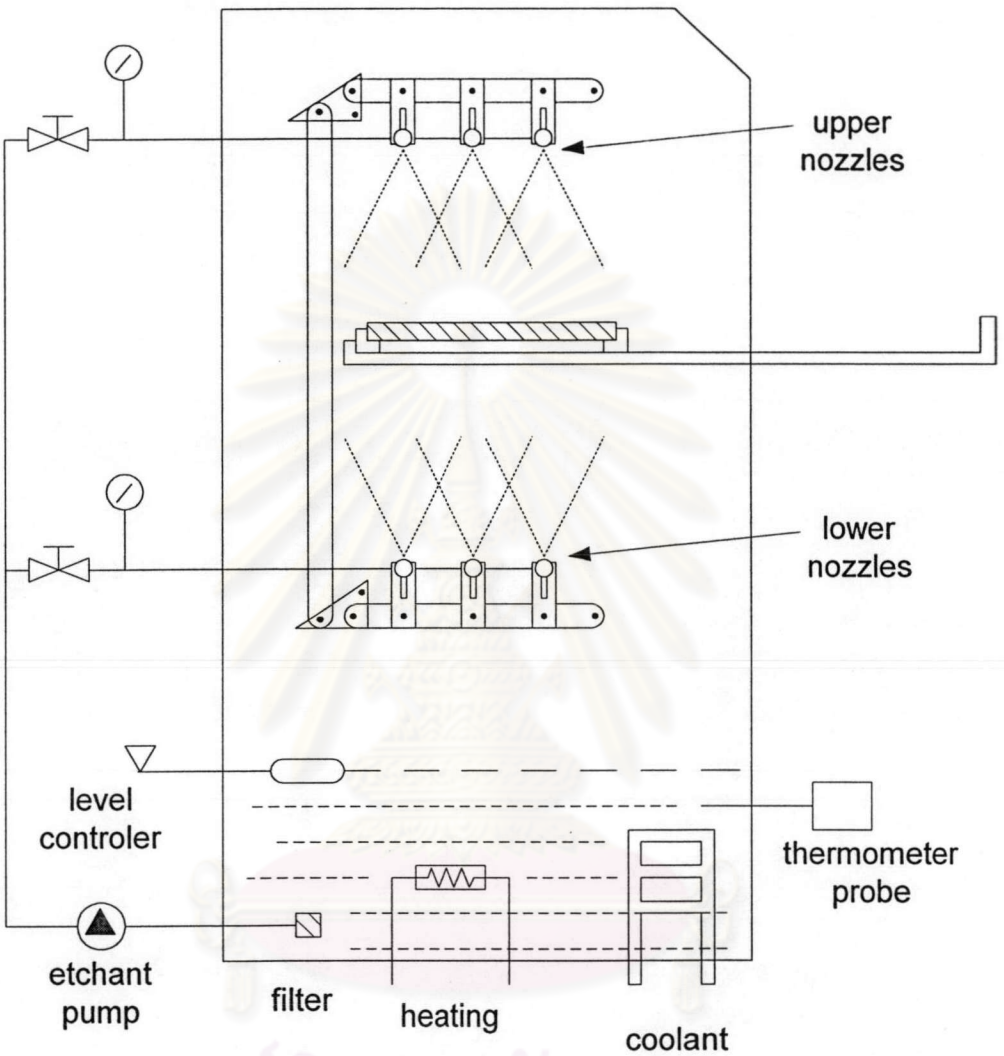
$2FeCl_3 + Fe \longrightarrow 3FeCl_2$

ปฏิกิริยารีเจนเนอเรชั่น

$2FeCl_3 + Cl_2 \longrightarrow 2FeCl_3$

โดยขั้นตอนการกัดจะใช้เทคโนโลยีได้หลายแบบ เช่น การจุ่ม การพ่น ซึ่งเป็นวิธีการเดียวกันกับในวิทยานิพนธ์ และอื่น ๆ เครื่องกัดขึ้นรูปโลหะด้วยสารเคมีแบบพ่น แสดงดังรูปที่ 2.12 และ 2.13

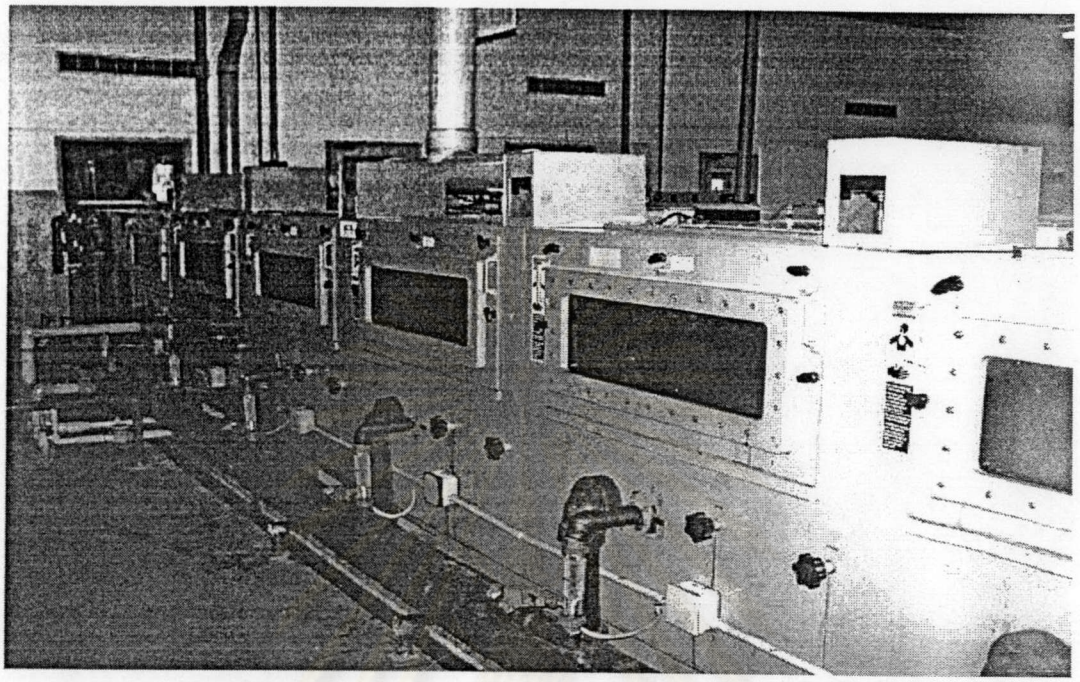
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.12 แบบจำลองของเครื่องกัดงานแบบพ่น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 2.13 เครื่องกัดงานแบบพ่นในโรงงานจริง



การทำงานของเครื่องกัดโลหะด้วยสารเคมีแบบพ่นนี้ จะสามารถพ่นสารเคมีได้ 2 ทาง คือ จากด้านบนและล่างของชิ้นงานผ่านหัวฉีด (Nozzle) มากมาย โดยจะใช้ปั๊มดูดสารเคมีซึ่งผสมเสร็จแล้วจากถังเก็บ (Storage tank) ควบคุมอุณหภูมิโดยใช้ระบบน้ำร้อน (Heating) และน้ำเย็น (Cooling) และชิ้นงานจะถูกวางบนถาดกรองซึ่งมีลักษณะเป็นรูพรุน (Tray) สามารถให้เศษโลหะที่ไม่ต้องการหลุดลงไปด้านล่างของเครื่องจักร ซึ่งมีถังสำหรับเก็บเศษโลหะเพื่อนำไปกำจัด และถาดกรองจะวางอยู่บนสายพาน

เงื่อนไขภาวะการทำงานของเครื่องจักรที่ต้องควบคุมที่สำคัญ คือ

- สารเคมี : ความเข้มข้นของสารเคมี, อุณหภูมิ
- สายพาน : ความเร็วของสายพาน
- หัวฉีด : แรงดันของหัวฉีด

สำหรับการควบคุมกระบวนการ จะใช้ระบบ On-Off controller ในการควบคุม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 2.14 แผ่นสแตนเลสในเครื่องจักร

1.7 การล้างงาน (Remove)

กระบวนการนี้ จะทำหน้าที่ทำความสะอาดงานที่ผ่านกระบวนการกัดงาน โดยจะนำมาล้างด้วยสารละลายประเภทด่าง เพื่อทำลายน้ำยาไวแสงใสส่วนที่ยังเหลืออยู่ และนำไปผ่านการล้าง และอบอีกครั้ง

คือ การใช้สารละลายด่างล้างสารเคมีไวแสงออกจากชิ้นงาน และล้างทำความสะอาดชิ้นงานเป็นครั้งสุดท้าย ส่วนเงื่อนไขภาวะการทำงาน แสดงดังตารางที่ 2.2 หลังจากนั้น ต้องทำการอบแห้ง ด้วยลูกกลิ้งและลมร้อน เพื่อทำให้ชิ้นงานแห้ง เป็นการสิ้นสุดของกระบวนการกัดโลหะด้วยสารเคมีแบบพ่น พร้อมส่งไปยังกระบวนการอื่น ๆ ต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.2 ขั้นตอนวิธีการทำงานของการล้างงาน

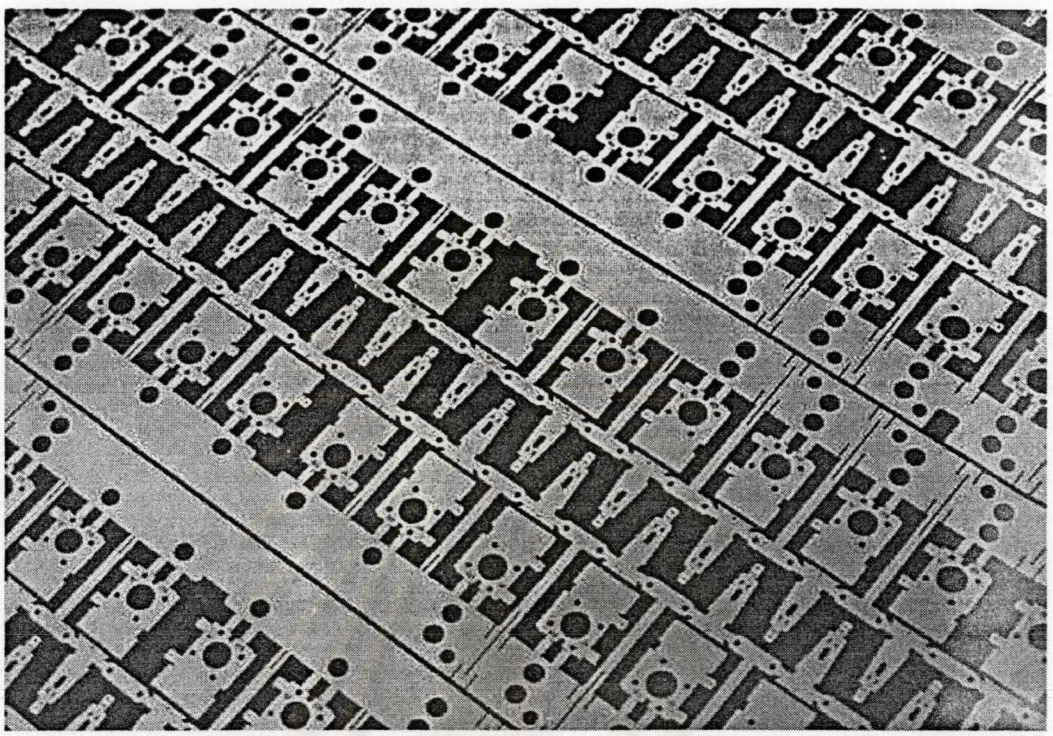
ถังที่	เงื่อนไขภาวะการทำงาน	
	รายละเอียด	พารามิเตอร์ที่ควบคุม
1	ใช้น้ำ DI	เวลา, อุณหภูมิ
2	ใช้สารละลายด่าง	เวลา, อุณหภูมิ, ความเข้มข้นของสารเคมี
3	ใช้น้ำ DI	เวลา, อุณหภูมิ
4	ใช้สารละลายด่าง	เวลา, อุณหภูมิ, ความเข้มข้นของสารเคมี
5	ใช้น้ำ DI	เวลา, อุณหภูมิ
6	ใช้น้ำ DI	เวลา, อุณหภูมิ
7	ใช้น้ำ DI	เวลา, อุณหภูมิ
การอบแห้ง	ใช้ลูกกลิ้งและลมร้อน (Dryer) ทำให้ชิ้นงานแห้ง	เวลา, อุณหภูมิ, ความเร็วของสายพาน

1.8 การตรวจสอบ (Final Inspection)

กระบวนการนี้ ทำหน้าที่ในการตรวจสอบงานเพื่อป้องกันข้อบกพร่องที่เกิดในกระบวนการผลิตไม่ให้ถูกส่งไปยังกระบวนการถัดไป

รูปที่ 2.15 การตรวจสอบของเสียบนแผ่นชิ้นงานด้วยกล้องกำลังขยาย 10 เท่า

รูปที่ 2.16 ภาพขยายของแผ่นชิ้นงานใต้กล้องกำลังขยาย



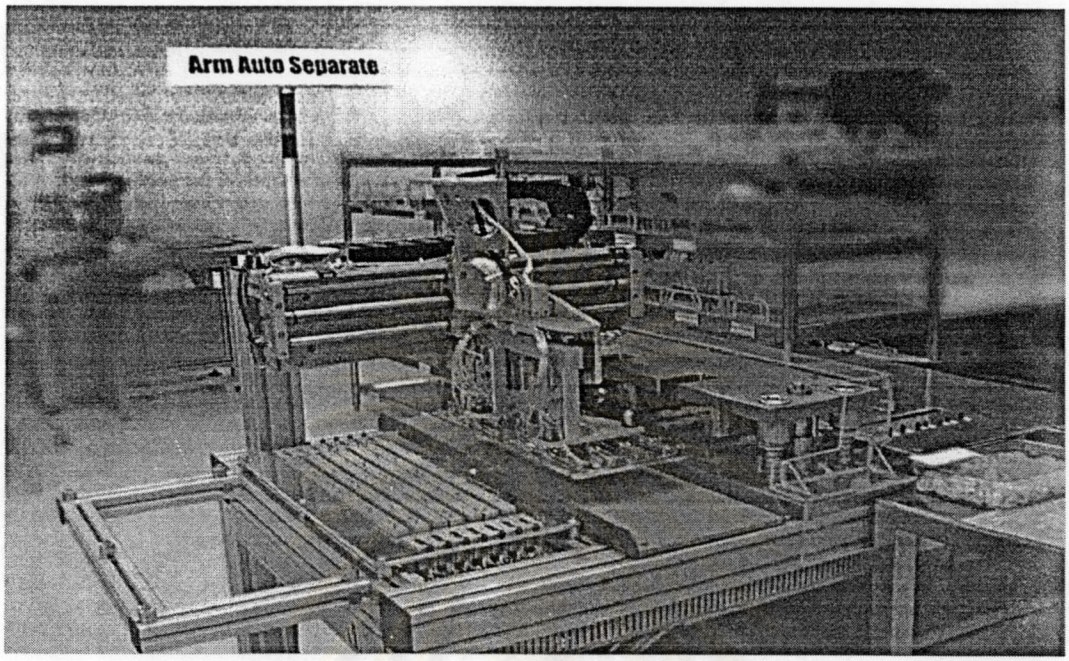
2. กระบวนการขึ้นรูปและประกอบ (Forming and Assembly Process) ประกอบไปด้วยกระบวนการผลิตย่อยและลำดับในการผลิตดังนี้

2.1 การตัดงาน (Separation)

กระบวนการนี้ ทำหน้าที่แยกชิ้นงานออกจากแผ่นแสตนเลสที่ได้ทำการกัดมาแล้ว โดยทำการตัดชิ้นงานออกมาในลักษณะของแผ่นงาน ซึ่งจะประกอบไปด้วยจำนวนชิ้นงาน 20 ตัว ต่อแผ่น เรียกแผ่นงานที่มีจำนวน 20 ตัวนี้ว่า ' Sheet'

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 2.17 การแยกแผ่นชิ้นงานเป็นแถวย่อย



2.2 การล้างงานครั้งที่ 1 (Cleaning I)

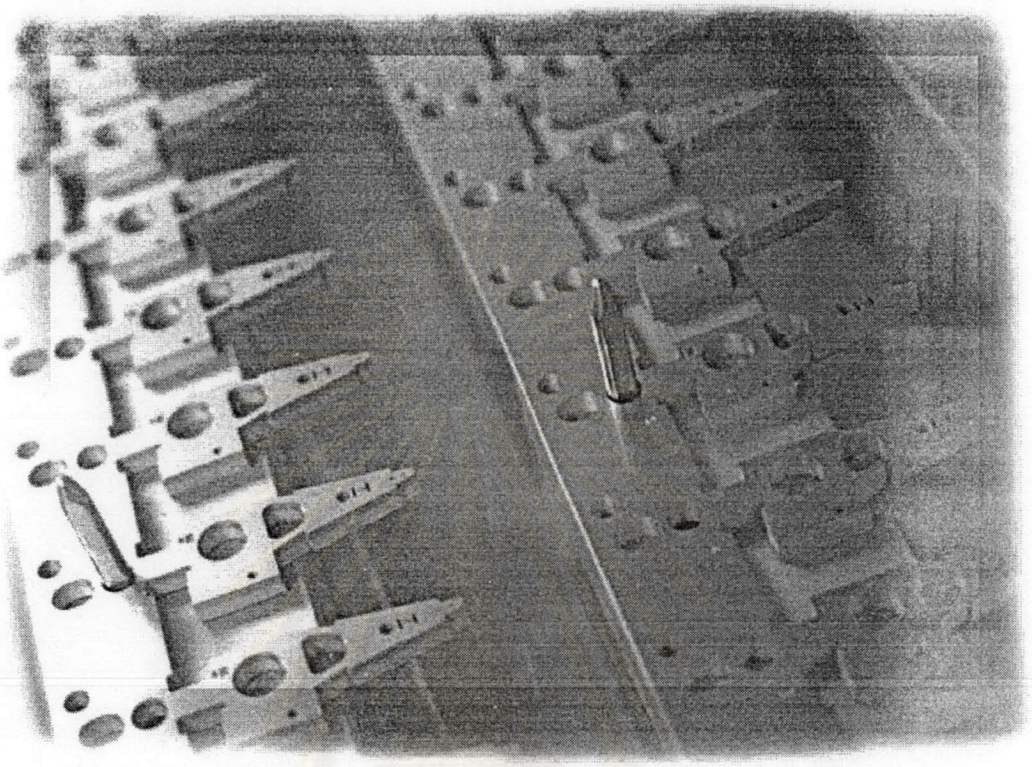
กระบวนการนี้ ทำหน้าที่ทำความสะอาดชิ้นงาน ก่อนเข้ากระบวนการถัดไป โดยจะนำชิ้นงานมาเข้าเครื่องล้าง ซึ่งประกอบไปด้วยสารละลายต่าง ๆ

2.3 การขึ้นรูป (Stamping)

กระบวนการนี้ ทำหน้าที่ขึ้นรูปชิ้นงาน โดยนำชิ้นงานมาเข้าเครื่องขึ้นรูป (Forming) หลังจากขึ้นรูปแล้วจะเรียกชิ้นงานนั้นว่า ฟอร์ม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 2.18 แถวย่อยชิ้นงานรอการดัดขึ้นรูป



2.4 การล้างงานครั้งที่ 2 (Cleaning II)

กระบวนการนี้ ทำหน้าที่ทำความสะอาดชิ้นงานอีกครั้งหลังจากกระบวนการขึ้นรูป เพื่อทำความสะอาดสิ่งที่อาจจะปนเปื้อน โดยจะนำชิ้นงานมาเข้าเครื่องล้างซึ่งประกอบไปด้วยสารละลายต่าง ๆ

2.5 การเคลือบ (Passivation)

กระบวนการนี้ ทำหน้าที่เคลือบผิวชิ้นงานเพื่อป้องกันสนิม โดยนำชิ้นงานที่ผ่านการขึ้นรูปแล้วมาทำความสะอาดและเคลือบด้วยสารโครเมียม

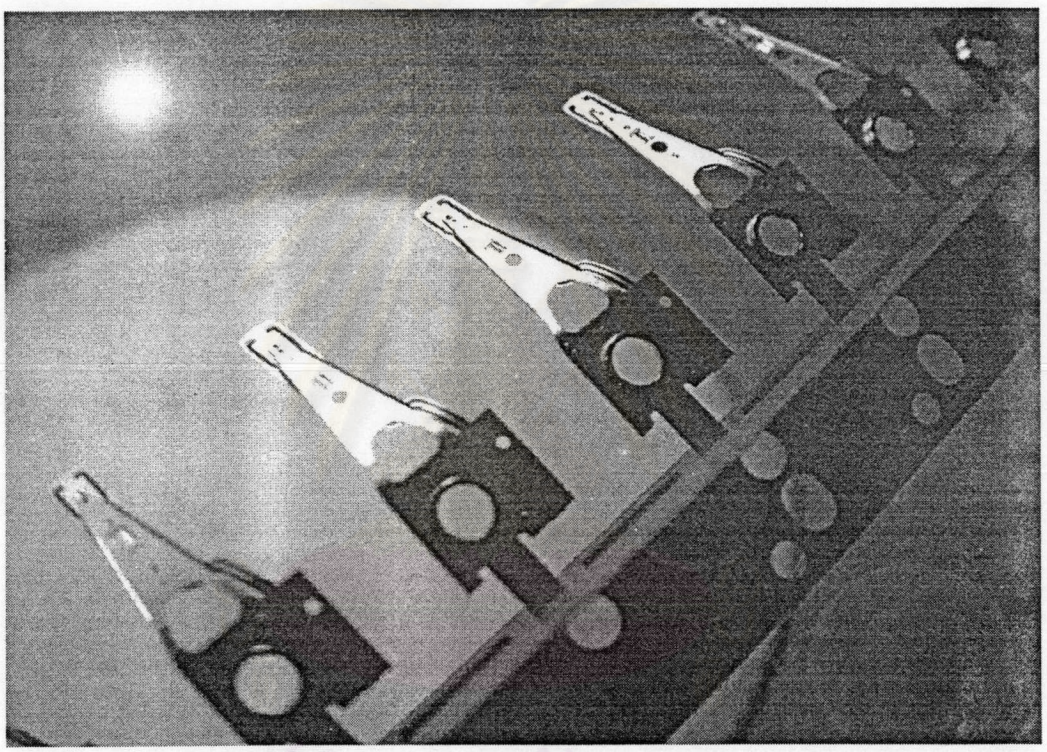
2.6 การเชื่อม (Welding)

กระบวนการนี้ ทำหน้าที่ประกอบชิ้นงานต่างตามใบสั่งงาน (Bill of Material) เข้าด้วยกัน โดยนำชิ้นงานต่าง ๆ มาวางในจิ๊ก (Jig) และทำการประกอบด้วยการเชื่อมด้วยแสงเลเซอร์ (Laser) ดังนั้น กระบวนการนี้จึงมีชื่อเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า Laser Welding

2.7 การขึ้นรูปค่ากรัม (Gram Forming I (Roller Forming))

กระบวนการนี้ ทำหน้าที่ในการทำให้เกิดค่ากรัม (Gram Load) ในชิ้นงาน โดยนำชิ้นงานมาทำการดัดให้โค้งงอ ค่ากรัมที่ได้จะไม่ใช่ค่ากำหนดที่ต้องการ เป็นเพียงการทำให้เกิดค่ากรัมอย่างหยาบ ๆ เท่านั้น และจะนำไปทำการปรับแต่งค่าให้เป็นไปตามข้อกำหนด (Specification) อีกครั้งในกระบวนการอื่นต่อไป

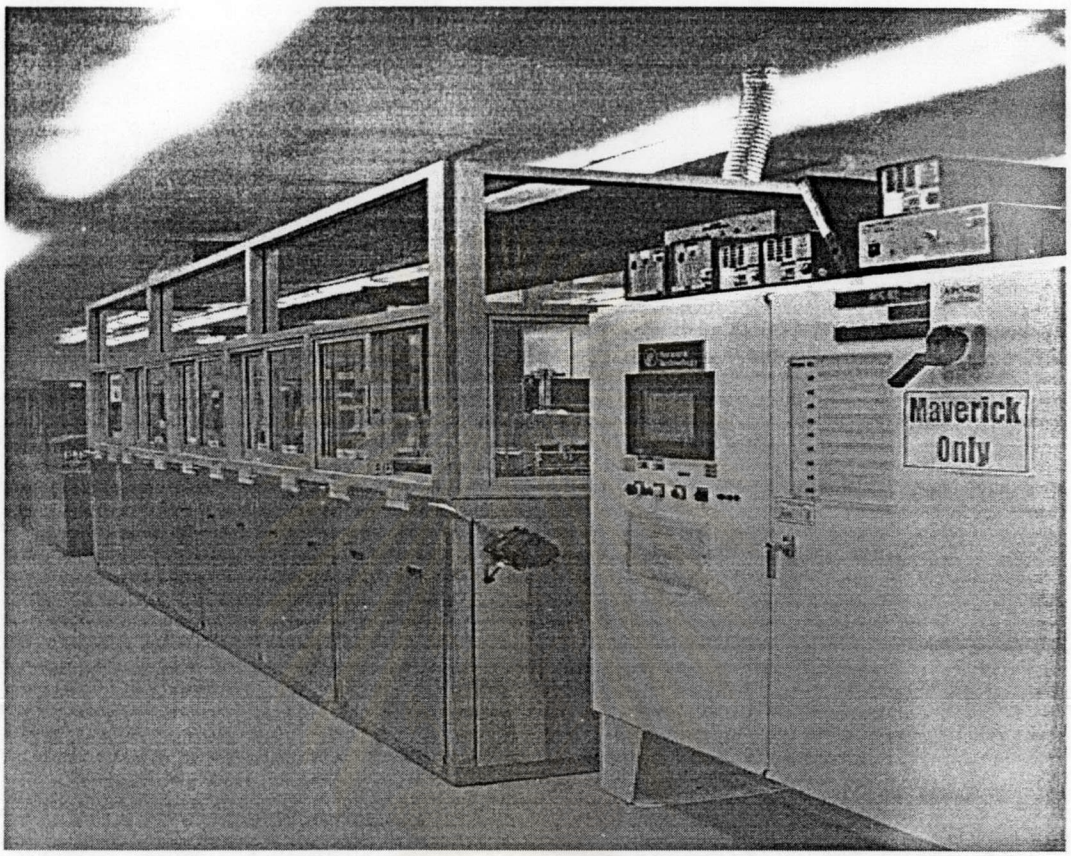
รูปที่ 2.19 ชิ้นงานดัดขึ้นรูปค่ากรัม



2.8 การล้างงานครั้งที่ 3 และการอบ (Cleaning III & Heat Treatment)

กระบวนการนี้ ทำหน้าที่ทำความสะอาดชิ้นงาน จากกระบวนการขึ้นรูปค่ากรัมครั้งที่ 1 เพื่อทำความสะอาดสิ่งที่อาจจะปนเปื้อน โดยจะนำชิ้นงานมาเข้าเครื่องล้างซึ่งประกอบไปด้วยสารละลายต่าง ๆ และนำเข้าอบเพื่อคลายความเครียดที่เกิดจากการดัดให้โค้งงอจากกระบวนการขึ้นรูปค่ากรัมครั้งที่ 1

รูปที่ 2.20 กระบวนการล้างชิ้นงาน



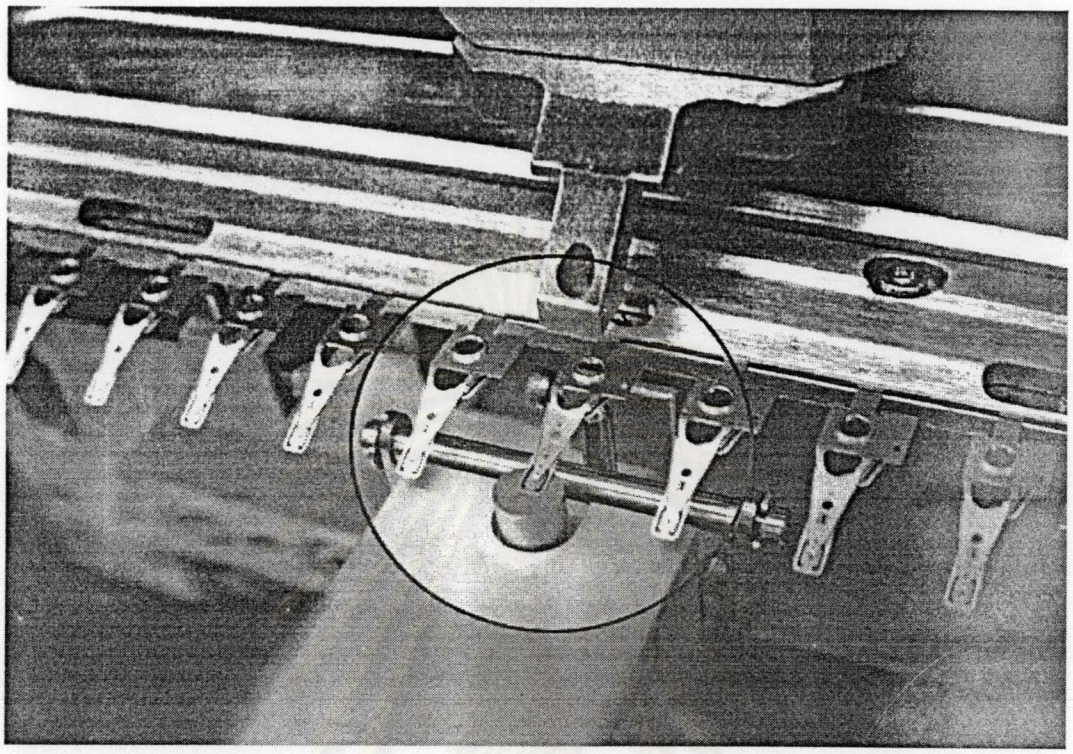
2.9 การตรวจสอบครั้งสุดท้าย (Final Inspection)

กระบวนการนี้ ทำหน้าที่ป้องกันและตรวจจับไม่ให้ชิ้นงานที่มีข้อบกพร่อง (Failure) หรือข้อตำหนิ (Defect) ผ่านไปยังกระบวนการถัดไปหรือลูกค้าได้ โดยจะทำการตรวจสอบหาข้อบกพร่องหรือข้อตำหนิต่าง ๆ ทุก ๆ ชิ้นงาน ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยายขนาดต่าง ๆ ตามที่ได้ระบุไว้ในวิธีการตรวจสอบ

2.10 การขึ้นรูปค่ากรัมครั้งที่ 2 (Gram Forming II (Infrared Adjust))

กระบวนการนี้ ทำหน้าที่ปรับแต่งค่ากรัมอย่างละเอียด เพื่อให้เป็นไปตามข้อกำหนดของลูกค้า โดยจะทำการดัด และให้ความร้อนเพื่อคลายเครียดด้วยแสงอินฟราเรด (Infrared) และทำการตัดชิ้นงานที่ผ่านการปรับแต่งค่าเรียบร้อยแล้วใส่ในภาชนะที่ได้เตรียมไว้โดยอัตโนมัติ

รูปที่ 2.21 ชิ้นงานดัดขึ้นรูปค่ากรัมอย่างละเอียด



2.11 การตรวจสอบคุณภาพ (Final QA Inspection)

กระบวนการนี้ ทำหน้าที่ตรวจสอบชิ้นงานเป็นครั้งสุดท้าย โดยมักจะทำการตรวจสอบเพิ่มเติมเฉพาะข้อกำหนดที่สำคัญและวิกฤต (Critical Parameter) โดยใช้แผนการสุ่มตัวอย่างที่เหมาะสม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 2.22 การตรวจสอบของเสียบนตัวชิ้นงานด้วยกล้องกำลังขยาย 10 เท่า

2.12 การบรรจุ (Packing)

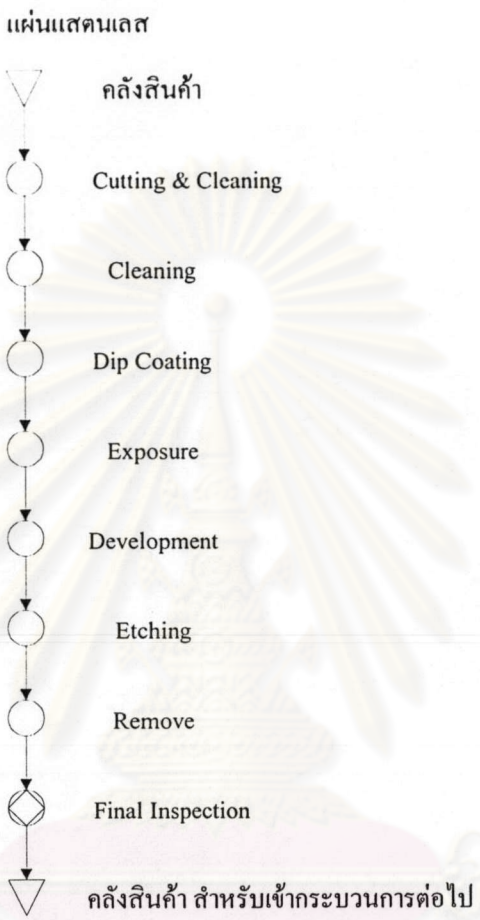
กระบวนการนี้ เป็นการนำชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการทั้งหมดแล้ว มาทำการบรรจุเป็นหีบห่อ เพื่อเตรียมส่งให้กับลูกค้าต่อไป และลำดับของกระบวนการผลิตทั้ง 2 สายการผลิตหลัก แสดงดังรูปที่ 2.24 และ 2.25

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 2.23 การบรรจุหีบห่อ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 2.24 ลำดับกระบวนการกัดขึ้นรูปด้วยสารเคมี (Etching Process)



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 2.25 กระบวนการขึ้นรูปและประกอบ (Forming and Assembly Process)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผังองค์กรของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องโดยตรงในการผลิต

โรงงานตัวอย่าง ได้ทำการแบ่งความรับผิดชอบในการทำงานออกเป็นแผนกต่าง ๆ ในที่นี้ จะขอกล่าวถึงเฉพาะส่วนที่เกี่ยวข้องโดยตรงในการผลิตนี้เท่านั้น

โรงงานตัวอย่าง มีแผนกที่มีความเกี่ยวข้องโดยตรงในการผลิตดังนี้

1. โพเสส เอ็นจิเนียร์ (Process Engineer) ทำหน้าที่ดูแล แก้ไขปัญหา และปรับปรุงกระบวนการผลิตต่าง ๆ ในโรงงานให้สำเร็จลุล่วง โดยได้แบ่งย่อยออกเป็นแผนกย่อย ๆ เพื่อรับผิดชอบกระบวนการผลิตต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 องค์กรและกระบวนการที่รับผิดชอบของแผนกโพเสสเอ็นจิเนียร์

แผนกที่รับผิดชอบ	กระบวนการที่รับผิดชอบ
Etching Process	กระบวนการ Etching ทั้งหมด
Stamping Process	1. Separation
	2. Stamping
Welding Process	1. Welding
Gram Process	1. Gram Forming I (Roller Forming)
	2. Gram Forming II (Infrared Adjust)
Cleaning Process	1. Passivation
	2. Cleaning
	3. Heat treatment
Final Process	1. Final Inspection
	2. Packing

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

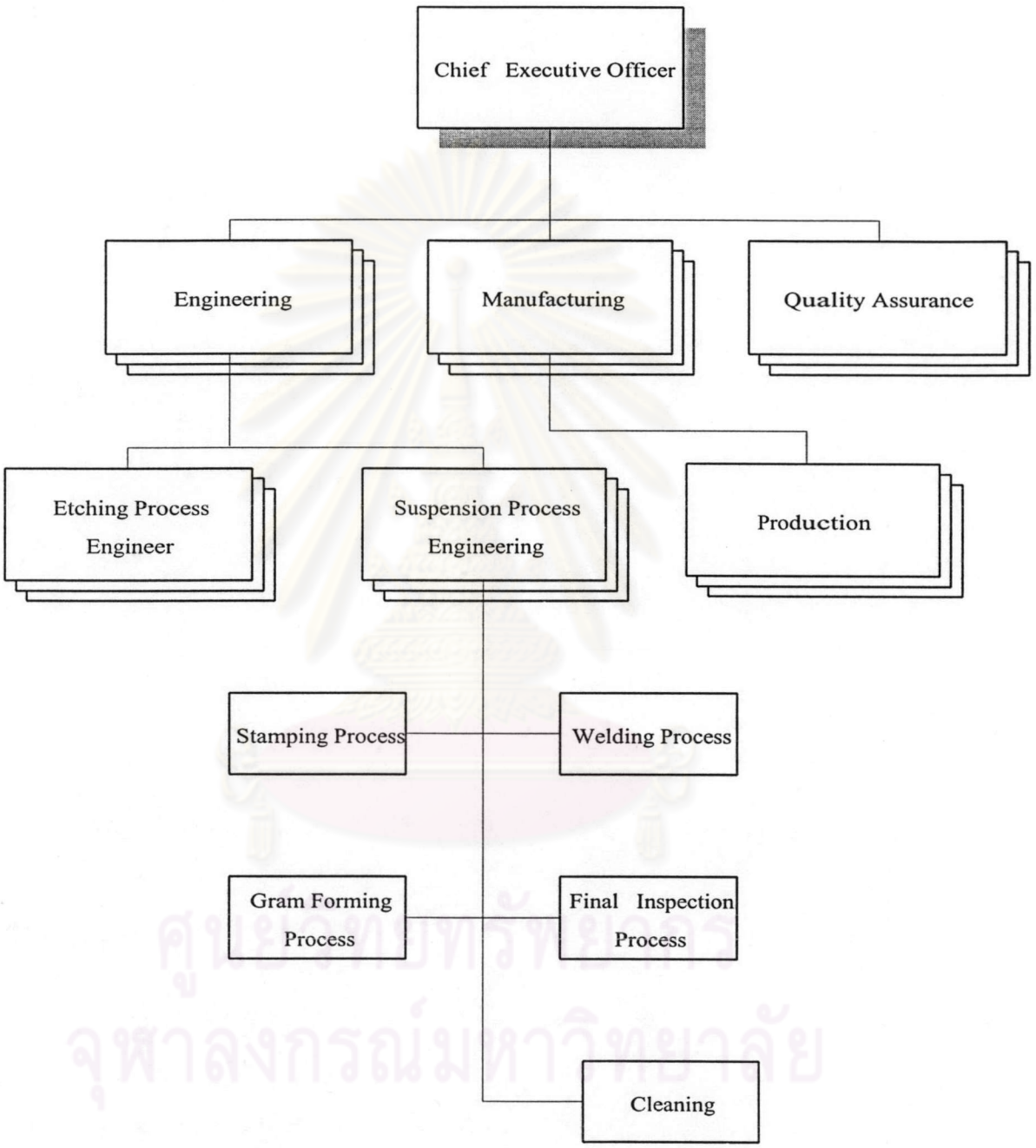
2. ฝ่ายผลิต (Production) ทำหน้าที่ปฏิบัติงานเพื่อการผลิตในกระบวนการต่าง ๆ เพื่อให้ได้ผลผลิตออกมา แรงงานของแผนก Production จัดเป็นแรงงานทางตรงที่ทำให้เกิดคุณค่าของผลิตภัณฑ์

3. ฝ่ายตรวจสอบคุณภาพ (Quality Assurance) ทำหน้าที่ประกันคุณภาพในการผลิต โดยการวางแผนกานตรวจสอบทั้งในกระบวนการผลิตและก่อนที่จะออกไปถึงมือลูกค้า อาจใช้เทคนิคต่าง ๆ เช่นการใช้แผนการสุ่มตัวอย่าง การใช้แผนภูมิควบคุม เป็นต้น

4. โพดักเอ็นจิเนียร์ (Product Engineer) ทำหน้าที่ศึกษาลักษณะของผลิตภัณฑ์ จัดวางกระบวนการผลิต และประสานงาน ผลักดัน แก้ไขปัญหา ร่วมกับแผนกต่าง ๆ ในลักษณะของการทำงานแบบไขว้ (Cross Functional) เพื่อให้บรรลุตามเป้าหมายที่ได้กำหนดไว้ ลักษณะของการจัดวางผังองค์กรสำหรับแผนกที่เกี่ยวข้องโดยตรงในการผลิตได้แสดงไว้ในรูปที่ 2.26

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 2.26 ผังองค์กรแสดงหน่วยงานที่เกี่ยวข้องโดยตรงในการผลิตของโรงงานตัวอย่าง



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.1.3 ปัญหาทั่วไปและข้อมูลก่อนการปรับปรุง

ปัญหาในปัจจุบันของโรงงานตัวอย่างก็คือ การที่กระบวนการผลิตไม่สามารถทำการผลิตได้เป็นไปตามเป้าหมายที่วางเอาไว้ เนื่องมาจาก สาเหตุสำคัญคือ การผลิตที่มีจำนวนชิ้นงานที่มีความเสียหาย (Defect) เป็นจำนวนมาก จากปัญหาดังกล่าว จะมีผลอย่างยิ่งต่อต้นทุนการผลิต ความมั่นใจในความสามารถในการส่งมอบสินค้า และความมั่นใจในคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ซื้อไป ซึ่งเป็นผลเสียหายอย่างยิ่งในการดำเนินงานและธุรกิจ ดังนั้น การปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดปริมาณของเสีย จึงเป็นสิ่งที่จะช่วยให้ธุรกิจสามารถอยู่รอดได้ต่อไป

ของเสียในการผลิต จะหมายถึง ตัวชิ้นงานที่ไม่สามารถส่งมอบให้กับลูกค้าได้ โดยจะแบ่งแยกเป็นชิ้นงานที่เป็นของเสียออกเป็น 2 ส่วนหลัก ๆ คือ

1. ชิ้นงานที่มีขนาดหรือมิติ (Dimension) ผิดไปจากข้อกำหนดของขนาด (Dimension Specification) ที่ได้กำหนดไว้ โดยอาจจะนำข้อกำหนด (Dimension specification) มาจากลูกค้าที่ทำการสั่งหรือเป็นข้อกำหนดที่ใช้สำหรับการควบคุมกระบวนการผลิต

2. ชิ้นงานที่มีลักษณะของความเสียหาย หรือมีรอยตำหนิ (Defect) มากเกินกว่าที่ได้ระบุไว้ในข้อกำหนดของลักษณะความเสียหาย (Defect Specification) โดยอาจจะทำการตรวจสอบได้ด้วยการใช้สายตาใต้กล้องจุลทรรศน์ตามเงื่อนไขที่ได้กำหนดไว้

ของเสียในการผลิตทั้งสองแบบนี้จะถูกแสดงผลโดยจะแสดงเป็น ปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นต่อจำนวนงานหนึ่งล้านตัว (DPPM : Defect Part Per Million) และจากการเก็บรวบรวมข้อมูลของเสียในการผลิตในเดือนกรกฎาคม พบว่ามีของเสียที่มีปริมาณสูงในการผลิตข้อมูลปริมาณสัดส่วนของดี (Yield) ในการผลิตแต่ละเดือน รวบรวมไว้ตั้งแต่ช่วงเดือนมกราคม-พฤศจิกายน โดยแบ่งตามกระบวนการผลิต ได้แก่ กระบวนการกัดขึ้นรูปด้วยสารเคมี และกระบวนการขึ้นรูป และนอกจากนี้ ยังพบข้อมูลที่น่าสนใจเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ที่ผลิตส่งมอบแก่ลูกค้าแล้ว แต่ปรากฏบันทึกการรับคืนสินค้าจากลูกค้า เนื่องจากลูกค้าพบปริมาณของเสียที่ไม่อาจยอมรับได้

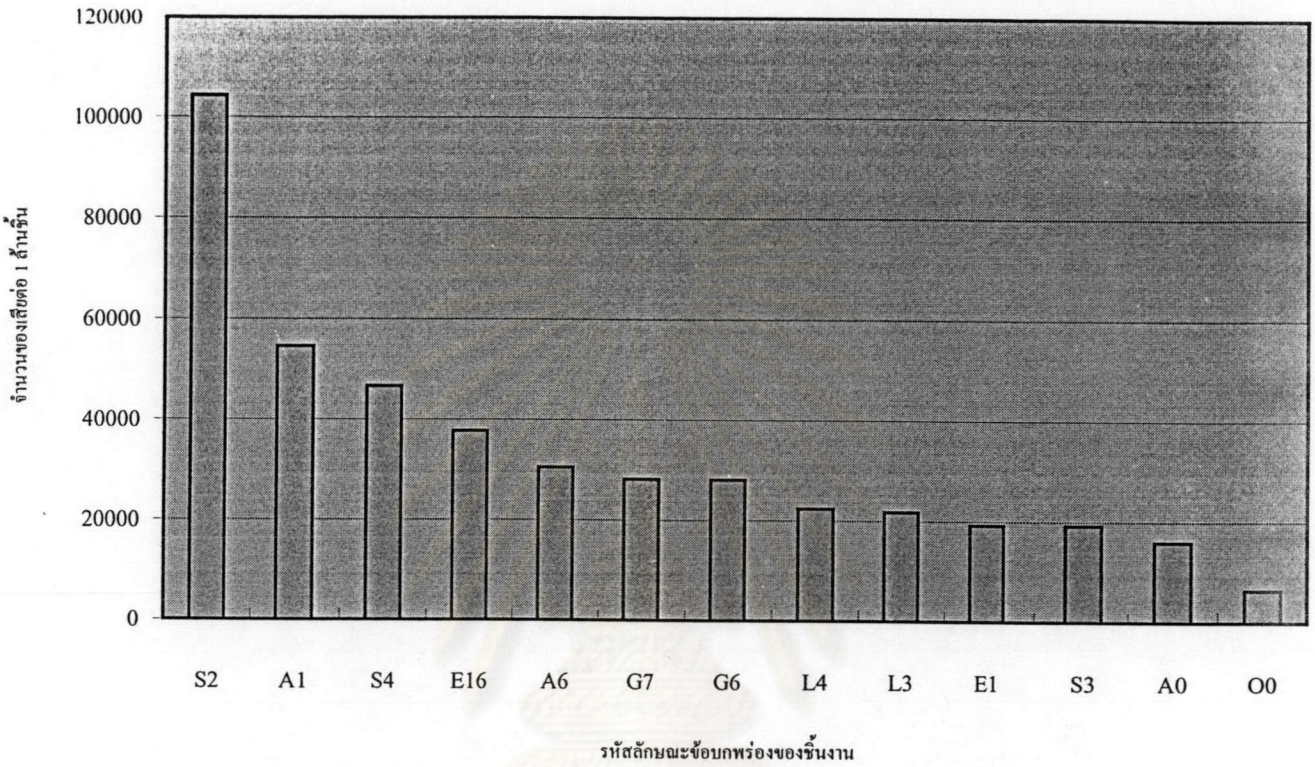
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.4 แสดงปริมาณของเสียในช่วงเดือนกรกฎาคม

รหัสของข้อบกพร่อง	ชื่อประเภทของข้อบกพร่อง	ปริมาณของเสีย (ชิ้น)	ค่า DPPM (ชิ้น)	หมายเหตุ
S2	Pitch and Roll for Suspension	416,000	104,250	ปริมาณงานที่เข้าเท่ากับ 3,990,400 ชิ้น
A1	Dimension Arm	217,600	54,531	
S4	Gram Load	185,945	46,598	
E16	Side Edge from Etching Process	150,400	37,690	
A6	Contamination on Arm	121,600	30,473	
G7	Bent on Gimbal	112,379	28,162	
G6	Contamination on Gimbal	112,000	28,067	
L4	Gap Gimbal	89,451	22,417	
L3	Gap Plate	86,915	21,781	
E1	Dimension at Etching Process	76,800	19,246	
S3	Resonance	76,800	19,246	
A0	Crack on Arm	64,000	16,038	
O0	Mix Part	25,600	6,415	

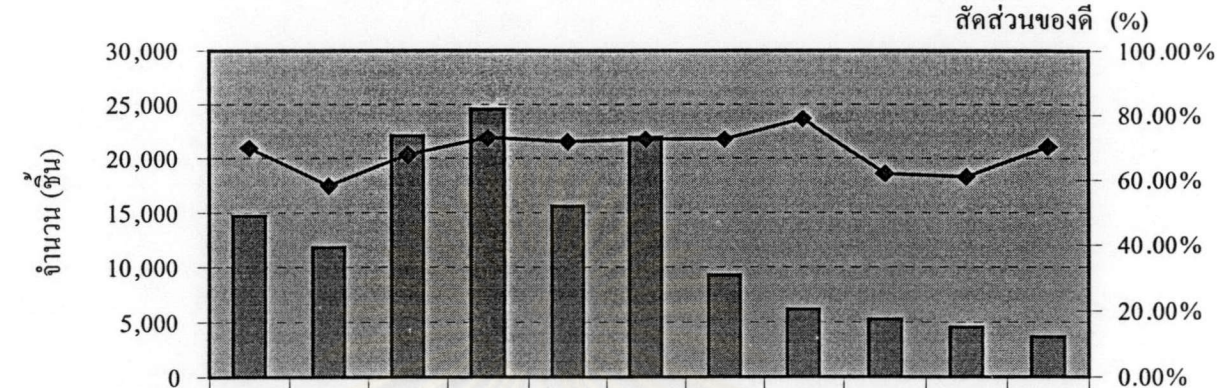
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 2.27 กราฟแสดงปริมาณของเสียในช่วงเดือนกรกฎาคม



รูปด้านบนเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง จำนวนของเสียต่อ 1 ล้านชิ้น และ 13 อันดับ โดยเรียงจากมากไปหาน้อย ซึ่งลักษณะของข้อบกพร่องที่สนใจและเกี่ยวข้องกับวิทยานิพนธ์ ได้แก่ E16 (Side Edge from Etching process) และ E1 (Dimension at Etching process)

รูปที่ 2.28 กราฟแสดงผลสัดส่วนของดีของกระบวนการกัดขึ้นรูปด้วยสารเคมี
ตั้งแต่เดือน มกราคม-พฤศจิกายน

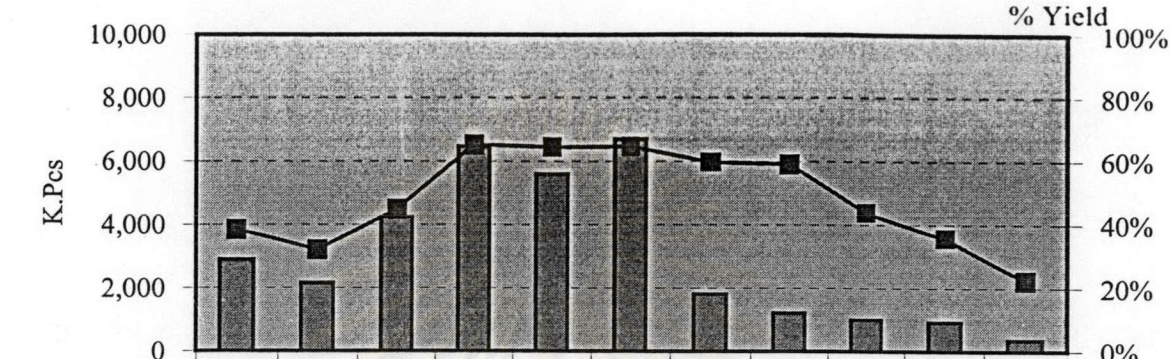


	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.
Output	14,678	11,757	22,073	24,548	15,586	21,971	9,230	6,120	5,267	4,533	3,631
Total %Yield	69.90%	58.20%	67.80%	73.10%	71.80%	72.60%	72.60%	78.80%	62.00%	61.00%	70.20%

จากกราฟจะเห็นว่า % สัดส่วนของดีที่กระบวนการกัดขึ้นรูปด้วยสารเคมี ตั้งแต่เดือน มกราคม-พฤศจิกายน มีค่าต่ำสุดอยู่ที่ 58.2% และค่าสูงสุดอยู่ที่ 78.8% ซึ่งยังไม่ถึงเป้าหมายที่ต้องการ คือ >95%

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 2.29 กราฟแสดงผลสัดส่วนของดีของกระบวนการขึ้นรูปและการประกอบ
ตั้งแต่เดือน มกราคม-พฤศจิกายน

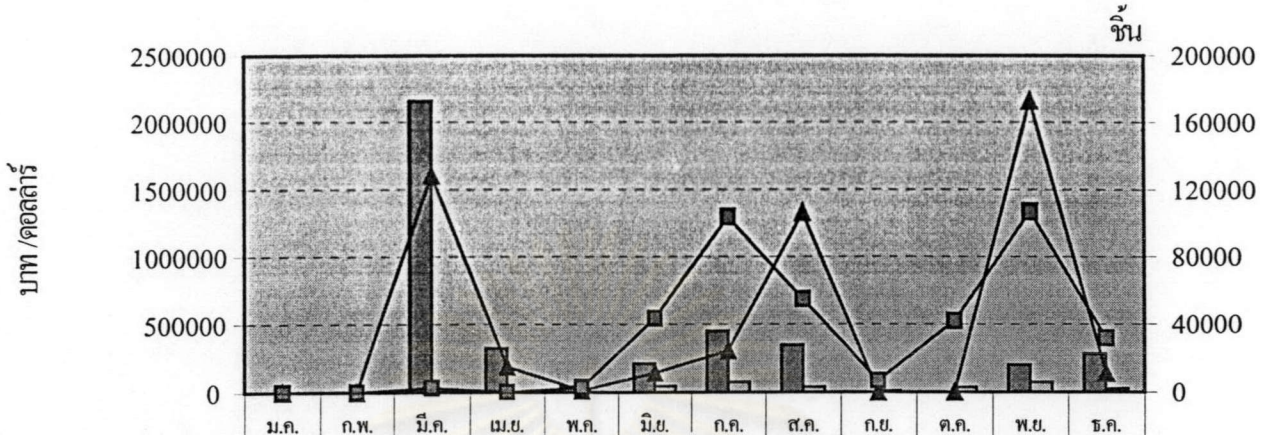


	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.
Output	2,893	2,155	4,230	6,456	5,585	6,700	1,815	1,218	1,009	925	370
Total Yield	38.5%	32.2%	44.8%	65.1%	64.5%	64.7%	59.6%	59.1%	43.6%	35.6%	22.3%

จากกราฟจะเห็นว่า % สัดส่วนของดีที่กระบวนการขึ้นรูป และการประกอบ ตั้งแต่เดือน มกราคม-พฤศจิกายน มีค่าต่ำสุดอยู่ที่ 22.3% และค่าสูงสุดอยู่ที่ 65.1% ซึ่งยังไม่ถึงเป้าหมายที่ต้องการ คือ > 95%

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 2.30 กราฟแสดงการรับคืนสินค้าจากลูกค้าตั้งแต่เดือน มกราคม-ธันวาคม



	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
ลูกค้าในประเทศ (บาท)	0	0	2155487	3223571	4254728	2101127	4484753	344838	0	0	200480	281390
ลูกค้าต่างประเทศ (ดอลล่าร์)	0	0	22642	0	2400	43460	746468	36800	666016	3348018	7226432	267896
ลูกค้าในประเทศ (ชิ้น)	0	0	128000	15072	965	11336	24390	106000	0	0	172440	11000
ลูกค้าต่างประเทศ (ชิ้น)	0	0	2544	0	2900	43460	103517	54884	6558	41838	106927	31835

จากกราฟอธิบายได้ว่า ในเดือนมีนาคมมีการรับคืนสินค้าจากลูกค้าภายในประเทศเป็นมูลค่าสูงสุดถึง 2,155,489 บาท และในเดือนกรกฎาคมมีการรับคืนสินค้าจากลูกค้าต่างประเทศเป็นมูลค่าสูงสุดถึง 74,646.8 ดอลล่าร์ ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายที่ไม่ต้องการในการทำในการผลิตชิ้นงานเพื่ออุตสาหกรรม

2.2 การควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ (Statistic Process Control)

ในที่นี้จะได้กล่าวถึงเฉพาะ กานใช้แผนภูมิควบคุม ซึ่งเป็นวิธีการศึกษาความสามารถในกระบวนการผลิต และนำข้อมูลที่ได้มาทำการควบคุมกระบวนการผลิต

2.2.1 แผนภูมิควบคุม

ในกระบวนการผลิตไม่มีผลิตภัณฑ์ใดที่จะเหมือนกันทุกประการ เป็นไปตามธรรมชาติที่ว่ามีความผันแปรเกิดขึ้น ความผันแปรนั้นอาจจะใหญ่และมองเห็นได้ชัดหรืออาจจะเบ็กมากจนแทบไม่เห็นความแตกต่าง ถ้าพิจารณาให้ละเอียดก็จะพบความแตกต่างนั้น เราอาจพิจารณาถึงสาเหตุของความผันแปรได้ 2 ลักษณะคือ ความผันแปรจากสาเหตุในธรรมชาติ (Common Cause) และสาเหตุจากสิ่งผิดปกติ (Special Cause)

ความผันแปรจากสาเหตุในธรรมชาติ (Common Cause) ยากต่อการควบคุมและเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดความแตกต่าง โดยมีสาเหตุมาจากผลของการตัดสินใจของฝ่ายบริหารในระบบคุณภาพ ขีดจำกัดของความสามารถของเครื่องจักร ความแม่นยำของการวัด เป็นต้น สาเหตุจากสิ่งผิดปกติ (Special Cause) สามารถพิจารณาแก้ไขหรือควบคุมได้ เป็นสาเหตุที่เกิดขึ้นเป็นบางครั้ง โดยอาจจะมีสาเหตุต่าง ๆ เช่น การปรับแต่งเครื่องจักรไม่ถูกต้อง การทำงานผิดวิธี เป็นต้น แผนภูมิควบคุมอาจแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ แผนภูมิควบคุมเชิงผันแปรและแผนภูมิควบคุมเชิงคุณภาพ ในที่นี้จะได้กล่าวถึงเฉพาะแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและพิสัย (X-bar Range)

แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย (X-bar) และ พิสัย (R)

เป็นแผนภูมิอันหนึ่งซึ่งแสดงให้เห็นทั้งค่าเฉลี่ยและพิสัย เป็นแผนภูมิแบบที่ว่ายที่สุดใช้กับข้อมูลที่มีค่าต่อเนื่อง ส่วนที่เกี่ยวกับค่าเฉลี่ย จะบอกให้ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยในโรงงาน ในขณะที่ส่วนเกี่ยวกับพิสัย บอกให้ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงของการกระจาย แผนภูมินี้มีประโยชน์มากก็ตรงที่แสดงให้เห็นพร้อม ๆ กันถึงจุดผิดปกติและการกระจาย ว่ามีการเปลี่ยนแปลงมากน้อยเพียงใด

วิธีการสร้างแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและพิสัย มีขั้นตอนโดยทั่วไปดังนี้

1. เลือกลักษณะคุณภาพที่จะทำการควบคุม

หมายถึง การระบุถึงสิ่งที่เราต้องการที่จะควบคุม เช่น ผลลัพธ์ กระบวนการ เป็นต้น

2. บันทึกรายละเอียดของลักษณะคุณภาพที่จะควบคุม

3. ทำการเก็บบันทึกข้อมูล ควรจุใช้ข้อมูลประมาณ 20-25 กลุ่มย่อย โดยรวมแล้วต้องมีข้อมูลไม่ต่ำกว่า 100

4. ทำการคำนวณผลรวม ค่าเฉลี่ย และพิสัย ของแต่ละกลุ่มย่อย

5. คำนวณค่าเฉลี่ยของพิสัย (R-bar) และพิกัดควบคุมสำหรับแผนภูมิควบคุม R โดยใช้สูตรและค่าสัมประสิทธิ์ อ้างอิงตารางที่ ค.1 ภาคผนวก ค

ตารางที่ 2.5 ตัวอย่างสัมประสิทธิ์ของพิกัดควบคุม แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและพิสัย

n	A2	D4	D3
2	1.88	0.0237	-
3	1.023	2.575	-
4	0.729	2.828	-
5	0.577	2.115	-
6	0.483	2.004	-
7	0.419	1.924	0.076
8	0.373	1.864	0.136
9	0.337	1.816	0.184
10	0.308	1.777	0.223

*อ้างอิง Chrysler Corporation, Ford Motor Company, and General Motors corporation. Statistic Process Control (SPC) : Reference Manual. Second Edition, March, 1995. หน้า 143

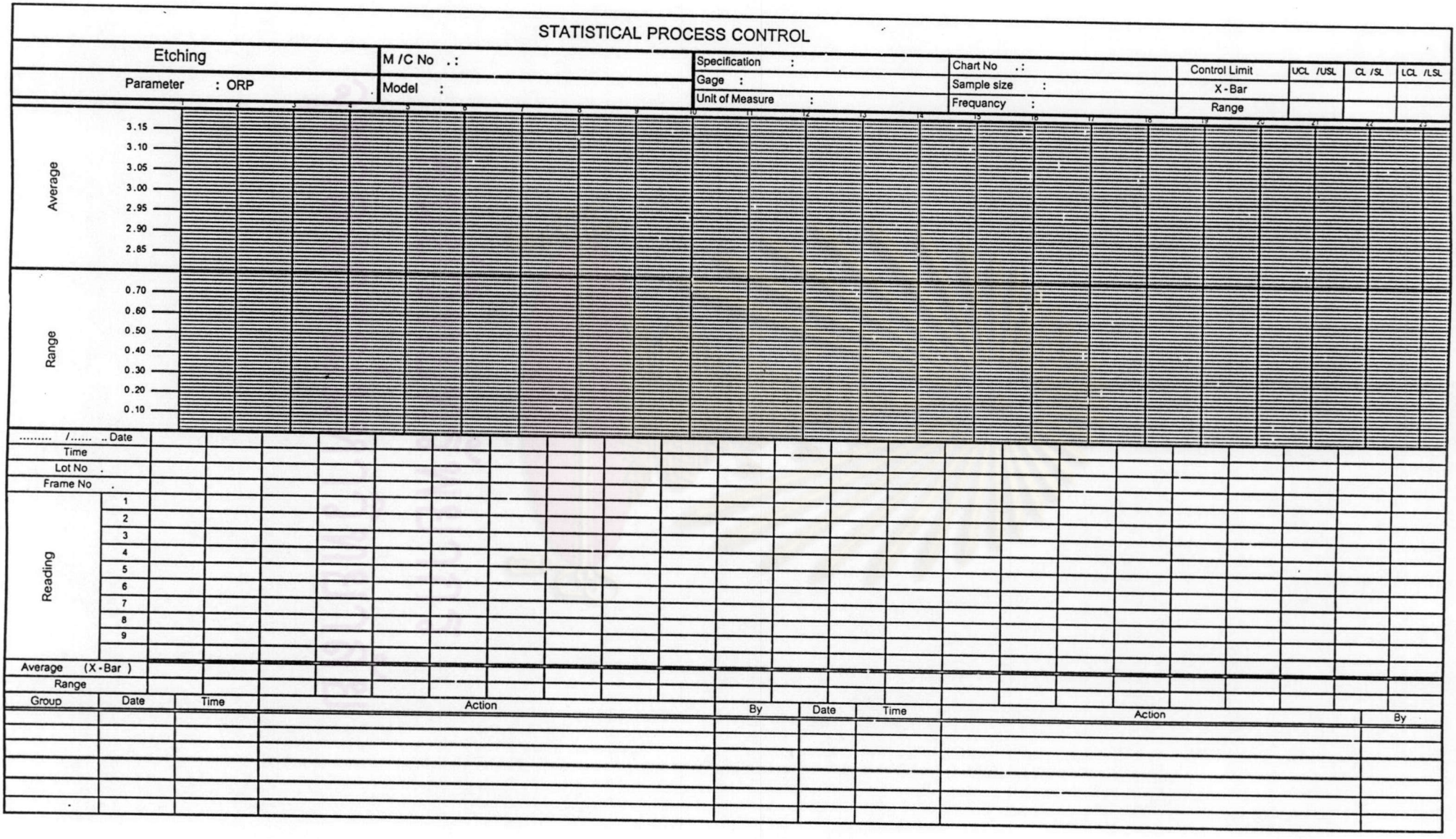
แผนภูมิควบคุมค่าพิสัย	ค่าควบคุมพิสัยด้านบน =	D_4 * R-bar
	ค่าควบคุมพิสัยด้านล่าง =	D_3 * R-bar
	ค่ากึ่งกลาง =	R-bar
แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย	ค่าควบคุมพิสัยด้านบน =	X-bar+ A_2R
	ค่าควบคุมพิสัยด้านล่าง =	X-bar– A_2R
	ค่ากึ่งกลาง =	X-bar

6. ทำการแบ่งสเกลและเขียนจุดลงในแผนภูมิควบคุม R
7. ลากเส้นพิกัดเพื่อสร้างแผนภูมิควบคุม R
8. ตีความหมายแผนภูมิควบคุม R ว่ามีส่วนใดผิดปกติไปหรือไม่
9. คำนวณค่าเฉลี่ยของพิสัยใหม่ หากมีสิ่งผิดแกติตามข้อ 8 และคำนวณค่าเฉลี่ยทั้งหมด และคำนวณพิกัดควบคุมสำหรับแผนภูมิ X-bar

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

10. ทำการแบ่งสเกลและเขียนจุดลงในแผนภูมิควบคุม X-bar
11. ลากเส้นพิกัดเพื่อสร้างแผนภูมิควบคุม X-bar
12. ตีความหมายแผนภูมิควบคุม X-bar
13. ทบทวนค่าพิกัดควบคุม X-bar และ R
14. สร้างแผนภูมิ X-bar และ R ลงในแบบฟอร์มที่สร้างตามความเหมาะสม ตัวอย่างแบบฟอร์มแสดงดังรูปที่ 2.6

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ตารางที่ 2.6 ตัวอย่างแบบฟอร์มแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยพิสัย (X-bar , R Chart)

2.2.2 เทคนิคป้องกันความผิดพลาด

ความผิดพลาดเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นได้จากทั้งคนและเครื่องจักร อย่างไรก็ตาม ความผิดพลาดทั้งสองสามารถป้องกันได้ โดยถ้าเป็นเครื่องจักร ก็ทำการป้องกันโดยการบำรุงรักษาให้เครื่องจักรอยู่ในสภาพดีมีการตรวจสอบความเรียบร้อยอย่างสม่ำเสมอ สำหรับคนหรือพนักงานนั้น ความผิดพลาดมักจะเกิดจากความพลั้งเผลอ การขาดความระมัดระวัง ฯลฯ พนักงานบางคนอาจมองว่า "ตนเองทำงานอย่างถูกต้องอยู่เสมอ แต่ทำไมจึงเกิดชิ้นงานบกพร่องขึ้นมาได้" นี่เป็นการยอมรับความผิดพลาดแต่ปฏิเสธผู้กระทำผิด ดังนั้นการปฏิเสธความผิดพลาดจึงเป็นแนวทางที่ควรจะนำมาใช้ การไม่ยอมให้เกิดความผิดพลาดขึ้นโดยการใช้เทคนิคที่เหมาะสมทีทจะนำมาใช้สำหรับป้องกันความผิดพลาดต่าง ๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นจากการกระทำของพนักงาน

ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นมีได้หลายรูปแบบ ดังนี้

1. ความผิดพลาดเพราะความพลั้งเผลอ เช่น ลืมปิดสวิทช์
2. ความผิดพลาดเพราะใจร้อนหรือรีบเร่ง เช่น เหยียบเบรกในรถ โดยคิดว่าเป็นคันเร่ง
3. ความผิดพลาดเพราะมองอย่างผิวเผิน เช่น มองธนบัตร 500 บาท เป็น ธนบัตร 100 บาท
4. ความผิดพลาดเพราะไม่รู้จริง
5. ความผิดพลาดเพราะความเห็นแก่ตัว เช่น การละเมิดกฎโดยคิดว่าไม่เป็นไร
6. ความผิดพลาดเพราะเหม่อลอย
7. ความผิดพลาดเพราะสมองเฉื่อยชา
8. ความผิดพลาดเพราะปล่อยอิสระมากเกินไป
9. ความผิดพลาดเพราะคาดไม่ถึง
10. ความผิดพลาดเพราะตั้งใจ

เทคนิคต่าง ๆ ที่มักจะนำมาใช้ในการป้องกันความผิดพลาดของพนักงาน ได้แก่

1. ใช้สลัก ไกด์พิน (Guide pin) จะทำหน้าที่เสมือนเป็นตัวตรวจสอบตำแหน่งว่า ชิ้นงานอื่นที่จะนำมาวางนั้นถูกต้องตามตำแหน่งหรือไม่ ถ้าไม่ถูกต้องจะไม่สามารถวางลงตำแหน่งนั้นได้
2. อุปกรณ์ตรวจสอบตำแหน่งของชิ้นงาน จะทำหน้าที่ส่งสัญญาณเมื่อมีชิ้นงานมาวางในตำแหน่งที่ระบุไว้
3. ใช้จิ๊ก (Jig) จะทำหน้าเป็นตัวกำหนดตำแหน่งของชิ้นงานที่นำมาวางโดยเฉพาะ
4. ใช้ตารางตรวจสอบ เพื่อทำการตรวจสอบความครบถ้วนสิ่งที่ทำลงไป

2.2.3 การวิเคราะห์ปัญหา

กระบวนการในการวิเคราะห์ปัญหานี้ จะให้รูปแบบสำหรับบรรยายถึงลักษณะของปัญหาที่เกิดขึ้น ทั้งนี้เพื่อสำหรับระบุ และรวบรวมข้อเท็จจริงที่เกี่ยวข้อง และสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลก่อนการดำเนินการแก้ไขปัญหานั้น ๆ มีขั้นตอนหรือกระบวนการในการวิเคราะห์ดังนี้

1. บรรยายลักษณะของปัญหา

กระบวนการนี้เป็นขั้นตอนแรกของการวิเคราะห์ปัญหา คือการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะของปัญหาที่เกิดขึ้น การถามคำถามอย่างเป็นขั้นตอนช่วยให้สามารถบอกว่าปัญหาคืออะไร และช่วยให้สามารถบรรยายลักษณะของปัญหา และเราจะใช้ข้อมูลจากขั้นตอนนี้ไปสร้างสมมุติฐานเกี่ยวกับสาเหตุของปัญหาในภายหลัง

ขั้นตอนนี้จะให้ความชัดเจนของปัญหาว่า อะไรคือสิ่งผิดปกติ และอะไรคือความผิดปกติและเน้นไปยังความเบี่ยงเบนไปจากปกติที่สังเกตุเห็นได้เท่านั้น คำถามใช้เพื่อให้ได้มาซึ่งสิ่งเหล่านี้คือ อะไร ที่ไหน เมื่อใด และ ขอบเขตแค่ไหน ยกตัวอย่างเช่น

คำถาม	สิ่งที่เป็นปัญหา	สิ่งที่ไม่เป็นปัญหา
อะไรคือปัญหา		
ปัญหาพบที่ไหน		
ปัญหาพบเมื่อไร		
ขอบเขตของปัญหาแค่ไหน		

2. ระบุสาเหตุที่เป็นไปได้

ขั้นตอนนี้เป็นการสร้างสมมติฐานเกี่ยวกับสาเหตุของปัญหา โดยอาจจะใช้ความรู้และประสบการณ์ การระบุความแตกต่างระหว่างสิ่งที่เป็นปัญหาและสิ่งที่ไม่เป็นปัญหา และการระบุถึงความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในช่วงเวลานั้น ๆ

3. ประเมินสาเหตุที่เป็นไปได้

ขั้นตอนนี้เป็นการทดสอบความเป็นไปได้ของสิ่งที่สงสัยว่าจะเป็นสาเหตุ โดยใช้ข้อมูลลักษณะปัญหาที่เราได้ทำไว้ในขั้นตอนแรก โดยแต่ละสาเหตุจะได้รับการทดสอบกับลักษณะของปัญหาเพื่อดูว่า อธิบายข้อเท็จจริงเกี่ยวกับปัญหาได้ดีเพียงใด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4. ดำเนินการพิสูจน์ว่าเป็นสาเหตุที่แท้จริง

ขั้นตอนสุดท้ายของการวิเคราะห์ปัญหาก็คือ การหาข้อมูลที่พิสูจน์ว่า เราพบตัวสาเหตุที่แท้จริงของปัญหา อาจจะด้วยการหาข้อมูลเพิ่มเติม หรือทำการทดลองเพื่อพิสูจน์ว่าสาเหตุนั้นเป็นสาเหตุที่แท้จริง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.3 การสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.3.1 สมเจตน์ สังหพันธ์ , 2533

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาถึงเงื่อนไขการทำงานที่สภาวะการทำงานต่าง ๆ ของขบวนการแปรรูปโลหะด้วยวิธีอีดีเอ็ม ที่มีต่อลักษณะเฉพาะที่สำคัญของการรมวิธีการผลิต คือ อัตราการกัดเนื้อโลหะ อัตราการสึกหรอของอีเล็กโตรด ความหยาบของผิวงาน ระยะดิสชาร์จ การทดลองนี้ทำโดยการแปรค่ากระแสดิสก์ชาร์จในช่วง 9.85 – 30.5 A และระยะพัลส์ 50 – 1000 ms โดยการใช้ทองแดงและอลูมิเนียมเป็นอีเลกโตรด กัดชิ้นงานซึ่งเป็นเหล็กกล้า AISI 4140

ผลการทดลองพบว่า การเพิ่มกระแสดิสก์ชาร์จมีผลต่อการเพิ่มของทั้งอัตราการกัดเนื้อโลหะ อัตราการสึกหรอของอีเลกโตรด ความหยาบของผิวงานและระยะดิสชาร์จ

การเพิ่มระยะพัลส์มีผลต่อความหยาบของผิวงานและระยะดิสชาร์จ โดยอัตราการกัดเนื้อโลหะจะมีค่าสูงสุดเมื่อระยะพัลส์อยู่ในช่วง 200 – 500 ms และอัตราการสึกหรอของอีเลกโตรดเมื่อใช้ทองแดงเป็นอีเลกโตรดจะลดลง เมื่อระยะพัลส์มีค่าสูงขึ้น

ผลจากการทดลองได้นำมาสร้างแบบจำลองของกรรมวิธีอีดีเอ็ม ซึ่งมีรูปแบบเป็นสมการโพลิโนเมียลอันดับสอง การพิจารณาสภาวะที่เหมาะสมโดยการกำหนดฟังก์ชั่นเป้าหมายเป็นสองกรณีคือ การให้อัตราการกัดเนื้อโลหะสูงสุด และอัตราส่วนของการกัดเนื้อโลหะต่ออัตราการสึกหรอของอีเลคโตรดสูงสุด ภายใต้เงื่อนไขขอบข่ายความสามารถของเครื่องจักรและความหยาบของผิวงานที่กำหนด

2.3.2 สมนึก เสียบมา , 2540

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ทำการวิจัยศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาคุณภาพของผลิตภัณฑ์โดยมุ่งเน้นการรับประกันคุณภาพชิ้นงานวัตถุดิบนำเข้าที่โรงงานผลิตชิ้นงานวัตถุดิบ (Suspension) ภายในประเทศ ซึ่งใช้การดำเนินงานโดยใช้ Statistic Process Control ควบคุมพารามิเตอร์ที่สำคัญ การทำ Gage Repeatability and Reproducibility เพื่อศึกษาความสามารถในการวัด การใช้ Process FMEA ประเมินความเสี่ยงในการะบวนการผลิตเพื่อป้องกันการเกิดของเสีย และใช้แผนการสุ่มตรวจสอบที่หน่วยตรวจสอบขั้นสุดท้ายของโรงงานตัวอย่าง

2.3.3 ทรงพล พิเชฐฐ์วัฒนา, 2541

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ทำการวิจัยศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อแรงดึงระหว่าง Slider และ Flexure ของหัวอ่านเขียนข้อมูลในฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ และเสนอเงื่อนไขที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มคุณภาพของแรงดึงของหัวอ่านเขียนข้อมูลดังกล่าวภายใต้เงื่อนไขที่เป็นไปได้จริง งานวิจัยนี้เริ่มต้นจากการอาศัยความรู้และความชำนาญของผู้เชี่ยวชาญและจากเอกสารจำนวนมากที่เกี่ยวข้องเพื่อระบุถึงปัจจัยทั้งหมดที่มีผลต่อแรงดึงของหัวอ่านเขียนข้อมูลโดยใช้แผนภาพแสดงเหตุ

และผล (Cause and Effect Diagram) จากการวิเคราะห์แผนภูมิดังกล่าวทำให้ทราบว่ามีปัจจัย 4 ชนิด ที่น่าจะมีผลอย่างมากต่อแรงดึงระหว่าง Slider และ Flexure ของหัวอ่านเขียนข้อมูล และปัจจัยดังกล่าวนี้เป็นปัจจัยที่สามารถเปลี่ยนแปลงและควบคุมได้โดยไม่เสียนค่าใช้จ่ายในการผลิตเพิ่มขึ้นอย่างมากมายแต่ประการใด ปัจจัยเหล่านี้ประกอบด้วย อัตราส่วนผสมของสารยึดเหนี่ยว อุณหภูมิในการอบ เวลาในการอบ และชนิดของน้ำหนักกด การออกแบบการทดลองแบบแฟกทอเรียลได้ถูกนำมาใช้เพื่อที่จะวิเคราะห์ว่าปัจจัยใดบ้างที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อแรงดึง และปัจจัยใดบ้าที่มีอันตรกิริยา (Interaction) ระหว่างกัน จากผลการทดลองพบว่าปัจจัยเพียง 3 ชนิดเท่านั้นที่มีผลต่อแรงดึง กล่าวคือ อัตราส่วนผสมของสารยึดเหนี่ยว อุณหภูมิในการอบ และเวลาในการอบ การทดลองแบบแฟกทอเรียลได้ถูกนำมาใช้อีกครั้งหนึ่งโดยที่มีจำนวนของการทำซ้ำ (Replication) ของแต่ละปัจจัยเพิ่มขึ้นเพื่อหาสภาวะการทำงานที่เหมาะสมที่จะทำให้ได้ค่าแรงดึงสูงสุดโดยมีขัดกับเงื่อนไขทางไฟฟ้าที่เกิดขึ้นกับหัวอ่านเขียน ผลการทดลองแสดงว่าสภาวะที่เหมาะสมที่ทำให้หัวอ่านเขียนมีค่าแรงดึงสูงสุด คือ อัตราส่วนผสม 4 : 1 อุณหภูมิในการอบ 300 องศาฟาเรนไฮต์ และเวลาที่ใช้ในการอบ 16 นาที และเมื่อนำค่าแรงดึงที่ได้ไปเปรียบเทียบในเชิงสถิติกับค่าแรงดึงของหัวอ่านเขียนในปัจจุบันพบว่า ค่าแรงดึงเฉลี่ยที่สภาวะใหม่นี้มีค่าสูงกว่าค่าแรงดึงที่เป็นอยู่ในสภาวะปัจจุบันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย