บทที่ 3

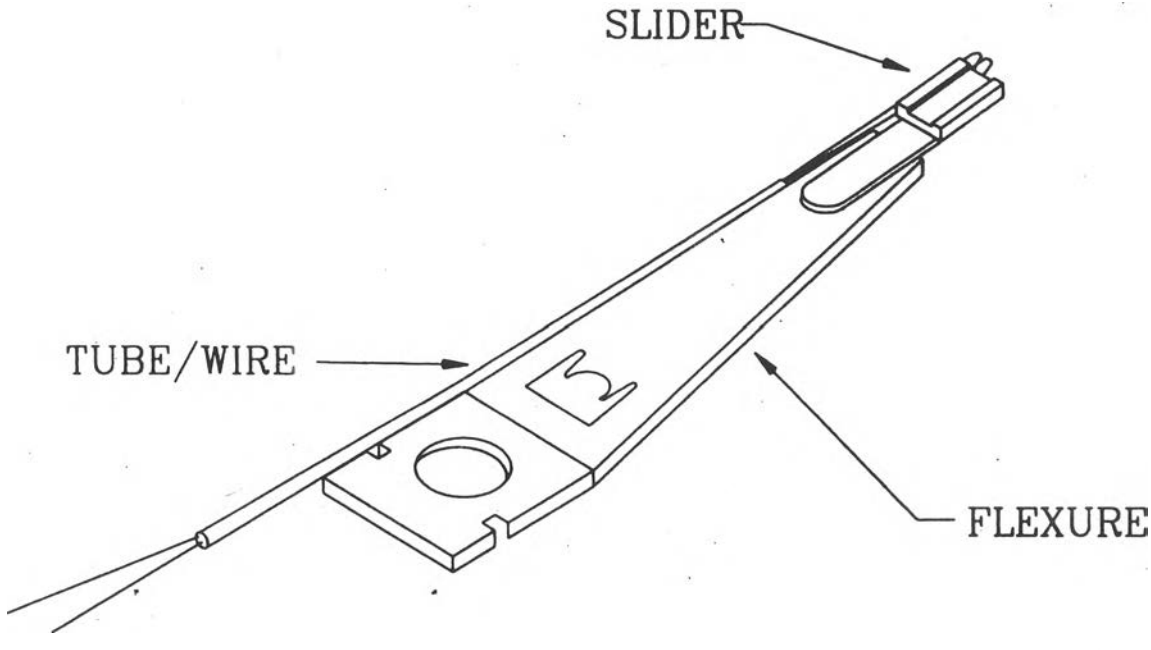
กระบวนการผลิต HGA และการจำแนกประเภทของงาน

3.1 กระบวนการผลิต HGA

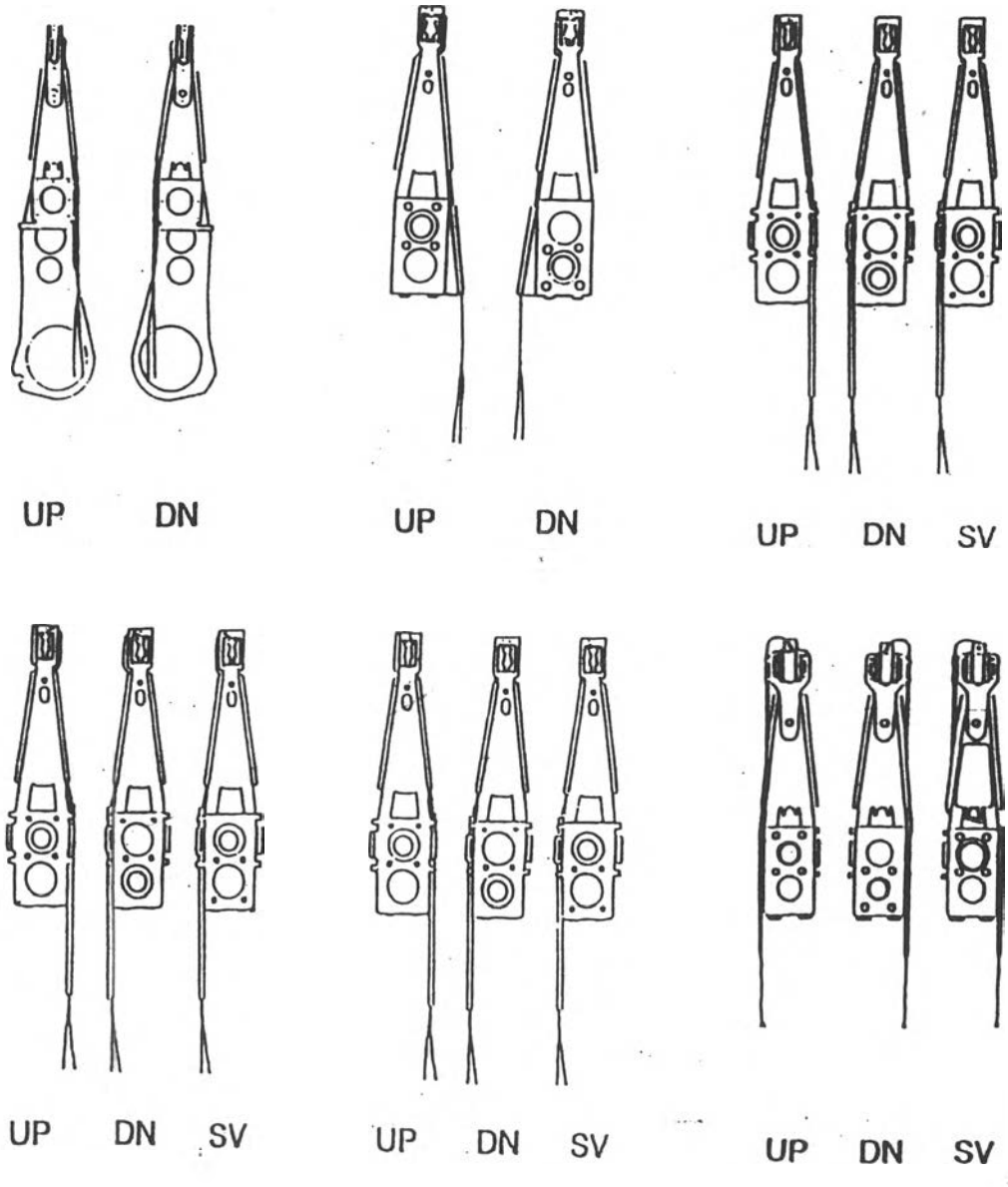
การผลิต HGA นั้น มีกระบวนการผลิตที่ไม่ซับซ้อน เนื่องจากประกอบด้วยชิ้นส่วน 3 ชิ้น คือ Slider, Flexure และ Wire ดังแสดงในรูปที่ 3.5 ดังนั้นกระบวนการผลิตจึงเป็นการนำชิ้นส่วนทั้งสามประกอบเข้าด้วยกันโดยใช้กาวชนิดต่างๆ ตามความเหมาะสมของ HGA แต่ละรุ่น เช่น loctite, Hysol epoxy เป็นต้น เป็นตัวประสานชิ้นส่วน Slider และ Flexure เข้าด้วยกัน และในทำนองเดียวกันใช้เครื่องเชื่อมระบบอุลตราโซนิคในการเชื่อม Wire ให้ติดกับ Slider เมื่อชิ้นส่วนทั้งสามถูกประกอบเป็นรูปร่างของผลิตภัณฑ์ที่เรียกว่าHGAแล้ว ก็จะมีขั้นตอนต่างๆในกระบวนการผลิตที่ทำหน้าที่ตรวจและทดสอบคุณสมบัติของ HGA เช่น ค่าความสามารถทางการอ่านและบันทึก ค่าฟังก์ชั่นทางไฟฟ้าแม่เหล็ก ระยะบินสูงเหนือแผ่นฮาร์ดดิสก์ รวมถึงการทำความสะอาดชิ้นงาน วัดค่าความยืดหยุ่นของชิ้นงานและขั้นตอนอื่นๆ จนได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสูง จากนั้นทำการบรรจุผลิตภัณฑ์ HGA เพื่อส่งต่อไปยังโรงงานที่ทำการผลิตขั้นตอนต่อไปของการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

ความแตกต่างของHGAแต่ละรุ่นจะขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบที่ใช้และข้อกำหนดทางรายละเอียด(Specification)เกี่ยวกับฟังก์ชั่นทางไฟฟ้าแม่เหล็กที่ได้รับการออกแบบมา HGAบางรุ่นอาจจะใช้Sliderชนิดเดียวกันกับอีกรุ่นหนึ่งแต่ใช้flexureที่แตกต่างกัน หรือในกรณีที่ทั้งสองรุ่นใช้วัตถุดิบเหมือนกันทุกประการ แต่แตกต่างกันด้วยข้อกำหนดทางรายละเอียดเกี่ยวกับฟังก์ชั่นทางแม่เหล็กไฟฟ้า ความหลากหลายรุ่นจึงมีมากเนื่องจากตลาดมีความต้องการนำผลิตภัณฑ์ HGA ไปใช้ในลักษณะงานที่แตกต่างกัน

ในปัจจุบันเทคโนโลยีการผลิตวัตถุดิบของHGAพัฒนาขึ้นมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งชิ้นส่วนSlider มีการพัฒนารูปแบบใหม่เพื่อให้มีสมรรถนะและประสิทธิภาพสูงขึ้นเป็นอย่างมาก ทำ



รูปที่ 3.5 ส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ HGA



รูปที่ 3.6 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ HGA รุ่นต่างๆ

ให้ความหลากหลายของ HGA รุ่นต่างๆ มีเพิ่มมากขึ้น ตัวอย่างของผลิตภัณฑ์HGAรุ่นต่างๆ แสดงดังรูปที่ 3.6

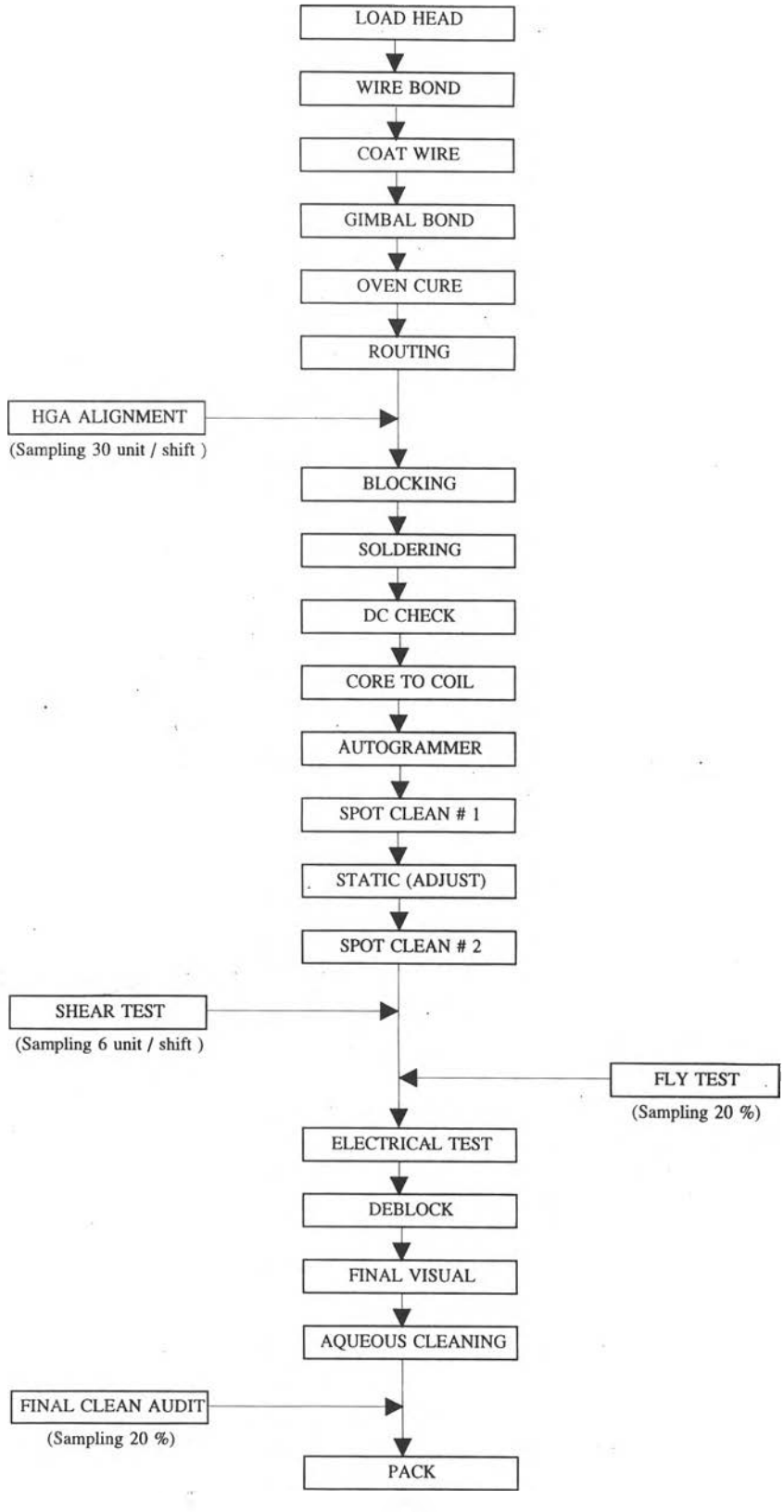
กระบวนการผลิตHGAรุ่นที่เลือกสำหรับงานวิจัยนี้ จะประกอบด้วย 23 ขั้นตอน ดังแสดงในรูปที่ 3.7 มี 19 ขั้นตอนที่ผลิตภัณฑ์ HGA ทุกตัวต้องผ่านในกระบวนการผลิตและ 4 ขั้นตอนที่เป็นการสุ่มเพื่อทดสอบคุณสมบัติของชิ้นงาน โดยอาจจะมีการทดสอบแบบทำลายชิ้นงาน

ในแต่ละขั้นตอนการผลิตจะใช้คนเป็นผู้ประกอบชิ้นงาน โดยอาศัยฟิกเจอร์ชนิดต่างๆ เป็นตัวช่วยจับยึดชิ้นงานซึ่งมีขนาดเล็กและกำหนดตำแหน่งที่ถูกต้องในการประกอบ ค่าความถูกต้องและแม่นยำของการประกอบชิ้นส่วนเข้าด้วยกันเป็นสิ่งสำคัญมาก ตำแหน่งของส่วนประกอบเคลื่อนที่ไปเพียงเล็กน้อยก็จะส่งผลให้ชิ้นงานใช้ไม่ได้

การประกอบชิ้นส่วนเข้าด้วยกันจำเป็นต้องประกอบภายใต้กล้องกำลังขยาย 30 เท่า เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีขนาดเล็ก และการตรวจสอบเช็คข้อบกพร่องต่างๆบนชิ้นงานไม่สามารถมองด้วยตาเปล่าได้ชัดเจน ในขณะเดียวกันสภาพแวดล้อมการผลิตจำเป็นต้องถูกควบคุมให้อยู่ภายใต้อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และจำนวนฝุ่นละอองที่เหมาะสม ดังนั้นทุกขั้นตอนการผลิตจะอยู่ในห้องสะอาดหรือ Clean Room และยิ่งไปกว่านั้น คือ ผลิตภัณฑ์ HGA จะไวต่อประจุไฟฟ้าสถิตอย่างมาก ด้วยประจุเพียงเล็กน้อยสามารถทำให้ชิ้นงานเสียได้ ดังนั้น ในขณะที่พนักงานทำการผลิตจำเป็นจะต้องใส่สายรัดข้อมือเพื่อถ่ายประจุจากพนักงานลงกราวด์ไม่ให้ทำลายชิ้นงาน พนักงานต้องสวมชุดปกปิดหรือเรียกว่าสม้อก และถุงมือ ผ้าปิดปาก ถุงรองเท้า เพื่อป้องกันการสัมผัสกับชิ้นงานโดยตรง และเพื่อการควบคุมฝุ่นละออง ความสะอาด และความชื้น

3.1.1 รายละเอียดของขั้นตอนการผลิตHGA

กระบวนการผลิตทั้ง 23 ขั้นตอน มีรายละเอียด พอสังเขปดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.7 ขั้นตอนต่างๆในกระบวนการผลิต HGA

ขั้นตอนที่ 1	LOAD HEAD	เป็นการนำชิ้นส่วนที่ 1 คือ Slider ใส่ลงในฟิ๊กเจอร์พาหะ ชื่อ Jit Tool เพื่อนำไปประกอบในขั้นตอนถัดไป
ขั้นตอนที่ 2	WIRE BOND	เป็นการนำชิ้นส่วนที่ 2 คือ WIRE มาเชื่อมติดกับ Slider ซึ่งใส่อยู่ในฟิ๊กเจอร์ พาหะ Jit Tool ใช้เครื่องอุลตร้าโซนิค เป็นอุปกรณ์เชื่อม
ขั้นตอนที่ 3	COAT WIRE	เป็นการนำกาวอีป๊อกซี่มาทาทับบริเวณตำแหน่งที่สายไฟถูกเชื่อมติดกับ Slider ในสถานีงานที่ 2 เพื่อให้จุดเชื่อมมีความแข็งแรงและป้องกันไม่ให้บริเวณเชื่อมสัมผัสกับอากาศ เพื่อป้องกันการเกิดออกซิเดชั่น
ขั้นตอนที่ 4	GIMBAL BOND	เป็นการนำชิ้นส่วนที่ 3 คือ Flexure มาประกอบติดกับหัวอ่านที่ผ่านการเชื่อมสายไฟแล้ว การประกอบ Flexure จะใช้กาวอีป๊อกซี่ทาที่ตำแหน่งที่กำหนดบน Flexure และประกบติดกับ Slider ตามตำแหน่งที่กำหนดและส่งเข้าอบในเตาอบระบบสายพาน เพื่อให้กาวอีป๊อกซี่แห้งสนิท
ขั้นตอนที่ 5	OVEN CURE	นำชิ้นงานเข้าเตาอบ เพื่อให้กาวอีป๊อกซี่แห้ง
ขั้นตอนที่ 6	ROUTING	เป็นการจัดสายไฟที่เชื่อมจาก Slider มาวางในตำแหน่งที่ถูกต้องบน Flexure และถอดชิ้นงานที่ประกอบอยู่ในรูปของ HGA ออกจากฟิ๊กเจอร์พาหะ (Jit Tool) นำชิ้นงานใส่ในภาชนะที่จัดไว้ และ Jit Tool จะถูกส่งกลับไปยังสถานีงานที่ 1
ขั้นตอนที่ 7	HGA ALIGNMENT	เป็นการวัดค่า แนวการวางตัว(Alignment) ของตัวชิ้นงาน เป็นการสุ่มวัดประมาณ 2%
ขั้นตอนที่ 8	BLOCKING	เป็นการนำชิ้นงานที่ผ่านสถานีงานที่ 6 เรียบร้อยแล้วมาประกอบติดบนฟิ๊กเจอร์พาหะตัวใหม่ ชื่อ Test Block โดยการใช้สกูรไขยึดชิ้นงานติดกับฟิ๊กเจอร์พาหะ

ขั้นตอนที่ 9	SOLDERING	เป็นการบัดกรีสายไฟจากตัวชิ้นงานให้ติดกับตัวฟิ๊กเจอร์พาหะ เพื่อให้กระแสไฟสามารถผ่านได้ครบวงจร พร้อมสำหรับสถานีงานถัดไปที่จะทำการทดสอบค่าทางไฟฟ้า
ขั้นตอนที่ 10	DC TEST	เป็นการทดสอบว่าการเชื่อม HGA ติดกับฟิ๊กเจอร์พาหะชื่อ Test Block ดีหรือไม่
ขั้นตอนที่ 11	CORE TO COIL TEST	เป็นการทดสอบคุณสมบัติทางไฟฟ้าของหัวอ่าน
ขั้นตอนที่ 12	AUTOGRAMMER	เป็นการวัดค่าแรงยืดหยุ่นของตัวชิ้นงาน Flexure ซึ่งเป็นส่วนประกอบของชิ้นงาน จะเป็นเสมือนสปริงแผ่นซึ่งจะมีความยืดหยุ่นและสั่นในขณะที่หัวอ่านบินเหนือแผ่นฮาร์ดดิกส์ สถานีงานนี้จึงวัดและปรับค่าแรงยืดหยุ่นของชิ้นงานให้อยู่ในช่วงที่กำหนด
ขั้นตอนที่ 13	STATIC ROLL ADJUST	เป็นการวัดค่าความถูกต้องของการประกอบหัวอ่านบน Flexure ว่าการวางตัวอยู่ในมุมบนระนาบที่อาศัยหลักการสะท้อนของแสงเข้าช่วยในการวัด
ขั้นตอนที่ 14,15	SPOT CLEAN #1,#2	เป็นการทำความสะอาดชิ้นงาน จัดลักษณะของสายไฟและตรวจดูรอยตำหนิข้อบกพร่องต่างๆ บนตัวชิ้นงาน
ขั้นตอนที่ 16	SHEAR TEST	เป็นการทดสอบวัดค่าความแข็งแรงของชิ้นงาน ตรงส่วนที่ Slider ติดกับ Flexure ว่าจุดเชื่อมด้วยกาวแข็งแรงพอตามที่กำหนดหรือไม่ เป็นการทดสอบแบบทำลาย
ขั้นตอนที่ 17	FLY TEST	เป็นการวัดระดับความสูงของหัวอ่านเหนือแผ่นฮาร์ดดิสก์ ว่า อยู่ในระยะที่กำหนดหรือไม่
ขั้นตอนที่ 18	ELECTRICAL TEST	เป็นการวัดคุณสมบัติของหัวอ่านทางไฟฟ้าที่เกี่ยวข้องกับการอ่านข้อมูลจากแผ่นฮาร์ดดิสก์ และการบันทึกข้อมูลลงแผ่นฮาร์ดดิสก์ รวมทั้งคุลักษณะของสัญญาณทางแม่เหล็กและการตอบสนองต่าง ๆ เช่น ความสูงของค่าแอมปลิจูด ความกว้างของช่วงคลื่น

ขั้นตอนที่ 19	DEBLOCK	เป็นการนำตัวชิ้นงานออกจากฟิกเจอร์พาหะชื่อ Test Block หลังจากผ่านสถานีงานที่ 18 แล้ว
ขั้นตอนที่ 20	FINAL VISUAL	เป็นการตรวจสอบชิ้นงานขั้นสุดท้ายด้วยกล้องกำลังขยาย 30 เท่า เพื่อตรวจสอบความเรียบร้อย
ขั้นตอนที่ 21	AQUEOUS CLEAN	เป็นการล้างชิ้นงานในเครื่องล้างระบบอัตโนมัติด้วยน้ำ Deionizing water
ขั้นตอนที่ 22	FINAL CLEAN AUDIT	เป็นการตรวจสอบแบบสุ่มชิ้นงานเพื่อเช็คความสะอาดหลังจากผ่านการล้างในสถานีงานที่ 21
ขั้นตอนที่ 23	PACKING	เป็นการบรรจุชิ้นงานลงภาชนะเบื้องต้นเพื่อส่งออกจากสายผลิตไปสู่คลังเก็บ

จากขั้นตอนทั้งหมด 23 ขั้นในกระบวนการผลิตนั้น ในขั้นตอนที่ 7 HGA Alignment ,ขั้นตอนที่ 17 FLY TEST และขั้นตอนที่ 22 FINAL CLEAN AUDIT เป็นการสุ่มชิ้นงานมาเพื่อทำการตรวจสอบคุณสมบัติ ส่วนในขั้นตอนที่ 16 เป็นการทดสอบคุณสมบัติของชิ้นงานเช่นเดียวกันแต่เป็นการทดสอบแบบทำลาย ชิ้นงานที่นำมาทดสอบจะต้องเสียหายไป จึงสามารถใช้ชิ้นงานเป็นงานเสียมาทดสอบได้เพราะเป็นการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของกาวอีป็อกซี่ที่ใช้ยึดชิ้นส่วนเข้าด้วยกัน

3.1.2 <u>ลักษณะของสายการผลิต</u>

สายการผลิตHGAในโรงงานตัวอย่างนี้จัดอยู่ในลักษณะสายงานประกอบ (Assembly line) โดยแบ่งออกเป็นเซลย่อยๆ ในแต่ละเซลสายการผลิตจะจัดสถานีงานเรียงตามขั้นตอนของกระบวนการผลิต โดยเริ่มจากขั้นตอนแรก คือ LOAD HEAD จนถึงขั้นตอนสุดท้ายคือ PACK อย่างไรก็ตามมีบางขั้นตอนของกระบวนการผลิตที่สามารถใช้เครื่องจักรร่วมกับ HGA รุ่นอื่นได้จะถูกแยกออกจากเซลสายการผลิตไปจัดไว้ที่ศูนย์กลางเพื่อใช้ร่วมกันระหว่างการผลิต HGA ในหลายๆ รุ่น

แต่ละเซลสายการผลิตจะถูกจัดวางด้วยพื้นที่เท่ากันเป็นมาตรฐาน ถึงแม้ว่าจะเป็นการผลิตผลิตภัณฑ์ HGA ที่ต่างรุ่นกัน แต่จำนวนขั้นตอนในกระบวนการผลิตจะไม่แตกต่างกันมากนัก ทำให้พื้นที่ของแต่ละเซลสายการผลิตที่วางไว้ในปัจจุบัน สามารถใช้ในการผลิต HGA ในรุ่นหลากหลายได้ แต่อาจจะต้องมีการสับเปลี่ยนการวางสถานีงานในตำแหน่งที่แตกต่างกัน เพื่อให้สอดคล้องกับกระบวนการผลิตของ HGA รุ่นนั้น

จำนวนสถานีงานที่จัดไว้ในแต่ละเซลสายการผลิตได้มาจากการคำนวณจัดสมดุลสายการผลิตเพื่อให้สามารถผลิตชิ้นงานได้ตามรอบเวลาที่กำหนด และมีความสมดุลของกำลังการผลิตในทุก ๆ ขั้นตอนงานมากที่สุด จำนวนสถานีงานทั้งหมดจะต้องสามารถถูกจัดวางลงในพื้นที่ของแต่ละเซลที่มีอยู่จำกัดได้ ทุกครั้งที่มีการจัดสมดุลสายการผลิตจะต้องคำนึงถึงพื้นที่เป็นสิ่งสำคัญ

การเพิ่มกำลังการผลิตของ HGA แต่ละรุ่นก็หมายถึง การเพิ่มจำนวนเซลสายการผลิตนั่นเอง การเพิ่มจำนวนเซลสายการผลิต ก่อให้เกิดการลงทุนเพิ่มในเครื่องจักรอุปกรณ์การผลิต ดังนั้น สิ่งสำคัญที่วิศวกรอุตสาหกรรมต้องทำคือ ประเมินหากำลังการผลิตที่สูงสุดของแต่ละเซลสายการผลิตว่าเป็นเท่าใด เพื่อให้มีการเพิ่มจำนวนเซลน้อยที่สุด และศึกษาว่าควรจะจัดวางสถานีงานอย่างไรจึงจะพอดีกับพื้นที่การผลิตที่มีอยู่ในปัจจุบัน

พื้นที่ของเซลสายการผลิตในปัจจุบันไม่สามารถขยายเพิ่มเติมได้ เนื่องจากข้อจำกัดเกี่ยวกับผังโรงงานที่ถูกออกแบบและกำหนดไว้ตั้งแต่เริ่มโรงงาน พื้นที่ของแต่ละเซลสายการผลิตปัจจุบันถูกวางไว้ที่ 83 ตารางเมตร

ขั้นตอนการผลิตที่สถานีงานถูกจัดไว้ในเซลสายการผลิต ประกอบด้วย

ขั้นตอนที่ #	ขั้นตอนการผลิต	จำนวนสถานีงานในเซลการผลิตในปัจจุบัน
# 1	LOAD HEAD	2
# 2	WIRE BOND	2

# 3	COAT WIRE	3
# 4	GIMBAL BOND	3
# 5	OVEN CURE	1
# 6	ROUTING	4
# 8	BLOCKING	2
# 9	SOLDERING	3
# 10	DC TEST	1
# 11	CORE TO COIL TEST	1
# 12	AUTOGRAMMER	2
# 13	STATIC ROLL	1
# 14,15	SPOT CLEAN	4
# 19	DEBLOCK	2
# 20	FINAL VISUAL	4
# 22	FINAL CLEAN AUDIT	1
# 23	PACKING	1

ขั้นตอนการผลิตที่สถานีงานถูกจัดไว้ที่ศูนย์กลาง นอกเซลสายการผลิต เพื่อใช้ร่วมกับการผลิต HGA รุ่นอื่น ๆประกอบด้วย

ขั้นตอนที่	ชื่อขั้นตอน
# 7	HGA ALIGNMENT
# 16	SHEAR TEST
# 17	FLY TEST
# 18	ELECTRICAL TEST
# 21	AQUEOUS CLEANING

แต่ละเซลสายการผลิตของผลิตภัณฑ์ HGA รุ่นเดียวกันจะมีการวางผังสถานีงานเหมือนกันทุกประการ ในกรณีที่ความต้องการรุ่นนั้นลดลง เซลสายการผลิตก็จะถูกจัดสถานีงาน

ใหม่ให้สอดคล้องกับกระบวนการผลิตของ HGA รุ่นใหม่ ที่จะไปใช้เซลสายการผลิตนั้น ๆ ในกรณีที่กระบวนการผลิตเหมือนกัน ก็อาจจะใช้เซลสายการผลิตนั้นได้โดยไม่ต้องมีการจัดผังใหม่ อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ผลิตภัณฑ์ HGA ทั้งสองจะมีขั้นตอนการผลิตเหมือนกันทุกประการ แต่ก็อาจจะต้องการจำนวนสถานีงานในแต่ละขั้นตอนการผลิตแตกต่างกัน เนื่องจากรายละเอียดการทำงานของแต่ละขั้นตอนการผลิตของHGA แต่ละรุ่นมีความแตกต่างกันตั้งแต่น้อยมากจนถึงแตกต่างอย่างมาก วิศวกรผู้จัดวางสายการผลิต จึงต้องรู้ถึงรายละเอียดของHGA แตละรุ่นอย่างดีพอ

การผลิตจะเริ่มจากขั้นตอนแรกคือ LOAD HEAD ในเซลสายการผลิต และส่งต่อไปยังสถานีงานถัดไป ซึ่งถูกวางผังให้เรียงตามลำดับของกระบวนการผลิต เมื่อถึงขั้นตอนการผลิตที่ต้องแยกออกไปทำยังสถานีงานที่เป็นศูนย์กลาง ก็จะมีพนักงานโดยเฉพาะคอยยกงานไปส่งยังสถานีงานนั้น และยกกลับเข้ามาคืนในเซลสายการผลิตเมื่อทดสอบเสร็จ ลักษณะงานจะเป็นเช่นนี้จนถึงขั้นตอนสุดท้าย คือ PACK หลังจากนั้นจึงทำการส่งชิ้นงานที่บรรจุเรียบร้อยส่งกลับในระบบสายพานลำเลียงไปสู่ห้องเก็บ

3.1.3 เครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิต

ในแต่ละขั้นตอนการผลิตจะประกอบด้วยสถานีงานย่อย ซึ่งจำนวนสถานีงานย่อยที่จัดวางไว้ได้จากการทำสมดุลสายการผลิต จำนวนเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนการผลิต จะเท่ากับจำนวนสถานีงาน

อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตโดยส่วนใหญ่จะเป็นประเภทจิ๊กและฟิ๊กเจอร์ ซึ่งต้องทำมาเป็นพิเศษภายใต้ข้อกำหนดรายละเอียด (Specification) ที่เคร่งครัด สามารถแบ่งประเภทของฟิ๊กเจอร์ที่ใช้ได้ดังต่อไปนี้

1. ฟิ๊กเจอร์ประเภทพาหะ เป็นฟิ๊กเจอร์ที่ใช้จับยึดชิ้นงานและจะถูกเคลื่อนย้ายไปพร้อมกับชิ้นงาน เพื่อไปประกอบตามขั้นตอนต่าง ๆ ในแต่ละสถานีงาน มีอยู่ 2 ชนิด คือ

ก. ฟิ๊กเจอร์ ชื่อ Jit Tool จะทำหน้าที่เป็นฟิ๊กเจอร์พาหะตั้งแต่ขั้นตอนที่ 1 (LOAD HEAD) จนถึงขั้นตอนที่ 5 ในสายการผลิตส่วนหน้า ชิ้นงานจะถูกถอดออกจาก Jit Tool และวนกลับไปใช้ใหม่ที่สถานีงานที่ 1 โดยใช้ระบบสายพานลำเลียง

ข. ฟิ๊กเจอร์ ชื่อ Test Block จะทำหน้าที่เป็นฟิ๊กเจอร์พาหะตั้งแต่ขั้นตอนที่ 6 (BLOCKING) จนถึงขั้นตอนที่ 18 ในสายการผลิตส่วนหลัง ชิ้นงานจะถูกถอดออกจาก Test Block และวนกลับไปใช้ใหม่ที่ขั้นตอนที่ 6 โดยใช้คนงานเป็นผู้ยกกลับไป

2. ฟิ๊กเจอร์ประเภทอยู่ประจำสถานีงานผลิต จะทำหน้าที่จับยึดตัวฟิ๊กเจอร์พาหะให้อยู่ในตำแหน่งที่ต้องการเพื่อประกอบชิ้นส่วนหรือวัตถุประสงค์อื่น ๆ ตามลักษณะงานของแต่ละสถานีงานโดยเฉพาะ

นอกจาก ฟิ๊กเจอร์ทั้งสองประเภทแล้ว ยังมีเครื่องจักรและอุปกรณ์อื่นที่ใช้ในการผลิตอีกมากมาย ซึ่งแสดงรายละเอียด ดังต่อไปนี้

ขั้นตอนการผลิตที่ 1 : LOAD HEAD

อุปกรณ์และฟิ๊กเจอร์ที่ใช้

1. กล้องกำลังขยาย 30 เท่า
2. ฟิ๊กเจอร์ชื่อ Head Loader
3. ฟิ๊กเจอร์พาหะ ชื่อ Jit Tool
4. ตัวจับชิ้นงาน
5. ถาดสำหรับใส่ Jit Tool ทีละ 5 ตัว

ขั้นตอนการผลิตที่ 2 : WIRE BOND

อุปกรณ์และฟิ๊กเจอร์ที่ใช้

1. เครื่องเชื่อมเส้นสายไฟระบบอุลตร้าโซนิค ภายใต้กล้องกำลังขยาย 30 เท่า

ขั้นตอนการผลิตที่ 3 : COAT WIRE

อุปกรณ์และฟิ๊กเจอร์ที่ใช้

1. กล้องกำลังขยาย 30 เท่า
2. ฟิ๊กเจอร์ชื่อ Coating nest
3. เครื่องควบคุมขนาดหยดของกาวอีป๊อกซี่
4. เข็มและชุดอุปกรณ์บรรจุกาวอีป๊อกซี่
5. เข็มปลายแหลมสำหรับจัดตำแหน่งสายไฟ

ขั้นตอนการผลิตที่ 4 : GIMBAL BOND

อุปกรณ์และฟิ๊กเจอร์ที่ใช้

1. กล้องกำลังขยาย 30 เท่า
2. ฟิ๊กเจอร์ชื่อ Flipper
3. เครื่องควบคุมขนาดหยดของกาวอีป๊อกซี่
4. เข็มและชุดอุปกรณ์บรรจุกาวอีป๊อกซี่

ขั้นตอนการผลิตที่ 5 : OVEN CURE

อุปกรณ์และฟิ๊กเจอร์ที่ใช้

1. เตาอบระบบสายพานเคลื่อนที่
2. พัดลมสำหรับเป่าชิ้นงานให้เย็นตัวหลังการอบ

ขั้นตอนการผลิตที่ 6 : WIRE ROUTING

อุปกรณ์และฟิ๊กเจอร์ที่ใช้

1. กล้องกำลังขยาย 30 เท่า
2. ฟิ๊กเจอร์ชื่อ Routing fixture
3. ปากคีบสำหรับจับสายไฟ

ขั้นตอนการผลิตที่ 7 : HGA ALIGNMENT

อุปกรณ์และฟิ๊กเจอร์ที่ใช้

1. เครื่อง Profile projector

ขั้นตอนการผลิตที่ 8 : BLOCKING

อุปกรณ์และฟิ๊กเจอร์ที่ใช้

1. ฟิ๊กเจอร์พาหะชื่อ Test Block
2. ฟิ๊กเจอร์ชื่อ Blocking alignment
3. สกรูไดร์ฟเวอร์ชนิดปรับค่าแรงบิดได้
4. ถาดใส่สกรู
5. ปากคีบ

ขั้นตอนการผลิตที่ 9 : SOLDERING

อุปกรณ์และฟิ๊กเจอร์ที่ใช้

1. กล้องกำลังขยาย 30 เท่า
2. ชุดอุปกรณ์การบัดกรี หัวแร้ง เครื่องควบคุมอุณหภูมิ
3. ฟิ๊กเจอร์ ชื่อ Soldering fixture
4. ปากคีบ
5. อุปกรณ์ดูดควันตะกั่ว

ขั้นตอนการผลิตที่ 10 : DC TEST

อุปกรณ์และฟิ๊กเจอร์ที่ใช้

1. ฟิ๊กเจอร์ชื่อ DC fixture
2. มัลติมิเตอร์

ขั้นตอนการผลิตที่ 11 : CORE TO COIL TEST

อุปกรณ์และฟิ๊กเจอร์ที่ใช้

1. ฟิกเจอร์ชื่อ Core to coil fixture
2. เครื่องวัดค่า Core to coil

ขั้นตอนการผลิตที่ 12 : AUTOGRAMMER

อุปกรณ์และฟิกเจอร์ที่ใช้

1. เครื่อง Autogrammer สำหรับวัดค่าภาวะบนตัวชิ้นงาน
2. คอมพิวเตอร์ควบคุมการทำงานของ Autogrammer

ขั้นตอนการผลิตที่ 13 : STATIC ROLL ADJUST

อุปกรณ์และฟิกเจอร์ที่ใช้

1. ฟิกเจอร์ชื่อ Angle block
2. อุปกรณ์กำเนิดเลเซอร์และตู้มืดพร้อมอุปกรณ์สะท้อนแสง
3. ฉากรับแสงสะท้อน
4. แว่นตา UV ป้องกันแสงสะท้อน

ขั้นตอนการผลิตที่ 14,15 : SPOT CLEAN

อุปกรณ์และฟิกเจอร์ที่ใช้

1. กล้องกำลังขยาย 30 เท่า
2. ฟิกเจอร์ชื่อ Spot clean fixture
3. ชุดอุปกรณ์ทำความสะอาดชิ้นงาน
4. เข็มปลายแหลมสำหรับจัดสายไฟ

ขั้นตอนการผลิตที่ 16 : SHEAR TEST

อุปกรณ์และฟิกเจอร์ที่ใช้

1. เครื่องวัดแรงเค้นบนชิ้นงาน

ขั้นตอนการผลิตที่ 17 : FLY TEST

อุปกรณ์และฟิ๊กเจอร์ที่ใช้

1. เครื่อง Fly tester วัดความสูงของหัวอ่านขณะบินเหนือแผ่นดิสก์

ขั้นตอนการผลิตที่ 18 : ELECTRICAL TESTER

อุปกรณ์และฟิ๊กเจอร์ที่ใช้

1. เครื่อง Electrical tester สำหรับวัดค่าฟังก์ชั่นทางไฟฟ้าแม่เหล็กของการอ่านและบันทึก

ขั้นตอนการผลิตที่ 19 : DEBLOCK

อุปกรณ์และฟิ๊กเจอร์ที่ใช้

1. สกรูไดร์ฟเวอร์
2. กรรไกรเล็กสำหรับตัดสายไฟ
3. ฟิ๊กเจอร์ชื่อ Deblock fixture

ขั้นตอนการผลิตที่ 20 : FINAL UISUAL

อุปกรณ์และฟิ๊กเจอร์ที่ใช้

1. กล้องกำลังขยาย 30 X
2. ชุดอุปกรณ์ทำความสะอาดชิ้นงาน

ขั้นตอนการผลิตที่ 21 : AQUEOUS CLEAN

อุปกรณ์และฟิ๊กเจอร์ที่ใช้

1. เครื่องล้างชิ้นงานด้วยน้ำสะอาดปราศจากสาร CFC
2. ตระกร้าสำหรับใส่ชิ้นงาน
3. ถาดสำหรับใส่ตัวชิ้นงาน

ขั้นตอนการผลิตที่ 22 : FINAL CLEAN AUDIT

อุปกรณ์และฟิ๊กเจอร์ที่ใช้

1. กล้องกำลังขยาย 30 เท่า

ขั้นตอนการผลิตที่ 23 : PACK

อุปกรณ์และฟิ๊กเจอร์ที่ใช้

1. เครื่องบรรจุระบบสูญญากาศ

3.2 การจำแนกประเภทของงาน

จากการศึกษาวิธีการทำงานโดยละเอียดของทั้ง 23 ขั้นตอน ในกระบวนการผลิต HGA นั้น พบว่า งานถูกแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

ประเภทที่ 1 เวลาที่ใช้ในการทำงานของขั้นตอนการผลิตนั้น ๆ ขึ้นอยู่กับอัตราเร็วในการทำงานของคน ดังนั้น งานประเภทนี้จะต้องอาศัยความสามารถ ความชำนาญและประสบการณ์ของพนักงานเป็นหลัก ซึ่งวิธีการทำงานและเวลาการทำงานต่อชิ้นจะเปลี่ยนแปลงไปอยู่ตลอดเวลา ทำให้มีค่าความแปรปรวนของเวลาในการทำการผลิตต่อชิ้นสูง พนักงานแต่ละคนอาจจะมีอัตราเร็ว ความสามารถเฉพาะตัวในการทำงานที่แตกต่างกัน และยิ่งไปกว่านั้นจะขึ้นอยู่กับ สภาพอารมณ์ สภาพร่างกายและความตั้งใจในการทำงานของพนักงานด้วย

ประเภทที่ 2 เวลาที่ใช้ในการทำงานของขั้นตอนการผลิตนั้น ๆ ขึ้นอยู่กับเวลาของเครื่องจักร พนักงานเพียงแต่ทำหน้าที่ป้อนชิ้นงานเข้าและนำชิ้นงานออกจากเครื่องจักรเท่านั้น งานประเภทนี้ จึงมีเวลาต่อชิ้นงานค่อนข้างคงที่ ไม่ค่อยพบความแปรปรวนในขั้นตอนการผลิตที่มีวิธีการทำงานจัดอยู่ในประเภทที่ 2 นี้ อย่างไรก็ตาม ขั้นตอนการผลิตที่จัดอยู่ในประเภทนี้ มีค่อนข้างน้อยเมื่อเทียบกับประเภทที่ 1

งานโดยส่วนใหญ่ของแต่ละขั้นตอนในกระบวนการผลิต HGA นั้นจะเป็นประเภทที่ 1 ดังนั้น จึงจำเป็นการยากที่จะควบคุมไม่ให้เกิดความแปรปรวนของเวลามาตรฐานต่อชิ้นในการผลิต ถึงแม้จะทำงานด้วยพนักงานคนเดิม ในสภาพอารมณ์และร่างกายและต่างเวลากัน ความแปรปรวนของเวลาทำงานต่อชิ้นก็ยังมี

การผลิต HGA ในแต่ละขั้นตอนการผลิตนั้น จะใช้เวลาเพียงสั้น ๆ ในหน่วยของวินาทีหรือเรียกว่าเป็น Short cycle ดังนั้น จึงเป็นการยากที่จะหาค่าเวลามาตรฐานที่เป็นตัวแทนของขั้นตอนการผลิตนั้น ๆ

ขั้นตอนการผลิตที่จัดเป็นงานประเภทที่ 1 มีดังต่อไปนี้ LOAD HEAD, WIRE BOND, COAT WIRE, GIMBAL BOND, ROUTING, BLOCKING, SOLDERING, DC TEST, CORE TO COIL TEST, AUTOGRAMMER, SPOT CLEAN #1, SPOT CLEAN #2 , STATIC ROLL #1, STATTIC ROLL #2, DEBLOCK, FINAL VISUAL, FINAL CLEAN AUDIT, และ PACKING

ขั้นตอนการผลิตที่จัดเป็นงานประเภทที่ 2 มีดังต่อไปนี้ HGA ALIGNMENT , FLY TEST, ELECTRICAL TEST, SHEAR TEST และ AQUEOUS CLEANING

ด้วยวิธีการหาเวลามาตรฐานการทำงานในปัจจุบัน จะใช้วิธีนาฬิกาจับเวลาทำให้เป็นการยากที่จะหาข้อสรุปว่า ค่าใดควรจะเป็นค่าของเวลามาตรฐานที่เป็นตัวแทนของขั้นตอนการผลิตนั้น ๆ ดังตัวอย่างเช่น ในขั้นตอนการผลิตที่ 3 GIMBAL BOND ซึ่งใช้คนงาน 3 คน เมื่อทำการจับเวลา พบว่า ได้ค่าเวลามาตรฐานของแต่ละคนแตกต่างกัน ถึงแม้จะมีค่าใกล้เคียงกันก็จะเป็นการยากที่จะตัดสินว่า จะใช้ค่าใดเป็นมาตรฐานของขั้นตอนการผลิตนั้น ๆ ในทำนองเดียวกันการใช้คนทำงานจำเป็นต้องมีช่วงเวลาของการเรียนรู้งาน (Learning Curve) ดังนั้น ความชำนาญของพนักงานจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ การใช้วิธีนาฬิกาจับเวลา ก็จะให้ค่าเวลามาตรฐานที่ต่างกันในช่วงเวลาที่ต่างกันของการศึกษาเวลาการทำงาน และเป็นการยากที่จะกำหนดว่าจุดสูงสุดจะหยุดอยู่ที่

จุดใด ดังนั้นการใช้เวลาสังเคราะห์ที่ได้จากวิธี MTM-2 น่าจะเป็นค่าที่สามารถช่วยบอกได้ว่าเวลาของงานนั้น ๆ ภายใต้การเคลื่อนไหวประเภทไหนควรมีค่ามาตรฐานเป็นเท่าใด

ในการวิจัยนี้ ผู้ศึกษาจึงทำการศึกษาหาเวลามาตรฐานในการทำงานเฉพาะลักษณะงานที่จัดเป็นงานประเภทที่ 1 ซึ่งมีค่าความแปรปรวนของเวลาค่อนข้างสูง เพื่อหาค่าเวลามาตรฐานการทำงานเพียงค่าเดียว เป็นการแก้ไขปัญหาดังกล่าวข้างต้น