หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

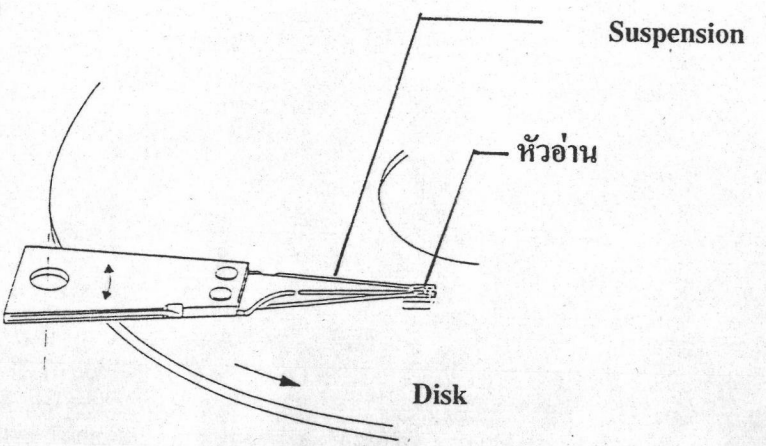
บทที่ 2

อุตสาหกรรม Suspension

2.1 ลักษณะของผลิตภัณฑ์

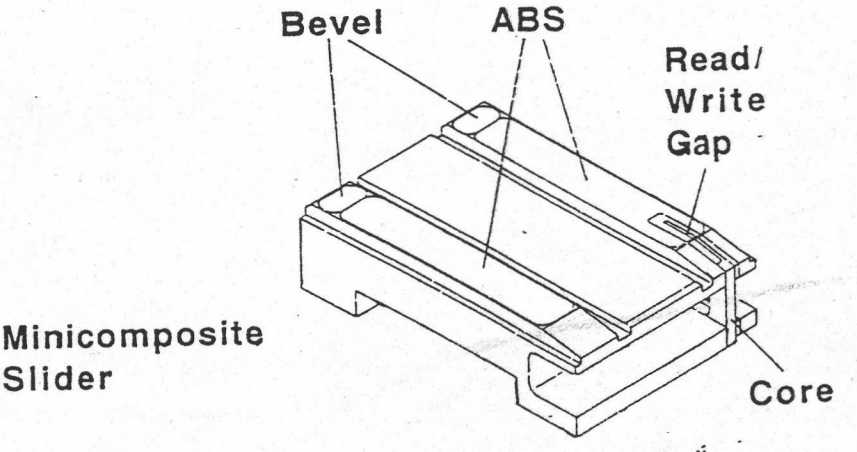
ผลิตภัณฑ์ที่เรียกว่า Suspension หรือ ที่ยึดหัวอ่านในฮาร์ดดิสไดร์สนั้น เป็ นผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจากแผ่นเหล็กสแตนเลส SUS 304 HTA ซึ่งเป็นเหล็กที่มีส่วนผสมของ โครเมียมสูงถึง 18 % ดังนั้นจึงมีความสามารถต้านทานการเกิดสนิม (Oxidation) ได้เป็นอย่างดีนอกจากนั้นยังให้แรงสปริง Stiffness ได้เป็นอย่างดีด้วยดังนั้นผลิตภัณฑ์ Suspension ที่ผลิตเพื่อใช้ในฮาร์ดดิสไดร์สในทั่วโลก มักจะใช้เหล็กสแตนเลส ชนิด SUS 302 หรือ SUS 304 เป็นหลักเนื่องจากคุณสมบัติดังกล่าว

ผลิตภัณฑ์ Suspension เป็นส่วนที่ยึดหัวอ่าน (Recording head) ในฮาร์ดดิสไดร์ส โดยจะเป็นส่วนที่ยึดหัวอ่านเพื่อให้หัวอ่านเคลื่อนที่อยู่บนผิวหน้าของแผ่นฮาร์ดดิส เวลาแผ่นฮาร์ดดิสหมุนที่ความเร็ว 3600 รอบต่อนาทีดังแสดงในรูปที่ 2.1

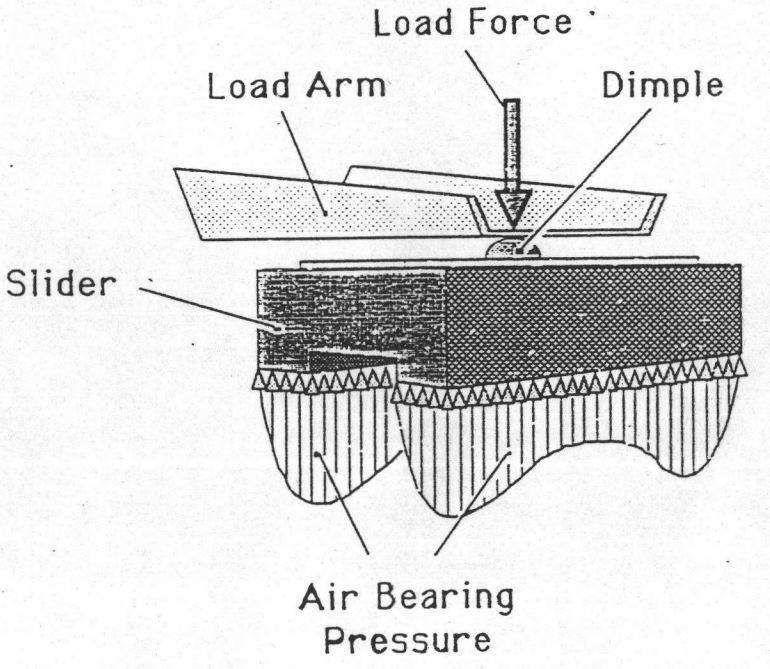


รูปที่ 2.1 แสดงการยึดหัวอ่านกับ Suspension ในฮาดร์ดิสไดร์ส

หัวอ่านจะถูกออกแบบให้มีลักษณะเป็นแท่งสี่เหลี่ยมแล้วทำมุม (Bevel) เพื่อให้เกิดแรงยก ดังแสดงในรูปที่ 2.2 แรงยกนี้จะทำการยกหัวอ่านในขณะที่เคลื่อนที่บนผิวหน้าของแผ่นฮาร์ดดิส แสดงในรูปที่ 2.3 ขณะที่แผ่นหมุนลักษณะเช่นนี้เราเรียกว่า Flying คือหัวอ่านจะเห็นอยู่บนผิวหน้าของแผ่นฮาร์ดดิส ที่ระยะความสูง (Flying height) ที่ประมาณ 6 μ“ (.000006 นิ้ว)

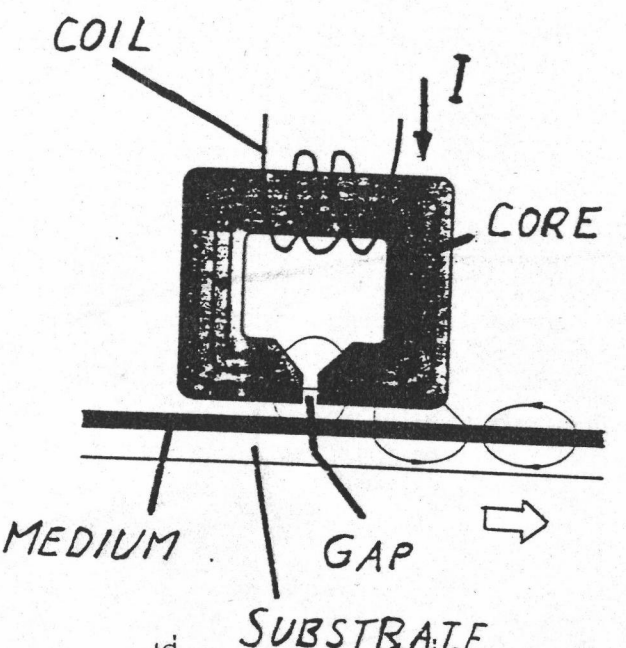


รูปที่ 2.2 แสดงภาพหัวอ่าน



รูปที่ 2.3 แสดงแรงยกขณะหัวอ่านเคลื่อนตัวบนแผ่นดิส

การวัดระยะความสูง Flying height นี้จะใช้แสงวัดแล้วดูการสะท้อนและเบี่ยงเบนเป็นส่วนสำคัญดังนั้น หัวอ่านสามารถที่จะบินอยู่เหนือผิวหน้าของแผ่นฮาร์ดดิสได้โดยไม่ทำให้เกิดรอยขูดขีดบนผิวหน้าของแผ่นฮาร์ดดิสได้ การที่ต้องออกแบบให้หัวอ่านบินอยู่บนผิวหน้าของแผ่นฮาร์ดดิส เพราะบนผิวหน้าของแผ่นฮาร์ดดิส จะมีการเคลือบด้วยสารที่ เป็นตัวนำของสนามแม่เหล็กเพราะการบันทึกลงไปบนผิวหน้าของแผ่นดิสจะใช้การเหนี่ยวนำให้เกิดสนามแม่เหล็ก ซึ่งสนามแม่เหล็กเมื่อถูกบันทึกลงไปแล้ว ก็ยังคงสภาพอยู่ได้โดยไม่เปลี่ยนแปลงดังนั้นเมื่อเราต้องการที่จะอ่านข้อมูล ที่ได้บันทึกลงไปก็สามารถที่จะทำได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.4

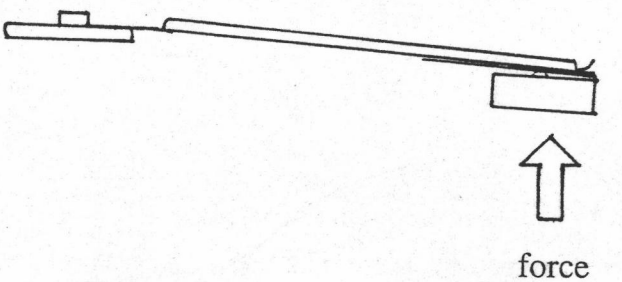


รูปที่ 2.4 สนามแม่เหล็กที่เกิดจากการอ่านและเขียน

ลักษณะของการอ่านและเขียนข้อมูลโดยใช้สนามแม่เหล็กบันทึกลงไปบนผิวหน้าของแผ่นฮาร์ดดิสและจะกระทำโดยการปล่อยกระแสไฟฟ้าเข้าไปยังหัวอ่าน ซึ่งโคลงสร้างของหัวอ่านจะมีการออกแบบ เป็นช่องว่างเหมือนกับ แม่เหล็กรูปเกือกม้า ซึ่งจะมีการพันสายไฟรอบๆ แกนเหล็ก หลังจากที่ได้ปล่อยกระแสไฟฟ้าเข้าไปแล้ว กระแสไฟฟ้าก็จะเหนี่ยวนำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้น ในแกนเหล็กดังนั้น ส่วนที่เป็นช่องว่าง ก็จะเกิดเป็นสนามแม่เหล็กขึ้นดังที่แสดงในภาพ สนาม
แม่เหล็กที่เกิดขึ้นนี้ ก็จะเหนี่ยวนำให้เกิดขึ้นเช่นกันบนผิวหน้าของแผ่นฮาร์ดดิส ซึ้งมีสารที่เป็นตัวนำอยู่ดังนั้นทุกครั้งที่มีการบันทึกสนามแม่เหล็กลงไปบนผิวหน้าของแผ่นฮาร์ดดิสสนามแม่เหล็กที่
เกิดขึ้นบนแผ่นดิสก็ยังคงอยู่ เมื่อไรที่ต้องการที่จะกลับมาอ่านข้อความที่ได้บันทึกไว้ก็สามารถทำได้โดยควบคุมหัวอ่านให้เคลื่อนที่มาอยู่บนตำแหน่งของข้อมูลนั้นๆแล้วอาศัยสนามแม่เหล็กที่บันทึกไว้บนผิว

หน้าของแผ่นฮาร์ดดิส เนื่องนำให้เกิดกระแสไฟฟ้าในหัวอ่านแล้วก็จะส่งสัญญาณกระแสไฟฟ้า กลับไปยังชุดควบคุม CPU เพื่อที่จะแปลงกลับมาเป็นลักษณะของข้อความต่อไป

ดังนั้นจะเห็นว่าการทำงานของที่ยึดหัวอ่าน Suspension มีความสำคัญมากที่จะต้องบังคับและควบคุมหัวอ่านให้สามารถบินอยู่เหนือผิวหน้าของแผ่นฮาร์ดดิส ที่ระยะ 6μ" ดังนั้น จะต้องมีแรงกด ที่คงเพื่อที่จะรักษาระยะของหัวอ่านที่บินอยู่เหนือผิวหน้าของแผ่นฮาร์ดดิสได้ ซึ่งปกติจะมีการควบคุมแรงกดอยู่ที่ 3.0 +/-.35 กรัม รูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 แรงกดที่กระทำต่อหัวอ่าน

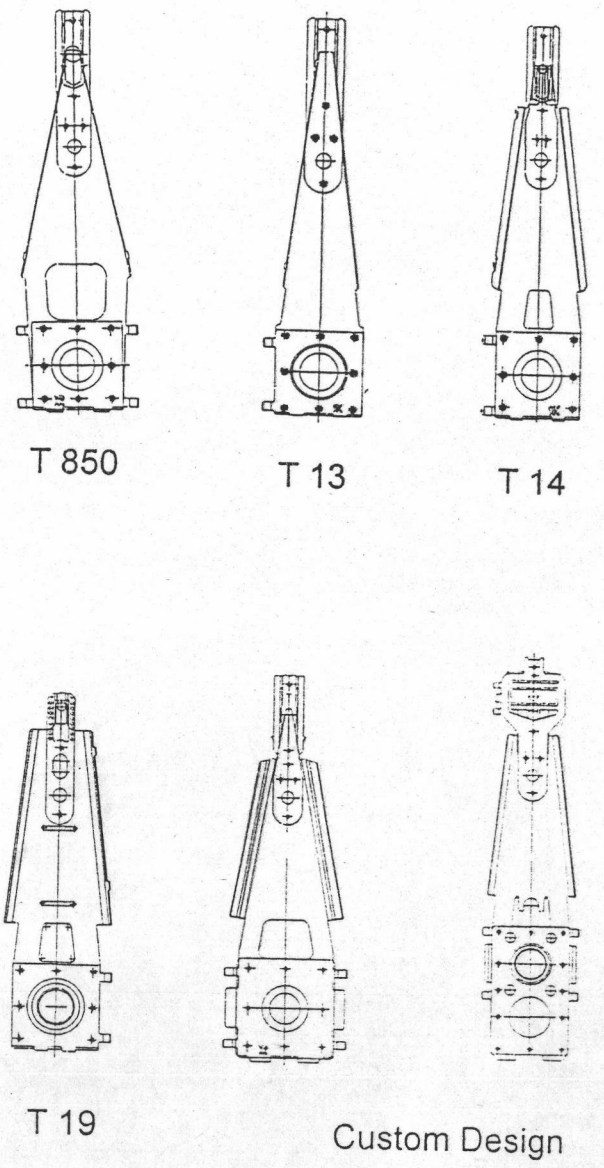
2.2 การควบคุมความถี่ของการสั่นสะเทือน

ผลิตภัณฑ์ Suspension จะต้องคำนึงถึงความถี่ของการสั่นสะเทือน โดยเฉพาะความถี่ของการสั่นสะเทือนธรรมชาติหรือ Resonance ดังนั้นทุกครั้งของการผลิต Suspension จะต้องมีการทดสอบความถี่ธรรมชาติ ของผลิตภัณฑ์ก่อน

เหตุผลที่จะต้องทอสอบความถี่ธรรมชาติของผลิตภัณฑ์เพราะเมื่อหัวอ่านเคลื่อนตัวอยู่บนผิวหน้าของแผ่นฮาร์ดดิสที่ระยะความสูง 6 μ" นั้น ตัวของฮาร์ดดิสไดร์ส เองจะมีการสั่นสะเทือนอยู่ที่ความถี่หนึ่งเรียกว่า Operating frequency ซึ่งความถี่นี้จะต้องไม่ตรงกับความถี่ธรรมชาติของ Suspension เพราะจะทำให้ Suspension เกิดการสั่นเทือนอย่างรุนแรงซึ่งจะมีผลกระทบต่อระยะ Flying height เปลี่ยนแปลงอย่างมากเป็นผลให้การอ่านผิดพลาด และอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้หัวอ่านเกิดการขูดขีด ผิวหน้าแผ่นดิสด้วย เป็นผลให้ข้อมูลถูกทำลาย

2.3 แบบของผลิตภัณฑ์

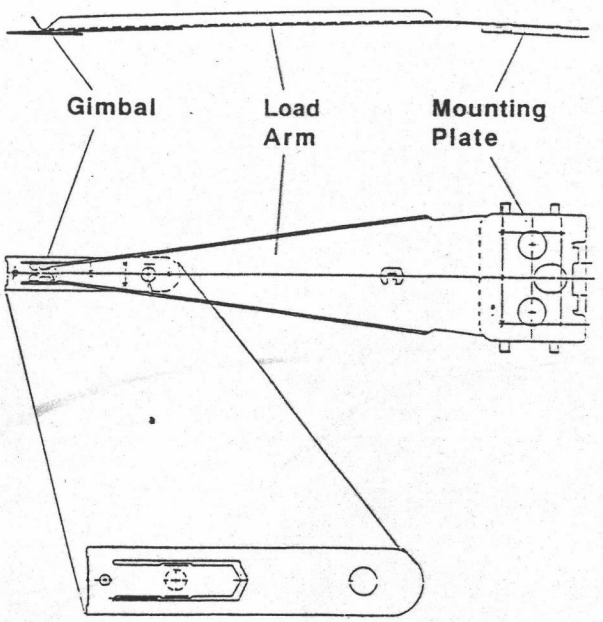
แบบของผลิตที่เป็นชื่อเรียก มาตรฐานที่ใช้กันในทั่วโลก โดยจะแสดงให้เห็นในภาพ



รูปที่ 2.6 แบบผลิตภัณฑ์

2.4 ส่วนประกอบที่สำคัญของผลิตภัณฑ์

โดยทั่วไปส่วนประกอบที่สำคัญของผลิตภัณฑ์จะประกอบไปด้วย ชิ้นส่วน 3 อย่างคือ Arm, Gimbal และplate ซึ่งได้แสดงในภาพประกอบ



รูปที่ 2.7 ส่วนประกอบที่สำคัญของผลิตภัณฑ์

ARM เป็นแขนยึดที่มีลักษณะเป็นแผ่นและก่อให้เกิดแรงกดในขณะที่หัวอ่านเคลื่อนตัวอยู่บนผิวหน้าของแผ่นดิส

GIMBAL เป็นแผ่นสแตสเลสที่มีความบางมาก ประมาณ .030 มม เท่านั้นเหตุผลก็เพื่อที่จะยึดหัวอ่าน Slider โดยจะใช้ Epoxy เป็นตัวเชื่อมระหว่างหัวอ่านกับแผ่น Gimbal นี้เนื่องจาก แผ่น Gimbal นี้มีขนาดบางมากดังนั้นจึงทำให้หัวอ่านสามารถเคลื่อนตัวได้อิสระในขณะที่บินอยู่เหนือผิวหน้าของแผ่นดิส

PLATE เป็นส่วนที่แข็งที่สุดของผลิตภัณฑ์จะใช้เป็นที่ยึด Suspension กับชิ้นส่วนที่เรียกว่า Aluminium Arm ซึ่งแสดงในรูป

2.5 กระบวนการผลิต

กระบวนการผลิต ผลิตภัณฑ์ Suspension มีหลายขั้นตอนและใช้เทคโนโลยีในการผลิตสูง เพราะผลิตภัณฑ์ Suspension ต้องการความละเอียดสูง

กระบวนการผลิตจะแบ่งเป็น 2 ส่วนใหญ่ ๆ คือ

1. กระบวนการ Photo - Etching
2. กระบวนการประกอบ Suspension

1. กระบวนการ Photo - Etching

Photo - Etching มีกรรมวิธีการผลิตสรุปเป็นขั้นตอนได้ดังนี้ (ดูรูปที่ 2.8 ซึ่งแสดงขั้นตอนการผลิต Etching product)

1.1 การตัดแผ่นเหล็กสแตนเลส (Material cutting), เจาะรู (Hole punching) และการทำความสะอาด (Cleaning) นำแผ่นเหล็กสแตนเลสซึ่งเป็นวัตถุดิบมาตัดให้เป็นแผ่นตามขนาดที่ต้องการ (โดยเฉลี่ยกว้างประมาณ 150 มม. และยาวประมาณ 450 มม.) จากนั้นเจาะรูเพื่อแขวนราวและทำความสะอาดให้เรียบร้อย(ขนาดดังกล่าวสามารถผลิตชิ้นส่วน (Gimbal ได้ประมาณ 800 ชิ้นต่อ 1 แผ่น และสามารถผลิต Arm ประมาณ 150 ชิ้นต่อ 1 แผ่น)

1.2 การเคลือบน้ำยาไวแสง (Photo resist dip coating) และการอบให้แห้ง (Pre-baking) นำแผ่นเหล็กสแตนเลสที่ทำความสะอาดแล้วมาจุ่มเคลือบน้ำยาไวแสง (Resist) ให้เป็นชั้นบาง ๆ แล้วอบให้แห้ง

1.3 การฉายแสง (Exposure) นำแผ่นเหล็กที่ผ่านการอบแห้งแล้วสอดในซองฟิล์ม ซึ่งมีรูปถ่ายของชิ้นงานที่ต้องการอยู่ทั้ง 2 ข้างของฟิล์ม แล้วนำไปวางบนเครื่องฉายแสงเพื่อให้แสงทำลายน้ำยาไวแสงส่วนที่ไม่มีรูปแบบชิ้นงานออก คงเหลือส่วนที่มีรูปแบบฟิล์มกั้นอยู่ซึ่งแสงไม่สามารถผ่านได้

1.4 การล้างชิ้นงาน (Development) และการอบให้แห้ง (Post Baking) นำแผ่นเหล็กที่ผ่านการฉายแสงแล้วมาล้างด้วยสารละลายประเภทด่างโซเดี่ยมไฮดรอกไซด์ $NaOH_3$ เพื่อกำจัดน้ำยาไวแสงที่ถูกแสงทำลายให้หลุดออกไป จากนั้นล้างให้สะอาดและนำไปอบให้แห้ง

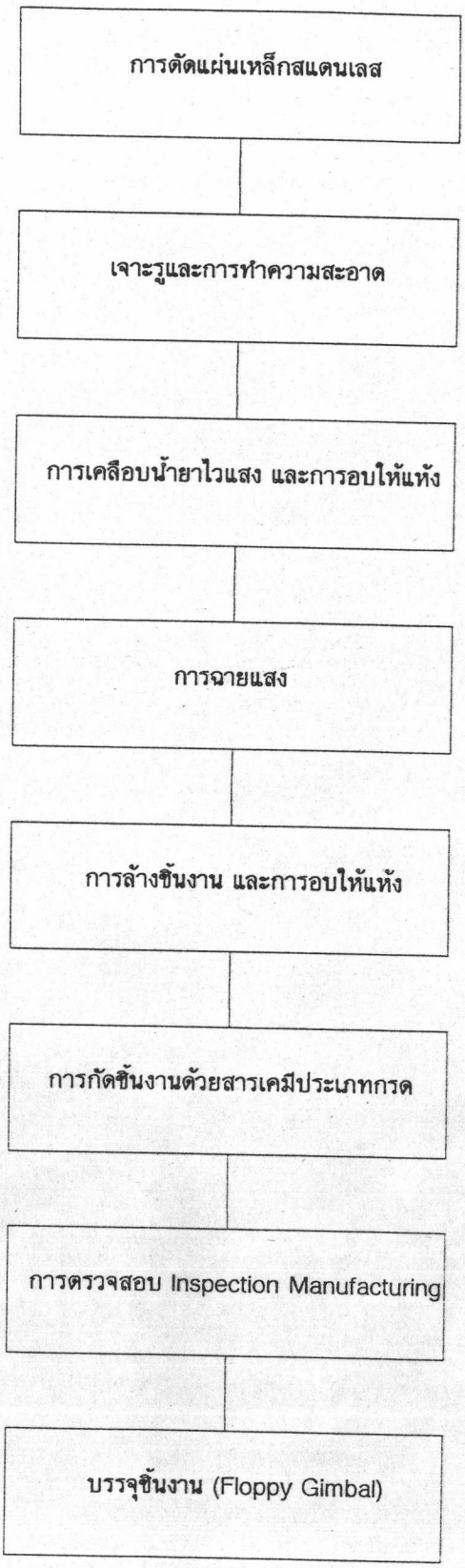
1.5 การกัดชิ้นงานด้วยสารเคมีประเภทกรด (Etching) นำแผ่นเหล็กสแตนเลสที่ผ่านการ Development แล้วนำมากัดด้วยสารเคมีประเภทกรดโดยจะกัดในส่วนที่น้ำยาไวแสงถูกทำลายไปแล้วให้เหลือแต่ส่วนที่มีรูปแบบที่ต้องการ

1.6 การล้างน้ำยาไวแสงออก (Photo - Resist Removal) แล้วล้างทำความสะอาดและการอบให้แห้ง

1.7 การตรวจสอบ (Inspection) เป็นการตรวจเช็คชิ้นงานเพื่อหาข้อบกพร่องก่อนจะส่งผ่านไปกระบวนการอื่น ๆ ต่อไป การตรวจสอบจะดำเนินการภายใต้กล้องที่มีกำลังขยาย 10 เท่า เพื่อที่จะตรวจเช็ครอยตำหนิที่ยอมรับไม่ได้ และในขั้นตอนนี้ยังได้มีการตรวจสอบขนาดของส่วนต่าง ๆ ที่สำคัญของผลิตภัณฑ์ด้วยการตรวจสอบ จะตรวจสอบด้วยกล้อง Basic 12 ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้การวัดขนาดด้วยแสง 3 มิติ และมีโปรแกรมในการตรวจเช็คอัตโนมัติ เครื่องมือตรวจเช็คชนิดนี้ ให้ความละเอียดสูงและยังสามารถเก็บข้อมูลการตรวจสอบไว้ในคอมพิวเตอร์ได้ด้วย

1.8 การบรรจุชิ้นงาน (Packing) เป็นขั้นตอนสุดท้ายของกระบวนการเพื่อที่จะบรรจุชิ้นงานเพื่อส่งให้กับสายการประกอบ Suspension การบรรจุจะได้โดยการนำแผ่นชิ้นงานที่ได้กัดเป็นรูปร่างและผ่านการตรวจสอบแล้วมาซ้อนกันและมีเยื่อกระดาษคั่นอยู่ระหว่างแผ่นเพื่อไม่ให้เกิดรอยขีดขูด หลังจากนั้นเมื่อมีการเรียงซ้อนกันจนครบ 30 แผ่นแล้วก็จะประกบด้วยแผ่นไม้อัดเพื่อความแข็งแรงในขณะทีมีการเคลื่อนย้าย

ขั้นตอนการผลิต ผลิตภัณฑ์ ETCHING (ETCHED PRODUCT)



รูปที่ 2.8 แสดงขั้นตอนการผลิต ผลิตภัณฑ์ Etching

2. กระบวนการประกอบ SUSPENSION

กระบวนการประกอบ Suspension มีกรรมวิธีสรุปเป็นขึ้นตอนได้ดังนี้ (ดูรูปที่ 2.9 ซึ่งแสดงขั้นตอนการผลิต Suspension Assembly)

ขั้นตอนการผลิต Suspension Assembly มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 แผนกปั๊มขึ้นรูป (Stamping shop) เป็นหน่วยงานที่รับผิดชอบในการทำชิ้นงานให้ได้รูปแบบตามที่ลูกค้าต้องการและทำความสะอาดด้วยเครื่อง Ultrasonic และเคลือบน้ำยากันสนิม (Passivation)

* การพับขึ้นรูป (Load Arm Forming, Gimbal Forming) และการปั๊มขึ้นรูป (Plate stamping) เริ่มจากการนำแผ่นชิ้นงาน Gimbal และ Load arm ที่ผ่านกระบวนการการ Photo - Etching แล้วมาพับขึ้นรูป (Forming) ตามแบบที่ลูกค้ากำหนดในกรณีที่ลูกค้าไม่ได้กำหนดลักษณะของ Plate ที่ต้องส่งนำเข้าโดยเฉพาะ หน่วยงานนี้จะต้องผลิตขึ้นเองโดยนำแผ่นสแตนเลสที่มีความหนากว่าชิ้นส่วน 2 ขั้นแรกมาปั๊มขึ้นรูป (Stamping) ด้วยแม่พิมพ์ ที่บริษัทฯ ผลิตขึ้นเอง

* การเคลือบน้ำยากันสนิม (Passivation) นำชิ้นส่วนทั้งสามชิ้นที่ผ่านการ Forming และ Stamping แล้วนำไปทำความสะอาดด้วยเครื่อง Ultrasonic และเคลือบน้ำยากันสนิม (Passivation)

2.2 แผนกเลเซอร์ (Laser shop) เป็นหน่วยงานที่รับผิดชอบในการนำชิ้นงานทั้งหมดมาเชื่อมเข้าด้วยกันโดยใช้แสงเลเซอร์ หลังจากนั้นนำชิ้นงานที่ได้ไปตัดกรอบ ตัดด้วยรัศมีที่กำหนดและทำความสะอาดจากนั้นนำชิ้นงานไปผ่านกรรมวิธีคลายความเครียดและปรับค่าแรงกด

* การเชื่อมชิ้นงานทั้งหมดด้วยแสงเลเซอร์ (Laser welding) นำชิ้นงานทั้งหมดที่ผ่านการเคลือบน้ำยากันสนิมแล้ว มาเชื่อมเข้าด้วยกันด้วยการใช้แสงเลเซอร์ยิงในอัตรา 10,000 จุดที่เชื่อมต่อชั่วโมง บริษัทฯ ได้เลือกใช้เครื่องและอุปกรณ์เลเซอร์ซึ่งสามารถยิงได้แม่นยำ รวดเร็วภายใต้โปรแกรมการควบคุมของคอมพิวเตอร์ ทำให้การเชื่อมมีคุณภาพสูงหลังจากนั้นนำมาตรวจสอบจุดบกพร่องของรอยเชื่อมอีกครั้งโดยใช้กล้องจุลทัศน์ (Microscope)

* การตัดกรอบ (Bridge Cutting 1 (Gimbal fret shear) เป็นกรรมวิธีตัดกรอบ (Frame) ที่ยึด Gimbal ซึ่งได้รับการประกอบกับ Load arm และ Plate แล้ว ออกเป็นชิ้นงาน

* การตัดชิ้นงาน (Gram Forming) เป็นกระบวนการตัดชิ้นงานด้วยรัศมีที่กำหนด เพื่อให้ได้ค่าแรงกด (Gram load) ของ Suspension assembly ที่สอดคล้องกับค่าความถี่ตามธรรมชาติ (Resonance) ของผลิตภัณฑ์

* การทำความสะอาดโดยใช้ความถี่ของคลื่นเสียง (Ultra precision cleaning) เป็นกรรมวิธีการทำความสะอาดโดยใช้ความถี่ของคลื่อนเสียง (Ultrasonic) ทำให้สิ่งสกปรกหลุดออกจากตัวชิ้นงาน ซึ่งทางบริษัทฯ ได้ออกแบบเครื่องมือทำความสะอาดชนิดนี้โดยเฉพาะเพื่อใช้ในการนี้

* การคลายความตึงของชิ้นงานโดยใช้ความร้อน(Heat treatment) เป็นกรรมการคลายความตึงของชิ้นงาน (Stress relieved) โดยใช้ความร้อนที่ระดับอุณหภูมิประมาณ 300 องศาเซลเซียส เพื่อเป็นการป้องกันการคืนตัวของค่าแรงกด (Gram load) ของ Suspension Assembly

* การวัดและปรับค่าแรงกด (Infar - red Measure & Adjust) เป็นกรรมวิธีปรับค่าแรงกด Suspension assembly โดยใช้เครื่อง Infar-red Gram load adjust ก่อนที่จะส่งไปยัง Final inspection เพื่อตรวจสอบคุณภาพเป็นครั้งสุดท้าย เครื่องมือนี้ทำงานภายใต้โปรแกรมการควบคุมของเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งพัฒนาโดยมทีมวิศวกรของบริษัทฯ เพื่อสร้างความมั่นใจว่า Suspension assembly มีค่าแรงกด อยู่ในระดับที่ต้องการ(Specification limit) ในกรณีที่ Suspension assembly มีค่าแรงกดสูงเกินไปเครื่องมือชนิดนี้สามารถปรับให้ต่ำลงได้ตามที่ลูกค้ากำหนด แต่กรณีSuspension assembly มีค่าแรงกดต่ำกว่ากำหนด จะถือเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีข้อบกพร่อง

2.3 แผนกสุดท้าย (Final shop) เป็นหน่วยงานที่รับผิดชอบในการตรวจสอบชิ้นงานเพื่อคัดผลิตภัณฑ์ที่เสียออกไปและตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ หลังจากนั้นจึงบรรจุชิ้นงานที่สมบูรณ์แล้ว

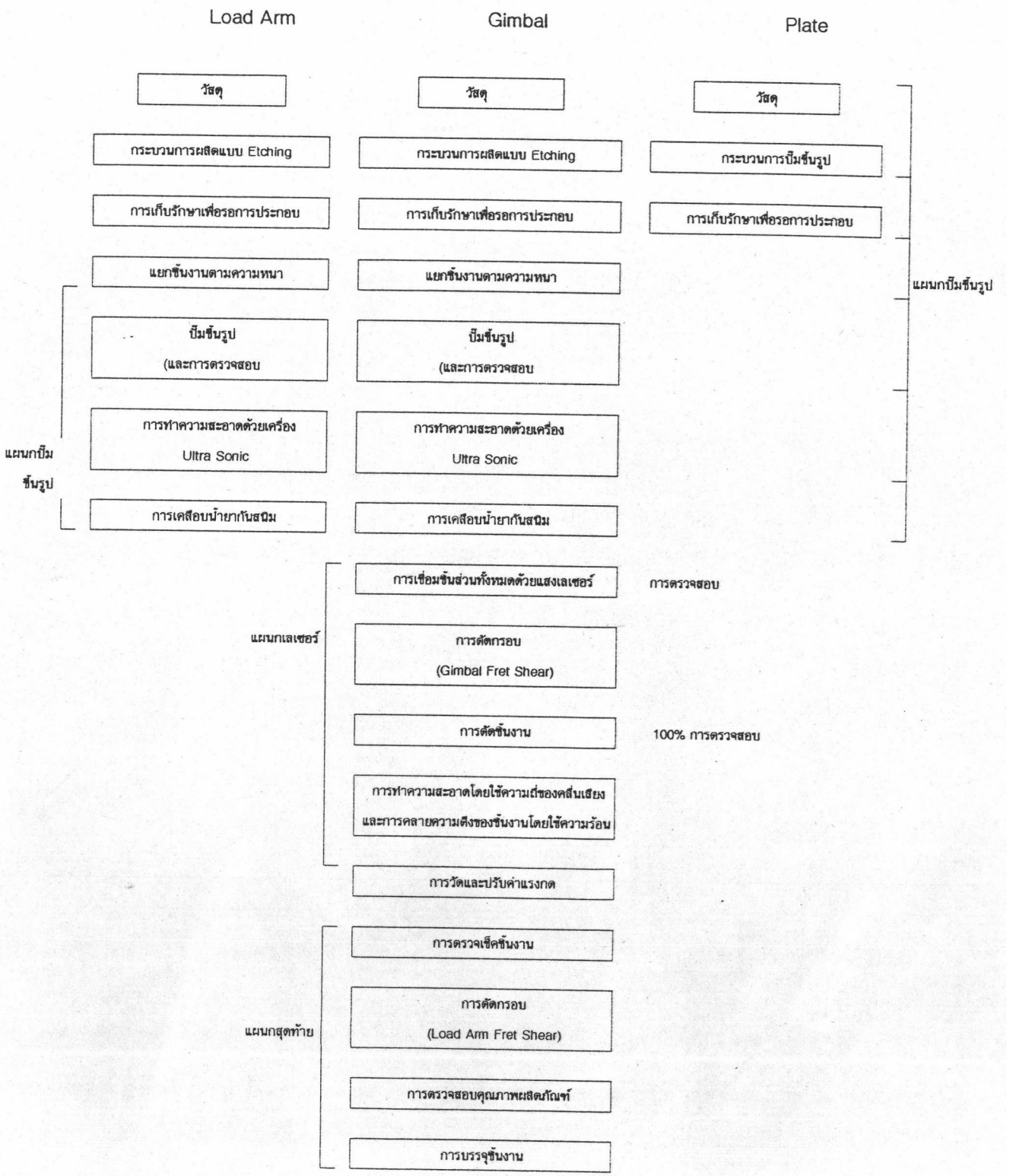
* การตรวจเช็คชิ้นงาน (100% Visual mechanical inspection) เป็นกรรมวิธีตรวจเช็คชิ้นงานหลังผ่านกรรมวิธี Infar-red measure & adjust แล้ว โดยจะนำชิ้นงานซึ่งอยู่ในลักษณะเป็นแผ่นบางมาตัดแยกออกจากกันและนำไปตรวจสอบด้วยตาเปล่ากับกล้องจุลทัศน์ (Visual inspection) ตามขนาดที่ลูกค้ากำหนดไว้ โดยการตรวจสอบในขั้นตอนนี้เพื่อคัดผลิตภัณฑ์ที่เสียออกไป

* การตัดกรอบ (Bridge Cutting 2 (Load Arm Fret Shear) เป็นกระบวนการการตัดกรอบ Frame ของ Load arm ออกจากชิ้นงานและส่งชิ้นงานดีแก่ฝ่ายตรวจสอบคุณภาพ เพื่อตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ต่อไป

* การตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ (Final inspection 0.65% AQL Level II) เป็นกระบวนการตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์จากขั้นตอน Stamping shop และ Laser welding โดยผู้ตรวจสอบคุณภาพ ซึ่งเป็นวิธีสุ่มชิ้นงานมาตรวจสอบตามมาตรฐานที่กำหนดและหาข้อบกพร่องของชิ้นงานด้วยกล้อง Microscope โดยมีระดับคุณภาพที่ยอมรับได้ที่อัตราของเสียไม่เกินร้อยละ 0.65

* การบรรจุชิ้นงาน (Packing) เป็นกระบวนการบรรจุชิ้นงานที่ประกอบสมบูรณ์แล้วในถาด (Shiping tray) โดยเว้นถาดบนให้ว่างไว้และนำไปซ้อนกัน จากนั้นห่อด้วยพลาสติกฟิล์มสูญญากาศ แล้วนำไปบรรจุในกล่อง จากนั้นนำกล่องเหล่านี้ไปบรรจุรวมกันในกล่องใหญ่ ส่งให้ลูกค้าซึ่งเป็นผู้ผลิต Hard disk drive ต่อไป (ปกติ 1 ถาดจะบรรจุชิ้นงาน 50 ชิ้น และ 1 ห่อ จะบรรจุ 5 ถาด)

ขั้นตอนการผลิต SUSPENSION ASSEMBLY



รูปที่ 2.9 แสดงขั้นตอนการผลิต Suspension Assembly