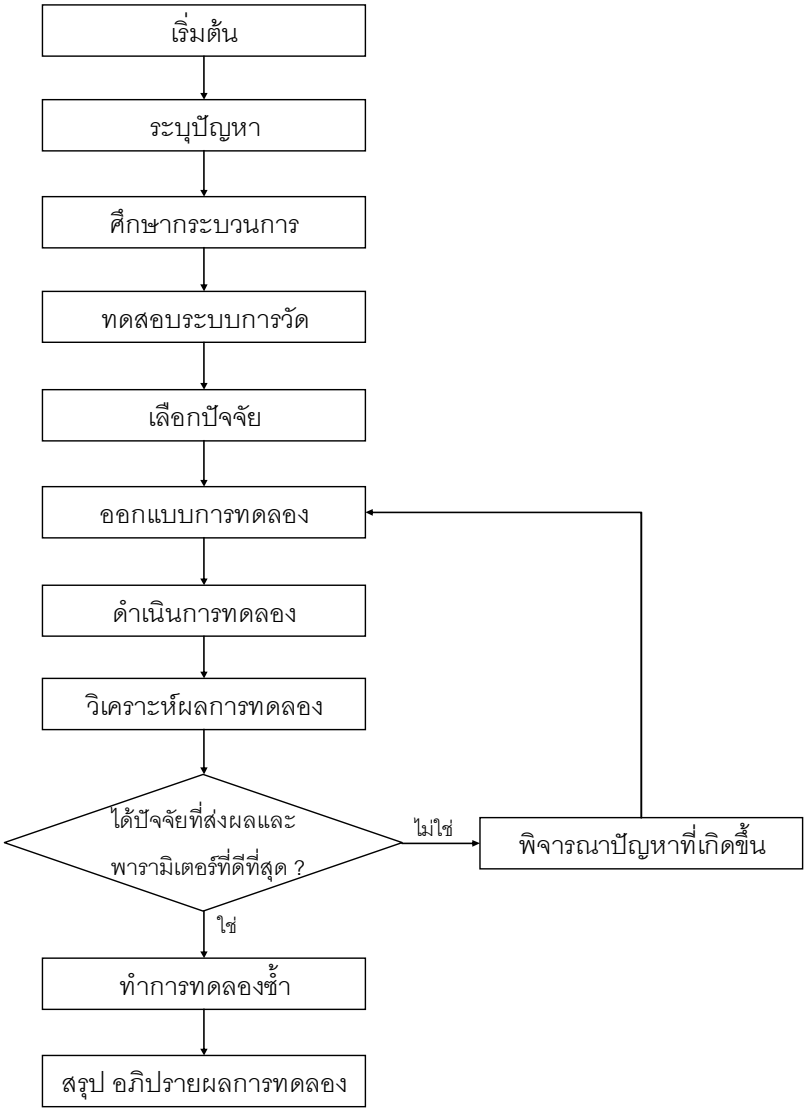
บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการทำการศึกษาและทำการทดลองนี้ ได้ทำที่บริษัทผู้ผลิตหัวอ่านและฮาร์ดดิสรายใหญ่แห่งหนึ่งในประเทศไทย โดยในที่นี้ผู้วิจัยจะเน้นถึงกระบวนการผลิตเพลทขัดผิวหัวอ่านเพื่อใช้ในการขัดผิวหัวอ่านแบบละเอียดเป็นหลัก และจะดำเนินการตามแผนผัง (Flow Chart) ที่กำหนดไว้ดังต่อไปนี้



ภาพที่ 3.1
แสดงแผนผังการดำเนินการวิจัย

3.1 ระบุปัญหา

รวบรวมปัญหาที่เกิดจากนำเพลทที่ไม่มีคุณภาพไปใช้ในกระบวนการขัดผิวหัวอ่าน ซึ่งปัญหาหลักที่เกิดขึ้นมีดังต่อไปนี้

3.1.1 ค่า MRR ไม่อยู่ในค่ามาตรฐาน สันนิษฐานว่าเกิดจากการถูกขีดข่วนจากด้านที่มีความคมของเม็ดไดม่อนด์และฝังอยู่สูงกว่าจุดอื่นๆ บนแผ่นเพลท และยังเกิดจากรอยขีดข่วนที่มาจากผิวเพลทเองที่เกิดจากวิธีการฝังอัดไดม่อนด์ที่ด้อยประสิทธิภาพอีกด้วย

3.1.2 ค่าความหยาบของผิวหัวอ่าน (Ra) มีค่าสูง ทำให้ส่งผลต่อค่า MRR อยู่นอกเกณฑ์มาตรฐาน จากปัญหานี้ผู้วิจัยสันนิษฐานว่าอาจเกิดจากแผ่นเพลทที่มีความหยาบมากเกินไปจึงส่งผลโดยตรงต่อความหยาบของหัวอ่าน

3.1.3 อายุการใช้งานของแผ่นเพลทน้อย ซึ่งสันนิษฐานว่าอาจเกิดจากการขาดประสิทธิภาพในการฝังเม็ดไดม่อนด์ลงไปบนเพลท และการกระจายตัวของไดม่อนด์บนแผ่นเพลทมีไม่เพียงพอ

3.2 ศึกษากระบวนการผลิตแผ่นเพลทขัดผิวหัวอ่านแบบละเอียด

3.2.1 ขั้นตอนการปรับพื้นผิวเพลท (Truing Process)

มีจุดหมายหลักในการนำส่วนพื้นผิวชั้นบนสุดที่ผ่านการใช้งานมาแล้วมาทำการขัดออกด้วยแผ่นอลูมิน่าที่มีขนาด 40 ไมครอน โดยจะนำแผ่นอลูมิน่านี้ติดกับวงแหวนเหล็กที่มีน้ำหนักประมาณ 5 กิโลกรัม แล้ววางทับลงบนแผนเพลทแล้วหมุนเพลทด้วยเครื่องปรับหน้าเพลท ในขั้นตอนนี้จะคำนึงถึงความเรียบ (Flatness) ของแผ่นเพลทให้ได้ตามค่ามาตรฐานที่ควบคุมด้วย

3.2.2 ขั้นตอนการพ่นผงโซเดียม (Blasting Process)

มีจุดมุ่งหมายเพื่อปรับผิวหน้าเพลทที่หยาบมาจากขั้นตอนการปรับพื้นผิวเพลท ให้มีความเรียบลบริ้วรอยและทำให้เกิดหลุมและพื้นที่สูงต่ำเพื่อช่วยทำให้สามารถฝังเม็ดไดม่อนด์ลงบนพื้นผิวได้ง่ายกระจายตัวทั่วได้ทั้งแผ่นเพลท

3.2.3 ขั้นตอนการเพิ่มพื้นที่ในการบดอัด (Shaving process)

มีวัตถุประสงค์เพื่อทำให้เกิดพื้นที่ในการที่จะฝังไดม่อนลงไปได้มากยิ่งขึ้น อีกทั้งยังจะทำให้พื้นผิวเรียบลบรอยขีดข่วน และลบส่วนพื้นที่ที่สูงผิดปกติเกินไปในแต่ละแห่งที่เกิดขึ้น ขั้นตอนนี้จะใช้วงแหวนเซรามิคชนิดหนึ่งที่มีความคมมาตัดส่วนผิวหน้าบนแผ่นเพลทออกไปประมาณ 5 -

10 ไมครอน จากนั้นจะได้แผ่นเพลทที่พร้อมเข้าสู่กระบวนการที่สำคัญที่สุด นั่นคือ กระบวนการฝังอัดไดม่อนด์ลงบนแผ่นเพลท

3.2.4 ขั้นตอนการฝังบดอัดไดม่อนด์ลงบนแผ่นเพลท (Charging Process)

มีวัตถุประสงค์เพื่อฝังเม็ดไดม่อนลงไปบนพื้นที่ที่อยู่บนสุดของแผ่นเพลท ด้วยเครื่องบดอัดที่ใช้น้ำหนักและวงแหวนเซรามิคช่วยกันหมุนบดอัดลงไปบนแผ่นเพลทตามเงื่อนไขที่กำหนดแล้วจึงทำให้เม็ดไดม่อนด์ฝังตัวกันอย่างสม่ำเสมอลงบนพื้นที่ผิวบนแผ่นเพลทที่ต้องการ ซึ่งปัจจัยที่เกี่ยวข้องในกระบวนการนี้ มีดังต่อไปนี้

3.2.4.1 ระยะเวลาในการฝังอัดไดม่อน (Charging time)

3.2.4.2 น้ำหนักที่ใช้ในการบดอัด (Charging Weight)

3.2.4.3 ความเร็วรอบของแผ่นเพลทขณะทำการบดอัด (Plate speed)

3.2.4.4 ความเร็วรอบของวงแหวนเซรามิคที่ช่วยในการบดอัด (Ceramic ring speed)

3.2.4.5 ทิศทางการหมุนของวงแหวนเซรามิค (Ceramic ring direction)

3.2.4.6 ขนาดของเม็ดไดม่อนด์ที่ต้องการนำไปฝัง (Diamond Size)

3.2.4.7 อัตราการหยดน้ำยาไดม่อนด์ขณะที่บดอัด (Dropping rate)

3.2.4.8 ความเร็วรอบในการส่ายไปมาของวงแหวนเซรามิค (Oscillations speed) เป็นต้น

ปัจจัยทั้งหมดนี้ส่งผลโดยตรงต่อการขัดหัวอ่านแบบละเอียด ซึ่งสิ่งที่เป็นตัวบ่งชี้คุณภาพของแผ่นเพลทมี ดังนี้

ตัวบ่งชี้ทางตรง คือ ค่าความหยาบของพื้นผิวบนเพลทหลังการบดอัดไดม่อนด์, ค่าอัตราพื้นที่ที่มีเม็ดไดม่อนฝังอยู่หรือกระจายตัวอยู่ต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ โดยค่าทั้งสองนี้ในทางปฏิบัติยังไม่มีวิธีการที่สามารถตรวจสอบคุณภาพทั้งเพลทได้ แต่สามารถวัดหรือวิเคราะห์จากบางส่วนจากหน้าเพลทด้วยเครื่องมือวัดพื้นผิวแบบสัมผัส และอีกเครื่องมือหนึ่งที่ใช้หาพื้นที่การกระจายตัวของไดม่อนด์จะใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการจัดการแบ่งระดับสีของภาพที่วัดได้ แต่ทั้งนี้ทั้งสองเครื่องวัดดังกล่าวยังมีผลความแม่นยำและความเที่ยงตรงในการวัดไม่ดีนัก จึงไม่สามารถบ่งชี้ได้ว่าแผ่นเพลทหลังการฝังบดอัดแล้วส่งผลต่อคุณภาพต่อหัวอ่านอย่างไร.

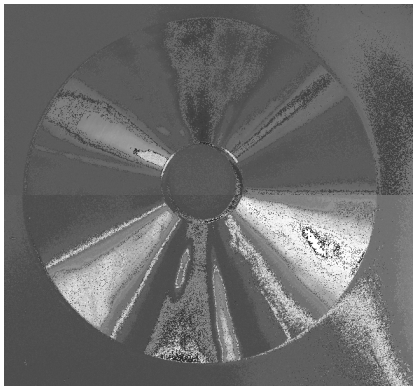
ตัวบ่งชี้ทางอ้อม คือ ค่าความต้านทานของหัวอ่านหรือ MRR (ดูความหมายได้จากบทที่ 2) หรืออัตราของเสียที่เกิดจากค่า MRR ไม่อยู่ในมาตรฐานที่กำหนด, ค่าความหยาบของผิวหัวอ่าน (Ra), และอายุการใช้งานของเพลท (Bar/plate), เป็นต้น ซึ่งตัวบ่งชี้คุณภาพ

ทางอ้อมทั้งสามชนิดนี้ จะสามารถหาค่าได้จากหลังจากการนำแผ่นเพลทไปใช้ขัดผิวหัวอ่านแล้วเท่านั้น และทำการวัดด้วยเครื่องวัด ดังนี้คือ เครื่อง Quasi Static Test ใช้วัดหาค่า MRR, เครื่อง Atomic Force Microscopy ใช้วัดค่าความหยาบของพื้นผิวหัวอ่าน (Ra) จากผลของตัวบ่งชี้ทางอ้อมจะสามารถใช้ในการตัดสินใจว่าคุณภาพของเพลทชนิดใดให้ศักยภาพและประสิทธิภาพที่ดีที่สุดต่อหัวอ่าน.

3.2.5 วัสดุที่ใช้ในการผลิตเพลทขัดผิวหัวอ่าน

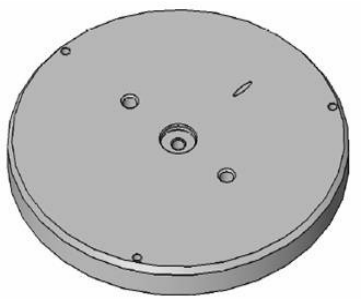
3.2.5.1 แผ่นเพลทดีบุกผสมบิสมัท

แผ่นเพลทที่ใช้สำหรับขัดผิวหัวอ่านแบบละเอียด ใช้แผ่นเพลทขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 นิ้ว และมีความหนา 0.3 นิ้ว ทำขึ้นจากโละผสมระหว่างดีบุกและบิสมัทในอัตราส่วนค่าหนึ่ง โดยปกติเนื้อดีบุกบริสุทธิ์จะมีความแข็งในระดับหนึ่งแต่ยังไม่เพียงพอต่อการที่จะนำไปขัดผิวของหัวอ่านที่มีโครงสร้างหลักคืออลูมิน่าออกไซด์และไททาเนียม หัวอ่านในปัจจุบันต้องการค่าละเอียดของพื้นผิวชิ้นงานในระดับนาโนมิเตอร์ซึ่งละเอียดมาก อีกทั้งแผ่นเพลทเองก่อนนำไปใช้ขัดงานต้องผ่านกระบวนการบดอัดผงไดมอนด์ซึ่งแผ่นเพลทต้องทนแรงบดอัดในนี้เพื่อไม่ให้เกิดการเสียรูปอีกด้วย ดังนั้นบิสมัทจึงเป็นวัสดุที่ใช้ผสมช่วยให้เพลทมีคุณสมบัติที่แข็งและฝังอัดไดม่อนได้ดีมากขึ้น จากภาพที่ 3.2 แสดงให้เห็นลักษณะของแผ่นเพลทดีบุกผสมบิสมัทก่อนการนำไปใช้งาน



ภาพที่ 3.2
แสดงภาพแผ่นเพลทดีบุกผสมบิสมัทก่อนการนำไปใช้งาน

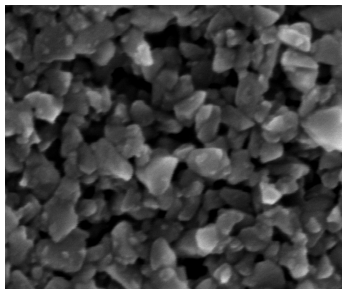
ก่อนนำแผ่นเพลทไปใช้งาน จะมีกระบวนการหนึ่งคือ การประกอบแผ่นอลูมิเนียม ขนาดเท่ากับแผ่นเพลท แต่มีความหนาถึง 1 นิ้ว โดยการใช้กาวติดยึดกับแผ่นเพลทดีบุกผสมบิสมัท เพื่อทำให้สะดวกต่อการนำไปใช้งานบนเครื่องจักรในกระบวนการต่อ ๆ ไป



ภาพที่ 3.3
ภาพจำลองแผ่นอลูมิเนียมที่มีไว้เพื่อยึดติดกับแผ่นดีบุกผสมบิสมัท

3.2.5.2 น้ำยาไดมอนด์ (Diamond Slurry)

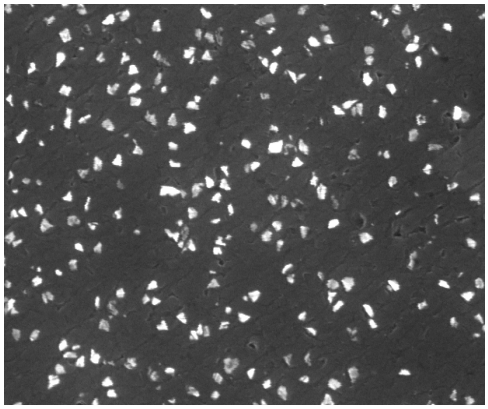
น้ำยาไดม่อนด์ที่ใช้ในกระบวนการฝังอัดลงบนแผ่นเพลทนี้จะมีขนาดตั้งแต่ 150 นาโนมิเตอร์ ลงไปถึง 75 นาโนมิเตอร์ น้ำยาไดม่อนด์มีส่วนผสมหลัก คือ น้ำและสารเคมีบางตัวที่ช่วยให้เกิดการกระจายตัวของเม็ดไดม่อนด์ที่สมบูรณ์ในของเหลว ซึ่งการเลือกใช้งานก็ขึ้นอยู่กับความต้องการและความสามารถของแต่ละบริษัทที่จะคิดค้นหาวิธีหรือกระบวนการในการทำให้ไดม่อนด์ฝังตัวอย่างสมบูรณ์ลงบนแผ่นเพลท และส่งผลต่อคุณภาพที่ดีในการขัดผิวหัวอ่าน อีกทั้งการเลือกน้ำยาไดม่อนที่มีคุณภาพก็จะทำให้หัวอ่านมีความละเอียด และเกิดของเสียน้อยลงตามไปด้วยอีกเช่นกัน จากภาพที่ 3.4 แสดงลักษณะของเม็ดไดม่อนที่อยู่ในน้ำก่อนการฝังบดลงบนแผ่นเพลท



ภาพที่ 3.4
แสดงลักษณะของเม็ดไดม่อนที่อยู่ในน้ำก่อนการฝังบดลงบนแผ่นเพลท

3.2.5.3 เครื่องจักรสำหรับบดอัดน้ำยาไดม่อนด์ลงบนแผ่นเพลท (Diamond Charger machine)

เครื่องจักรที่ใช้สำหรับบดอัดน้ำยาไดม่อนด์ลงบนแผ่นเพลท มีหน้าที่หลักในการฝังอัดเม็ดไดม่อนด์ที่อยู่ในรูปของของเหลวโดยเครื่องจักรจะบดอัดเม็ดไดม่อนโดยอาศัยการหมุนในอัตราคงที่และกดทับน้ำหนักที่สูงถึง 15 - 30 กิโลกรัม ส่งผ่านไปยังวงแหวนเซรามิคที่มีความแข็งแรง และมีพื้นที่ผิวสัมผัสกับแผ่นเพลทไม่มากนักเพื่อให้การบดอัดสมบูรณ์ที่สุด นั่นก็คือคือมีการฝังตัวของเม็ดไดม่อนกระจายบนแผ่นเพลทอย่างสม่ำเสมอทั่วทั้งแผ่น โดยไม่เกิดริ้วรอยลึกที่อาจทำให้เกิดปัญหาการขีดข่วนบนตัวหัวอ่านได้ จากภาพที่ 3.5 แสดงภาพของการฝังตัวของเม็ดไดม่อนด์โดยเครื่องฝังไดม่อน



ภาพที่ 3.5
แสดงภาพของการฝังตัวของเม็ดไดม่อนด์โดยเครื่องฝังไดม่อน

3.2.5.4 วงแหวนเซรามิคสำหรับบดอัดน้ำยาไดม่อนด์ (Ceramic Ring)

หน้าที่หลักของวงแหวนเซรามิคคือ การรับน้ำหนักจากเครื่องฝังไดม่อนแล้วทำการบดฝังน้ำยาไดม่อนด์ที่กระจายอยู่ทั่วบนแผ่นเพลทด้วยแรงจากเครื่องและพื้นผิวเล็กน้อยที่สัมผัสพอดีกับแผ่นเพลท ซึ่งสามารถทำให้เม็ดไดม่อนถูกฝังลงไปบนพื้นผิวของแผ่นเพลทในลักษณะสุ่มบนพื้นที่ (Random area) ที่เป็นพื้นผิวที่อยู่สูงสุดของบนแผ่นเพลทก่อน และสาเหตุหนึ่งที่ใช้เซรามิคก็เพราะมีความแข็งจนสามารถบดอัดเม็ดไดม่อนด์ที่มีความแข็งมากบนวัสดุที่เป็นเนื้อโลหะผสมได้ดีกว่าวัสดุชนิดอื่นๆ อีกทั้งยังสามารถรักษาสภาพความเรียบและความละเอียดบนพื้นผิวเพลทได้ดีในขณะทำการฝังอัดเม็ดไดม่อนด์อีกด้วย ดังภาพที่ 3.6 แสดงตัวอย่างวงแหวนเซรามิคที่ใช้ในการอัดไดม่อนด์ลงบนแผ่นเพลท

ภาพที่ 3.6

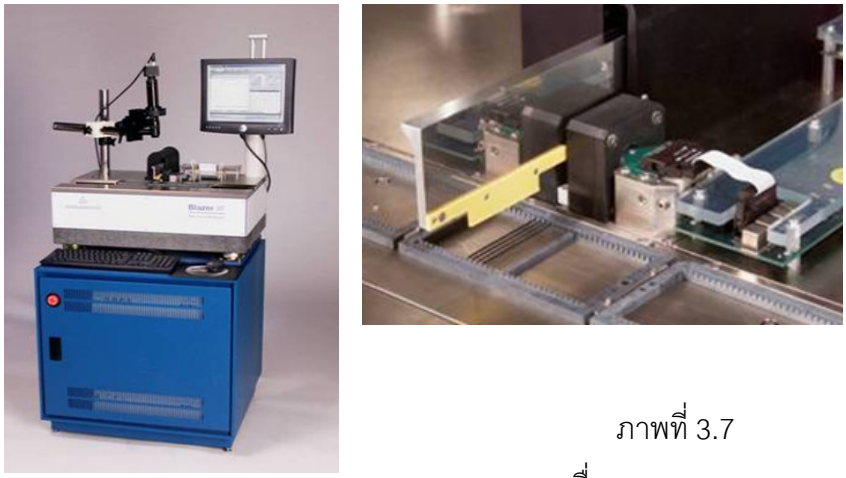
แสดงภาพจำลองวงแหวนเซรามิคที่ใช้ในการอัดไดม่อนด์ลงบนแผ่นเพลท

3.3 การทดสอบความสามารถของระบบการวัด

การหาความสามารถของระบบการวัดจากเครื่องมือวัดที่เกี่ยวข้องในการทดลอง ซึ่งมีเครื่องมือวัดอยู่ด้วยกัน 2 เครื่อง ดังนี้

3.3.1 เครื่องวัดค่า MRR (เครื่อง Quasi Static Test หรือ QST)

เป็นเครื่องมือวัดและตรวจสอบคุณภาพของหัวอ่านที่สำคัญในกระบวนการหลังจากขัดละเอียด ซึ่งเครื่องมือวัดนี้จะเป็นการวัดค่าทางไฟฟ้าโดยใช้เข็มวัดจับที่ขั้วบวกและลบที่ขั้วของหัวอ่านแล้วการป้อนกระแส 0.1 มิลลิแอมป์ เข้าไปที่ขั้วของหัวอ่านแล้วทำการอ่านค่าความต้านทานหรือ MRR ออกมาเป็นตัวเลข โดยในหนึ่งบาร์จะมี 54 หัวอ่าน ซึ่งเครื่องวัดจะตั้งโปรแกรมให้วัดครั้งละ 1 สไลเดอร์จนครบทั้งบาร์



ภาพที่ 3.7

ภาพแสดงเครื่อง Quasi Static Test (QST)

ในการหาความสามารถของระบบการวัด (P/T และ %R&R) ของเครื่องวัดนี้ มีขั้นตอนย่อยดังต่อไปนี้

3.3.1.1 กำหนดเครื่องวัดที่ต้องการนำมาทำการทดสอบ จำนวน 3 เครื่อง ซึ่งมีชื่อดังนี้คือ ISI-1 ,ISI-2 และ ISI-3 ตามลำดับ โดยแต่ละเครื่องจะเป็นรุ่นที่ผลิตชนิดเดียวกันจากผู้ผลิตทั้งหมด

3.3.1.2 นำค่าความต้านทานตัวอย่างที่กำหนดไว้ซึ่งก็ คือ หัวอ่านในรูปของบาร์ จำนวน 1 บาร์ (30 ตัวอย่าง/บาร์) ซึ่งใน 1 บาร์มีจำนวนสไลเดอร์ที่มีค่าความต้านทานด้วยกัน 3 ระดับ ดังนี้ คือ 200, 300, 400 โอห์ม ตามลำดับ เพื่อทดสอบความสามารถในการแยกแยะค่าความต้านทานในระดับต่าง ๆ

3.3.1.3 กำหนดบุคคลที่ทำหน้าที่ในการวัด โดยผู้วิจัยเลือกพนักงานที่มีความชำนาญในการใช้เครื่องวัดนี้มาโดยเฉพาะ จำนวน 1 คน

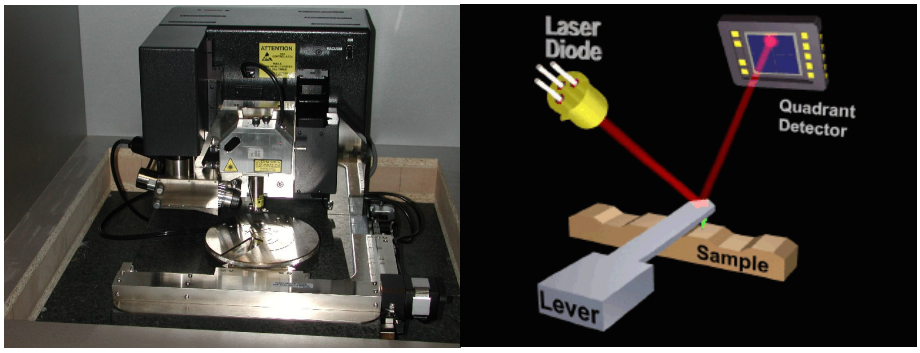
3.3.1.4 เริ่มทำการวัดความต้านทานตัวอย่าง 30 ตัวอย่าง/บาร์ ที่เครื่อง ISI-1 จากนั้นไปวัดที่ ISI-2 และ ISI-3 ตามลำดับ และให้ทำการวัดซ้ำอีกจนครบ 3 รอบ (Trial) ในแต่ละเครื่อง โดยวัดอย่างต่อเนื่องในช่วงเวลาใกล้เคียงกัน โดยใช้เงื่อนไขการวัดอย่างเดียวกันทุกประการ

3.3.1.5 นำค่าที่ได้มาทำการวิเคราะห์โดยนำข้อมูลไปใส่ในโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ แล้วทำการวิเคราะห์ความสามารถของระบบการวัดของเรื่องโดยตรวจสอบจากค่า P/T และค่า %R&R (ดูเงื่อนไขจากบทที่ 2)

3.3.1.6 ในกรณีที่ค่าความสามารถของระบบการวัดไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดให้ทำการตรวจสอบความบกพร่องของเครื่องมือวัด, ตัวอย่างที่นำมาทดสอบ และวิธีการวัดของพนักงานให้ถูกต้องและอยู่ในสภาพปกติ แล้วจึงเริ่มทำการทดสอบใหม่อีกครั้ง

3.3.2 เครื่องวัดความหยาบของผิว (เครื่อง Atomic Force Microscopy หรือ AFM)

เครื่อง AFM จะมีเข็มที่ปลายแขนกล โดยปลายเข็มจะติดอยู่กับผิวของตัวทดลอง ในการอ่านค่า จะใช้แสงเลเซอร์ในยิงเข้าไปกระทบกับเข็มเพื่ออ่านค่าของการสะท้อนว่า พื้นผิวนั้นเป็นเนินหรือเป็นลึกลงไป โดยโหมดการทำงานของ AFM จะมีอยู่สองโหมดด้วยกันคือ การจับอะตอม (Contract Mode) และการกระโดดข้ามไปมาระหว่างพื้นผิวของตัวทดลอง (Tapping Mode)



ภาพที่ 3.8

ภาพแสดงเครื่อง Atomic Force Microscopy (AFM)

การหาความสามารถของระบบการวัด (P/T และ %R&R) ของเครื่อง AFM นี้มีขั้นตอนย่อยดังต่อไปนี้

3.3.2.1 กำหนดเครื่องวัดที่ต้องการนำมาทำการทดสอบ จำนวน 1 เครื่อง

3.3.2.2 นำค่าความหยาบตัวอย่างที่กำหนดไว้ จำนวน 10 สไลเดอร์ ที่มีค่าหยาบด้วยกัน 3 ระดับ ดังนี้ คือ 0.2, 0.5, 1.0 นาโนมิเตอร์ ตามลำดับ เพื่อทดสอบความสามารถในการแยกแยะค่าความต้านทานในระดับต่างๆ จำนวนทั้งหมด 10 ตัวอย่าง

3.3.2.3 กำหนดคนที่ทำหน้าที่ในการวัด โดยผู้วิจัยเลือกพนักงานที่มีความชำนาญในการใช้เครื่องวัดนี้มาโดยเฉพาะ จำนวน 3 คน

3.3.2.4 เริ่มทำการวัดหัวอ่านตัวอย่างทั้ง 10 ตัวอย่าง โดยให้พนักงานคนที่ 1 วัดทั้ง 10 ตัวอย่างต่อเนื่อง จากนั้นให้คนที่ 2 และ 3 วัดเช่นเดียวกัน ตามลำดับ ต่อจากนั้นให้คนที่ 1, 2 และ 3 วัดอีกจนครบคนละ 3 รอบ (Trial) โดยใช้เงื่อนไขของเครื่องอย่างเดียวกันทุกประการ

3.3.2.5 นำค่าที่ได้มาทำการวิเคราะห์โดยนำข้อมูลไปใส่ในโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ แล้วทำการวิเคราะห์ความสามารถของระบบการวัดของเรื่องโดยตรวจสอบจากค่า P/T และค่า %R&R (ดูเงื่อนไขจากบทที่ 2)

3.3.2.6 ในกรณีที่ค่าความสามารถของระบบการวัดไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดให้ทำการตรวจสอบความบกพร่องของเครื่องมือวัด, ตัวอย่างที่นำมาทดสอบ และวิธีการวัดของพนักงานให้ถูกต้องและอยู่ในสภาพปกติ แล้วจึงเริ่มทำการทดสอบใหม่อีกครั้ง

เมื่อเครื่องวัดที่ใช้ตรวจสอบคุณภาพของหัวอ่าน มีความสามารถเป็นที่ยอมรับได้แล้ว นั่นแสดงว่าสามารถนำค่า MRR และ Ra มาทำการวิเคราะห์และตัดสินใจว่าปัจจัยใดส่งผลเกี่ยวข้องต่อคุณภาพของแผ่นเพลทและหัวอ่านได้ต่อไป

3.4 เลือกปัจจัย

จากปัญหาที่พบในขั้นตอนแรก จึงนำมาหาปัจจัยที่เกี่ยวข้องซึ่งได้มาจากกระบวน การจริง หรืออาจได้มาจากการทดลอง และนำเอาปัจจัยทั้งหมดที่ได้มาทำการจัดลำดับความ สำคัญ ซึ่งปัจจัยที่เลือกไปทำการออกแบบการทดลองนั้นต้องมีแนวโน้มมากพอที่จะส่งผลต่อคุณภาพของหัวอ่านและแผ่นเพลทด้วย ในที่นี้สามารถรวบรวมปัจจัยการทำให้เกิดปัญหาแผ่นเพลทด้อยคุณภาพได้ดังต่อไปนี้

A. ระยะเวลาในการฝังอัดไดม่อน (Charging time)
B. น้ำหนักที่ใช้ในการบดอัด (Charging Weight)
C. ความเร็วรอบของแผ่นเพลทขณะทำการบดอัด (Plate speed)
D. ความเร็วรอบของวงแหวนเซรามิคที่ช่วยในการบดอัด (Ceramic speed)
E. ความเร็วรอบในการส่ายไปมาของวงแหวนเซรามิค (Oscillations speed)
F. ทิศทางการหมุนของวงแหวนเซรามิคและเพลท (Ceramic&Plate direction)
G. ขนาดของเม็ดไดม่อนด์ที่ต้องการนำไปฝัง (Diamond Size)
H. อัตราการหยดน้ำยาไดม่อนด์ขณะที่บดอัด (Dropping rate)
I. ความแตกต่างของน้ำยาไดม่อนด์ในแต่ละล็อต (Lot)
J. ประสิทธิภาพของเครื่องจักรที่ทำหน้าที่ขัดผิวหัวอ่าน (Lapping machine)
K. ความสม่ำเสมอของอัตราส่วนเนื้อดีบุกและบิสมัทที่ผสมในแผ่นเพลท
L. การปฏิบัติการทำเพลทของพนักงานในแต่ละคน

สำหรับการเลือกปัจจัยนั้น จำเป็นต้องมีการจัดระดับความสำคัญว่าปัจจัยใดมีความเกี่ยวข้องและส่งผลต่อการด้อยคุณภาพของแผ่นเพลท ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ จะใช้วิธีการเชิงสถิติที่เรียกว่า OFAT (One Factor At the Time) โดยจะนำเอาการเปรียบเทียบแบบทูพอบพอชั่น (2 Proportions) มาช่วยในการตัดสินใจเลือกปัจจัย และทำการทดลองก่อนที่จะเริ่มออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลในขั้นตอนถัดไป

3.5 ออกแบบการทดลอง

เมื่อทราบปัจจัยที่สามารถนำมาใช้ในการออกแบบทดลองแล้ว จึงถึงขั้นตอนการออกแบบการทดลอง ซึ่งผู้วิจัยจะนำเอาโปรแกรมสำเร็จรูปเชิงสถิติมาใช้ในการออกแบบเชิงแฟคทอเรียล โดยมีสิ่งที่จำเป็นต้องพิจารณาดังต่อไปนี้

3.5.1 ผลตอบสนองที่สนใจ

- เปอร์เซ็นต์ความสูญเสียที่เกิดจากค่า MRR (MRR Loss ,%)
- ค่าความหยาบของผิวหัวอ่าน (Ra ,nm)
- อายุการใช้งานของแผ่นเพลทโดยเฉลี่ย (บาร์ต่อเพลท)

3.5.2 จำนวนปัจจัยที่คาดว่าจะนำมาออกแบบ หลังจากทราบผล OFAT

- น้ำหนักที่ใช้ในการบดอัด (Charging Weight)
- ระยะเวลาในการฝังอัดไดม่อน (Charging time)
- ความเร็วรอบของแผ่นเพลทขณะทำการบดอัด (Plate speed)
- ความเร็วรอบของวงแหวนเซรามิคที่ช่วยในการบดอัด (Ceramic speed)
- ความเร็วรอบในการส่ายไปมาของวงแหวนเซรามิค (Oscillation speed)

3.5.3 วิธีการออกแบบการทดลอง

ผู้วิจัยเลือกที่จะใช้การออกแบบการทดลองแฟคทอเรียลแบบบางส่วน ซึ่งจะมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- จำนวนปัจจัยที่คาดไว้ เท่ากับ 5 ปัจจัย จากข้อ 3.5.2 (Factor = 5)
- จำนวนระดับในแต่ละปัจจัย เท่ากับ 2 ระดับ (Level = 2)
- มิติของการออกแบบ เท่ากับ 5 (Resolution = 5)
- จำนวนการทดลองที่ศูนย์กลาง เท่ากับ 1 การทดลอง (Center point =1)
- จำนวนการจัดกลุ่มการทดลอง - ไม่มี(Block = 0)
- การเรียงลำดับการทดลองเป็นแบบสุ่ม (Randomize)
- จำนวนการทดลองรวมเท่ากับ 17 การทดลอง (Run = 17)

3.5.4 ดำเนินการทดลอง

3.5.4.1 ทำการเตรียมวัสดุอุปกรณ์ ดังต่อไปนี้

I. น้ำยาไดม่อนด์ Lot เดียวกัน จำนวน 5 ลิตร

II. แผ่นเพลท จำนวน 17 เพลท

III. สารหล่อลื่นการขัดผิวหัวอ่าน Lot เดียวกัน จำนวน 500 มิลลิลิตร

IV. เครื่องบดอัดไดม่อน จำนวน 1 เครื่อง

V. เครื่องขัดผิวหัวอ่าน จำนวน 1 เครื่อง

VI. วงแหวนเซรามิค จำนวน 1 ชุด

VII. บุคคลที่ทำหน้าที่ทำแผ่นเพลทที่กระบวนการฝังบดไดม่อนด์ 1 คน

VIII. บาร์ตัวอย่าง Femto จำนวน 17 Lot

3.5.4.2 ทำเพลทตามพารามิเตอร์ในแต่ละการทดลอง ซึ่งมีจำนวนการทดลองทั้งหมด 17 การทดลองอย่างต่อเนื่องแบบสุ่ม

3.5.4.3 นำเพลทที่ได้จากการจากทดลองมาทำการติดตั้งบนเครื่องขัดผิวหัวอ่าน โดยจะทำการทดลองครั้งละเพลท

3.5.4.4 นำบาร์หัวอ่านตัวอย่างมาทำการ lap บนแต่ละเพลทที่เตรียมมาจากแต่ละการทดลอง ทำเช่นเดียวกันนี้จนครบทั้ง 17 การทดลอง

3.5.4.5 ตรวจสอบหา %MRR Loss ในแต่ละการทดลอง โดยใช้เครื่อง Quasi Static Test

3.5.4.6 ตรวจสอบหาค่าความหยาบของผิวหัวอ่าน (Ra) จำนวน 20 หัวอ่านต่อการทดลอง โดยใช้เครื่อง Atomic Force Microscopy

3.6 วิเคราะห์ผลการทดลอง

ทำการวิเคราะห์ผลการทดลองจากออกแบบการทดลอง โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ เพื่อกรองปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของเพลทและหัวอ่าน และทำการหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดที่ส่งผลลัพธ์ที่ดีที่สุดต่อ %MRR loss และ Ra ซึ่งผลที่ได้จากการทดลองผู้วิจัยจะนำมาทำการแสดงให้เห็นในขั้นตอนนี้ ดังนี้

I. แสดงปัจจัยที่ส่งผลต่อ %MRR, Ra

II. พลอตผลกระทบร่วม (Interaction Plot)

III. พลอตผลกระทบหลัก (Main Effect Plot)

IV. พลอตลูกบาศก์ (Cube Plot)

V. ผลของความแปรปรวน

VI. สมการจำลอง (Mathematics Model Equation)

VII. กราฟแสดงค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุด (Optimize Diagram)

3.7 ทำการทดลองซ้ำ

ทำการทดลองซ้ำจากพารามิเตอร์ที่ให้ผลตอบสนองดีที่สุด ที่ส่งผลให้เพลทขัดผิวมีคุณภาพสูงสุด โดยขั้นตอนนี้เป็นการยืนยันผลลัพธ์ที่ได้อีกครั้ง เพื่อให้เกิดความเชื่อมั่นจากการออกแบบการทดลอง อีกทั้งในขั้นตอนนี้จำเป็นต้องทดลองให้เห็นผลลัพธ์ของค่าอายุการใช้งานของเพลทว่ามีอายุการใช้งานมากน้อยอย่างไร ถ้าผลที่ได้เป็นไปในทางลบ ผู้วิจัยจะทำการวิเคราะห์ผลอีกครั้ง ถ้ามีข้อผิดพลาดเกิดขึ้นในระหว่างการทำการทดลอง จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องกลับไปทำการทดลองหรือออกแบบการทดลองใหม่อีกครั้งต่อไป

3.8 สรุป อภิปรายผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ

สรุปผลที่ได้จากการออกแบบการทดลองโดยอธิบายผลจากโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ พร้อมแสดงให้ถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ ที่ส่งผลต่อคุณภาพของเพลทขัดผิวและหัวอ่าน อีกทั้งยังระบุถึงปัญญาพร้อมทั้งให้ข้อเสนอแนะหลังจากนำเอาพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดในกระบวนการจริง เพื่อให้เป็นแนวทางในการพัฒนาหรือปรับปรุงต่อไป