



ปัจจัยที่มีผลต่อการประกอบชุดประกอบหัวอ่าน/เขียนสำเร็จ เนื่องจาก กระบวนการอัลตราโซนิกแท็บบอนด์

A Study on Factors Affecting the Head Stack Assembly (HSA) in Ultra Sonic Tab Bond Process

จิราภรณ์ โอนพิมาย และเกียรติฟ้า ตั้งใจจิต*

Jeeraporn Onpimai and Kiatfa Tangchaichit*

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

*Correspondent author: kiatfa@kku.ac.th

Received February 22, 2011

Accepted April 22, 2011

บทคัดย่อ

การประกอบชุดประกอบหัวอ่าน/เขียนสำเร็จ (head stack assembly, HSA) ต้องอาศัยกระบวนการอัลตราโซนิกแท็บบอนด์ในการเชื่อมชิ้นงานระหว่าง APFA (actuator pivot flex assembly) กับแผ่นทองแดงของชุดหัวอ่าน/เขียน (Trace) ให้ติดกันโดยการสั่นด้วยคลื่นความถี่สูง ซึ่งตัวแปรที่ส่งผลต่อกระบวนการได้แก่ แรงกดและเวลาที่ใช้ในการกระบวนการอัลตราโซนิกแท็บบอนด์ ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาและวิเคราะห์ผลของตัวแปรดังกล่าวด้วยระเบียบวิธีทางไฟไนต์เอลิเมนต์ (finite element method, FEM) เพื่อทำนายพฤติกรรมการเกิดความเค้นในชิ้นงานขณะประกอบด้วยกระบวนการอัลตราโซนิกแท็บบอนด์ จากการศึกษาพบว่า เมื่อใช้แรงกดระหว่าง 50–80 gf และใช้ระยะเวลาอัลตราโซนิกระหว่าง 325–425 ms ระยะเวลาในการสั่นอัลตราโซนิกของแต่ละแรงจะไม่มีผลต่อกระบวนการประกอบชุดประกอบหัวอ่าน/เขียนสำเร็จ ในกระบวนการอัลตราโซนิกแท็บบอนด์

ABSTRACT

Ultrasonic tab bond (USTB) is one of the processes in head stack assembly (HSA) production. It consists of a welding technique using high frequency vibration applied to the actuator pivot flex assembly (APFA) pad and the head gimbals assembly (HGA) pad or trace being held together under pressure. The variables which are assumed to affect this process which are the force of the welding tip and the duration time of the ultrasonic vibration are analyzed in this research. The stress behavior during the USTB process was analyzed using the finite element method (FEM). The results show that the stress when the compression was between 50–80 gf, while the ultrasonic time was between 325–425 ms had no effect on the USTB process.

คำสำคัญ: ชุดประกอบหัวอ่าน/เขียนสำเร็จ กระบวนการอัลตราโซนิกแท็บบอนด์

Key words: head stack assembly, ultrasonic tab bond

1. บทนำ

ฮาร์ดดิสก์ (hard disk) เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่สามารถพัฒนาต่อไปได้อย่างไม่มีที่สิ้นสุด เนื่องจากมนุษย์ต้องการความสะดวกสบายในชีวิตประจำวัน จึงส่งผลให้ฮาร์ดดิสก์เป็นที่ต้องการมากขึ้นและมีแนวโน้มจะเพิ่มปริมาณมากขึ้นทุกปี เพราะฉะนั้นบริษัทผู้ผลิตจึงต้องวางแผนการผลิตให้เพียงพอต่อความต้องการของผู้บริโภค แต่การผลิตฮาร์ดดิสก์นั้นต้องอาศัยอุปกรณ์และเทคโนโลยีมากมายเนื่องจากชิ้นส่วนแต่ละชิ้นนั้นมีขนาดเล็กจึงทำให้เกิดข้อบกพร่องในการผลิตได้ง่าย ซึ่งหนึ่งในกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ที่สำคัญนั้นคือ กระบวนการประกอบชุดประกอบหัวอ่าน/เขียนสำเร็จ (head stack assembly, HSA) ด้วยกระบวนการอัลตราโซนิกแท็บบอนด์ (ultrasonic tab bond, USTB) เนื่องจากในขั้นตอนการประกอบนี้ เป็นการเชื่อมชิ้นงานระหว่าง แผ่นทองแดงของชุดประกอบหัวอ่าน/เขียนสำเร็จที่ปราศจากชุดหัวอ่าน/เขียน (actuator pivot flex assembly, APFA) กับแผ่นทองแดงของชุดหัวอ่าน/เขียน (trace) ให้ติดกันด้วยกระบวนการอัลตราโซนิกแท็บบอนด์

(Wuttipol, 2005) ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลอย่างมีนัยสำคัญต่อกระบวนการเชื่อมลวดตัวนำในกระบวนการอัลตราโซนิก ซึ่งพบว่าปัจจัยที่มีผลกระทบมีเพียง 4 ปัจจัยหลักคือ แรงกดขณะเชื่อม อุณหภูมิบริเวณที่ทำการเชื่อม พลังงานอัลตราโซนิก และระยะเวลาอัลตราโซนิก (Luk et al., 2002) พบว่าวิธีการเชื่อมอัลตราโซนิกแท็บบอนด์ใช้ระยะเวลาในการเชื่อมชิ้นงานน้อยและชิ้นงานที่ได้จากการเชื่อมนั้นสะอาด อีกทั้งมีการใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน (Tianming and Chunyue, 2009) ได้มีการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการเชื่อมลวดทองแดงด้วยกระบวนการเชื่อมเทอร์โมโซนิก (thermosonic bonding) เมื่อทำการทดสอบจึงพบว่าระยะเวลาในการอัลตราโซนิกแรงกดชิ้นงาน และพลังงานอัลตราโซนิกจะส่งผล

ต่อ เส้นผ่านศูนย์กลางตามแนวตั้งของปลายลวดเชื่อมหรือความสูงของลูกบอลเมื่อถูกเชื่อมติดกับฐานแล้ว ตามลำดับและยังพบว่า แรงกดชิ้นงานระยะเวลาในการอัลตราโซนิก และพลังงานอัลตราโซนิกนั้นส่งผลต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตามแนวนอนของปลายลวดเชื่อมหรือเส้นผ่านศูนย์กลางของลูกบอลเมื่อถูกเชื่อมติดกับฐานแล้วตามลำดับ จากนั้น (Jun et al.) ได้ศึกษาค่าพลังงานในการเชื่อม และแรงกดในการเชื่อม โดยใช้การเชื่อมด้วยลูกบอลทอง (gold bond ball) พบว่าเมื่อมีแรงกดมากจะเกิดแรงเสียดทานระหว่างลวดกับแผ่นอลูมิเนียมมากตามไปด้วยส่งผลให้ประสิทธิภาพในการเชื่อมติดดี และเมื่อมีแรงกดน้อยหัวกดจะมีการลื่นไถลส่งผลให้ประสิทธิภาพในการเชื่อมติดจึงลดลง (จิราภรณ์, 2554) ศึกษาแรงกดของกระบวนการอัลตราโซนิกที่ 40-100 gf โดยใช้เวลาในการสั่นด้วยคลื่นอัลตราโซนิก 400 ms ซึ่งพบว่าช่วงแรงกดที่เหมาะสมคือแรงกดระหว่าง 50-80 gf ซึ่งจะส่งผลให้ชิ้นงานเชื่อมติดกันพอดีและไม่ส่งผลการเสียหายภายในชิ้นงาน

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อชุดประกอบหัวอ่าน/เขียนสำเร็จ ในกระบวนการอัลตราโซนิกแท็บบอนด์ โดยประยุกต์ใช้โปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์เข้ามาทำการจำลองรูปแบบในการวิเคราะห์ เพื่อให้การประกอบชุดประกอบหัวอ่าน/เขียนสำเร็จมีประสิทธิภาพ

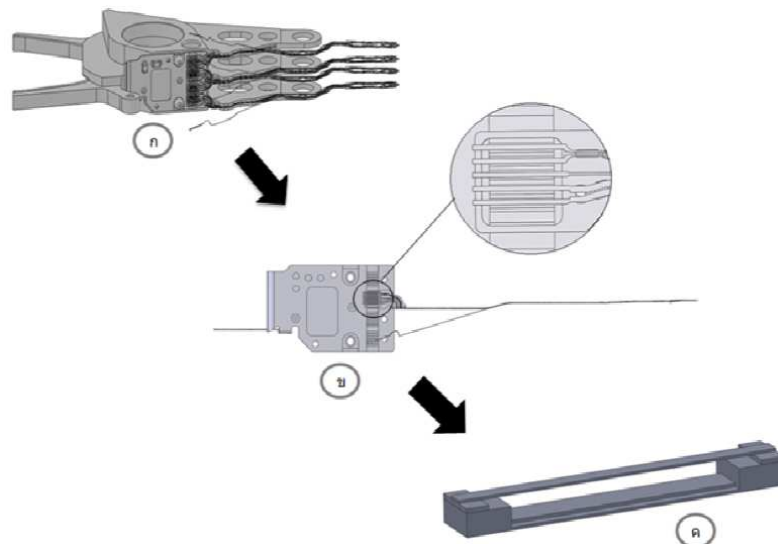
2. วิธีวิจัย

2.1 แรงกดจากหัวกด

ในการทดลองทำการเปลี่ยนแปลงแรงกดจากหัวกด 4 ค่า ได้แก่ 50, 60, 70 และ 80 gf และเปลี่ยนแปลงเวลาในการสั่นด้วยความถี่อัลตราโซนิก 5 ค่า ได้แก่ 325, 350, 375, 400 และ 425 ms โดยใช้ความถี่ที่ 63.7 kHz

2.2 ชุดประกอบหัวอ่าน/เขียนสำเร็จ

การศึกษากการประกอบชุดประกอบหัวอ่าน/เขียนสำเร็จ ในกระบวนการอัลตราโซนิกแท็บ-



รูปที่ 1. ขั้นตอนการปรับปรุงโมเดลที่จะนำไปใช้ในการศึกษา

บอนด์ กำหนดให้มีการดำเนินงานวิจัยเกี่ยวกับตัวแปรที่มีผลต่อกระบวนการอัลตราโซนิกแท็บบอนด์ คือ แรงกดที่หัวกด และเวลาที่หัวกดใช้ในขณะสั่นเมื่อสัมผัสชิ้นงานหรือระยะเวลาอัลตราโซนิก โดยใช้ไฟไนต์เอลิเมนต์ในการวิเคราะห์ผล เนื่องจากได้มีงานวิจัยแรงกดที่เหมาะสมในกระบวนการอัลตราโซนิกแท็บบอนด์ ที่ 50, 60, 70 และ 80 gf จึงนำแรงกดดังกล่าวมาใช้ในการทำนายผลการศึกษาด้านเวลาในกระบวนการอัลตราโซนิกแท็บบอนด์ ในกรณีของการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการสร้างโมเดล 2 มิติ ขึ้นภายในโปรแกรมเขียนแบบ ก่อน จากนั้นจึงนำโมเดล 2 มิติ ไปขึ้นรูปเป็นชิ้นงาน 3 มิติ ในโปรแกรม Ansys เนื่องจากชิ้นงานไม่มีความซับซ้อน จึงสามารถขึ้นรูปชิ้นงานภายในโปรแกรม Ansys ได้ หลังจากพิจารณาชิ้นงานในส่วนที่สำคัญจึงได้ตัดบางชิ้นส่วนออกโดยชิ้นส่วนที่นำมาพิจารณาคือ ชิ้นส่วนแผ่นทองแดงของชุดหัวอ่าน/เขียน แผ่นทองแดงของ APFA แผ่นฐานและเหล็กกล้าไร้สนิม ดังรูปที่ 1

2.3 การแบ่งเอลิเมนต์

การแบ่งเอลิเมนต์ งานวิจัยนี้มีการใช้การวิเคราะห์ แบบ explicit dynamic analysis

เนื่องจากสามารถลดระยะเวลาในการคำนวณได้ สำหรับการแบ่งเอลิเมนต์ทุกชิ้นส่วนที่นำมาวิเคราะห์ จะถูกแบ่งเอลิเมนต์แบบทรงตัน (solid element) ซึ่งมีโหนดทั้งหมด 8 โหนด โดยจะกำหนดรายละเอียดการแบ่งเมชตามตารางที่ 1 สำหรับการแบ่งเมชขนาดเล็กส่งผลให้ผลการทดสอบมีค่าความแม่นยำสูง แต่ใช้ระยะเวลาในการคำนวณมาก ดังนั้นจึงเลือกใช้เมชขนาดเล็กตรงบริเวณที่ต้องการความแม่นยำสูงเท่านั้น โดยขนาดของเมชที่บริเวณหัวกดสัมผัสกับชิ้นงานเป็น

ตารางที่ 1. แบบจำลองการแบ่งเอลิเมนต์

หัวข้อ	การกำหนด
ขนาดของเมช ที่บริเวณหัวกดสัมผัสกับชิ้นงาน (มม.)	0.00625
ขนาดของเมชที่บริเวณรอบหัวกด (มม.)	0.0125
ขนาดของเมช ที่ขอบเขตอื่นๆ (มม.)	0.025
เอลิเมนต์	Hexahedral
ชนิดของเอลิเมนต์	Solid 164
จำนวนของเมชที่ใช้โดยประมาณ	15,000

ตารางที่ 2. การกำหนดคุณสมบัติของวัสดุ

ชิ้นส่วน	วัสดุ	Density (g/cc)	Modulus of Elasticity (GPa)	Tensile Yield Strength (MPa)	Ultimate Tensile Strength (MPa)
APFA Pad, Trace	Copper	8.92	122	474	593
Base APFA	Polymide	1.45	7.9	179	224
Stainless steel	Stainless steel	7.93	160	1024	1280

บริเวณที่ต้องการความแม่นยำสูงจึงมีขนาดเมชเท่ากับ 0.00625 มม. ถัดออกมาบริเวณรอบหัวกดขนาดเท่ากับ 0.0125 มม. แล้วจึงทำการเมชปริมาตรที่เหลือด้วยขนาด 0.025 มม. ดังรูปที่ 2 แบบจำลองหลังการแบ่งเอลิเมนต์ และแสดงตำแหน่งชิ้นงาน ทั้งนี้ได้ทำการทดสอบเมชและเปรียบเทียบผลการจำลองชิ้นงานว่าถูกต้องแล้ว

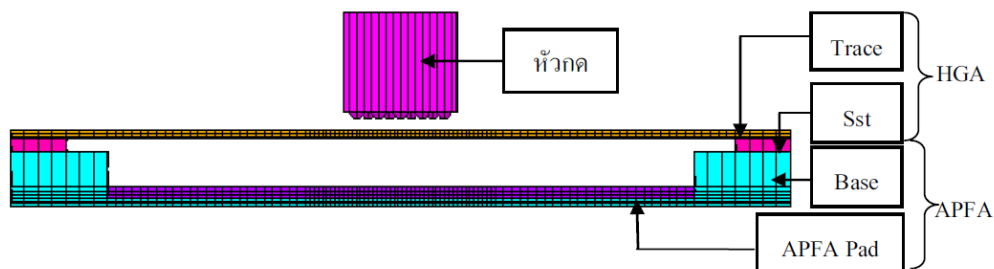
2.4 การกำหนดคุณสมบัติของวัสดุ

การกำหนดคุณสมบัติของวัสดุ ได้กำหนดคุณสมบัติของวัสดุแบบ bilinear kinematic hardening ซึ่งมีทั้งหมด 5 ชิ้นส่วน ได้แก่ แผ่นทองแดงของชุดหัวอ่าน/เขียน แผ่นทองแดงของ APFA (APFA pad) แผ่นฐาน (base APFA) เหล็กกล้าไร้สนิม (stainless steel) และ หัวกด

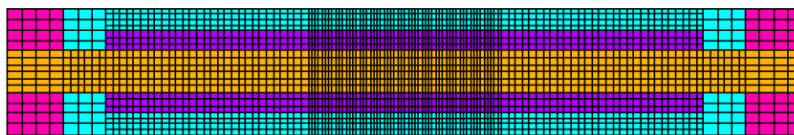
(tip) ในส่วนของหัวกดชิ้นงานผลิตจากเซรามิก จึงกำหนดให้เป็นวัสดุแข็งเกร็ง (rigid body) เนื่องจากหัวกดมีความแข็งแรงมากเมื่อเทียบกับชิ้นงานอื่น ดังตารางที่ 2

3. ผลการวิจัยและอภิปราย

ลักษณะพฤติกรรมของชิ้นงานเกิดขึ้นจากหัวกดจะถูกกดลงด้วยแรงที่กำหนดเพื่อกดแผ่นทองแดงของชุดหัวอ่าน/เขียน ให้สัมผัสกับแผ่นทองแดงของ APFA เมื่อแผ่นทองแดงของชุดหัวอ่าน/เขียน สัมผัสกับแผ่นทองแดงของ APFA หัวกดจึงเริ่มต้นด้วยความถี่อัลตราโซนิก โดยค่าความถี่ที่ใช้ในการทดสอบคือ 63.7 kHz เมื่อครบกระบวนการจึงถอดแรงออกจากชิ้นงานให้หัวกดกลับสู่ตำแหน่งเริ่มต้น สามารถแสดงพฤติกรรม

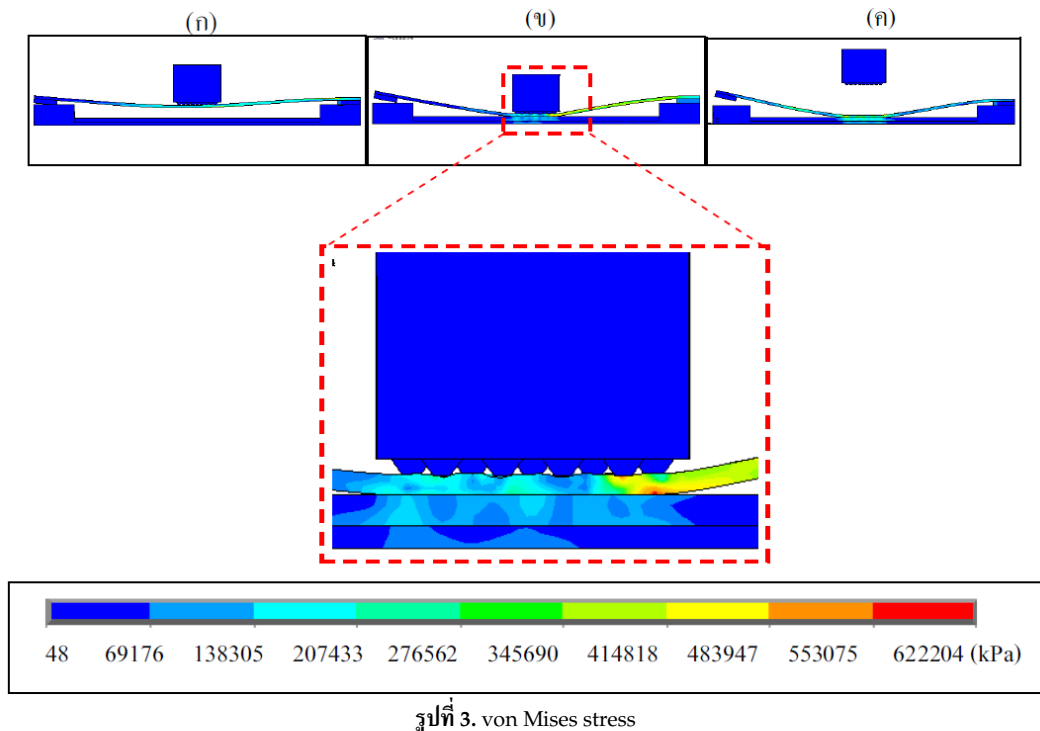


ก. แบบจำลองการแบ่งเอลิเมนต์ด้านหน้าและแสดงส่วนประกอบ



ข. แบบจำลองการแบ่งเอลิเมนต์ด้านบนโดยนำหัวกดออก

รูปที่ 2. แบบจำลองการแบ่งเอลิเมนต์



รูปที่ 3. von Mises stress

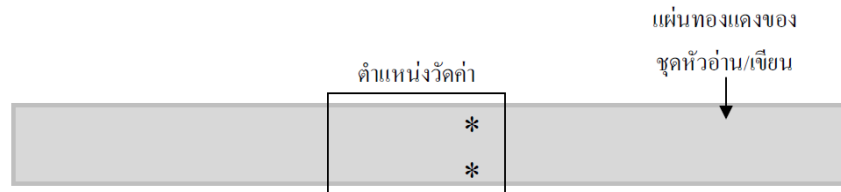
ของชิ้นงานดังรูปที่ 3 (ก) แสดงลักษณะของหัวกดกำลังกดแผ่นทองแดงของชุดหัวอ่าน/เขียนลงมาชนกับฐาน รูปที่ 3 (ข) หัวกดเริ่มสั่นเพื่อเชื่อมชิ้นงานให้ติดกัน รูปที่ 3 (ค) หัวกดกลับสู่ตำแหน่งเริ่มต้น

เมื่อนำความเค้นที่เกิดขึ้นบน แผ่นทองแดงของชุดหัวอ่าน/เขียน ขณะรับภาระจากแรงกดและการสั่นด้วยความถี่อัลตราโซนิกมาแสดง พบว่าความเค้นจะเกิดมากที่สุดในขณะที่แผ่นทองแดงของชุดหัวอ่าน/เขียนถูกกดลงมาชนกับฐานและสั่นไปพร้อมกันดังแสดงในรูปที่ 3 (ข) โดยค่าความเค้นที่ได้รับมีค่าอยู่ระหว่างจุดคราก (yield point) และจุดค่าความแข็งแรงสูงสุดของวัสดุ (ultimate tensile strength) ซึ่งหมายถึงแผ่นทองแดงของชุดหัวอ่าน/เขียนได้เกิดการเปลี่ยนรูปแบบถาวร (plastic deformation) หรือเกิดการเชื่อมติดกับแผ่นทองแดงของ APFA แล้ว

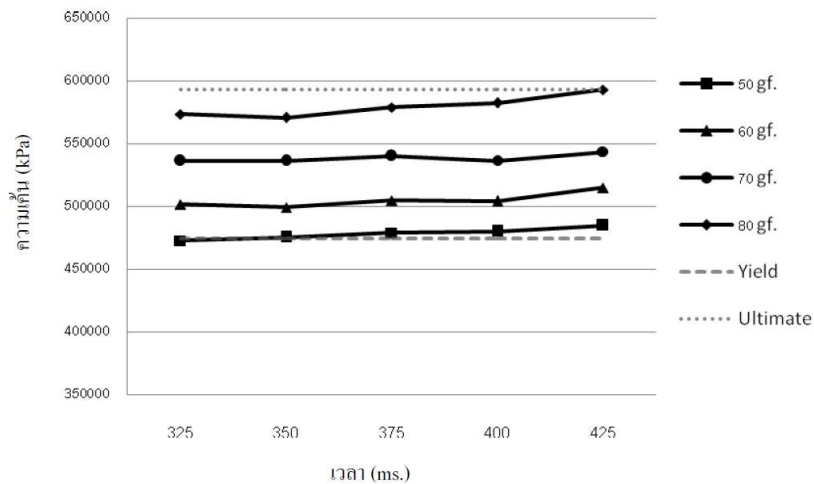
จากการวิเคราะห์ค่าความเค้นของชิ้นงานบริเวณกึ่งกลางชิ้นงานของแผ่นทองแดงของชุดหัวอ่าน/เขียน ซึ่งเป็นบริเวณที่หัวกดสัมผัสกับแผ่น

ทองแดงของชุดหัวอ่าน/เขียน เพื่อใช้ในการวัดผลค่าความเค้น von Mises stress โดยทำการวัดผลตำแหน่งเดียวกันทุกการทดลอง ดังรูปที่ 4 กรอบสี่เหลี่ยมสีดำหมายถึงบริเวณที่ทำการวัดค่าความเค้น ส่วนเครื่องหมายภายในกรอบคือจุดที่เกิดค่าความเค้นสูงสุดภายในชิ้นงาน โดยตำแหน่งจุดที่เกิดค่าความเค้นสูงสุดของแต่ละกรณีนั้นจะไม่อยู่ในตำแหน่งเดียวกันทั้งหมด แต่อยู่ในบริเวณที่ใกล้เคียงกัน

จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและแรงที่ระยะเวลาต่างๆ ดังรูปที่ 5 แสดงให้เห็นความเค้นที่แรงกดต่างๆ เมื่อพิจารณาแรงกดที่ 50 gf โดยใช้เวลาในการสั่นด้วยอัลตราโซนิก 325, 350 และ 375 มิลลิวินาที มีค่าความเค้นใกล้เคียงกันทั้ง 3 ค่า แต่เมื่อทำการทดสอบที่เวลา 400 และ 425 มิลลิวินาที มีลักษณะกราฟค่าความเค้นที่มากขึ้นจากการทดสอบที่เวลา 325, 350 และ 375 มิลลิวินาที เล็กน้อย และจะมากขึ้นตามลำดับ โดยการทดสอบที่เวลา 425 มิลลิวินาที มีค่าความเค้นมากที่สุด



รูปที่ 4. ตำแหน่งการวัดค่า von Mises stress ของชิ้นงาน



รูปที่ 5. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับความเค้น

เมื่อพิจารณาแรงกดที่ 60, 70 และ 80 gf โดยใช้เวลาในการสั่นด้วยอัลตราโซนิก 325, 350, 375, 400 และ 425 มิลลิวินาที พบว่ามีลักษณะคล้ายกับกรณีแรงกดที่ 50 gf จากกราฟทำให้ทราบว่า แรงกดจะมีผลต่อการเชื่อมชิ้นงานโดยเมื่อแรงกดมากขึ้นค่าความเค้นจะมากขึ้นด้วยแต่ระยะเวลาในการสั่นด้วยอัลตราโซนิกระหว่าง 325-425 มิลลิวินาที ไม่ส่งผลต่อการเชื่อมชิ้นงาน

4. สรุป

จากการศึกษาแรงกดชิ้นงาน พบว่าเมื่อแรงกดมากขึ้นจะทำให้ความเค้นมากขึ้นตามไปด้วยเนื่องจากเมื่อหัวกดได้รับแรงกดมากขึ้น จะส่งแรงไปที่แผ่นทองแดงของชุดหัวอ่าน/เขียนทำให้เกิดการอัดตัวระหว่างแผ่นทองแดงของชุดหัวอ่าน/เขียน กับแผ่นทองแดงของ APFA มากขึ้น และทำให้เกิดความเค้นสูงขึ้นตามไปด้วย ซึ่งแรงกดที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 50-80 gf ดังนั้นจึงนำแรงกดดังกล่าว มาศึกษาระยะเวลาอัลตราโซนิก 5 ระดับ

คือ 325, 350, 375, 400 และ 425 มิลลิวินาที พบว่าเมื่อระยะเวลาอัลตราโซนิกมากขึ้นค่าความเค้นไม่แตกต่างกันมากนัก หรือสรุปได้ว่าการทดสอบที่แรงกด 50-80 gf โดยใช้ระยะเวลาอัลตราโซนิกระหว่าง 325-425 มิลลิวินาที ไม่มีผลต่อกระบวนการประกอบชุดประกอบหัวอ่าน/เขียนสำเร็จ ในกระบวนการอัลตราโซนิกแท๊ปบอนด์

5. ข้อเสนอแนะ

ควรมีการศึกษายปัจจัยที่มีผลกระทบต่อกระบวนการประกอบชุดประกอบหัวอ่าน/เขียนสำเร็จ เนื่องจากกระบวนการอัลตราโซนิกแท๊ปบอนด์เพิ่มเติม เช่น ความถี่ของหัวกด เป็นต้น

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบริษัทเวสเทิร์นดิจिटอลบางปะอิน (ประเทศไทย) จำกัด ที่ให้การสนับสนุนด้านข้อมูล และ อุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

7. เอกสารอ้างอิง

- จิราภรณ์ โอนพิมาย. 2554. การศึกษาค่าแรงกดที่มีผลต่อการประกอบชุดประกอบหัวอ่าน/เขียนสำเร็จ เนื่องจากกระบวนการอัลตราโซนิกแท่งบอนด์. วารสารวิจัยมข. 16 (2): xx-xx.
- Jun Qi, Ngar Chun Hung, Ming Li, Deming Liu. [n.d.]. **Mechanism Analysis of Process Para-meters Effects on Bondability in Ultra-sonic Ball Bonding.** Hong Kong.
- Tianming, L.I. and Huang, C. 2009. **Study on bonding process parameters affecting Cu bump shape based on design of experiment method.** China.
- Luk, C.F., Chan, Y.C. and Hung, K.C. 2002. Development of gold to gold inter-connection flip chip bonding for chip on suspension assemblies. **Microelectron Reliab.** 42: 381–389.
- Wuttipol Kankosol. 2005. **Determining an optimal condition for wire bonding process of fiber optic receiver by design and analysis of experiment.** Bangkok: Master thesis, Department of Mechanical Engineering, King Mongkut's Institute of Technology North Bangkok.