



## บรรณานุกรม

1. เสกสรรค์ คล้ายเพ็ญ. [ม.ป.ป.]. **Hard disk**. ค้นเมื่อ 10 มิถุนายน 2552, จาก <http://school.obec.go.th/noernmaprang/sakesun/Pic/hdd.jpg>.
2. M. Tiwari. (2007). **Manufacturing of a Hard Disk Drive (HDD)**. ค้นเมื่อ 10 มิถุนายน 2552, จาก <http://mannuforall.blogspot.com/2007/10/manufacturing-of-hard-disk-drive.html>.
3. บริษัท เวสเทิร์น ดิจิตอล (ประเทศไทย) จำกัด. [ม.ป.ป.]. **การผลิตชุดประกอบหัวอ่าน-เขียนสำเร็จ**. ค้นเมื่อ 22 มกราคม 2553, จาก [http://cpe.rsu.ac.th/ut/courses/T1-50/cpe489/portfolio/461398/บริษัท\\_เวสเทิร์น\\_ดิจิตอล.html](http://cpe.rsu.ac.th/ut/courses/T1-50/cpe489/portfolio/461398/บริษัท_เวสเทิร์น_ดิจิตอล.html).
4. วิรินทร์ เมฆประคิษฐสิน. [ม.ป.ป.]. **รอบรู้การตรวจซ่อมฮาร์ดดิสก์ด้วยตนเอง**. ค้นเมื่อ 16 กรกฎาคม 2552, จาก <http://webserv.kmitl.ac.th/~s6066504/harddisk1/harddisk1.html>.
5. The PC Guide. (2001). **Hard Disk Logic Board**. ค้นเมื่อ 21 กุมภาพันธ์ 2552, จาก <http://www.pcguides.com/ref/hdd/op/logic-c.html>.
6. **Key Process Technology**. [ม.ป.ป.]. ค้นเมื่อ 29 เมษายน 2552, จาก [http://www.sfig.com.hk/prod\\_n\\_tech/hp\\_al\\_po.htm](http://www.sfig.com.hk/prod_n_tech/hp_al_po.htm)
7. A. Piela. (1992). Study on the applicability of the finite element method to the analysis of swaging process. **Archives of Metallurgy**, 37, 425-443.
8. International Business Machines Corporation. (1975). **IBM Disclosure Bulletin**, 18 (1).
9. Seagate Technology Incorporation, Scotts Valley, Calif. (1992). Apparatus for predicting twist out torque in a swage mount. **United States Patent**, [n.p.]. Retrieved August 20, 2009, from <http://www.freepatentsonline.com/5142770.pdf>
10. International Business Machines Corporation. Armonk. N.Y. (1975). Etched/lubricated swage ball for used in DASD suspension - arm attachment. **United States Patent**, [n.p.]. Retrieved August 20, 2009, from <http://www.freepatentsonline.com/5879578.pdf>

11. Seagate Technology LLC. Scotts Valley. CA (US). (2002). Swaging flexure to E - block arms. **United States Patent**, [n.p.]. Retrieved September 9, 2009, from <http://www.freepatentsonline.com/6389684.pdf>
12. J. L. Wang and Kai Wu. (2004). Base plate for arm and suspension assembly. **United States Patent**, [n.p.]. Retrieved May 4, 2009, from <http://www.freepatentsonline.com/6697224.pdf>
13. R. E. Fossum. (2006). Suspension base plate with boss tower having tapered swage ball-engaging surface. **United States Patent**, [n.p.]. Retrieved November 18, 2009, from <http://www.freepatentsonline.com/7130156.pdf>
14. K. Hanrahan and Ryan Schmidt. (2001). Optimized low profile swage mount bass plate attachment of suspension assembly for hard disk drive. **United States Patent**, [n.p.]. Retrieved April 29, 2009, from <http://www.freepatentsonline.com/6183841.pdf>
15. S. K. Wadhwa. (1996). Material compatibility and some understanding of the ball swaging process. **IEEE Transactions on magnetic**, 32 (3).
16. Tatewaki M, Tsuda, N. and Maruyama, T. (2001). An analysis of disk flutter in hard disk drives in an aerodynamic simulation. **IEEE Transactions on magnetic**, 37, 842-846.
17. Takashi Y., Kazuaki U., Atsushi O., Kei Y., Kyo A. and Kazuhisa S. (2000). Servo bandwidth and positioning accuracy design for high track density drives. **IEEE Transactions on magnetic**, 36 (5), 2216-2218.
18. Kenichiro Aoki, Keiji Aruga. (2007). Numerical ball swaging analysis of head arm for hard disk drives. **Microsyst Technol**, 13, 943-949.
19. T. Kamnerdtong, S. Chutima and K. Ekintumas. (2005). Effects of Swaging Process Parameters on Specimen Deformation. **The 8<sup>th</sup> Asian symposium on visualization**.
20. **CBL Picture: Head Stack Assembly**. [ม.ป.ป.]. ค้นเมื่อ 20 กันยายน 2552, จาก <http://www.cbldatarecovery.com/blog/data-recovery/cbl-pictures-head-stack-assembly>.
21. **Process Swaging**. [ม.ป.ป.]. ค้นเมื่อ 20 กันยายน 2552, จาก <http://www.torrington-machinery.com/process/swaging.html>.

22. A. Zaghlol, K. Hermann, J. Butler, P. Teertstra and R. Culham. (2002). Forced convection heat transfer for swaged mixed metal heat sinks. In Cristina H. Amon (Eds.). **Eighth Intersociety Conference on Thermal and Thermomechanical Phenomena in Electronic Systems, ITherm 2002, San Diego, CA, May 29 - June 1.** (pp. 315-322). Mississauga: R-Theta Inc.
23. D.A. Hill, D. Nowell and A. Sackfield. (1993). **Mechanics of elastic contacts.** London: Butterworth Heinemann.
24. คลังทรัพยากรสาขาการเรียนรู้ฟิสิกส์. [ม.ป.ป.]. การชนและโมเมนตัม. ค้นเมื่อ 9 กันยายน 2551, จาก [http://pirun.ku.ac.th/~g4886050/simulation5\\_1.html](http://pirun.ku.ac.th/~g4886050/simulation5_1.html).
25. S.P. Timoshenko. (1952). **History of strength of materials.** New York: Dover.
26. T. Childs, K. Maekawa, T. Obikawa and Y. Yamane. (2000). **Metal machining. theory and applications.** London: Arnold.

ภาคผนวก

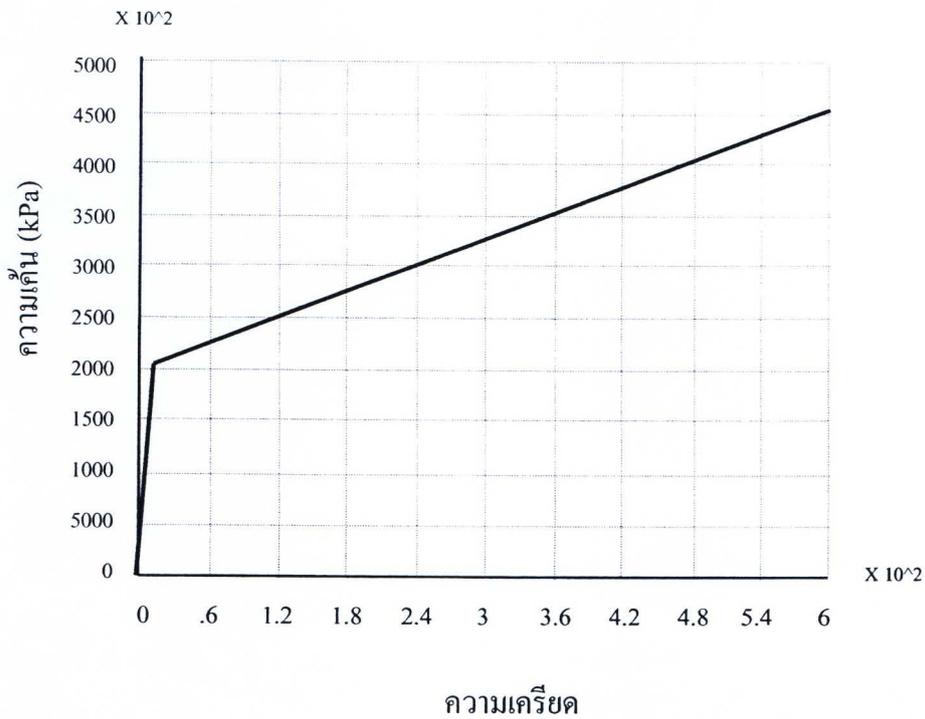
ภาคผนวก ก

คุณสมบัติของวัสดุที่ใช้สำหรับแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์

## คุณสมบัติของวัสดุที่ใช้สำหรับแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์

การกำหนดคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้สำหรับแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ ถูกกำหนดแบบ Bilinear isotropic hardening elastic-plastic material โดยมีพฤติกรรมของวัสดุแต่ละชนิดดังนี้

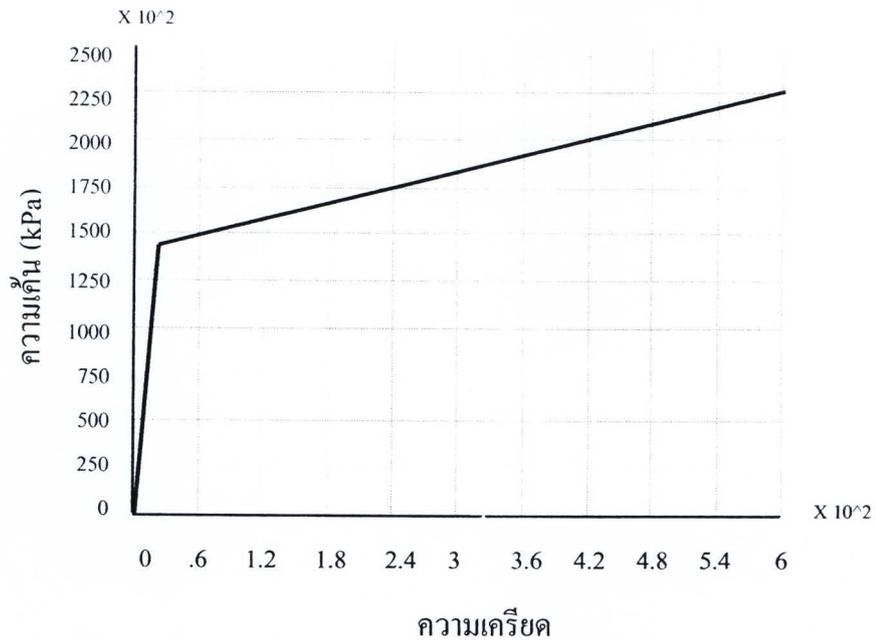
แผ่นฐาน และ ชิ้นส่วนรองแขนยึดในแต่ละหัวอ่าน (UNS S30500)



ภาพที่ 41 คุณสมบัติของวัสดุที่ใช้สำหรับแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ของแผ่นฐาน และชิ้นส่วนรองแขนยึดในแต่ละหัวอ่าน

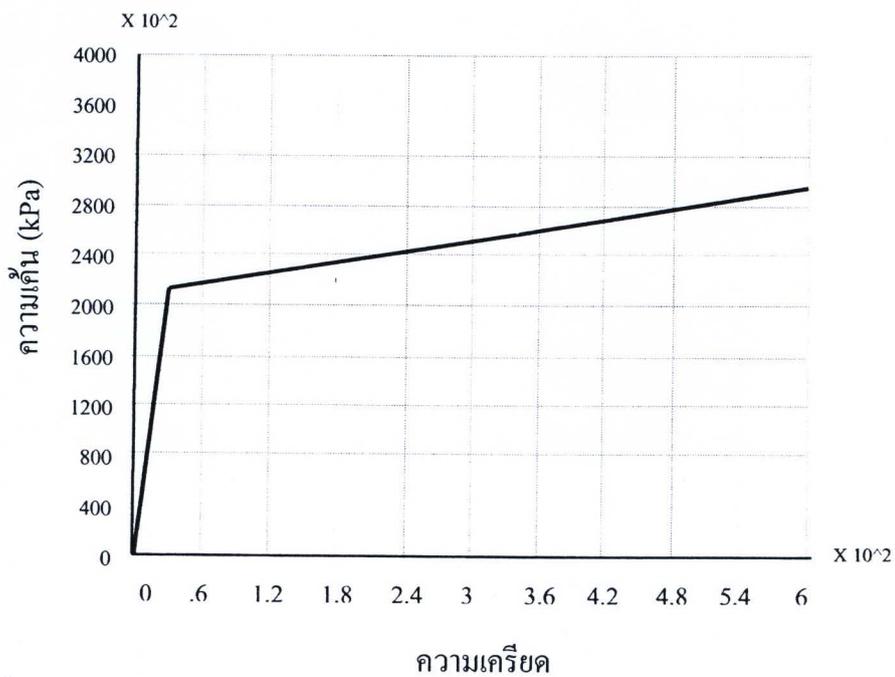
### แขนหัวอ่าน/เขียน (Actuator Arm)

#### - อะลูมิเนียม 6063-T5



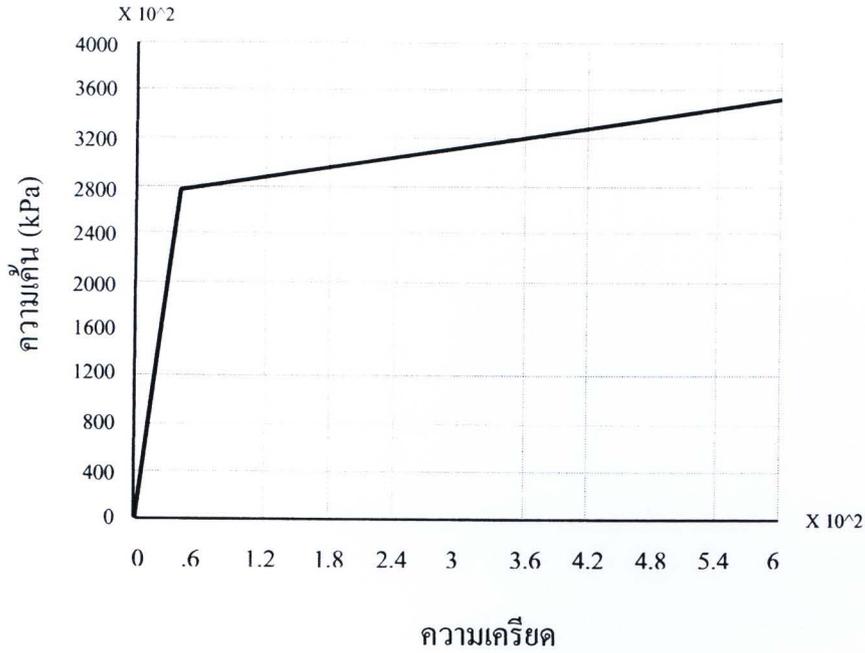
ภาพที่ 42 คุณสมบัติของวัสดุที่ใช้สำหรับแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ของอะลูมิเนียม 6063-T5

#### - อะลูมิเนียม 6063-T6



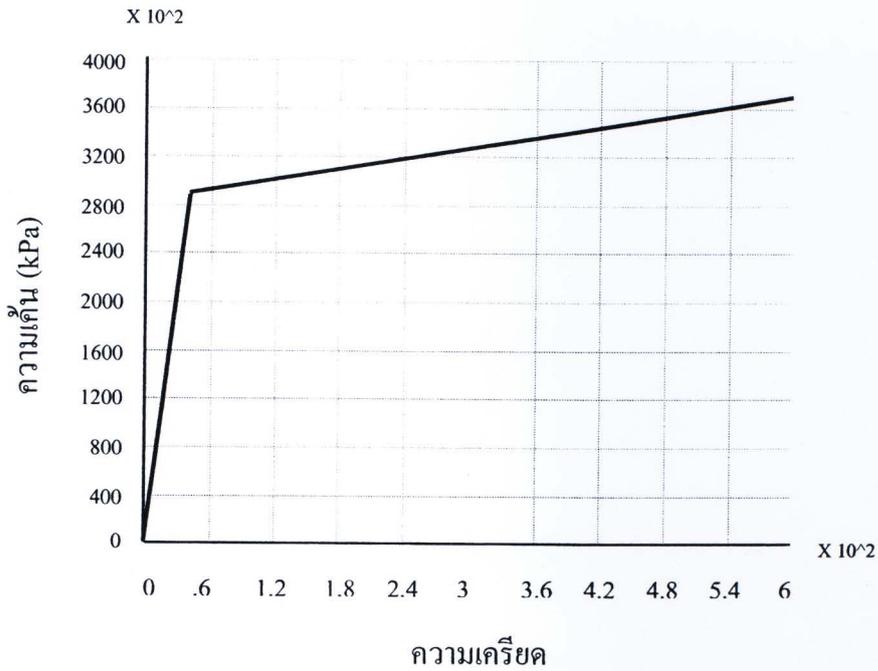
ภาพที่ 43 คุณสมบัติของวัสดุที่ใช้สำหรับแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ของอะลูมิเนียม 6063-T6

- อะลูมิเนียม 6061-T6



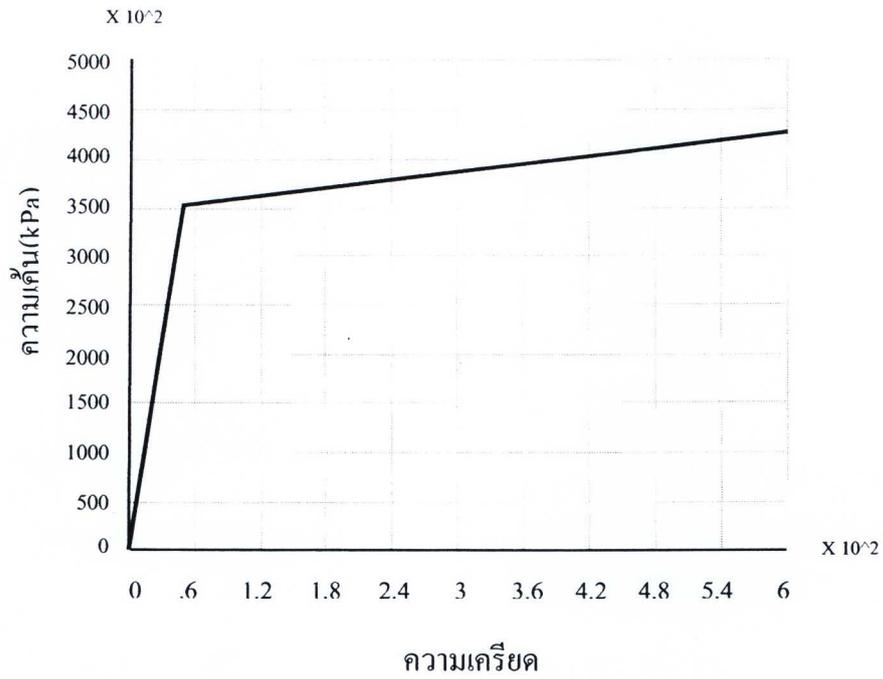
ภาพที่ 44 คุณสมบัติของวัสดุที่ใช้สำหรับแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ของอะลูมิเนียม 6061-T6

- อะลูมิเนียม 7005-T6



ภาพที่ 45 คุณสมบัติของวัสดุที่ใช้สำหรับแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ของอะลูมิเนียม 7005-T6

- อะลูมิเนียม 7005-T53



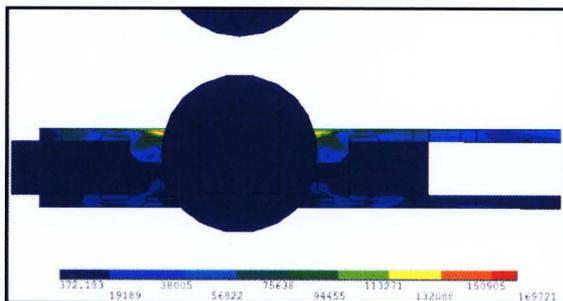
ภาพที่ 46 คุณสมบัติของวัสดุที่ใช้สำหรับแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ของอะลูมิเนียม 7005-T53

ภาคผนวก ข

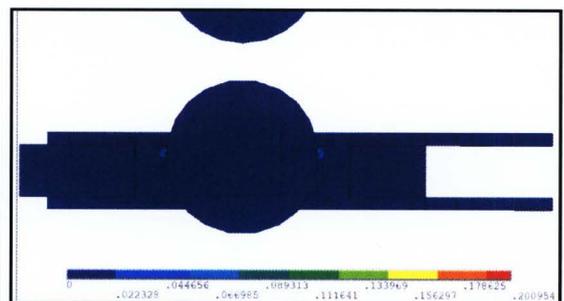
พฤติกรรมการณ์เสียรูปของชิ้นงาน จากกระบวนการสเวดด้วยลูกบอล

## พฤติกรรมกรรมการเสีรูปของชิ้นงาน จากกระบวนการสเวดด้วยลูกบอล

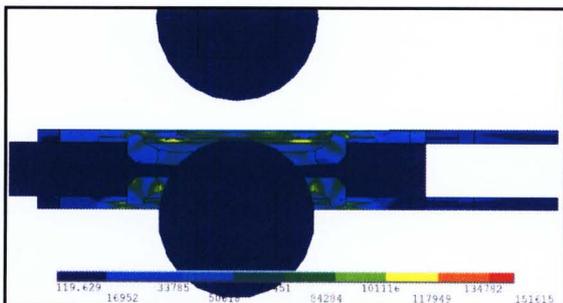
การวิเคราะห์พฤติกรรมกรรมการเสีรูปของชิ้นงานของกระบวนการสเวดด้วยลูกบอล สามารถแสดงพฤติกรรมกรรมการเกิดความเค้น และความเครียด ในขณะที่ลูกบอลยังผ่านรูของแผ่นฐาน ของแกนหัวอ่าน/เขียนที่มีหัวอ่านที่ 1 และ 2 ประกบทั้งด้านล่างและด้านบน ซึ่งเป็นแกนกลาง เมื่อลูกบอลลูกที่ 1 ยังผ่านแผ่นฐาน ดังภาพที่ 47 จะเห็นได้ว่า ความเค้นและความเครียดจะเกิดมากบริเวณรอบรูของแผ่นฐาน ซึ่งการยิงลูกบอลลูกที่ 1 เป็นการยิงเพื่อเบิกร่อง ก่อนที่จะยิงลูกที่ 2



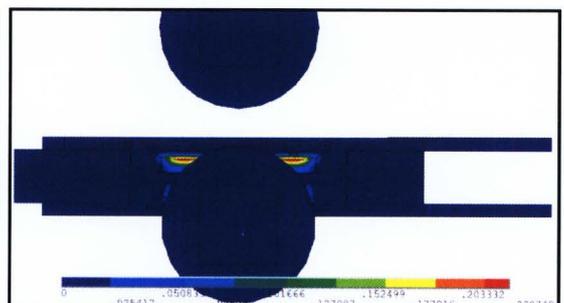
(ก 1)



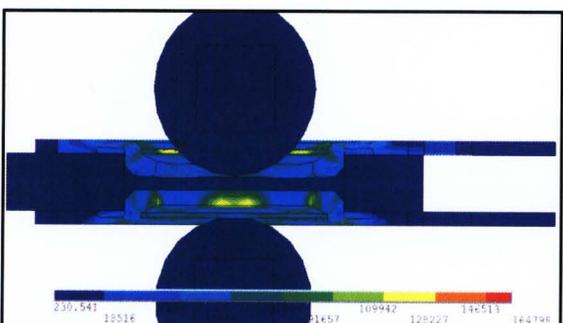
(ข 1)



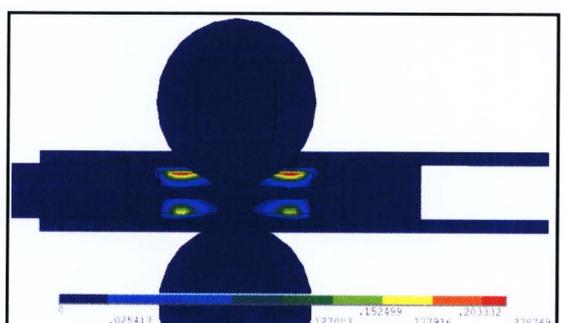
(ก 2)



(ข 2)



(ก 3)



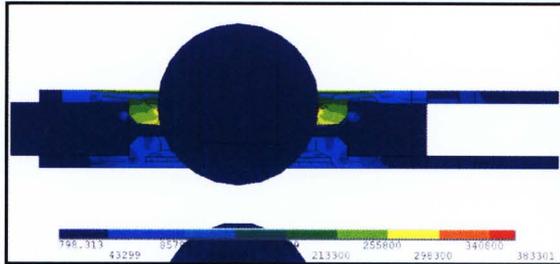
(ข 3)

ภาพที่ 47 พฤติกรรมความเค้นและความเครียด ในขณะที่ลูกบอลลูกที่ 1 ยังผ่านรูของแผ่นฐาน

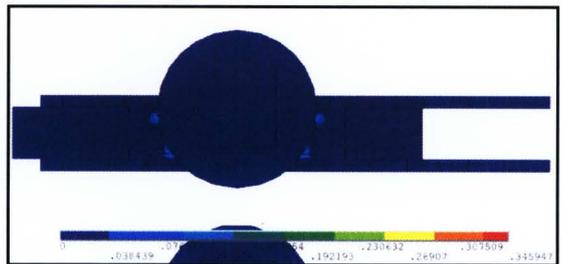
(ก) แสดงความเค้น

(ข) แสดงความเครียด

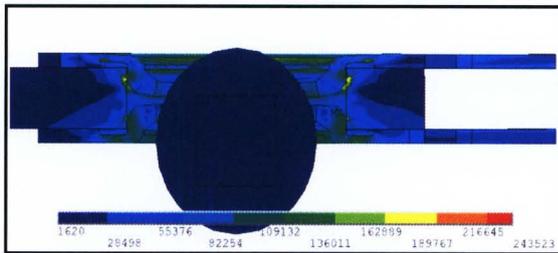
เมื่อลูกบอลลูกที่ 2 ยิงผ่านรูของแผ่นฐาน ดังรูปที่ 48 จะเห็นได้ว่าบริเวณรอบรูของแขนหัวอ่าน/เขียนที่โคนแผ่นฐานอัด เกิดความเค้นและความเครียดเกิดขึ้น และเกิดการเปลี่ยนรูปร่างถาวร ทำให้เกิดการยึดติดกันระหว่างแผ่นฐาน กับแขนหัวอ่าน/เขียน



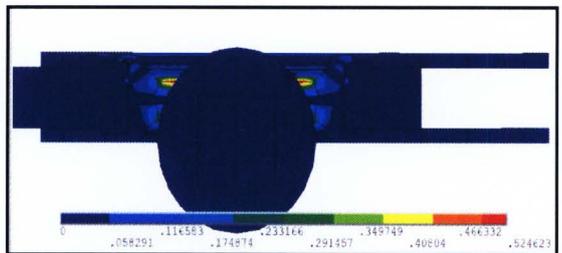
(ก 1)



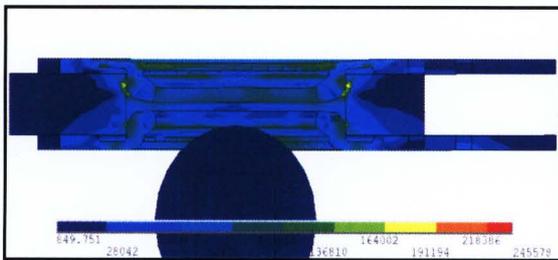
(ข 1)



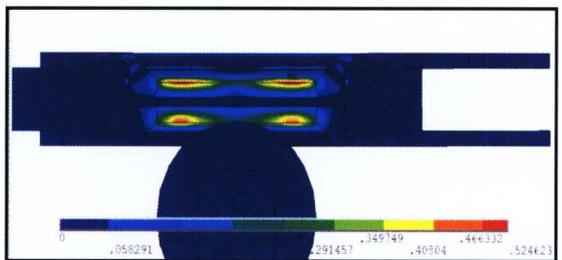
(ก 2)



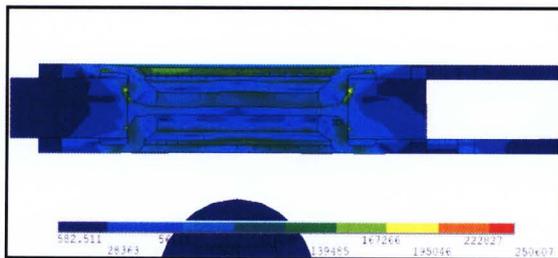
(ข 2)



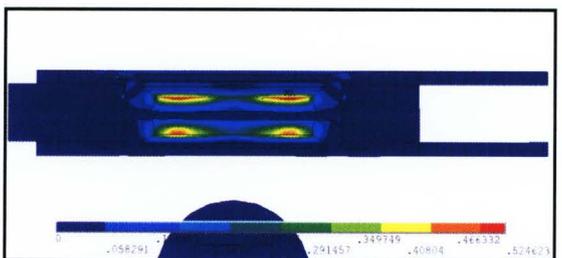
(ก 3)



(ข 3)



(ก 4)



(ข 4)

ภาพที่ 48 พฤติกรรมความเค้นและความเครียด ในขณะที่ลูกบอลลูกที่ 2 ยิงผ่านรูของแผ่นฐาน

(ก) แสดงความเค้น

(ข) แสดงความเครียด

ภาคผนวก ค

อธิธานศัพท์

## อภิธานศัพท์

กลศาสตร์ของการสัมผัสแบบยืดหยุ่น	Mechanics of Elastic Contacts
กระบวนการประกอบหัวอ่าน/เขียนสำเร็จ	HSA Swaging process
กระบวนการสเวจ	Swaging process
กระบวนการสเวจโดยใช้การขยายตัวของอุปกรณ์	Expansion Swaging Process
กระบวนการสเวจโดยใช้ลูกบอล	Ball swaging process
กระบวนการสเวจโดยใช้ลูกกรีด	Swage Wheel
กระบวนการสเวจแบบหมุน	Rotary Swaging Process
การคำนวณเพื่อหาผลเฉลยโดยประมาณ	Approximate solution
การชนกัน	Collision, Crash
การตกกระแทก	Impact
การทดสอบแรงดึง	Tensile Test
การทดสอบแรงอัด	Compressive Test
การเปลี่ยนรูปร่างอย่างถาวร	Plastic deformation
การสัมผัสแบบ 2 มิติ	Plane Contacts
การเสี้ยวรูป	Deformation
การอินทิเกรตเชิงตัวเลข	Numerical integration ขอบเขต
ขนาดของมวล	mass scaling
เข็มสเวจ	Driving Pin, Swage Pin
แขนหัวอ่าน/เขียน	Actuator arm
ค่าความต้านทาน โมเมนต์บิด	Retention torque
ค่ามุมการกระดกตัว	Pitch Static Attitude (PSA)
ค่ามุมการบิดตัวตามแนวยาว	Roll Static Attitude (RSA)
ค่าแรงจับยึดที่เหมาะสม	Optimization clamping force
ความเค้น	Stress

ความเค้นคราก	Tensile Yield Stress
ความเค้นวอนมิสเสส	Von Mises Stress
ความเค้นระนาบ	Plane Stress
ความเค้นสูงสุด	Ultimate Yield Stress
ความเครียดระนาบ	Plane Strain
ความดันสัมผัส	Contact Pressure
ความเสียดทาน	Friction
ความหนาแน่น	Density
ความหนาแน่นของจำนวนข้อมูลบนพื้นที่ขนาด 1 ตารางนิ้ว	Areal density
คุณสมบัติของวัสดุ	Material property
เครื่องมือประกอบหัวอ่าน/เขียนสำเร็จ	Swaging Machine
เงื่อนไขขอบเขต	Boundary Condition
จุดต่อ, โหนด	Node
ชิ้นส่วนรองแกนยึดในแต่ละหัวอ่าน	Key
ชุดจัดแนวหัวอ่าน/เขียน	HGA alignment
ชุดรองรับหัวอ่าน/เขียนข้อมูล	Suspension
ชุดหัวอ่าน/เขียนสำเร็จ	Head Stack Assembly (HSA)
เชิงเส้น	Linear
โดเมน	Domain
โปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์	Finite Element Program
ผิวสัมผัส	Contact surface
แผ่นฐาน	Base plate
พลังงานภายใน	Internal energy, IE
พลังงานจลน์	Kinetic energy, KE
พื้นที่สัมผัส	Contact Area
ฟังก์ชันการประมาณภายในเอลิเมนต์	Element interpolation functions
เมช	Mesh
โมเดล	Model

ยังโมดูลัส	Young's Modulus
ระนาบอ้างอิง	Datum
ระบบพิกัดเชิงขั้ว	Polar Coordinate
ระบบสมการรวม	Set of simultaneous equation
ระเบียบวิธีถ่วงน้ำหนักเศษตกค้าง	Method of weighted residuals
ระเบียบวิธีทางตัวเลข	Numerical method
ระเบียบวิธีผลต่างตรงกลาง	Central difference method
ระยะการเปลี่ยนรูปจากค่าเดิม	Displacement
รูปทรงมีความซับซ้อน	Complex geometry
แรงจับยึด	Clamping Force
ลูกบอลสเวจ	Swage Ball
โลหะผสม	Metal alloy
วิธีการไฟไนต์เอลิเมนต์	Finite Element Method
สไลเดอร์	Slider
สัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน	Coefficient of friction
หัวอ่าน/เขียน	Read/Write Head
หัวอ่าน/เขียนข้อมูล	Head Gimbal Assembly (HGA)
อนุภาคแอลฟา	Alpha Particle
อลูมิเนียม	Aluminum
อัตราการเปลี่ยนแปลงความเครียด	Strain Rate
เอลิเมนต์	Element
เอลิเมนต์แบบทรงตัน	Solid element
ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์	Hard Disk Drive

## การเผยแพร่ผลงานวิทยานิพนธ์

วีระพล แก้วกำ และ เกียรติฟ้า ตั้งใจจิต. 2553. การศึกษากระบวนการประกอบหัวอ่าน/เขียนสำเร็จ  
เพื่อหาค่าความเร็วของลูกบอลที่เหมาะสม. วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น. 15(2). หน้า  
104 - 112.

## ประวัติผู้เขียน



นายวีระพล แก้วกำ

วัน เดือน ปีเกิด 30 มกราคม พ.ศ. 2528

ภูมิลำเนา บ้านเลขที่ 302 ม.7 ต.บึงทวาย อ.เต่างอย จ.สกลนคร

### การศึกษา

ปริญญาตรี (ปี พ.ศ. 2546-2550) ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ปริญญาโท (ปี พ.ศ. 2551-2553) ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

### ผลงานทางวิชาการ

วีระพล แก้วกำ, เกียรติฟ้า ตั้งใจจิต. 2010. การศึกษากระบวนการประกอบหัวอ่าน/เขียน สำเร็จเพื่อหาค่าความเร็วของลูกบอลที่เหมาะสม. วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น.

