

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ



250328



พระราชบัญญัติการระงับข้อพิพาทในคดีอาญา  
โดยวิธีไต่สวนลับ

นางสาวพล สุขนิคม

จัดทำขึ้นโดยมีมติของคณะกรรมาธิการวิสามัญ  
ปฏิรูปการยุติธรรมของวุฒิสภา สภาผู้แทนราษฎร  
คณะกรรมาธิการ  
สหพันธ์นิสิตนักศึกษาแห่งประเทศไทย

พ.ศ. 2554



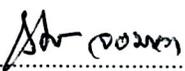
การวิเคราะห์กระบวนการขึ้นแน่นฟลาปิดของฮาร์ดดิสก์ไครฟ์ขนาด 3.5 นิ้ว  
โดยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์



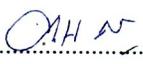
นายกำพล สุขนิคม วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล)

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี  
พ.ศ. 2554

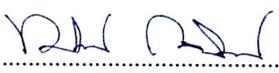
คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

  
.....  
(ผศ.ดร.วิรัตน์ จอมขวา)

ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

  
.....  
(ผศ.ดร.ภัทรมน จงประดิษฐ์)

กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

  
.....  
(ผศ.ดร.ทศนพ กำเนิดทอง)

กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

  
.....  
(รศ.ดร.สุรเชษฐ์ ชูติมา)

กรรมการ

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การวิเคราะห์กระบวนการขันแน่นฝาปิดของฮาร์ดดิสก์ไครฟ์ ขนาด 3.5 นิ้ว โดยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์
หน่วยกิต	12
ผู้เขียน	นายกำพล สุขนิคม
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.ภัทรมน จงประดิษฐ์ ผศ.ดร.ทศนพ กำเนิดทอง
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกล
ภาควิชา	วิศวกรรมเครื่องกล
คณะ	วิศวกรรมศาสตร์
พ.ศ.	2554

บทคัดย่อ

250328

ในกระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์ไครฟ์เพื่อปิดฝาปิดเข้ากับตัวฐานด้วยการขันสกรู ในขั้นต้นสกรูจะถูกขันด้วยแรงบิดเบื้องต้นเพื่อยึดฝาปิดเข้ากับฐาน จากนั้นสกรูจะถูกขันด้วยแรงบิดขันตั้งตามค่ากำหนด ต่อจากนั้นฮาร์ดดิสก์ไครฟ์จะถูกนำไปทดสอบการใช้งานภายใต้อุณหภูมิสูง เพื่อทดสอบสมรรถนะในการทำงาน ภายหลังจากทดสอบมักพบว่า ฝาด้านบนเกิดการหลวมคลอน และเมื่อทดสอบค่าแรงกดของสกรูพบว่ามีค่าต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนด งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์จำลองกระบวนการขันสกรูในการประกอบฮาร์ดดิสก์ไครฟ์ เพื่อศึกษาและวิเคราะห์พฤติกรรมการคลายตัวของสกรูอันเกิดจากลำดับการขันสกรู การเพิ่มแรงบิดในการขันสกรู และอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นของฮาร์ดดิสก์ไครฟ์ในระหว่างการใช้งาน รวมทั้งนำเสนอแนวทางในการปรับปรุงกระบวนการขันเพื่อป้องกันปัญหาจากการหลวมคลอนของฝาปิดด้านบนของฮาร์ดดิสก์ไครฟ์ จากการศึกษาพบว่า ลำดับการขัน และการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิมีผลต่อการคลายตัวของสกรู การขันซ้ำและการเพิ่มค่าแรงบิดในการขันสกรูสามารถช่วยให้การคลายตัวของสกรูลดน้อยลงโดยที่การเปลี่ยนแปลงรูปร่างของฝาปิด และการกระจายของความเค้นมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย สำหรับรูปแบบการขันที่และทำให้ค่าแรงบิดเปลี่ยนแปลงในช่วงที่ยอมรับได้คือ รูปแบบการขันแบบ Across และ Circular ตามลำดับ

คำสำคัญ : ฮาร์ดดิสก์ไครฟ์/ ไฟไนต์เอลิเมนต์/ การหลวมคลอน/ การขันสกรู/ ลำดับการขัน/

การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ

Thesis Title	Top Cover Screw Fastening Process Analysis of 3.5” Hard Disk Drive using FEM
Thesis Credits	12
Candidate	Mr. Kampol Suknikhom
Thesis Advisors	Asst. Prof. Dr. Pattaramon Jongpradit Asst. Prof. Dr. Thoatsanope Kamnerdtong
Program	Master of Engineering
Field of Study	Mechanical Engineering
Department	Mechanical Engineering
Faculty	Engineering
B.E.	2554

## Abstract

250328

In the hard disk drive (HDD) assembly process to attach the top cover to the base with screws, the pre-torque is applied to the screws to hold the lid to the base. Then, the screws are tightened with their specified torques. After finishing the assembly process, performance of the hard disk drive is tested under high temperature. It is found that the top cover is loosened and the contact forces of screws are decreased below the required value. This work aimed to use finite element analysis to simulate the screw tightening process in HDD assembly in order to study and analyze the screw loosening behaviors due to the screw tightening sequences, the increased tightening torques and the temperature increase during HDD operations. Recommendations on the improvement of screw tightening process are also planned. It is found that the tightening sequences and the temperature increase affect the screw loosening. The applied re-tightening torque and the use of larger torque can decrease the screw loosening while the top cover stresses and displacements are slightly increased. The appropriate sequence models for screw tightening with higher torque are Across and Circular models, respectively.

Keywords : Hard Disk Drive/ Finite Element Analysis/ Loosening/ Screw Tightening/ Screw Tightening Sequence/ Temperature Change

## กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.ภัทรมน จงประดิษฐ์ และ ผศ.ดร.ทศนพกำเนิดทอง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์นี้ที่ให้คำแนะนำทั้งในทางวิชาการและแนวทางในการดำเนินชีวิตที่มีประโยชน์ต่อผู้วิจัย และขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.วิรัตน์ จอมขวา อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ และ รศ.ดร.สุรเชษฐ์ ชูติมา อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ซึ่งเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ขอกราบขอบพระคุณพ่อแม่ผู้ที่ทำให้ทั้งกำลังใจและสนับสนุนทุกๆ สิ่งด้วยดีเสมอมา และขอขอบคุณสมาชิกในศูนย์ปฏิบัติการคอมพิวเตอร์เพื่องานวิจัยทางวิศวกรรม (COCARE) ทุกท่านที่ได้ช่วยให้คำแนะนำและคำปรึกษา ขอขอบพระคุณศูนย์วิจัยร่วมเฉพาะทางด้าน การผลิตขั้นสูงในอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ (HDDI) และศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (NECTEC) ผู้สนับสนุนทุนวิจัย สัญญาเลขที่ HDD-06-08-51M/2 ที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยฉบับนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี และขอขอบคุณ คุณธารทิพย์ พิสุทธิสุวรรณ บริษัท ฮิตาชิ โกลบอล สตอเรจ เทคโนโลยีส์ (ประเทศไทย) จำกัดที่เอื้อเพื่อในการอนุเคราะห์ข้อมูลสำหรับ งานวิจัยเป็นอย่างดี ประโยชน์อันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ย่อมเป็นผลมาจากความกรุณาของท่านดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะมีประโยชน์ต่อผู้ที่มาศึกษาต่อไป หากมีข้อผิดพลาดใดๆ เกิดขึ้น ผู้วิจัยขอน้อมรับไว้ ณ ที่นี้

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
รายการตาราง	ช
รายการรูปประกอบ	ซ
รายการสัญลักษณ์	ฉ
<b>บทที่</b>	
<b>1. บทนำ</b>	<b>1</b>
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตวิทยานิพนธ์	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 ผลงานวิจัยที่เคยมีมา	2
<b>2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง</b>	<b>5</b>
2.1 ทฤษฎีกลศาสตร์ของการสัมผัสแบบยืดหยุ่น (Mechanics of Elastic Contacts)	5
2.2 สมบัติวัสดุ	6
2.3 การขยายตัวของวัสดุ	8
2.4 กระบวนการขึ้นเพื่อประกอบฝาฮาร์ดดิสก์กับฐาน	9
2.5 แรงบิด และฟรี โหลด (Preload) ที่ต้องการ	10
<b>3. การวิเคราะห์แบบจำลองเบื้องต้น</b>	<b>12</b>
3.1 การขยายตัวของสกรูจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ	12

<b>4. การวิเคราะห์กระบวนการชั้นของฮาร์ดดิสก์ไครฟ์ในปัจจุบัน</b>	<b>27</b>
4.1 สมบัติวัสดุ	27
4.2 แบบจำลองชิ้นงานจริง	30
4.3 ค่าเงื่อนไขขอบเขต (Boundary Condition)	31
4.4 การแบ่งเอลิเมนต์ (Mesh)	32
4.5 ภาวะโหลดที่กระทำ และลำดับการชั้น	34
4.6 การวิเคราะห์ผลจากการชั้นสกรูตามลำดับการชั้นจริง	34
4.7 ผลการวิเคราะห์	36
<b>5. การศึกษาการปรับเปลี่ยนลำดับการชั้นสกรูในกระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์ไครฟ์</b>	<b>42</b>
5.1 รูปแบบการชั้นสกรู โดยไม่มีการชั้นย้า	42
5.2 รูปแบบการชั้นสกรู โดยมีการชั้นย้า	49
5.3 การเปลี่ยนแปลงของค่าแรงกดของสกรูอันเนื่องมาจากการเพิ่มค่าทอร์ก	51
<b>6. การวิเคราะห์การคลายตัวของสกรูเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ</b>	<b>57</b>
6.1 การคลายตัวของสกรูเมื่อผ่านเครื่องทดสอบของรูปแบบลำดับการชั้นต่างๆ	57
6.2 การเปลี่ยนแปลงของแรงกดของสกรูอันเนื่องมาจากการเพิ่มค่าทอร์ก เมื่อได้รับอุณหภูมิ	62
6.3 การเปลี่ยนแปลงของแรงกดของสกรูเมื่อค่าความแตกต่างของอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น	65
<b>7 สรุปผลการวิเคราะห์และข้อเสนอแนะ</b>	<b>68</b>
7.1 สรุปผลการวิเคราะห์	68
7.2 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยต่อ	70
<b>เอกสารอ้างอิง</b>	<b>71</b>
<b>ภาคผนวก</b>	<b>73</b>
ก ตารางแสดงค่าข้อมูล	73
ข ผลงานที่ได้รับการตีพิมพ์	76
<b>ประวัติผู้วิจัย</b>	<b>91</b>

## รายการตาราง

ตาราง	หน้า
2.1 ลำดับ และค่าแรงบิดที่ใช้ในกระบวนการประกอบฝาปิด	10
3.1 ค่าแรงกดของสกรูระหว่างค่าจากการคำนวณ และค่าที่ได้จากโปรแกรม Abaqus	26
4.1 ผลการศึกษา Mesh convergence	33
4.2 ค่าตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณค่า Torque Coefficient	35
4.3 ค่า Bolt load ที่ใช้ในกระบวนการวิเคราะห์	35
4.4 ค่าแรงกดของสกรูของสกรูในแบบจำลองการขันสกรูตามลำดับการขันจริง	40
4.5 Displacement ของบริเวณสกรู S2, S3, S4 และ S8 ก่อนและหลังการขันในขั้นตอนที่ 9	41
5.1 ค่าแรงกดของสกรูของสกรูในแบบจำลอง Circular	46
5.2 ค่าแรงกดของสกรูของสกรูในแบบจำลอง Zigzag	47
5.3 ค่าแรงกดของสกรูของสกรูในแบบจำลอง Across	48
5.4 ค่าแรงกดของสกรูของสกรูทุกตัวเมื่อสิ้นสุดการขันในทุกแบบจำลอง	51
6.1 สมบัติทางความร้อนของวัสดุ	58
6.2 ค่า Displacement บริเวณรูสกรู และบริเวณหัวสกรูหลังการทดสอบ (หน่วย mm)	58
6.3 ค่าแรงกดของสกรูก่อนและหลังผ่านการทดสอบ	61
ก.1 ค่า Reaction Force (RF) ในแนวแกน Y	74
ก.2 ค่าแรงกดของสกรูของรูปแบบการขันก่อนและหลังการทดสอบ	75

## รายการรูปประกอบ

รูป	หน้า	
1.1	ฝาปิด กับฐาน	1
2.1	ลักษณะความดันสัมผัสที่เกิดขึ้นในกรณีที่เป็นการสัมผัสแบบ (a) Incomplete contact (b) Complete contact และ (c) Receding contact	6
2.2	ผลของอุณหภูมิต่อการเปลี่ยนแปลง Flow curve	7
2.3	ผลของอัตราการเปลี่ยนแปลงความเครียดต่อการเปลี่ยนแปลง Flow curve	7
2.4	ลำดับการขันสกรู	10
3.1	แบบจำลองที่ใช้ในการทดสอบ	13
3.2	การแบ่งเอลิเมนต์ในการทดสอบ	13
3.3	การตั้งค่า Interactions บริเวณ Thread region ของ Tied simulation	14
3.4	การตั้งค่า Interactions บริเวณ Thread region ของ Smear simulation	14
3.5	ลักษณะของความเค้นที่เกิดขึ้น (a) Tied simulation (b) Smear simulation	15
3.6	แบบจำลองที่ใช้ในการเปรียบเทียบค่าความดันสัมผัส	16
3.7	กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Node กับ ค่าความดันสัมผัสบริเวณ Thread region	17
3.8	กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Node กับ ค่าความดันสัมผัสบริเวณ Screw Head	17
3.9	ค่า Reaction Force ในแนวแกน Y	18
3.10	แบบจำลอง 3 มิติ ที่ใช้ในการเปรียบเทียบค่าความดันสัมผัส	19
3.11	การแบ่งเอลิเมนต์แบบจำลอง 3 มิติ ที่ใช้ในการเปรียบเทียบค่าความดันสัมผัส	19
3.12	แสดงค่าความดันสัมผัสบริเวณ Bolt head ของแบบจำลอง 3 มิติ	20
3.13	กราฟเปรียบเทียบค่าความดันสัมผัสที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลอง 2 มิติ กับ 3 มิติ	20
3.14	แบบจำลอง Bolt ที่ใช้ในการทดสอบการขยายตัวเนื่องจากความร้อน	21
3.15	ผลการขยายตัวในแนวแกน Y ของ Bolt	21
3.16	ค่าความดันสัมผัสที่เกิดขึ้นในบริเวณเกลียว และ Head	23
3.17	ค่าความดันสัมผัสบริเวณ Head	23
3.18	ค่าความดันสัมผัสบริเวณ Bolt head เมื่อเพิ่มอุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส	24
3.19	ระบุค่าตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณค่าแรงกดของสกรู	25
3.20	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Node กับ ค่าความดันสัมผัส โดยเฉลี่ย	25
3.21	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Node กับ แรงกดของสกรู โดยเฉลี่ย	26
4.1	แบบจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์ของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์	27
4.2	แบบจำลองชิ้นงานจริง a) ฐาน b) ฝาปิด	30

4.3	แบบจำลองสกรูที่ใช้ในกระบวนการขันฝาปิด	31
4.4	เงื่อนไขขอบเขตของแบบจำลองที่ใช้ในการวิเคราะห์	31
4.5	เงื่อนไขขอบเขตของผิวสัมผัส a) ตัวฐาน กับ ขาง b) สลักเกลียว กับ ตัวฐาน c) หัวสกรู กับ ฝาปิด	32
4.6	การแบ่งเอลิเมนต์ a) ฝาปิด b) Base c) Screws	33
4.7	แบบจำลองที่ใช้ในการศึกษา Mesh convergence	33
4.8	Bolt load ที่กระทำกับสกรู	34
4.9	ลำดับการขันสกรูตามกระบวนการขันจริง	34
4.10	การกระจายของความเค้นของ ฝาปิด ในแบบจำลองการขันสกรูตามลำดับการขันจริง	36
4.11	การเปลี่ยนแปลงรูปร่างของ ฝาปิด ของแบบจำลองการขันสกรูตามลำดับการขันจริง a) แนวแกน X b) แนวแกน Y c) แนวแกน Z	37
4.12	ตัวอย่างการกระจายตัวค่าแรงกดของสกรูบริเวณหัวสกรู	38
4.13	กราฟเปรียบเทียบค่าแรงกดของสกรูของลำดับการขันที่ 8 และ 9	39
4.14	กราฟเปรียบเทียบค่าแรงกดของสกรูของลำดับการขันที่ 14 และ 15	41
5.1	ลำดับการขันสกรู a) Circular b) Zigzag c) Across	43
5.2	การกระจายตัวความเค้นของฝาปิด ในกรณีไม่มีการขันย่ำ	43
5.3	การเปลี่ยนแปลงรูปร่างของฝาปิด ในกรณีไม่มีการขันย่ำ	44
5.4	สัดส่วนการเปลี่ยนแปลงค่าแรงกดของสกรูในลำดับการขันสุดท้ายของสกรู S1-S9 ในทุกแบบจำลอง	45
5.5	ลำดับการขันสกรูโดยมีการขันย่ำ a) Circular b) Zigzag c) Across	49
5.6	ตัวอย่างการกระจายตัวของความเค้นในฝาปิด ของรูปแบบการขัน Circular ในกรณีมีการขันย่ำ	50
5.7	ตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของฝาปิด ของรูปแบบการขัน Circular ในกรณีมีการขันย่ำ	50
5.8	สัดส่วนการเปลี่ยนแปลงของค่าแรงกดของสกรูเมื่อสิ้นสุดการขันย่ำของสกรูทุกตัว	52
5.9	การกระจายตัวของความเค้นของฝาปิด เมื่อทอร์กที่ใช้ขันมีค่า a) 6 kgf.cm b) 6.5 kgf.cm c) 7.5 kgf.cm	53
5.10	การเปลี่ยนแปลงรูปร่างของฝาปิด เมื่อทอร์กที่ใช้ขันมีค่า a) 6 kgf.cm b) 6.5 kgf.cm c) 7.5 kgf.cm	54
5.11	กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าแรงกดของสกรูเมื่อค่าทอร์กเปลี่ยนแปลงไป	55
5.12	กราฟแสดงการสัดส่วนการเปลี่ยนแปลงของแรงกดของสกรูเมื่อค่าทอร์กเปลี่ยนแปลงไป	55
6.1	ตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของฝาปิด ของรูปแบบการขันแบบ Circular	59

	a) ก่อนผ่านเครื่องทดสอบ b) ขณะทดสอบ c) หลังผ่านเครื่องทดสอบ	
6.2	ตัวอย่างการกระจายของความเค้นของฝาปิด ของรูปแบบการขันแบบ Circular	60
	a) ก่อนผ่านเครื่องทดสอบ b) ขณะทดสอบ c) หลังผ่านเครื่องทดสอบ	
6.3	สัดส่วนการเปลี่ยนแปลงค่าแรงกดของสกรูหลังผ่านการทดสอบ	62
6.4	ค่าแรงกดของสกรูของรูปแบบการขันแบบ Across ก่อนและหลังผ่านการทดสอบ ที่มีค่าทอร์ก 6 และ 7 kgf.cm	63
6.5	สัดส่วนการเปลี่ยนแปลงค่าแรงกดของสกรูหลังผ่านการทดสอบที่มีค่าทอร์ก 6 และ 7 kgf.cm	64
6.6	ค่าแรงกดของสกรูหลังผ่านการทดสอบที่มีค่าทอร์ก 6 และ 7 kgf.cm	65
6.7	ค่าแรงกดของสกรูของรูปแบบการขันแบบ Across เมื่อมีอุณหภูมิแตกต่างกัน ในกรณีค่าทอร์ก 6 kgf.cm	66
6.8	ค่าแรงกดของสกรูของรูปแบบการขันแบบ Across เมื่อมีอุณหภูมิแตกต่างกัน ในกรณีค่าทอร์ก 6 kgf.cm	67
ข.1	ใบปิดหน้างานสัมมนาวิชาการ The First TSME International Conference on Mechanical Engineering	77
ข.2	ใบปิดหน้างานสัมมนาวิชาการ The 2nd International Conference on Mechanical, Industrial, and Manufacturing Technologies (MIMT 2011)	85

## รายการสัญลักษณ์

สัญลักษณ์		หน่วย
$\sigma$	ความเค้นดึงฉาก	MPa
$\epsilon$	ความเครียด	-
$G$	มอดูลัสเฉือน	GPa
$E$	มอดูลัสยืดหยุ่น	GPa
$\nu$	อัตราส่วนปัวซอง	-
$\dot{\epsilon}$	อัตราการเปลี่ยนแปลงความเครียดทดสอบ	1/s
$\dot{\epsilon}_0$	อัตราการเปลี่ยนแปลงความเครียดที่อ้างอิง	1/s
$T_r$	อุณหภูมิเริ่มต้น	°C
$T_m$	อุณหภูมิที่จุดหลอมเหลว	°C
$T$	อุณหภูมิปัจจุบัน	°C
$V$	ปริมาตร	m <sup>3</sup>
$\rho$	ความหนาแน่น	g/cm <sup>3</sup>
$P$	ความดัน	N/m <sup>2</sup>
$m$	มวล	kg
$L$	ความยาว	mm
$\alpha$	สัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อน	m/°C
$\delta$	ส่วนยืดของสลักเกลียว	mm
$A$	พื้นที่ภาคตัดขวาง	m <sup>2</sup>
$T_q$	แรงบิด	N.m
$P$	ฟรี โทลด์	N
$\alpha_c$	มุมของเกลียวที่ทำกับระนาบ	°C
$\lambda$	มุมเกล็ดของเกลียว	°C
$\mu_{thd}$	สัมประสิทธิ์การเสียดทานของหน้าเกลียว	-
$\mu_{und}$	สัมประสิทธิ์การเสียดทานของหน้าสัมผัสใต้สลักเกลียว	-
$d_m$	เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของเกลียว	mm
$d$	เส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่	mm
$d_c$	เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของบ่ากันรุน	mm
$K$	สัมประสิทธิ์ของแรงบิด	-
$F_i$	แรง โดยเฉลี่ยในรอปรัศมี	N

$r_o$	รัศมีเริ่มต้น	mm
$r_i$	รัศมีเฉลี่ย	mm
$\bar{P}$	ค่าความดันสัมผัส โดยเฉลี่ย	N/m <sup>2</sup>
$p_i$	ระยะพิตช์	mm