



การวิเคราะห์ตัวแปรของสกรูอิมแพลนท์ขนาดเล็กต่อการกระจายความเค้น  
ในกระดูกโดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

**Parametric Analysis of Miniscrew Implant on Stress Distribution  
in the Bone using Finite Element Method.**

นายธนากร โดทอง

นายทวีวัฒน์ อัคราวุฒิ

นายนพพล อินทรจิตต์

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ..... 14 ก.ค. 2553
เลขทะเบียน..... 5072815 ๕๒
เลขเรียกหนังสือ..... ๘๒๓๓๓
มหาวิทยาลัยนเรศวร ๒๕๕๒

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2552



## ใบรับรองโครงการงาน

หัวข้อโครงการงาน : การวิเคราะห์ตัวแปรของสกรูอิมแพลนท์ขนาดเล็กต่อการกระจาย  
ความเค้นในกระดูกโดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

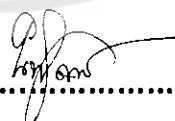
(Parametric Analysis of Miniscrew Implant on Stress  
Distribution in the Bone using Finite Element Method.)


ผู้ดำเนินโครงการงาน : นายชนากร โดทอง รหัส 48360991  
นายทวีวัฒน์ อัสวาวุฒิ รหัส 48363565  
นายนพพล อินทรจิตต์ รหัส 48363640

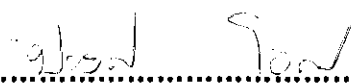
อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการงาน : อาจารย์นพรัตน์ สีหะวงษ์  
ภาควิชา : วิศวกรรมเครื่องกล  
ปีการศึกษา : 2552

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธนเรศวร อนุมัติให้โครงการฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของ  
การศึกษาดำเนินหลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะกรรมการสอบโครงการงาน

  
.....ประธานกรรมการ  
(อาจารย์นพรัตน์ สีหะวงษ์)

  
.....กรรมการ  
(อาจารย์สิทธิโชค ผูกพันธุ์)

  
.....กรรมการ  
(อาจารย์ปองพันธ์ โอทกานนท์)

หัวข้อโครงการ	: การวิเคราะห์ตัวแปรของสกรูอิมแพลนที่ขนาดเล็กต่อการกระจายความเค้นในกระดูกโดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์
ผู้ดำเนินโครงการ	: นายธนากร โถทอง รหัส 48360991 นายทวิวัฒน์ อิศววุฒิ รหัส 48363565 นายนพพล อินทรจิตต์ รหัส 48363640
อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ	: อาจารย์นพรัตน์ สีหะวงษ์
ภาควิชา	: วิศวกรรมเครื่องกล
ปีการศึกษา	: 2552

---

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของขนาดความลึกของฟันเกลียวและระยะพิทช์ของสกรูอิมแพลนที่ขนาดเล็ก ที่มีต่อการกระจายความเค้นที่เกิดขึ้นในสกรูอิมแพลนที่ขนาดเล็ก และกระดูกโดยรอบ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับในการศึกษานี้สกรูอิมแพลนที่ขนาดเล็กที่ได้ทำการศึกษาเป็นแบบชนิดหัวหกเหลี่ยม โดยมีขนาดความลึกของฟันเกลียวและระยะพิทช์แตกต่างกัน 20 แบบ คือ ขนาดความลึกของฟันเกลียว 0.1 , 0.15 , 0.2 , 0.25 และ 0.3 มิลลิเมตร ซึ่งในแต่ละขนาดความลึกของฟันเกลียวจะมีระยะพิทช์ 0.7 , 0.75 , 0.8 และ 0.85 มิลลิเมตรตามลำดับ สำหรับภาระที่ได้ทำการวิเคราะห์ในแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์นี้จะเป็นแรงที่ใช้ในการจัดฟันจริงมีขนาด 0.4905 นิวตัน (50 กรัม) จากการศึกษาพบว่า ค่าความเค้น Von Misses สูงสุดที่เกิดขึ้นในอิมแพลนที่ขนาดเล็กจะเกิดขึ้นที่บริเวณเกลียวแรกของสกรูอิมแพลนที่ขนาดเล็ก ซึ่งถูกฝังลงในชั้นกระดูกทึบ จะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อขนาดความลึกของฟันเกลียวมีค่าเพิ่มขึ้นและมีค่าต่ำสุดที่ระยะพิทช์ 0.75 มิลลิเมตร ส่วนค่าความเค้นหลักสูงสุดที่เกิดขึ้นในชั้นของกระดูกทึบ จะพบว่าเกิดขึ้นระหว่างเกลียวแรกของชั้นกระดูกทึบกับผิวชั้นนอกของชั้นกระดูกทึบและค่าความเค้นดังกล่าวจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อขนาดความลึกของฟันเกลียวมีค่าเพิ่มขึ้นและมีค่าสูงสุดที่ระยะพิทช์ 0.75 มิลลิเมตร

Project Title : Parametric Analysis of Miniscrew Implant on Stress Distribution  
in the Bone using Finite Element Method.

Name : Mr.Tanakon Thotong  
Mr.Taweewat Assawawut  
Mr.Noppol Intarajit

Project Advisor : Mr.Nopparat Seehawong

Academic Year : 2009

---

### Abstract

The purpose of this research is to analyze an influence of depth of thread and pitch of mini-screw implant on the stress distribution in mini-screw and surrounding bone by using finite element method. In this research, a Hex Head mini-screw implant was used. There are 20 models with varying of depth of thread with 0.1, 0.15, 0.2, 0.25 and 0.3 millimeter and varying of pitch with 0.7, 0.75, 0.8, and 0.85 millimeter. 0.4905 N (50 g) tension load was applied to every model. The result shows that the maximum Von Misses stress in mini-screw occur on first depth of thread of screw and its value increase when depth of thread of screw is increased and value lowest at pitch 0.75 millimeter. For maximum Principal stress in cortical bone, occur between outer surface of bone surface and first depth of thread of cortical bone, its value increase when depth of thread of screw is increased and value highest at pitch 0.75 millimeter.

### กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิศวกรรมเครื่องกลฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ทางคณะผู้ดำเนินงาน ต้องขอขอบพระคุณอาจารย์นพรัตน์ สีหพงษ์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการที่กรุณาให้คำปรึกษา และชี้แนะแนวทางการแก้ไขปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นในระหว่างการทำโครงการ ตลอดจนติดตามประเมินผลการทำงานมาโดยตลอด ทางคณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณท่านอาจารย์เป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณบิดามารดา ที่ให้การอุปการะเลี้ยงดูและสั่งสอนจนกระทั่งสามารถเติบโตมาจนถึงปัจจุบัน ตลอดจนช่วยอุปการะทางการเงินและคอยให้กำลังใจ จนกระทั่งโครงการนี้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ทุกท่าน ที่อบรม สั่งสอนและประสิทธิ์ประสาทความรู้แก่ผู้ดำเนินงาน

ขอขอบพระคุณฝ่ายเลขานุการ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธนเรศวร ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการดำเนินโครงการ

สุดท้ายนี้ ผู้ดำเนินงานขอมอบคุณงามความดีที่เกิดขึ้นจากโครงการนี้ แต่ผู้มีพระคุณทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการทำให้โครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และถ้าเกิดข้อผิดพลาดประการใดจากโครงการนี้ ผู้ดำเนินงานต้องกราบขออภัยไว้ ณ ที่นี้ด้วย

- นายธนากร โถทอง
- นายทวิวัฒน์ อัศวาวุฒิ
- นายนพพล อินทรจิตต์

## สารบัญ

	หน้า
ปกใน	ก
ใบรับรองโครงการ	ข
บทคัดย่อ	ค
Abstract	ง
กิตติกรรมประกาศ	จ
สารบัญ	ฉ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูปภาพ	ฌ
ลำดับสัญลักษณ์	ฎ
<b>บทที่ 1 บทนำ</b>	
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	3
1.3 ขอบข่ายของโครงการ	4
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน	4
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	6
1.6 งบประมาณที่ใช้	6
<b>บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี</b>	
2.1 ทฤษฎีระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์	7
2.2 ทฤษฎีความเสียหายของวัสดุ	8
2.2.1 ทฤษฎีความเค้นฉากสูงสุด	9
2.2.2 ทฤษฎีพลังงานเสีรูปสูงสุด	9
2.3 ผลงานการวิจัยที่เกี่ยวข้อง	10

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน	
3.1 การ Pre-Processing	13
3.2 การ Solve-Processing	15
3.3 การ Post-Processing	16
บทที่ 4 ผลการดำเนินงานและการวิเคราะห์	
4.1 สกรูอิมแพลนท์ขนาดเล็ก	17
4.2 ชั้นกระดูกที่บ	20
บทที่ 5 บทสรุป	
5.1 บทสรุป	23
รายการอ้างอิง	24
บรรณานุกรม	26
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก ผลการคำนวณด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์	28
ภาคผนวก ข กราฟที่ได้จากการคำนวณด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์	49
ประวัติผู้ทำโครงการ	51

## สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 แสดงค่าคุณสมบัติของวัสดุต่างๆในแบบจำลอง	14
ตารางที่ 2 แสดงค่าความครากของวัสดุต่างๆในแบบจำลอง	16
ตารางที่ 3 แสดงผลการทดสอบความเค้น Von Misses สูงสุดที่เกิดขึ้นในสกรู อิมแพลนท์ขนาดเล็ก	18
ตารางที่ 4 แสดงผลการทดสอบความเค้นหลักสูงสุดที่เกิดขึ้นในชั้นกระดูกที่บ	21





## สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 1 การฝังรากฟันเทียมลงในกระดูกฟันกรามเพื่อใช้เป็นรากฟันเทียม	2
รูปที่ 2 การฝังสกรูอิมแพลนต์ขนาดเล็กลงในกระดูกฟันกรามเพื่อเป็นหลักยึดในการจัดฟัน	2
รูปที่ 3 ภาพตัดฉายการฝังสกรูอิมแพลนต์ขนาดเล็กลงในกระดูกฟันกราม	3
รูปที่ 4 การแบ่งแบบจำลองออกเป็นเอลิเมนต์เล็กๆ โดยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์	7
รูปที่ 5 แสดงรูปร่างของแบบจำลองสกรูอิมแพลนต์ขนาดเล็ก ชั้นกระดูกทึบและ ชั้นกระดูกพรุน	14
รูปที่ 6 ซ้าย : เงื่อนไขขอบของแบบจำลอง ขวา : กระดูกฟันกราม	15
รูปที่ 7 ซ้าย : แสดงการแบ่งแบบจำลองออกเป็น Element เล็ก ขวา : แสดงการ Post – Processing	16
รูปที่ 8 ภาพแสดงการเกิดความเค้น Von Misses สูงสุดในสกรูอิมแพลนต์ขนาดเล็ก	17
รูปที่ 9 กราฟแสดงความเค้น Von Misses สูงสุดที่เกิดขึ้นในสกรูอิมแพลนต์ขนาดเล็ก	19
รูปที่ 10 ภาพแสดงการเกิดความเค้นหลัก (Principal Stress) สูงสุดในชั้นกระดูกทึบ	20
รูปที่ 11 กราฟแสดงความเค้นหลัก (Principal Stress) สูงสุดที่เกิดขึ้นในชั้นกระดูกทึบ	22

## ลำดับสัญลักษณ์

d	เมทริกซ์การเสียบรูปของแต่ละโนด
D	ผลรวมของเมทริกซ์การเสียบรูปของแต่ละโนด
f	เมทริกซ์ของแรงที่กระทำที่แต่ละโนด
F	ผลรวมของเมทริกซ์ของแรงที่กระทำที่แต่ละโนด
k	สทิฟเนสเมทริกซ์ของเอลิเมนต์
K	ผลรวมของสทิฟเนสเมทริกซ์ของเอลิเมนต์
$u_d$	พลังงานเครียดเสียบรูป (Strain Energy of Distortion )
$u_{lim}$	ค่าพลังงานความเครียดสูงสุดที่วัสดุนั้นรับได้
$\sigma_c$	ค่าความเค้น
$\sigma_u$	ค่าความเค้นสูงสุด



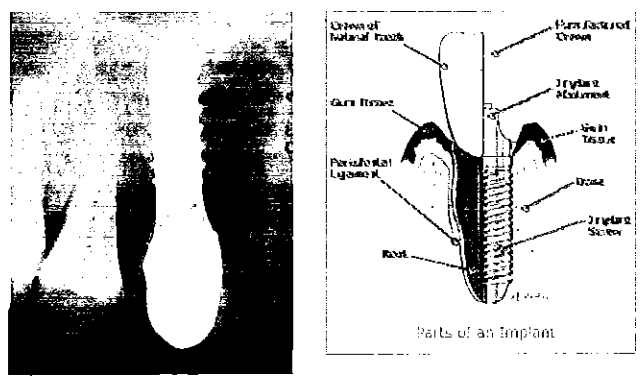
## บทที่ 1 บทนำ

### 1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ

ปัจจุบันการรักษาทางทันตกรรมมีความเจริญรุดหน้าอย่างมาก หนึ่งในพัฒนาการดังกล่าวคือการนำเอาวัสดุประเภทโลหะ ที่มีความแข็งแรงและต้านทานการกัดกร่อนมาประยุกต์สร้างเป็นอุปกรณ์ขึ้นส่วนต่างๆเพื่อใช้ในการรักษา เช่น การประยุกต์ใช้ไทเทเนียมในการทำอวัยวะเทียมต่างๆ

การจัดฟันเป็นอีกหนึ่งวิธีในการรักษาทางด้านทันตกรรม ที่ปัจจุบันมีผู้ให้ความนิยมอย่างมาก ซึ่งเป็นการรักษาที่มีจุดประสงค์ที่จะเคลื่อนฟันที่มีการวางตัวไม่ถูกต้องตามสขลักษณะทางด้านทันตกรรม ให้อยู่ตำแหน่งที่เหมาะสมและวางตัวเป็นระเบียบ โดยการจัดฟันนี้ส่วนใหญ่แล้วจำเป็นต้องใช้ฟันกรามด้านในทำหน้าที่เป็นหลักยึด แต่ด้วยลักษณะวิธีการดังกล่าวจะพบว่า แรงที่ใช้ในการเคลื่อนฟันจะส่งผลให้ฟันกรามด้านในที่ทำหน้าที่เป็นหลักยึดนั้นเกิดการเคลื่อนตัวด้วยซึ่งเป็นสิ่งที่ไม่ต้องการให้เกิดขึ้นดังนั้นจากปัญหาที่พบจึงได้มีคิดค้นรูปแบบการจัดฟันแบบใหม่ด้วยการประยุกต์ใช้ รากฟันเทียม (Dental Implant) มาเป็นหลักยึดแทนฟันกรามด้านใน

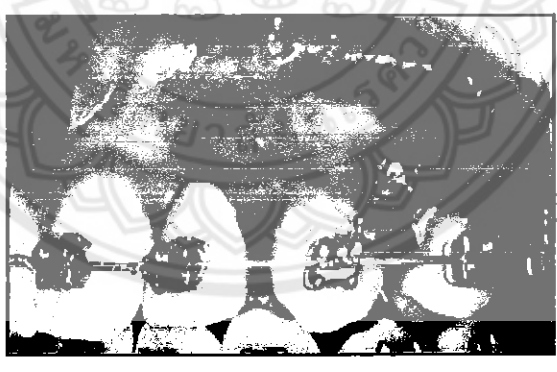
รากฟันเทียมเป็นสกรูที่ทำจากไทเทเนียม ซึ่งมีรายงานการนำมาใช้ในปี ค.ศ. 1960 (Haldun Iplikcioglu and Kivanc Akca,2001) โดยออกแบบให้มีลักษณะเป็นสกรูเพื่อนำมายึดเข้ากับกระดูกขากรรไกรและทำหน้าที่เป็นรากฟันเทียมเพื่อทำการติดตั้งฟันปลอมคั้งแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 การฝังรากฟันเทียมลงในกระดูกฟันกรามเพื่อใช้เป็นรากฟันเทียม

[ที่มา [www.dentalimplantbasics.net](http://www.dentalimplantbasics.net) , [www.pujadentalgroup.com](http://www.pujadentalgroup.com)]

ต่อมาได้มีการนำเอารากฟันเทียมมาประยุกต์ใช้ในการเคลื่อนฟันทางทันตกรรมจัดฟัน โดยทำให้มีขนาดเล็กลงเรียกว่า สกรูอิมแพลนท์ขนาดเล็ก (Miniscrew Implant) เพื่อให้ปัญหาการเคลื่อนตัวของฟันกรามด้านในหมดไปและเมื่อฟันถูกจัดให้อยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้องแล้วสกรูอิมแพลนท์ขนาดเล็กนี้จะถูกนำออกไป



รูปที่ 2 การฝังสกรูอิมแพลนท์ขนาดเล็กลงในกระดูกฟันกรามเพื่อเป็นหลักยึดในการจัดฟัน

[ที่มา [www.compendiumlive.com](http://www.compendiumlive.com)]



**รูปที่ 3 ภาพตัดฉายการฝังสกรูอิมแพลนท์ขนาดเล็กลงในกระดูกฟันกราม**

[ที่มา [www.orthodonticproductsonline.com](http://www.orthodonticproductsonline.com)]

แม้ว่าวิธีการจัดฟันที่ได้มีการพัฒนาโดยการนำสกรูอิมแพลนท์ขนาดเล็กมาใช้เป็นหลักยึดในการจัดฟันนี้ จะมีการทำการทดลองและได้นำไปใช้ในการรักษาจริงแล้วก็ตาม แต่จากการศึกษาพบว่ายังขาดการศึกษาในด้านคุณสมบัติชีวกลไก (Biomechanical Property) เช่น ลักษณะการกระจายตัวของความเค้นที่เกิดขึ้นทั้งในตัวสกรูอิมแพลนท์ขนาดเล็กและกระดูกบริเวณโดยรอบ ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความยาวของสกรูอิมแพลนท์ขนาดเล็กที่มีต่อความเค้นที่เกิดขึ้น เป็นต้น เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ดังกล่าว ระเบียบไฟไนต์เอลิเมนต์จึงเป็นวิธีที่เหมาะสมและความสัมพันธ์ดังกล่าวมาในข้างต้น ได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว ซึ่งในการศึกษานี้ได้ทำการศึกษาตัวแปรที่มีผลกระทบต่อการกระจายความเค้นที่เกิดขึ้น 2 ตัวแปร คือ

1. ขนาดความลึกของฟันเกลียว (Depth of thread)
2. ระยะพิทช์ (Pitch)

## 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1.2.1 เพื่อศึกษาการกระจายความเค้นที่เกิดขึ้นในสกรูอิมแพลนท์ขนาดเล็กและกระดูกโดยรอบอันเนื่องมาจากแรงที่ใช้ในการจัดฟัน

1.2.2 เพื่อศึกษาผลกระทบของขนาดความลึกของฟันเกลียวที่มีต่อการกระจายความเค้นที่เกิดขึ้นในสกรูอิมแพลนท์ขนาดเล็กและกระดูกโดยรอบ

1.2.3 เพื่อศึกษาผลกระทบของระยะพิทช์ของสกรูอิมแพลนท์ขนาดเล็กที่มีต่อการกระจายความเค้นที่เกิดขึ้นในสกรูอิมแพลนท์ขนาดเล็กและกระดูกโดยรอบ

### 1.3 ขอบข่ายของโครงการงาน

1.3.1 การวิจัยเป็นการวิเคราะห์โดยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ โดยเปรียบเทียบผลกับสมการทางคณิตศาสตร์

1.3.2 เป็นการศึกษาเฉพาะสกรูอิมแพลนที่ขนาดเล็กชนิดหัวทกเหลี่ยม

1.3.3 สกรูอิมแพลนที่ขนาดเล็กและกระดุกบริเวณ โคครอบ มีลักษณะเป็น Isotropic Material และ Homogeneous

1.3.4 ความเค้นที่เกิดขึ้นในสกรูอิมแพลนที่ขนาดเล็กและกระดุกบริเวณ โคครอบเนื่องจากแรงดึงที่กระทำกับสกรูอิมแพลนที่ขนาดเล็กอยู่ในช่วงยืดหยุ่นเชิงเส้น

### 1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1.4.1 ศึกษาทฤษฎีรวมถึงข้อมูลรายละเอียดต่างๆของงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติม

1.4.2 สร้างแบบจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์เบื้องต้นเพื่อยืนยันความถูกต้องของแบบจำลอง ด้วยสมการทางคณิตศาสตร์

1.4.3 สร้างแบบจำลองตามตัวแปรที่กำหนด

1.4.4 วิเคราะห์ผลแบบจำลองด้วยระเบียบวิธีการไฟไนต์เอลิเมนต์

1.4.5 วิเคราะห์ผลข้อมูล

1.4.6 สรุปผลและจัดทำรายงาน



## 1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ได้แบบจำลองของสกรูอิมแพลนต์ขนาดเล็กและกระดูกโคครอบที่สามารถวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้วิเคราะห์ตัวแปรอื่นๆที่มีผลต่อการกระจายความเค้นที่เกิดขึ้น เช่น ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความยาวของสกรูอิมแพลนต์ขนาดเล็ก

1.5.2 ทราบถึงลักษณะการกระจายความเค้นที่เกิดขึ้นซึ่งจะนำไปสู่การออกแบบเพื่อการใช้งานที่เหมาะสมยิ่งขึ้น

1.5.3 ทราบถึงผลกระทบของตัวแปรที่ได้ทำการศึกษาที่มีผลต่อการกระจายความเค้นที่เกิดขึ้น ซึ่งนำไปสู่ลักษณะรูปแบบการใช้งานจริงที่เหมาะสมยิ่งขึ้น

1.5.4 ได้บทความวิชาการเรื่อง Parametric Analysis of Miniscrew Implant on Stress Distribution in the Bone using Finite Element Method.

## 1.6 งบประมาณที่ใช้

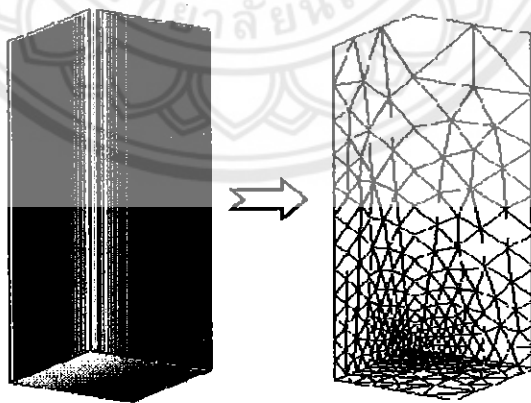
(1,000 บาท /คน) ในกลุ่มมี 3 คน = 3,000 บาท



## บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี

### 2.1 ทฤษฎีระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ [1]

เนื่องจากสกรูอิมแพลนที่ขนาดเล็กล้วนมีรูปร่างที่ซับซ้อนดังนั้น วิธีการวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์จึงเป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากสามารถวิเคราะห์ได้โดยง่ายและสะดวกรวดเร็วในการวิเคราะห์ผลกระทบของตัวแปรต่างๆ ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์เป็นระเบียบวิธีเชิงตัวเลข มีแนวความคิดที่ว่าวัตถุที่มีรูปร่างซับซ้อนใดๆจะสามารถแบ่งออกเป็นชิ้นเล็กๆได้ โดยแต่ละชิ้นเล็กๆเหล่านั้น สามารถพิจารณาแยกกันอย่างอิสระและสามารถประกอบเข้ากันเป็นวัตถุเดิมได้ ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์เหมาะสมกับปัญหาที่ยุ่งยากซับซ้อน ซึ่งไม่สามารถหาผลเฉลยแม่นยำตรงได้จากสมการเชิงอนุพันธ์ โดยจะแก้ปัญหาลให้อยู่ในรูปฟังก์ชันพีชคณิตแล้วใช้คอมพิวเตอร์คำนวณหาผลลัพธ์ มีหลักการและลำดับขั้นตอนดังนี้คือ



รูปที่ 4 การแบ่งแบบจำลองออกเป็นเอลิเมนต์เล็กๆ โดยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

ก. แบ่งวัตถุที่พิจารณาออกเป็นชิ้นเล็กๆเรียกว่า Element และเชื่อมต่อกันด้วย Node

ข. สร้างสมการความสัมพันธ์ของปริมาณทางฟิสิกส์ของแต่ละ Element ซึ่งจะทำให้ได้ Local Equation ของแต่ละ Element

$$[k]\{d\}=\{f\} \quad (1)$$

ค. ประกอบ Element เข้าด้วยกันโดยการใช้หมายเลข Node เป็นตัวเชื่อม จะทำให้ได้ระบบสมการของทั้งวัตถุที่พิจารณา

$$[K]\{D\}=\{F\} \quad (2)$$

ง. แก่ระบบสมการเพื่อหาค่าตัวแปรที่ Node ต่างๆ  $\{D\}$  โดยการนำเงื่อนไขขอบเขตเข้าช่วยในการพิจารณาระบบสมการดังกล่าวเพื่อลดจำนวนตัวแปร

จ. คำนวณหาค่าอื่นๆที่ต้องการจากค่าตัวแปรที่ได้จากการคำนวณใน ข้อ ง. เช่น Stains และ Stress

## 2.2 ทฤษฎีความเสียหายของวัสดุ [2]

ทฤษฎีความเสียหายเป็นทฤษฎีที่ปบบอกถึงภาวะเงื่อนไขที่วัสดุแต่ละประเภทเกิดการเสียหายหรือเกิดการเสียหาย เนื่องจากเมื่อวัสดุนั้นรับความเค้นหลายแนวจะเป็นการยากที่จะคาดได้ว่าเมื่อใดจึงจะเกิดการเสียหายหรือเกิดการเสียหาย ดังนั้นจึงได้มีการศึกษาหาข้อมูลโดยการทดลองว่าถ้าวัสดุรับความเค้นเป็นองค์ประกอบหลายตัวในสภาพและขนาดของความเค้นต่างๆกัน จะสัมพันธ์กับการเสียหายอย่างไร จากผลกระทบของตัวแปรที่มีผลต่อการกระจายความเค้นที่เกิดขึ้นนี้จะมีวัสดุที่ทำการวิเคราะห์ 2 ประเภท วัสดุแรกคือกระดูกที่บซึ่งจัดเป็นวัสดุที่มีความแข็งและเปราะจะเสียหายเนื่องจากความเค้นจากดังนั้น ทฤษฎีที่จะนำมาพิจารณาความเสียหายคือ ทฤษฎีความเค้นฉากสูงสุด วัสดุประเภทที่สองคือ ไทเทเนียมซึ่งเป็นวัสดุที่ใช้ทำสกรูอิมแพลนท์ขนาดเล็ก วัสดุ

ประเภทนี้จัดเป็นวัสดุที่มีความเหนียว จะเกิดการเสียหายเนื่องจากความเค้นเฉือน ดังนั้นทฤษฎีที่จะนำมาพิจารณาความเสียหายคือ ทฤษฎีพลังงานเสีรูปร่างสูงสุด

### 2.2.1 ทฤษฎีความเค้นฉากสูงสุด

ทฤษฎีนี้เหมาะสำหรับวัสดุที่มีคุณสมบัติเป็นวัสดุเปราะ ซึ่งการเสียหายที่เกิดขึ้นเป็นในรูปแบบของการแตกหักเนื่องจากวัสดุประเภทนี้เกิดการเสีรูปร่างน้อยมากก่อนที่จะเกิดการแตกหัก ดังนั้นขีดจำกัดของความเค้นที่นำมาพิจารณาสำหรับทฤษฎีนี้คือ ค่าความเค้นสูงสุด  $\sigma_u$  โดยจะกล่าวได้ว่าการเสียหายจะเกิดขึ้นเมื่อค่าความเค้นฉากสูงสุดตัวใดตัวหนึ่งใน  $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$  มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับค่าความเค้นสูงสุดที่วัสดุนั้นรับได้

### 2.2.2 ทฤษฎีพลังงานเสีรูปร่างสูงสุด

แนวคิดสำหรับทฤษฎีนี้คือในขณะที่เนื้อวัสดุรับความเค้นซึ่งเป็นความเค้นหลัก  $\sigma_1, \sigma_2$  และ  $\sigma_3$  นั้นเราสามารถคิดว่าประกอบขึ้นมาจากสภาวะความเค้นสองลักษณะรวมกันคือสภาวะความเค้นที่กระทำขนาดเท่ากันหมดในทุกทิศทางซึ่งเป็นที่ยอมรับกันว่าเป็นความเค้นที่ทำให้ปริมาตรของวัสดุนั้นเกิดการเปลี่ยนแปลงแต่ไม่เกิดการบิดเบี้ยวแต่อย่างใด ส่วนความเค้นอีกสภาวะหนึ่งคือความเค้นที่เกิดจากการนำเอา ความเค้นในสภาวะแรกไปลบออกจากความเค้นจริงที่เกิดขึ้น สภาวะความเค้นอย่างหลังนี้ถือว่าเป็นสาเหตุให้เกิดการบิดเบี้ยวหรือเสีรูปร่างของเนื้อวัสดุและพลังงานความเครียดที่คำนวณได้จากความเค้นในสภาวะหลังนี้เรียกว่าพลังงานเครียดเสีรูปร่าง (Strain Energy of Distortion :  $u_d$ ) ในการทำนายการเสียหายของวัสดุใดๆตามทฤษฎีพลังงานเสีรูปร่างกล่าวไว้ว่าเนื้อวัสดุตรงจุดที่พิจารณาจะเกิดการครากถ้า  $u_d$  ที่จุดใดๆบนเนื้อวัสดุเกินค่าพลังงานความเครียดสูงสุด  $u_{lim}$  ที่วัสดุนั้นรับได้

$$u_d \geq u_{lim} \quad (3)$$

$$[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2] \geq 2\sigma_y^2 \quad (4)$$

## 2.3 ผลงานการวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Atilla Sertgoz และ Sungur Guvener (1996) ได้ทำการศึกษาผลกระทบของความยาวของสกรูอิมแพลนท์ในลักษณะคานยื่น (Cantilever) ที่มีต่อการกระจายความเค้นที่เกิดขึ้น โดยได้ทำการสร้างแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ของกระดูกฟันกรามพร้อมด้วยสกรูอิมแพลนท์ให้เป็นชิ้นเดียวกัน และให้บริการขนาด 75 นิวตัน ในแนวตั้ง และขนาด 25 นิวตัน ในแนวนอน ซึ่งจากการศึกษาพบว่าความเค้นสูงสุดที่เกิดขึ้นจะเกิดขึ้นที่บริเวณรอยต่อของกระดูกกับสกรูอิมแพลนท์และค่าความเค้นดังกล่าวจะมีค่าสูงขึ้นเมื่อขนาดความยาวของสกรูอิมแพลนท์มีค่าเพิ่มมากขึ้น

Holdun Iplikcioglu และ Kivanc Akca (2001) ได้ทำการศึกษาผลกระทบของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ความยาวและจำนวนของสกรูอิมแพลนท์ที่มีต่อการกระจายความเค้นในกระดูกบริเวณโดยรอบ โดยได้ทำการจัดทำแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ออกเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่ใช้สกรูอิมแพลนท์ยึดจำนวน 2 ตัว และกลุ่มที่ใช้สกรูอิมแพลนท์ยึดจำนวน 3 ตัว ซึ่งในแต่ละกลุ่มก็ได้ทำการปรับเปลี่ยนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความยาวของสกรูอิมแพลนท์ จากการศึกษาพบว่าขนาดความยาวของสกรูอิมแพลนท์นั้นไม่มีผลกระทบต่อกระจายความเค้นที่เกิดขึ้น ส่วนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของสกรูอิมแพลนท์จะส่งผลให้ความเค้นสูงสุดที่เกิดขึ้นมีค่าลดลงเมื่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของสกรูอิมแพลนท์มีขนาดเพิ่มขึ้น และในส่วนของจำนวนของสกรูอิมแพลนท์นั้นจะพบว่าความเค้นสูงสุดจะมีค่าลดลงเมื่อจำนวนของสกรูอิมแพลนท์เพิ่มขึ้น

Gurcan Eskitascioglu , Aslihan Usumez , Mujude Sevimay , Emel Soykan และ Elif Unsal (2004) ได้ทำการศึกษาผลกระทบของตำแหน่งของภาวะที่กระทำกับฟันที่มีต่อการกระจายความเค้นในสกรูอิมแพลนท์และกระดูกโดยรอบ โดยได้แบ่งลักษณะภาวะที่มากระทำกับตัวฟันออกเป็น 3 ลักษณะ คือ 1.) แรงขนาด 300 นิวตันกระทำที่ตำแหน่งปุ่มด้านแก้ม (Buccal Cusp) 2.) แรงขนาด 150 นิวตันกระทำที่ปลายยอดของปุ่มด้านแก้มและแรงขนาด 150 นิวตันกระทำที่แอ่งด้านไกลกลาง (distal Fossa) 3.) แรงขนาด 100 นิวตันกระทำที่ปลายยอดของปุ่มด้านแก้ม ขนาด 100 นิวตัน กระทำที่แอ่งด้านไกลกลางและแรงขนาด 100 นิวตันกระทำที่แอ่งด้านใกล้กลาง (Mesial Fossa) จากการศึกษาพบว่าการกระจายความเค้นที่เกิดขึ้นจะเกิดความเค้นสูงสุดในกรณีลักษณะภาวะที่กระทำกับฟันเป็นแบบที่ 1 ส่วนความเค้นที่เกิดขึ้นจากลักษณะภาวะที่กระทำใน

แบบที่ 2 และ 3 นั้นจะมีการกระจายตัวของความเค้นที่ต่ำกว่า กล่าวคือ มีความเค้นสูงสุดที่เกิดขึ้นน้อยกว่าในลักษณะที่ 1 และมีระดับความแตกต่างของความเค้นที่น้อยกว่า

Allahyar Geramy และ Steven M. Morgano (2004) ได้ทำการศึกษาผลกระทบของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของสกรูอิมแพลนต์ที่มีผลต่อการเคลื่อนตัวของสกรูอิมแพลนต์ โดยได้ทำการสร้างแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ที่ประกอบด้วยกระดูกโดยรอบและสกรูอิมแพลนต์ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางต่างๆกัน 3 ขนาด คือ 3.75 , 5 และ 7.5 มิลลิเมตรตามลำดับ ได้แต่ละแบบจำลองรับภาระ 2 ขนาด คือ 35 นิวตันและ 75 นิวตันและในแต่ละขนาดของภาระที่กระทำให้กระทำให้ 2 ทิศทาง คือ ในแนวตั้งและ  $15^\circ$  เทียบกับแนวตั้ง จากการศึกษาที่ได้พบว่าปริมาณการขจัดที่เกิดขึ้นจะลดลงเมื่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของสกรูอิมแพลนต์มีขนาดเพิ่มขึ้น

Baris Simsek , Erkan Erkmen , Dervis Yilmaz และ Atilim Eser (2005) ได้ทำการศึกษาผลกระทบของระยะห่างระหว่างสกรูอิมแพลนต์ที่มีต่อการกระจายความเค้นที่เกิดขึ้นบนกระดูกฟันกรามด้านนอก โดยได้ทำแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ที่มีระยะห่างระหว่างสกรูอิมแพลนต์ 3 ขนาดคือ 0.5 , 1.0 และ 2 เซนติเมตรตามลำดับ ให้แบบจำลองดังกล่าวรับภาระในแนวตั้งขนาด 70 นิวตัน ในแนวเอียงทำมุม 60 องศากับแนวนอนรับภาระขนาด 35 นิวตัน และในแนวระดับรับภาระขนาด 14 นิวตัน ซึ่งจากผลการศึกษาพบว่า ค่าความเค้นดึงสูงสุดจะเพิ่มขึ้นเมื่อระยะห่างระหว่างสกรูอิมแพลนต์มีค่ามากขึ้น ส่วนค่าความเค้นกดที่เกิดขึ้นจะมีค่าลดลงเมื่อระยะห่างระหว่างสกรูอิมแพลนต์มีค่าเพิ่มขึ้น

M. Sevimay , F. Turhan , A. Kilicarlan และ G. Eskitascioglu (2005) ได้ทำการศึกษาผลกระทบของคุณลักษณะของกระดูกที่มีผลต่อการกระจายความเค้นบนสกรูอิมแพลนต์และกระดูกโดยรอบ โดยได้ทำการสร้างแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ของสกรูอิมแพลนต์ซึ่งฝังอยู่ในกระดูกฟันกรามที่มีคุณลักษณะที่แตกต่างกัน 4 แบบ ตามความหนาของกระดูกทึบและความหนาแน่นของกระดูกพรุนและกำหนดให้แบบจำลองดังกล่าวรับภาระในแนวตั้งขนาด 300 นิวตัน จากการศึกษาพบว่ากระดูกทึบบางและความหนาแน่นของกระดูกพรุนน้อยที่สุดจะเกิดความเค้นบนสกรูอิมแพลนต์และชั้นกระดูกทึบสูงสุด

Birte Melsen และ Carlalberta Verna (2005) ได้ทำการศึกษาผลกระทบของคุณลักษณะของกระดูกที่มีผลต่อการกระจายความเค้นในสกรูอิมแพลนต์ขนาดเล็กและกระดูกโคครอบ โดยได้ทำการสร้างแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ของกระดูกฟันกรามพร้อมด้วยสกรูอิมแพลนต์ขนาดเล็ก และได้ทำการปรับเปลี่ยนขนาดความหนาของชั้นกระดูกทึบ และความหนาแน่นของกระดูกพรุน จากการศึกษาพบว่ากระดูกซึ่งมีลักษณะความหนาของชั้นกระดูกทึบที่บางและมีความหนาแน่นของกระดูกพรุนที่ต่ำจะมีความเค้นสูงสุดที่เกิดขึ้นทั้งในสกรูอิมแพลนต์ขนาดเล็กและกระดูกโคครอบ สูงที่สุด และจะพบว่าปัจจัยหลักของความเค้นที่เกิดขึ้นจะขึ้นอยู่กับความหนาของชั้นกระดูกทึบ ส่วนความหนาแน่นของกระดูกพรุนนั้นจะเป็นเพียงปัจจัยรอง

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องจะพบว่าการศึกษาเกี่ยวกับตัวแปรที่มีผลกระทบต่อ การกระจายความเค้นที่เกิดขึ้นในสกรูอิมแพลนต์ขนาดเล็กและกระดูกโคครอบมีเพียงคุณลักษณะของกระดูกเท่านั้น ซึ่งจากเอกสารที่เกี่ยวข้องนั้นจะพบว่าการศึกษาเกี่ยวกับสกรูอิมแพลนต์นั้นยังมีตัวแปรอีกหลายตัวที่มีผลกระทบต่อ การกระจายความเค้นที่เกิดขึ้น เช่น ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ความยาวและระยะห่างระหว่างสกรูอิมแพลนต์ เป็นต้น ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาตัวแปรที่น่าจะส่งผลกระทบต่อ การกระจายความเค้นที่เกิดขึ้น คือ ขนาดความลึกของฟันเกลียวและ ระยะพิทซ์ของสกรูอิมแพลนต์ขนาดเล็ก

### บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน

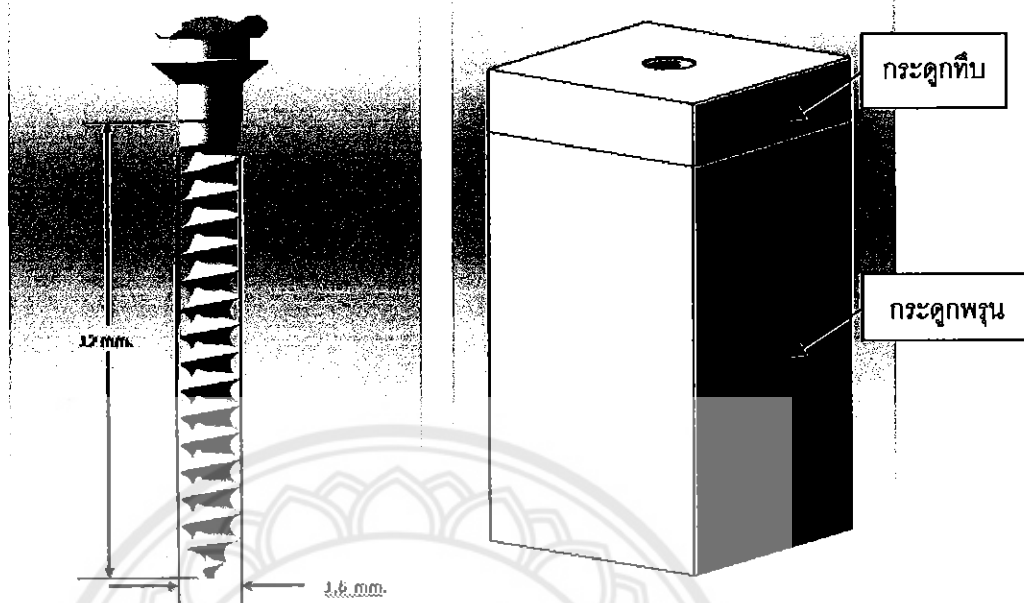
การวิเคราะห์ผลกระทบของตัวแปรที่มีต่อการกระจายความเค้นในสกรูอิมแพลนท์ขนาดเล็กและกระดูกบริเวณโดยรอบ จะทำโดยการปรับเปลี่ยนขนาดความลึกของฟันเกลียวของสกรูอิมแพลนท์ขนาดเล็กซึ่งมีด้วยกัน 5 ขนาดคือ 0.1, 0.15, 0.2, 0.25 และ 0.3 มิลลิเมตรตามลำดับ และในแต่ละขนาดความลึกของฟันเกลียว จะประกอบไปด้วยระยะพิทช์ที่แตกต่างกัน 4 ขนาดคือ 0.7, 0.75, 0.8 และ 0.85 มิลลิเมตรตามลำดับ ดังนั้นในการศึกษานี้จะประกอบไปด้วยแบบจำลองที่ใช้ในการวิเคราะห์ทั้งหมด 20 แบบ ซึ่งจะมีขั้นตอนการวิเคราะห์ในแต่ละแบบจำลองดังนี้

#### 3.1 การ Pre-Processing

3.1.1 ศึกษาข้อมูลและรายละเอียดต่างๆของสกรูอิมแพลนท์ขนาดเล็กรวมถึงเอกสารงานวิจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องกับโครงการนี้

3.1.2 กำหนดแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ที่ใช้ในการวิเคราะห์นี้ จะประกอบไปด้วย 3 ส่วน คือ สกรูอิมแพลนท์ขนาดเล็กเป็นเกลียวขวา ทำจากไทเทเนียม มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.6 มิลลิเมตร ขนาดความยาวของเกลียว 12 มิลลิเมตร ชั้นกระดูกทึบ (Cortical Bone) เป็นชั้นกระดูกที่แข็งแรงและมีความหนาแน่นสูงมีความหนา 2 มิลลิเมตร ชั้นกระดูกพรุน (Cancellous Bone) เป็นชั้นกระดูกที่มีความหนาแน่นต่ำมีความหนา 13 มิลลิเมตร

3.1.3 ทำการสร้างรูปร่างของแบบจำลองสกรูอิมแพลนท์ขนาดเล็กและกระดูกบริเวณโดยรอบด้วยโปรแกรม Solid Work 2007 ดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 แสดงรูปร่างของแบบจำลองสกรูอิมแพลนท์ขนาดเล็ก ชั้นกระดูกทึบและชั้นกระดูกพรุน

3.1.4 กำหนดคุณสมบัติของวัสดุต่างๆในแบบจำลองดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงค่าคุณสมบัติของวัสดุต่างๆในแบบจำลอง

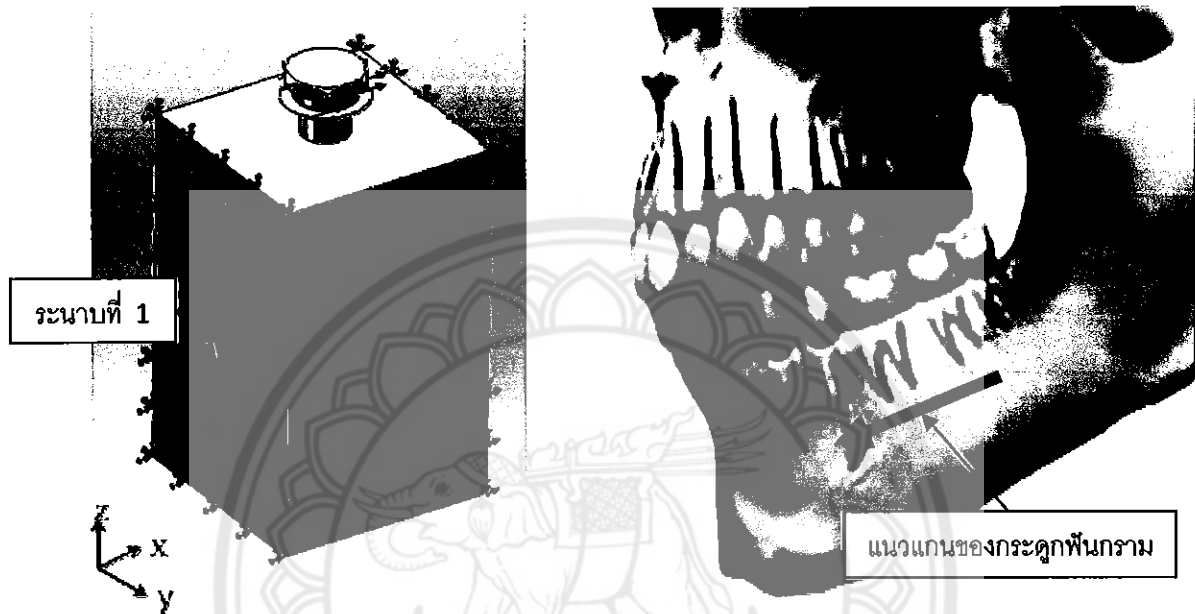
วัสดุ	Yong's Modulus(GPa)	Poisson's Ratio
Titanium	110	0.35
กระดูกทึบ	13.7	0.3
กระดูกพรุน	1.85	0.3

ที่มา : Haldun Iplikcioglu and Kivanc Akca (2001)

3.1.5 กำหนดภาระที่กระทำกับสกรูอิมแพลนท์ขนาดเล็ก ที่ใช้วิเคราะห์ในแต่ละแบบจำลองจะมีขนาด 0.4905 นิวตัน(50 กรัม) ซึ่งเป็นแรงที่ใช้ในการจัดฟันจริงทั่วไป โดยแรงดังกล่าวจะกระทำผ่านแนวเส้นผ่านศูนย์กลางของสกรูที่บริเวณหัวของสกรูอิมแพลนท์ขนาดเล็กในทิศทางขนานกับระนาบของผิวกระดูก



3.1.6 กำหนดเงื่อนไขของแบบจำลอง โดยกำหนดให้หน้าตัดที่ตั้งฉากกับแนวแกนของกระดูกฟันกราม (ระนาบที่ 1 และด้านตรงข้าม) ดังแสดงในรูปที่ 6 ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ในทุกทิศทาง (Fixed)



รูปที่ 6 ขั้ว : เงื่อนไขขอบของแบบจำลอง ขว : กระดูกฟันกราม

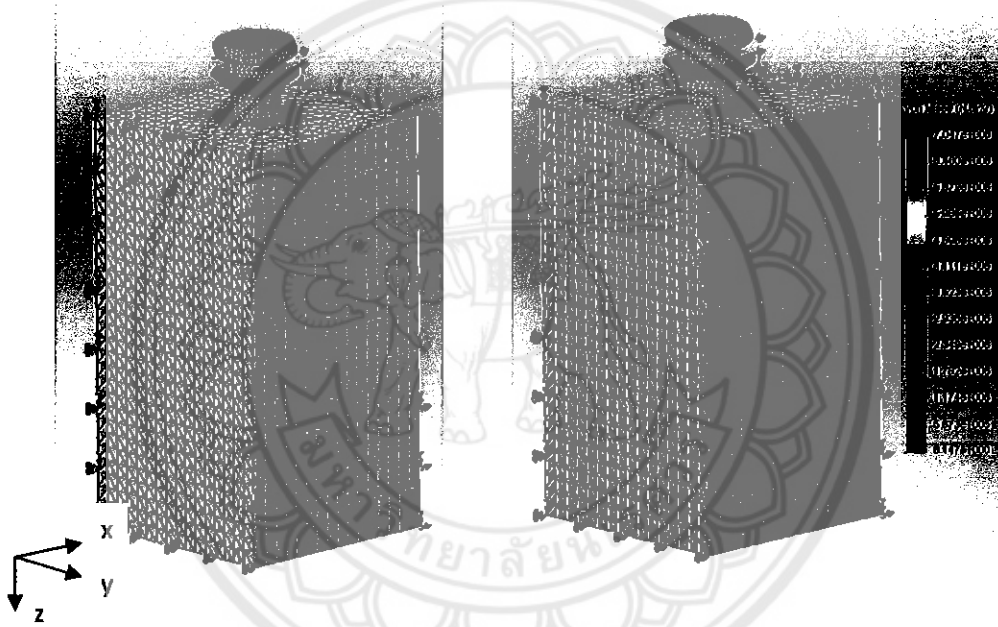
3.1.7 ทำการแบ่งแบบจำลองออกเป็นเอลิเมนต์เล็ก โดยกำหนดขนาดของ Element ของสกรูอิมแพลนท์ขนาดเล็กเป็น 0.2 มิลลิเมตร ชั้นกระดูกทึบและชั้นกระดูกพรุนเป็น 0.5 มิลลิเมตร

### 3.2 การ Solve-Processing

วิเคราะห์ด้วยคอมพิวเตอร์เพื่อหาความเค้นที่เกิดขึ้นในแต่ละชั้นส่วนของแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์

### 3.3 การ Post-Processing

สำหรับค่าความเค้นที่ได้จากการวิเคราะห์ในการศึกษานี้ จะมุ่งเน้นที่ความเค้นสูงสุดที่เกิดขึ้นบนสกรูอิมแพลนท์ขนาดเล็กและกระดูกทึบเป็นหลัก เนื่องจากกระดูกพรุนนั้นจากการวิเคราะห์จะเห็นได้ว่าความเค้นที่เกิดขึ้นจะน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับสองส่วนแรกดังที่ได้กล่าวมา โดยในส่วนของสกรูอิมแพลนท์ขนาดเล็กเนื่องจากเป็นวัสดุไทเทเนียมซึ่งจัดเป็นวัสดุที่มีความแข็งแรงและเหนียว ดังนั้นจากผลที่ได้จากการวิเคราะห์จะทำการศึกษาความเค้น Von Mises Stress สูงสุดที่เกิดขึ้นเป็นหลัก และสำหรับชั้นกระดูกทึบนั้นเนื่องจากมีลักษณะเป็นวัสดุที่แข็งเปราะ ดังนั้นผลที่ได้จากการวิเคราะห์จะมุ่งศึกษาความเค้นหลัก (Principal Stress) สูงสุดที่เกิดขึ้น



รูปที่ 7 ซ้าย : แสดงการแบ่งแบบจำลองออกเป็น Element เล็ก ขวา : แสดงการ Post – Processing

หลังจากการวิเคราะห์ จะทำการหาค่า Safety Factor โดยใช้ค่าความคราก (Yield Strength) จากตารางที่ 2 ในการคำนวณหาค่า Safety Factor

ตารางที่ 2 แสดงค่าความครากของวัสดุต่างๆในแบบจำลอง

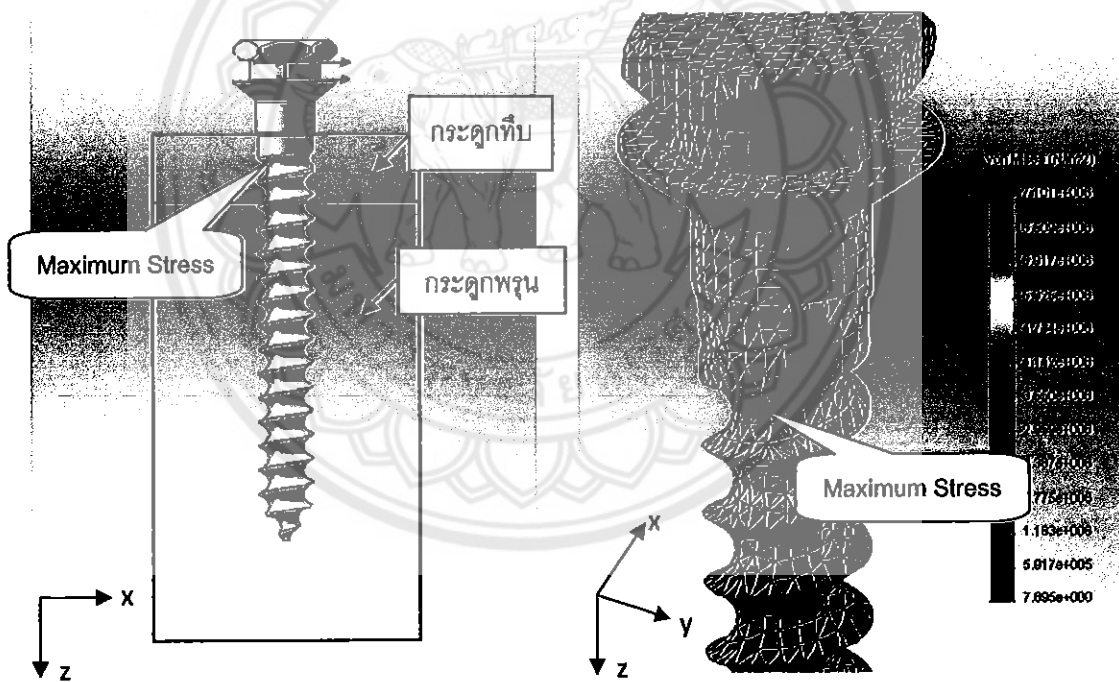
วัสดุ	Yield Strength (MPa)
Titanium	550
กระดูกทึบ	173

ที่มา : Haldun Iplikcioglu and Kivanc Akca (2001)

## บทที่ 4 ผลการดำเนินงานและการวิเคราะห์

### 4.1 สกรูอิมแพลนที่ขนาดเล็ก

จากผลการวิเคราะห์แบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ทั้ง 20 แบบ ที่ได้ทำการปรับเปลี่ยนขนาดความลึกของฟันเกลียวและระยะพิทช์ของสกรูอิมแพลนที่ขนาดเล็ก ในส่วนของสกรูอิมแพลนที่ขนาดเล็กจะพบว่าค่าความเค้น Von Mises Stress สูงสุดที่เกิดขึ้นจะเกิดขึ้นที่บริเวณเกลียวแรกของสกรูอิมแพลนที่ขนาดเล็ก ซึ่งถูกฝังลงในชั้นกระดูกที่บดดังแสดงในรูปที่ 8

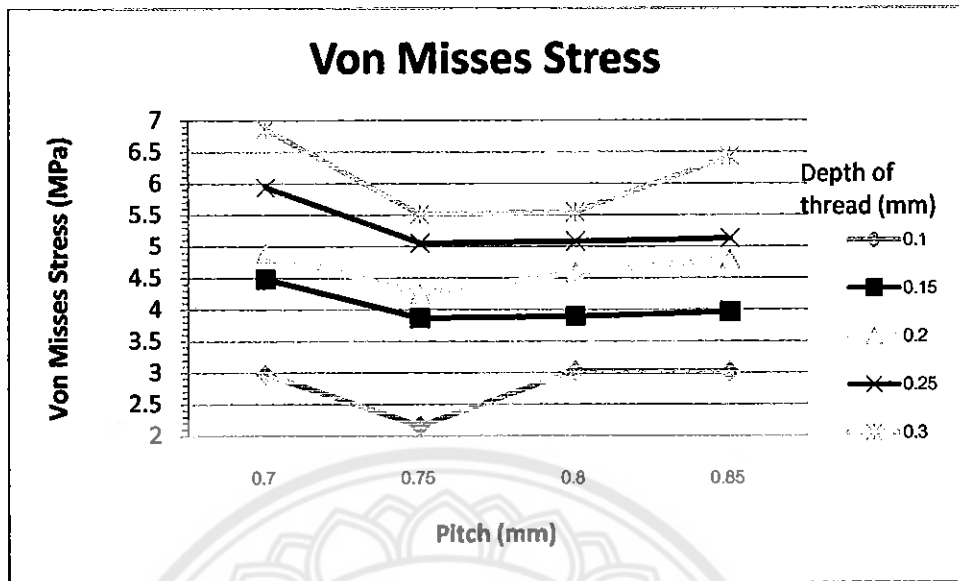


รูปที่ 8 ภาพแสดงการเกิดความเค้น Von Mises สูงสุดในสกรูอิมแพลนที่ขนาดเล็ก

ค่าความเค้นสูงสุดที่เกิดขึ้นในสกรูอิมแพลนที่ขนาดเล็ก จะมีค่าแปรเปลี่ยนไปตามขนาดความลึกของฟันเกลียวและระยะพิทช์ของสกรูอิมแพลนที่ขนาดเล็ก จากข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์จะแสดงในตารางที่ 3 และสามารถนำมาแสดงความสัมพันธ์ในรูปของกราฟได้ดังแสดงในรูปที่ 9 ซึ่งจะเป็นความเค้น Von Mises สูงสุดที่เกิดขึ้นในสกรูอิมแพลนที่ขนาดเล็ก

ตารางที่ 3 แสดงผลการทดสอบความเค้น Von Misses สูงสุดที่เกิดขึ้นในสกรูอิมแพลนทั้งขนาดเล็ก

Pitch (mm.)	Depth of thread (mm.)	Von Misses Stress (MPa)
0.70	0.10	2.974
	0.15	4.482
	0.20	4.900
	0.25	5.936
	0.30	6.863
0.75	0.10	2.158
	0.15	3.867
	0.20	4.255
	0.25	5.057
	0.30	5.509
0.80	0.10	3.024
	0.15	3.894
	0.20	4.586
	0.25	5.084
	0.30	5.546
0.85	0.10	3.011
	0.15	3.964
	0.20	4.800
	0.25	5.129
	0.30	6.424



รูปที่ 9 กราฟแสดงความเค้น Von Misses สูงสุดที่เกิดขึ้นในสกรูอิมแพลนท์ขนาดเล็ก

จากผลการวิเคราะห์ที่ได้จากการผลการทดสอบ 20 แบบ จะพบว่าค่าความเค้น Von Misses สูงสุดที่เกิดขึ้นบนสกรูอิมแพลนท์ขนาดเล็กจะมีค่าเพิ่มสูงขึ้นเมื่อขนาดความลึกของฟันเกลียวมีค่าเพิ่มมากขึ้น และจากลักษณะของกราฟมีลักษณะเป็นพาราโบลาหงาย ค่าความเค้น Von Misses สูงสุดที่เกิดขึ้นบนสกรูอิมแพลนท์ขนาดเล็กจะมีค่าต่ำสุดที่ระยะพิทช์ 0.75 mm. ดังแสดงในรูปที่ 9

เมื่อนำความเค้นสูงสุดที่เกิดขึ้นมาเปรียบเทียบกับความครากของไทเทเนียม 550 MPa [จากตารางที่ 2] ในกรณีของสกรูอิมแพลนท์ขนาดเล็ก ทำให้เราสามารถคำนวณค่า Safety Factor ของสกรูอิมแพลนท์ขนาดเล็ก ได้ดังนี้

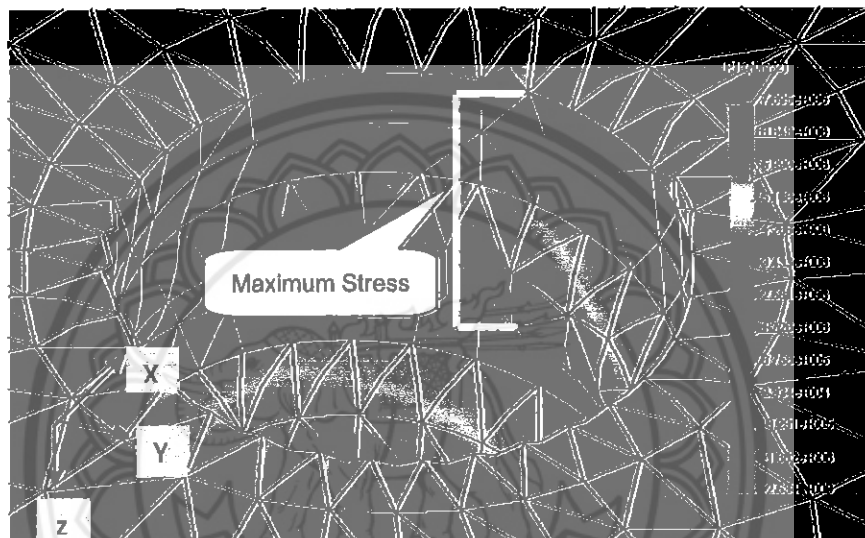
ค่า Safety Factor ของสกรูอิมแพลนท์ขนาดเล็ก

$$\begin{aligned} \text{Safety Factor} &= \frac{\text{Yiels Stress}}{\text{Von Misses Stress}} \\ &= \frac{550 \text{ MPa}}{6.863 \text{ MPa}} \\ &= 80.14 \end{aligned}$$

จะพบว่าสกรูอิมแพลนท์ขนาดเล็กนั้นจะมีค่าความปลอดภัย 80.14 ซึ่งจะเห็นได้ว่ามีค่าความปลอดภัยที่สูงและไม่น่าจะเกิดความเสียหายขึ้นแต่อย่างใด

## 4.2 ชั้นกระดุกทึบ

จากผลการวิเคราะห์แบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ทั้ง 20 แบบ ที่ได้ทำการปรับเปลี่ยนขนาดความลึกของฟันเกลียวและระยะพิทช์ของสกรูอิมแพลนท์ขนาดเล็ก ในส่วนของชั้นกระดุกทึบนั้นจะพบว่าค่าความเค้นหลักสูงสุดจะเกิดขึ้นระหว่างเกลียวแรกของชั้นกระดุกทึบกับผิวชั้นนอกของชั้นกระดุกทึบดังแสดงในรูปที่ 10

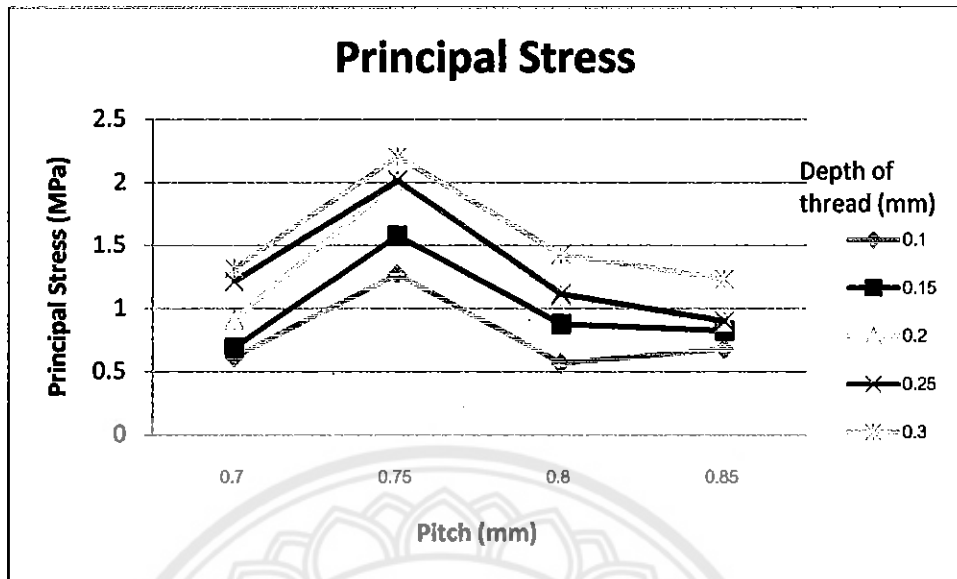


รูปที่ 10 ภาพแสดงการเกิดความเค้นหลัก (Principal Stress) สูงสุดในชั้นกระดุกทึบ

ค่าความเค้นสูงสุดที่เกิดขึ้นในชั้นของกระดุกทึบ จะมีค่าแปรเปลี่ยนไปตามขนาดความลึกของฟันเกลียวและระยะพิทช์ของสกรูอิมแพลนท์ขนาดเล็ก จากข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์จะแสดงในตารางที่ 4 และสามารถนำมาแสดงความสัมพันธ์ในรูปของกราฟได้ดังแสดงในรูปที่ 11 ซึ่งจะเป็นความเค้นหลักสูงสุดที่เกิดขึ้นในชั้นกระดุกทึบ

ตารางที่ 4 แสดงผลการทดสอบความเค้นหลักสูงสุดที่เกิดขึ้นในชั้นกระดุกที่บีบ

Pitch (mm.)	Depth of thread (mm.)	Principal Stress (MPa)
0.70	0.10	0.6154
	0.15	0.6921
	0.20	0.9141
	0.25	1.2150
	0.30	1.3180
0.75	0.10	1.2710
	0.15	1.5790
	0.20	2.0130
	0.25	2.0170
	0.30	2.2050
0.80	0.10	0.5679
	0.15	0.8769
	0.20	1.1030
	0.25	1.1180
	0.30	1.4280
0.85	0.10	0.6821
	0.15	0.8260
	0.20	0.8952
	0.25	0.9020
	0.30	1.2360



รูปที่ 11 กราฟแสดงความเค้นหลัก (Principal Stress) สูงสุดที่เกิดขึ้นในชั้นกระดูกทึบ

จากผลการวิเคราะห์ที่ได้จากการผลการทดสอบ 20 แบบ จะพบว่าค่าความเค้นหลักสูงสุดที่เกิดขึ้นบนชั้นกระดูกทึบจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อขนาดความลึกของฟันเกลียวมีค่าเพิ่มมากขึ้นและจากลักษณะของกราฟมีลักษณะเป็นพาราโบลาคว่ำว่าจะมีค่าความเค้นหลักสูงสุดที่ระยะพิทช์ 0.75 mm. ดังแสดงในรูปที่ 11

เมื่อนำความเค้นหลักสูงสุดที่เกิดขึ้นมาเปรียบเทียบกับความครากของชั้นกระดูกทึบ 173 MPa [จากตารางที่ 2] ในกรณีของชั้นกระดูกทึบ ทำให้เราสามารถคำนวณค่า Safety Factor ของชั้นกระดูกทึบได้ดังนี้

ค่า Safety Factor ของชั้นกระดูกทึบ

$$\text{Safety Factor} = \frac{\text{Ultimate Stress}}{\text{Principal Stress}}$$

$$= \frac{173 \text{ MPa}}{2.205 \text{ MPa}}$$

$$= 78.46$$

จะพบว่าชั้นกระดูกทึบนั้นจะมีค่าความปลอดภัย 78.46 ซึ่งจะเห็นได้ว่ามีค่าความปลอดภัยที่สูงและไม่น่าจะเกิดความเสียหายขึ้นแต่อย่างใด



## บทที่ 5 บทสรุป

### 5.1 บทสรุป

จากผลการวิเคราะห์ที่ได้จากการผลการทดสอบ 20 แบบ จะพบว่าค่าความเค้น Von Misses สูงสุดที่เกิดขึ้นบนสกรูอิมแพลนท์ขนาดเล็กจะมีค่าเพิ่มสูงขึ้นเมื่อขนาดความลึกของฟันเกลียวมีค่าเพิ่มมากขึ้น และจากลักษณะของกราฟมีลักษณะเป็นพาราโบลาหงาย ค่าความเค้น Von Misses สูงสุดที่เกิดขึ้นบนสกรูอิมแพลนท์ขนาดเล็กจะมีค่าต่ำสุดที่ระยะพิทช์ 0.75 mm. ดังแสดงในรูปที่ 10 สำหรับค่าความเค้นหลักสูงสุดที่เกิดขึ้นบนชั้นกระดูกทึบนั้น จะเห็นได้ว่าค่าความเค้นหลักสูงสุดที่เกิดขึ้นจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อขนาดความลึกของฟันเกลียวมีค่าเพิ่มมากขึ้นและจากลักษณะของกราฟมีลักษณะเป็นพาราโบลาคว่ำจะมีค่าความเค้นหลักสูงสุดที่ระยะพิทช์ 0.75 mm. ดังแสดงในรูปที่ 11

เมื่อนำความเค้นสูงสุดที่เกิดขึ้นมาเปรียบเทียบกับความครากของไทเทเนียม (550 MPa) ในกรณีของสกรูอิมแพลนท์ขนาดเล็ก และความเค้นหลักของชั้นกระดูกทึบ (173 MPa) จะพบว่าในกรณีของสกรูอิมแพลนท์ขนาดเล็กนั้นจะมีค่าความปลอดภัย 80.14 และในกรณีของชั้นกระดูกทึบจะมีค่าความปลอดภัย 78.46 ซึ่งจะเห็นได้ว่ามีค่าความปลอดภัยที่สูงและไม่น่าจะเกิดความเสียหายขึ้นแต่อย่างใด อย่างไรก็ตามสิ่งที่ไม่ต้องการให้เกิดขึ้นในการจัดฟัน คือ การเคลื่อนตัวของสกรูอิมแพลนท์ขนาดเล็กอันเนื่องมาจากการเสียดรูปของกระดูก ดังนั้น สกรูอิมแพลนท์ขนาดเล็กที่เหมาะสมที่จะใช้เป็นหลักยึดในการจัดฟันนั้น ควรจะเป็นขนาดที่ทำให้เกิดความเค้นบนชั้นกระดูกทึบน้อยที่สุด จากลักษณะความต้องการดังกล่าว สกรูอิมแพลนท์ที่มีความเหมาะสมจะต้องมีความลึกของฟันเกลียวต่ำที่สุด และควรหลีกเลี่ยงสกรูอิมแพลนท์ที่มีระยะพิทช์เท่ากับ 0.75 มิลลิเมตร

## รายการอ้างอิง

- [1] อนุชา พรมวังขวา. เอกสารประกอบการสอนวิชาไฟไนต์เอลิเมนต์, ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 2544
- [2] อภิวัฒน์ พลชัย. ความแข็งแรงของวัสดุ ตอนสอง, ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 2531
- [3] Allahyar Geramy and Steven M. Morgano (2004). Finite element analysis of three designs of an implant-supported molar crown. The Journal of Prosthetic Dentistry. 92 , 434-440
- [4] Atilla Sertgoz and Sungur Guvener (1996). Finite element analysis of the effect of cantilever and Implant length on stress distribution in an implant-supported fixed prosthesis. The Journal of Prosthetic Dentistry. 76 , 165-169.
- [5] Baris Simsek , Erkan Erkmen , Dervis Yilmaz and Atilim Eser (2005). Effect of different inter-implant distances on stress distribution around implants in posterior mandible. JJBE. 991 , 1-15
- [6] Birte Melsen and Carlalberta Verna (2005). Miniscrew Implant : The Aahus Anchorage System. Elsevier Inc. 24-31
- [7] Gurcan Eskitascioglu , Aslihan Usumez , Mujude Sevimay , Emel Soykan and Elif Unsal (2004). The influence of occlusal loading location on stress transferred to implant-supported protheses and supporting bone. The Journal of Prosthetic Dentistry. 91 , 144-150.
- [8] Haldun Iplikcioglu and Kivanc Akca (2001). Comparative evaluation of the effect of diameter , length and number of implants supporting three-unit fixed partial protheses on stress distribution in bone. The Journal of Dentistry. 30 , 41-46.

- [9] Lucie Himmlova , Tatjana Dostalova , Alois Kacovsky and Svatava Konvickova.  
Influence of implant length and diameter on stress distribution. The Journal of  
Prosthetic Dentistry. 91 , 20-25
- [10] M. Sevimay , F. Turhan , A. Kilicarslan , และ G. Eskitascioglu (2005). Three  
dimensional finite element analysis of the effect of different bone quality on  
stress distribution in an implant-supported crown. The Journal of Prosthetic  
Dentistry.



15.

๘2317

2502

e.2

## บรรณานุกรม

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. คู่มือการเสนอนิพนธ์. กรุงเทพมหานคร :

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2539

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร. คู่มือการเขียนรายงาน

วิชา 302499 โครงการวิศวกรรมเครื่องกล. พิษณุโลก : คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยนเรศวร , 2542. (จัดสำเนา)

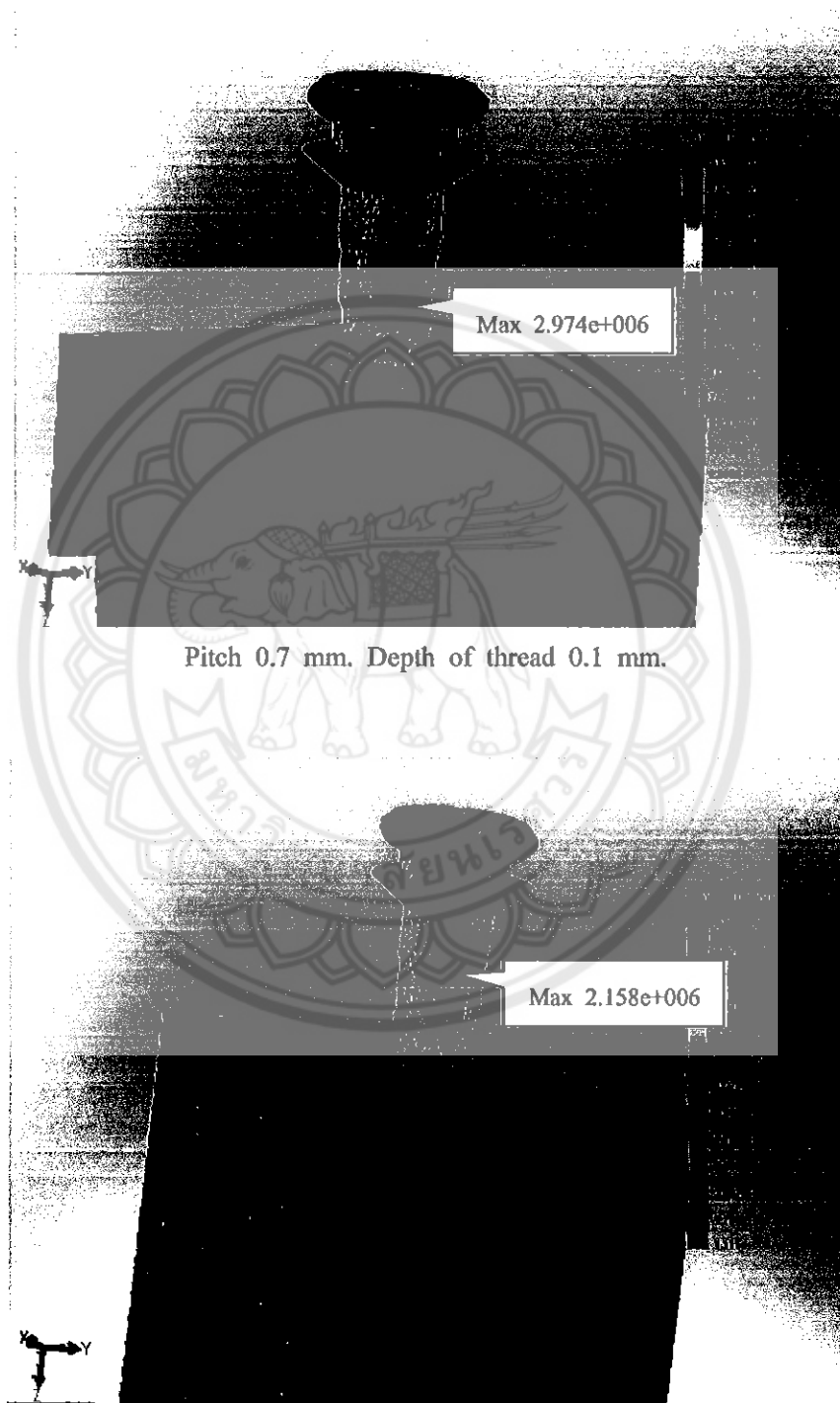




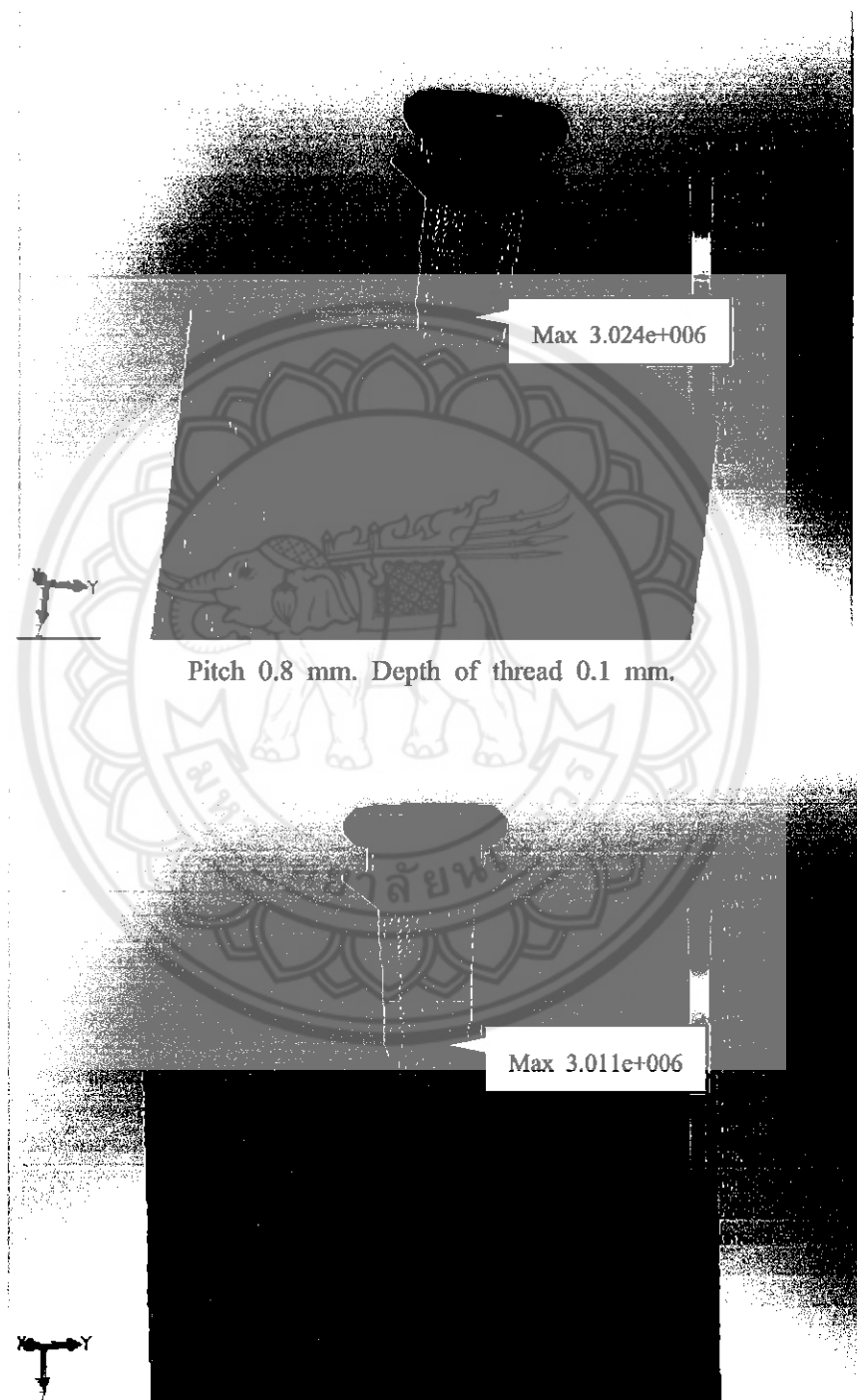


ภาคผนวก ก  
ผลการคำนวณด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

**Von Misses Stress  $\sigma_{eq}$  Depth of Thread 0.1 mm.**



Pitch 0.75 mm. Depth of thread 0.1 mm.



Max 3.024e+006

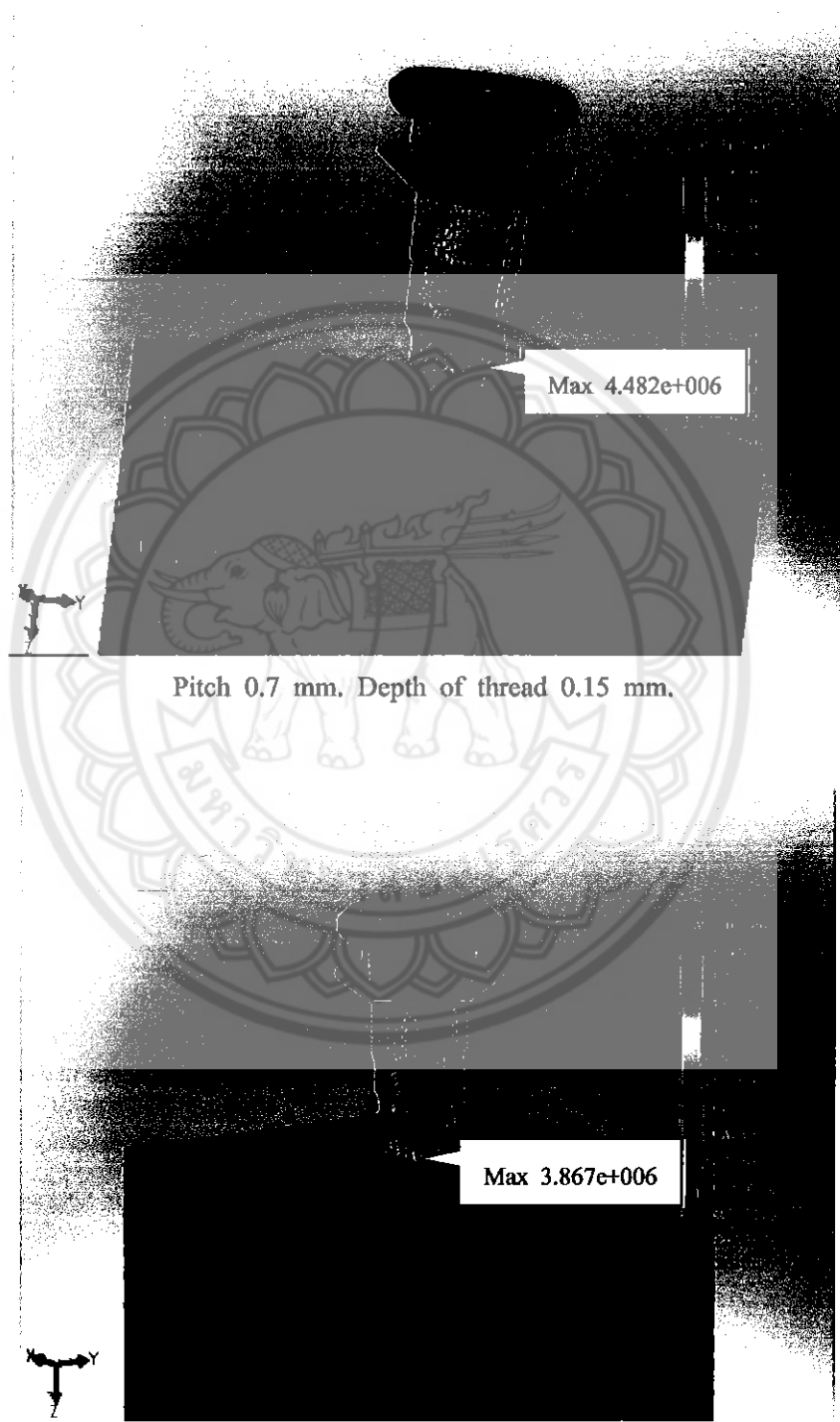
Pitch 0.8 mm. Depth of thread 0.1 mm.

Max 3.011e+006

Pitch 0.85 mm. Depth of thread 0.1 mm.



**Von Misses Stress  $\sigma_{eq}$  Depth of Thread 0.15 mm.**

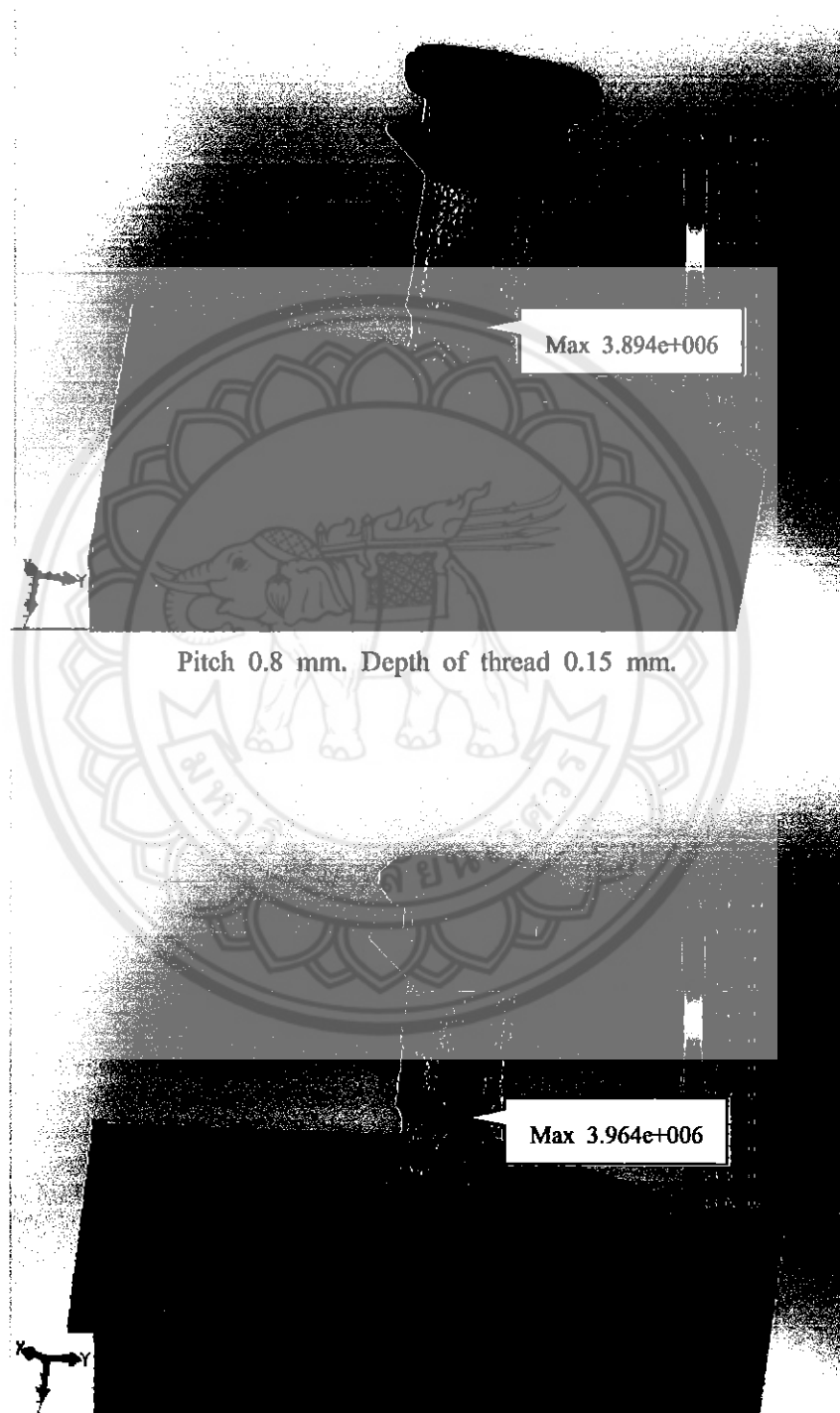


Pitch 0.7 mm. Depth of thread 0.15 mm.

Max 4.482e+006

Max 3.867e+006

Pitch 0.75 mm. Depth of thread 0.15 mm.



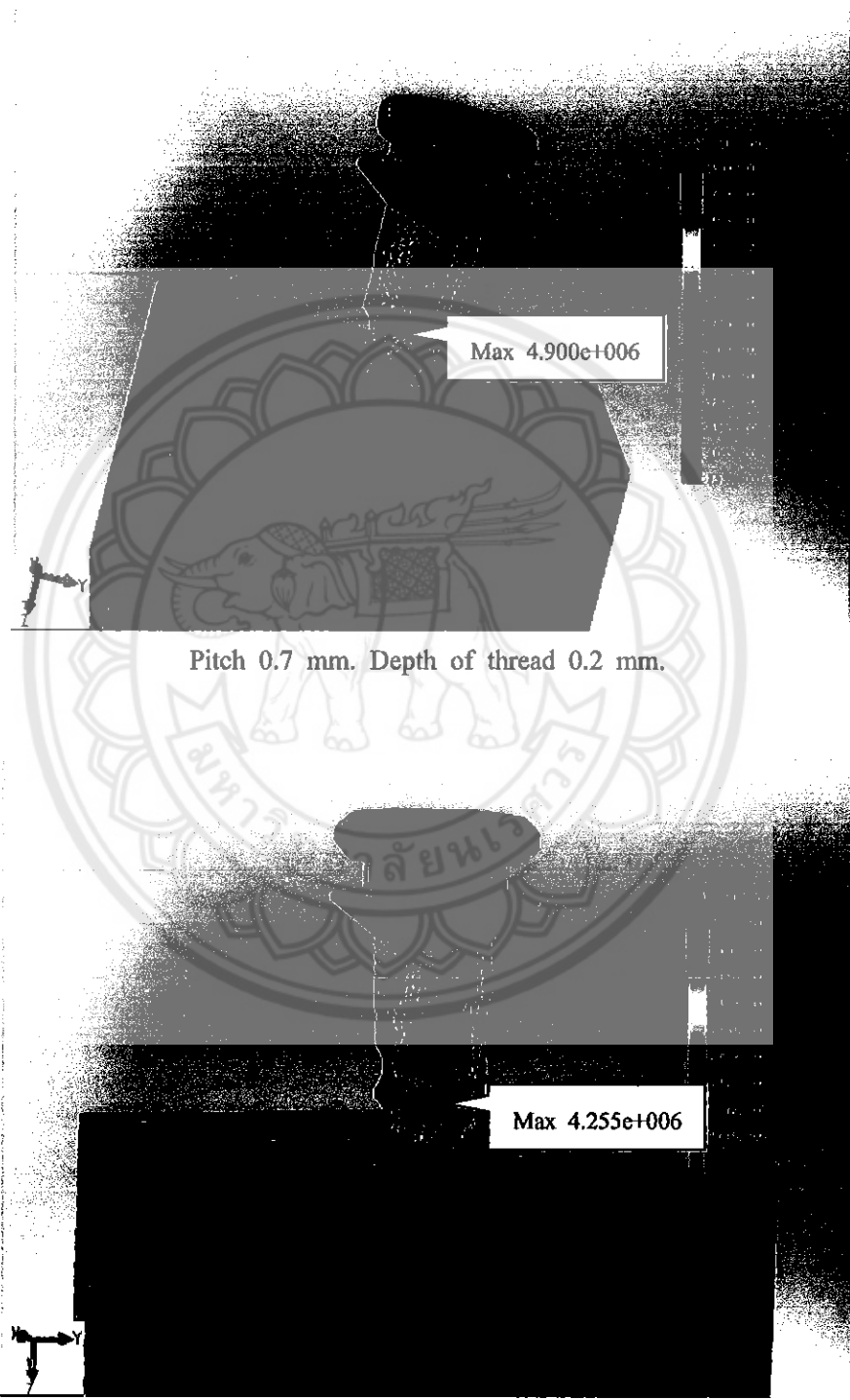
Max 3.894e+006

Pitch 0.8 mm. Depth of thread 0.15 mm.

Max 3.964e+006

Pitch 0.85 mm. Depth of thread 0.15 mm.

**Von Misses Stress ที่ Depth of Thread 0.2 mm.**

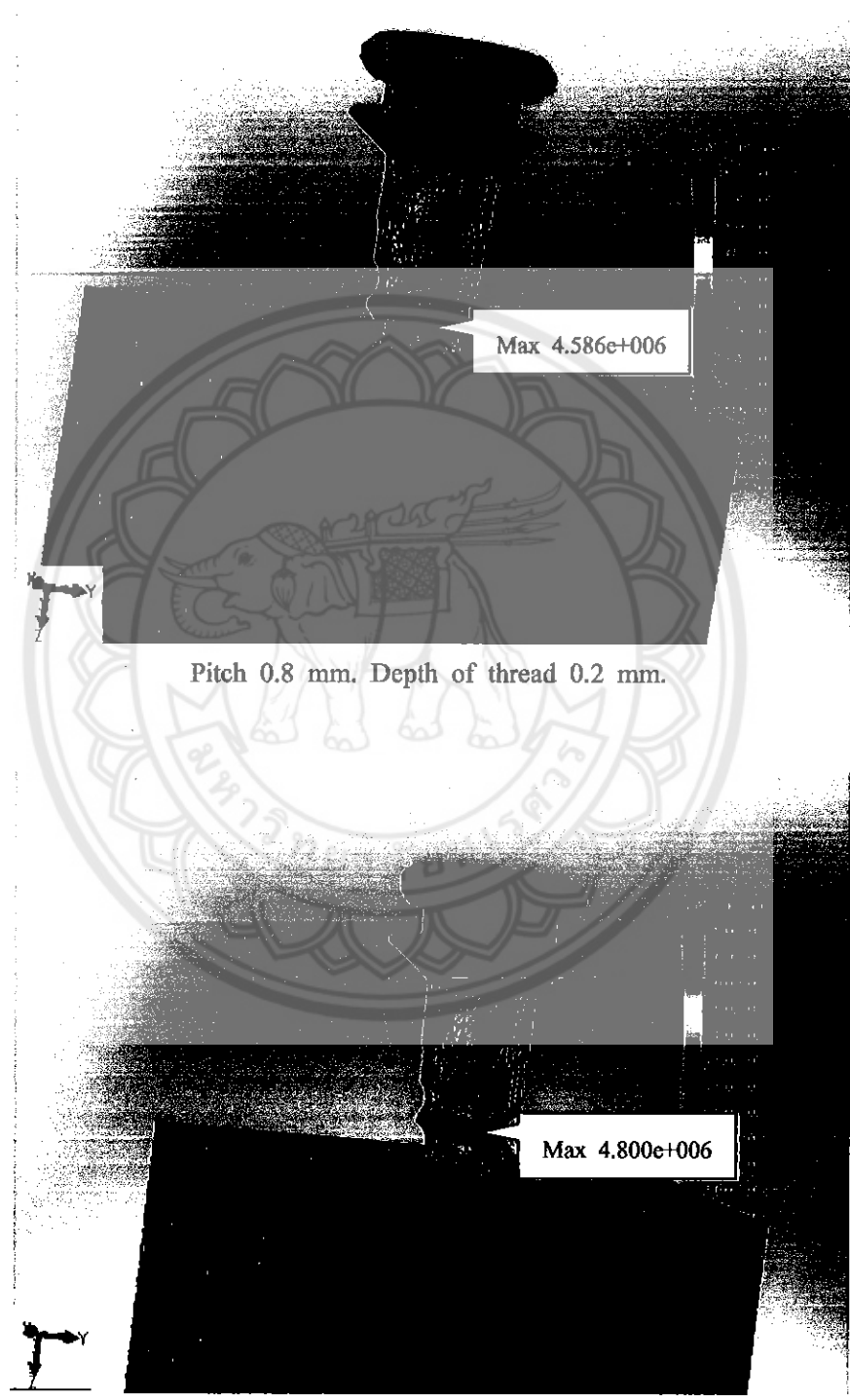


Pitch 0.7 mm. Depth of thread 0.2 mm.

Max 4.900e+006

Max 4.255e+006

Pitch 0.75 mm. Depth of thread 0.2 mm.



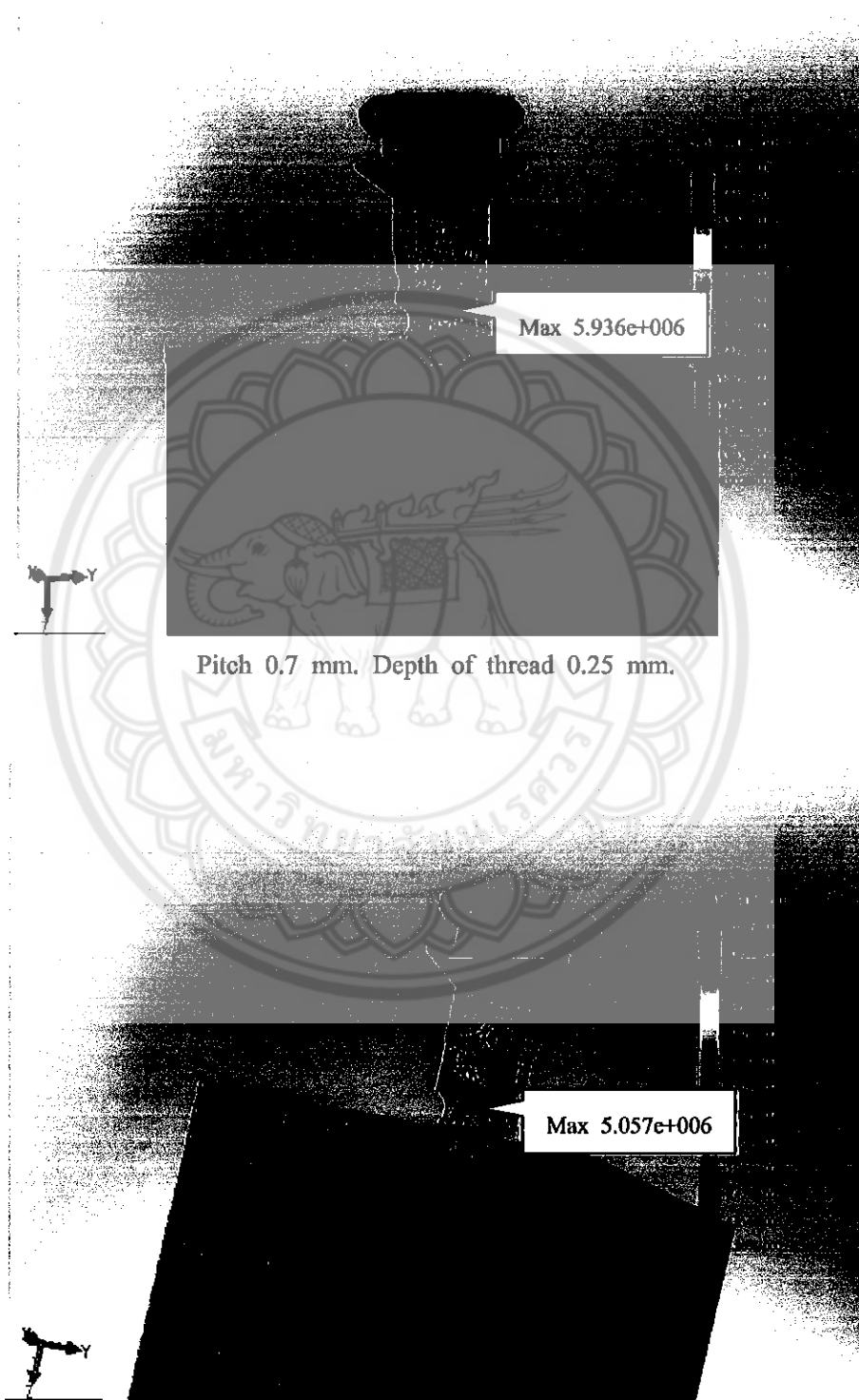
Max 4.586e+006

Pitch 0.8 mm. Depth of thread 0.2 mm.

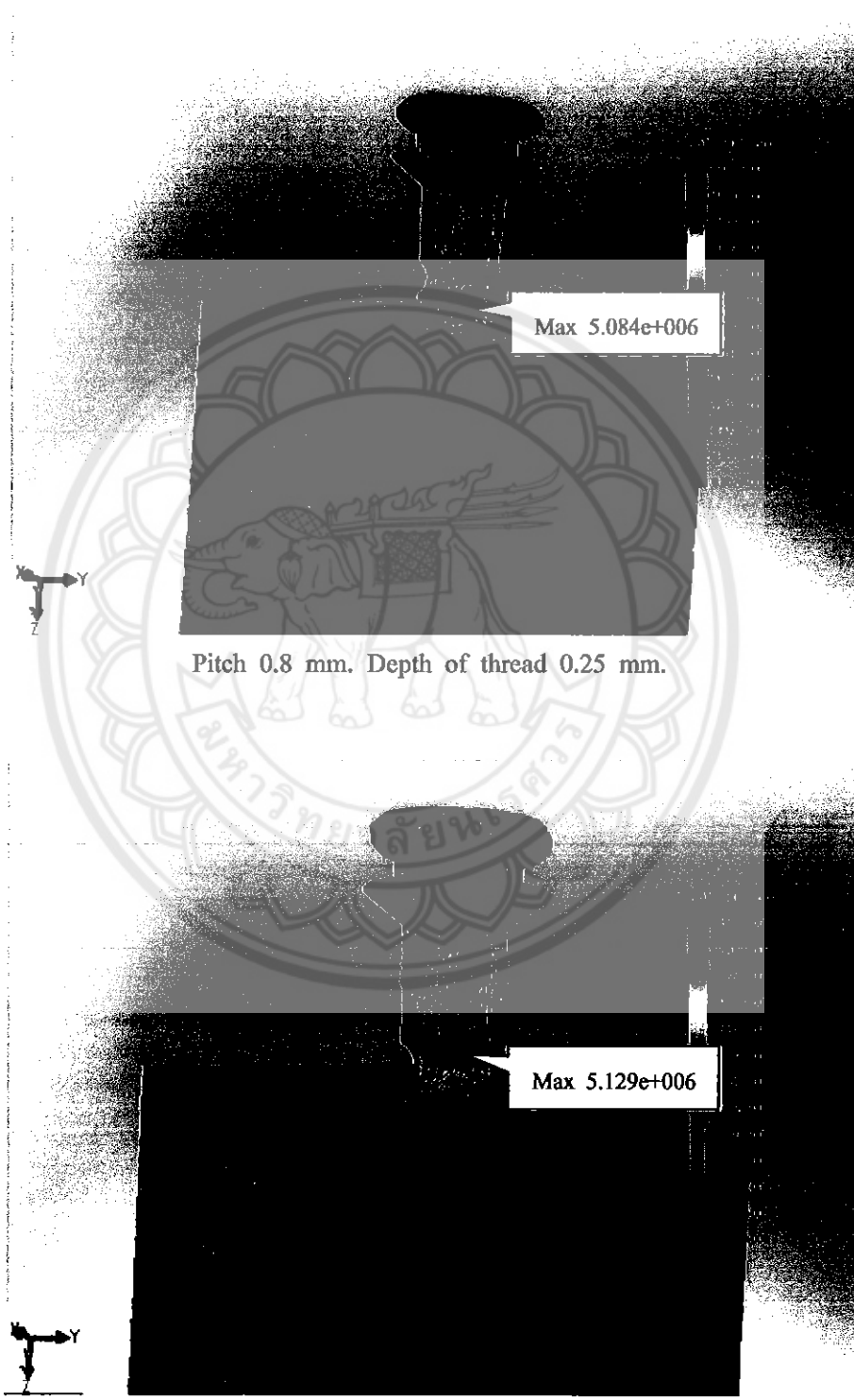
Max 4.800e+006

Pitch 0.85 mm. Depth of thread 0.2 mm.

**Von Misses Stress  $\sigma_1$  Depth of Thread 0.25 mm.**



Pitch 0.75 mm. Depth of thread 0.25 mm.



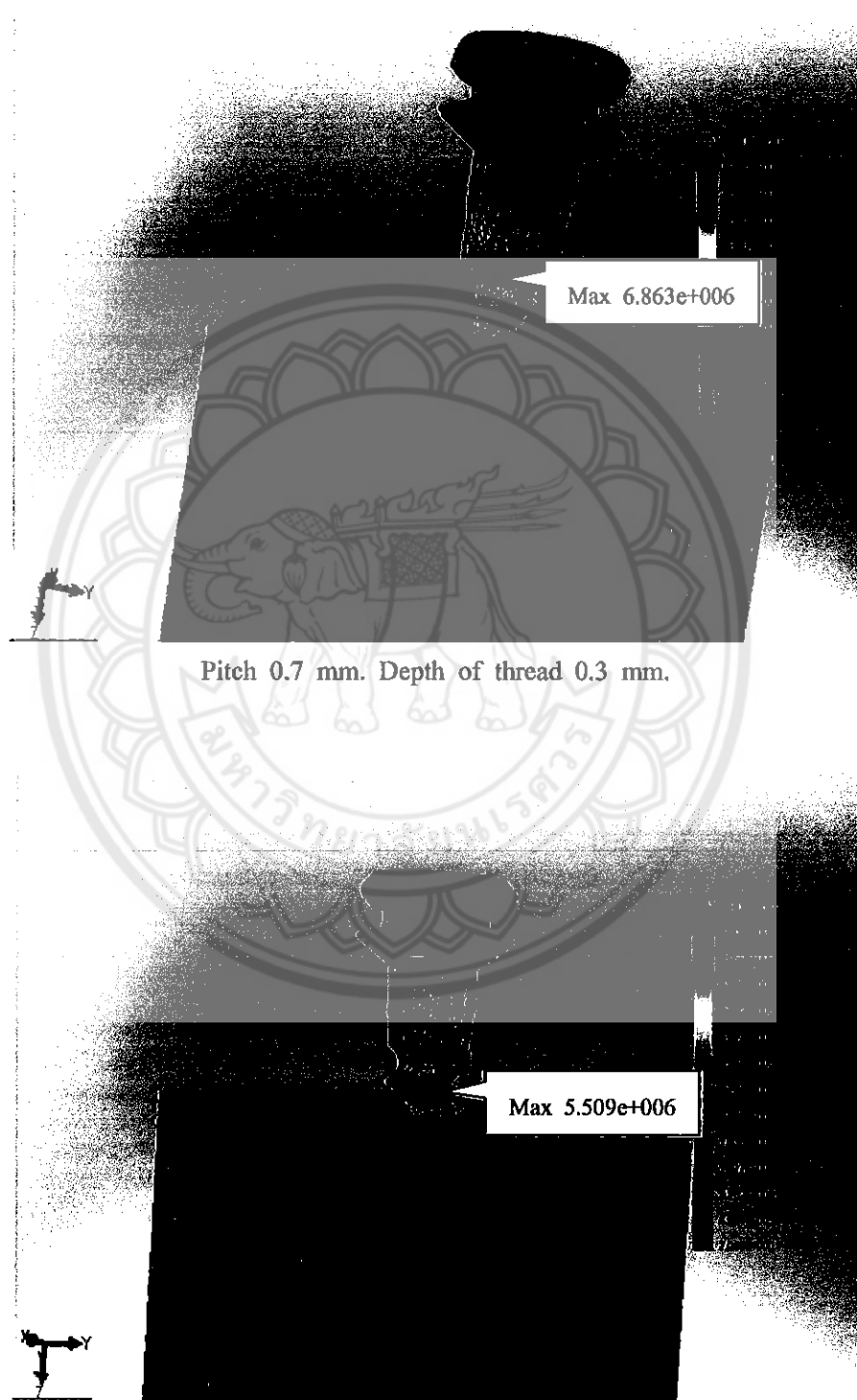
Max 5.084e+006

Pitch 0.8 mm. Depth of thread 0.25 mm.

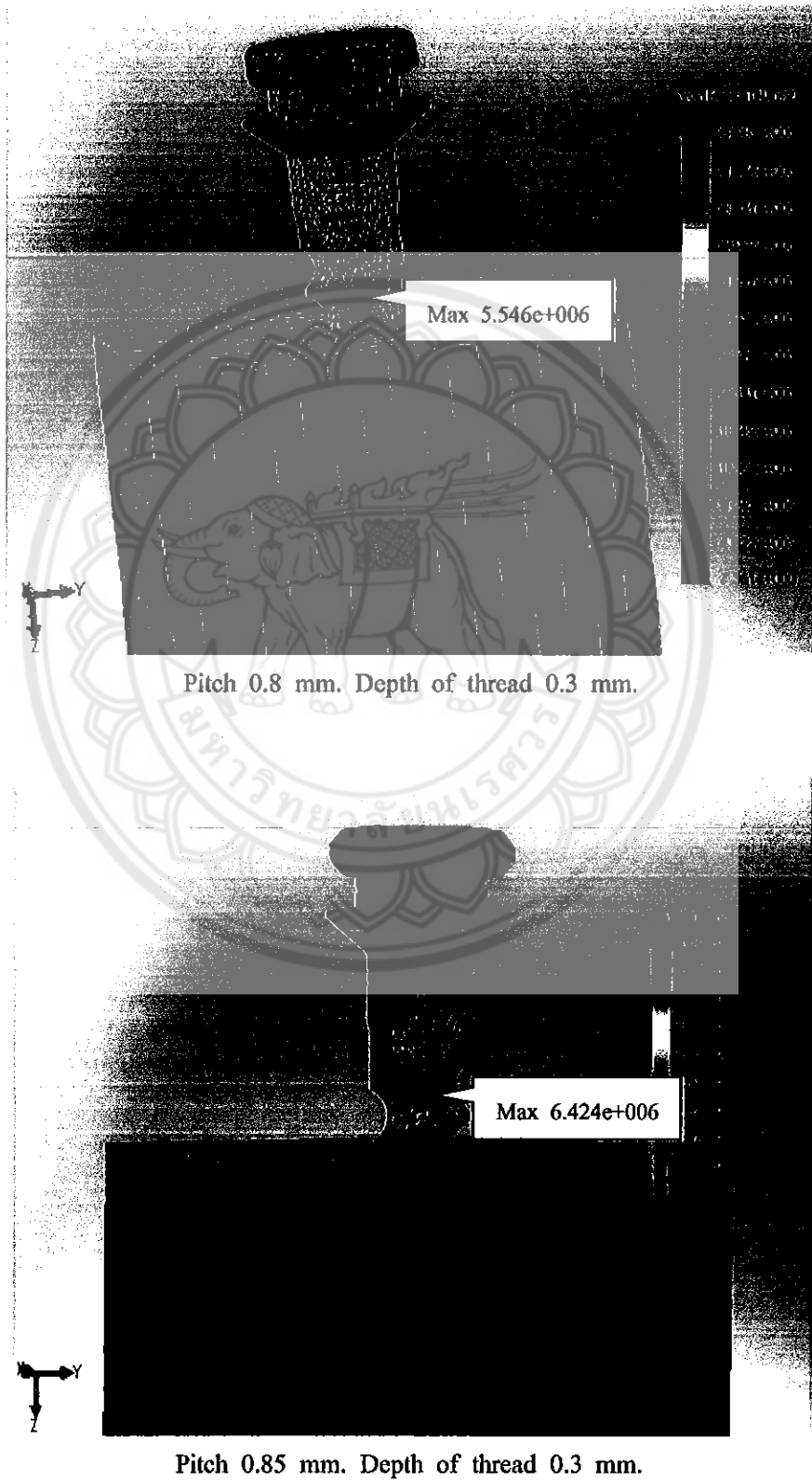
Max 5.129e+006

Pitch 0.85 mm. Depth of thread 0.25 mm.

**Von Misses Stress ที่ Depth of Thread 0.3 mm.**

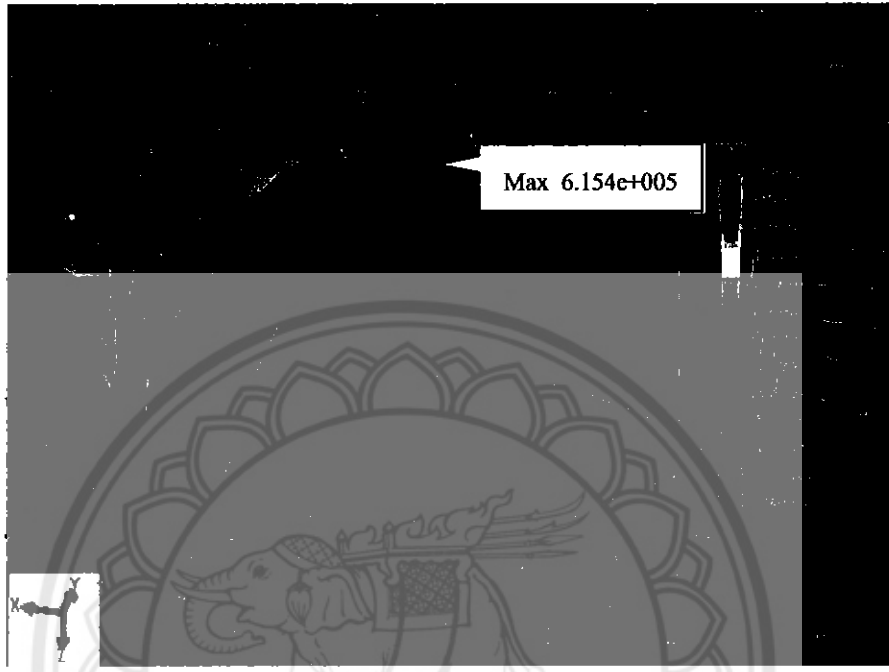


Pitch 0.75 mm. Depth of thread 0.3 mm.

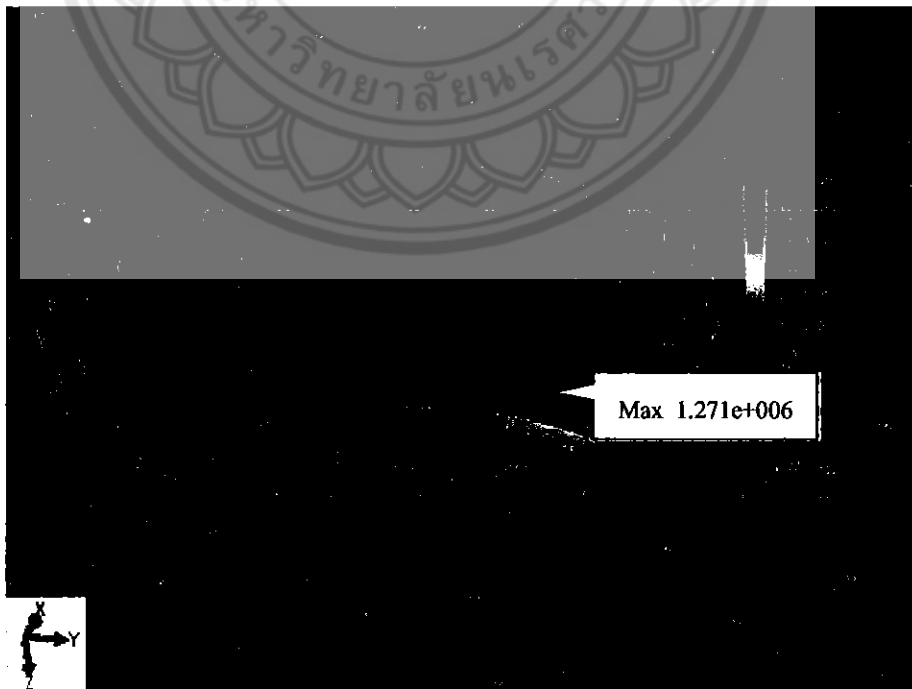




### Principal Stress ที่ Depth of Thread 0.1 mm.



Pitch 0.7 mm. Depth of thread 0.1 mm.



Pitch 0.75 mm. Depth of thread 0.1 mm.



Pitch 0.8 mm. Depth of thread 0.1 mm.

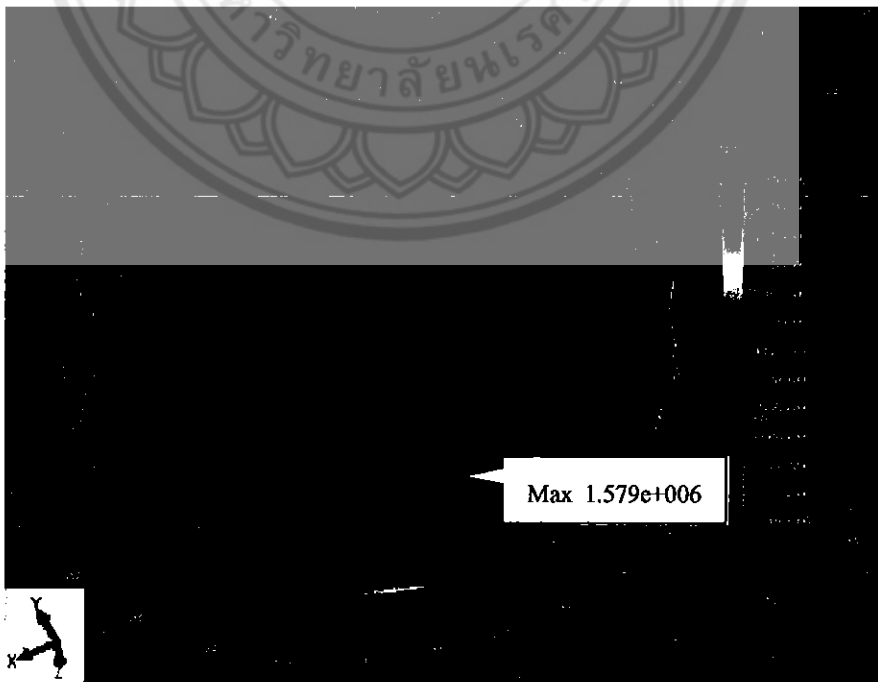


Pitch 0.85 mm. Depth of thread 0.1 mm.

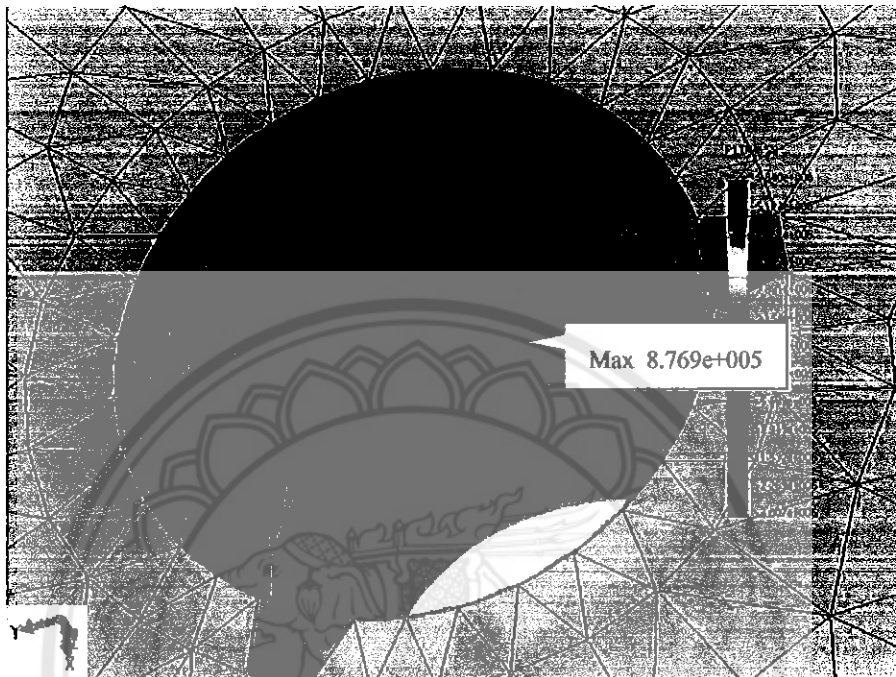
### Principal Stress ที่ Depth of Thread 0.15 mm.



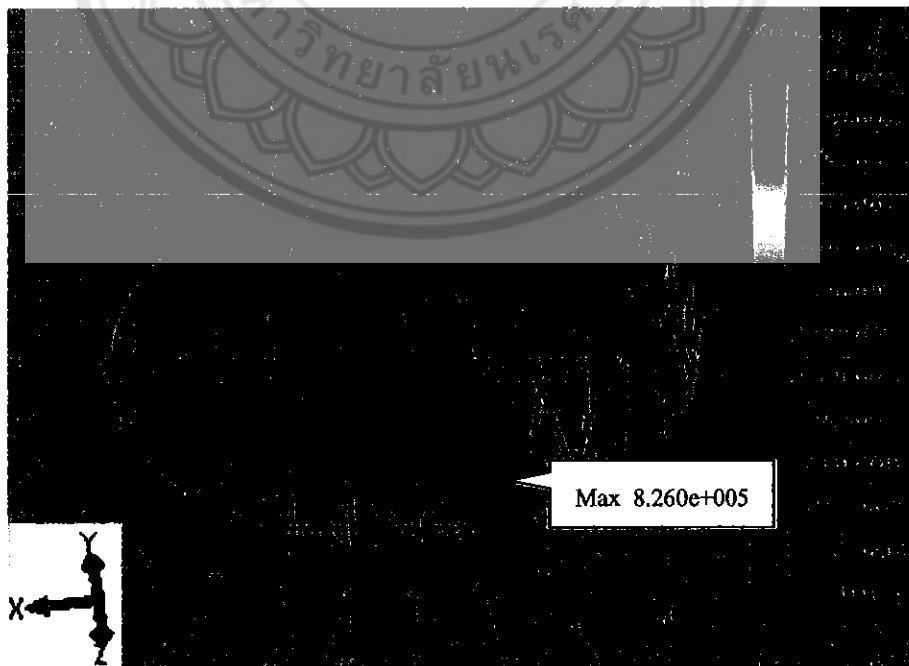
Pitch 0.7 mm. Depth of thread 0.15 mm.



Pitch 0.75 mm. Depth of thread 0.15 mm.



Pitch 0.8 mm. Depth of thread 0.15 mm.



Pitch 0.85 mm. Depth of thread 0.15 mm.

### Principal Stress ที่ Depth of Thread 0.2 mm.



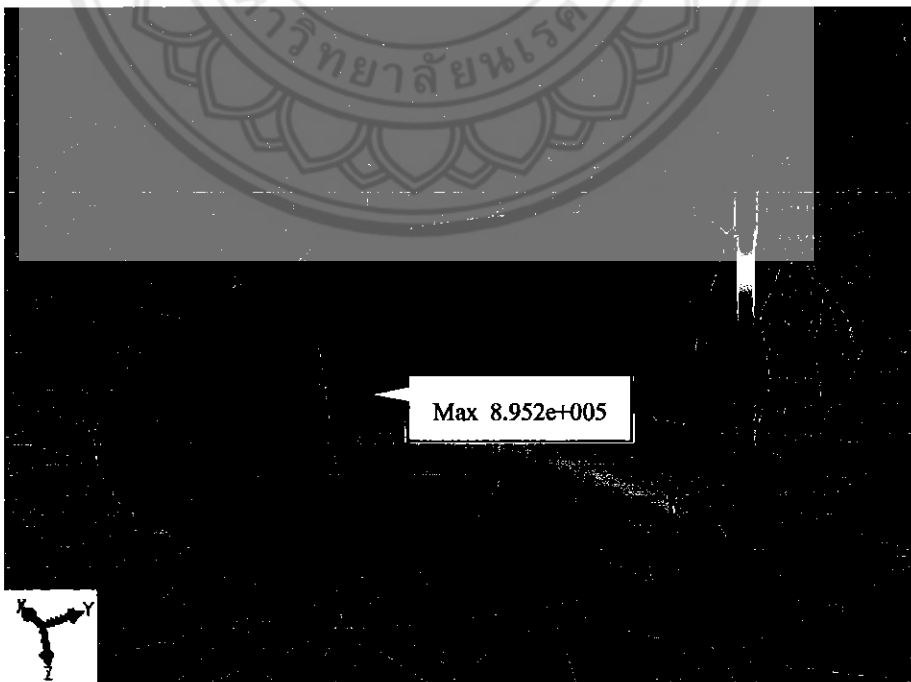
Pitch 0.7 mm. Depth of thread 0.2 mm.



Pitch 0.75 mm. Depth of thread 0.2 mm.



Pitch 0.8 mm. Depth of thread 0.2 mm.



Pitch 0.85 mm. Depth of thread 0.2 mm.

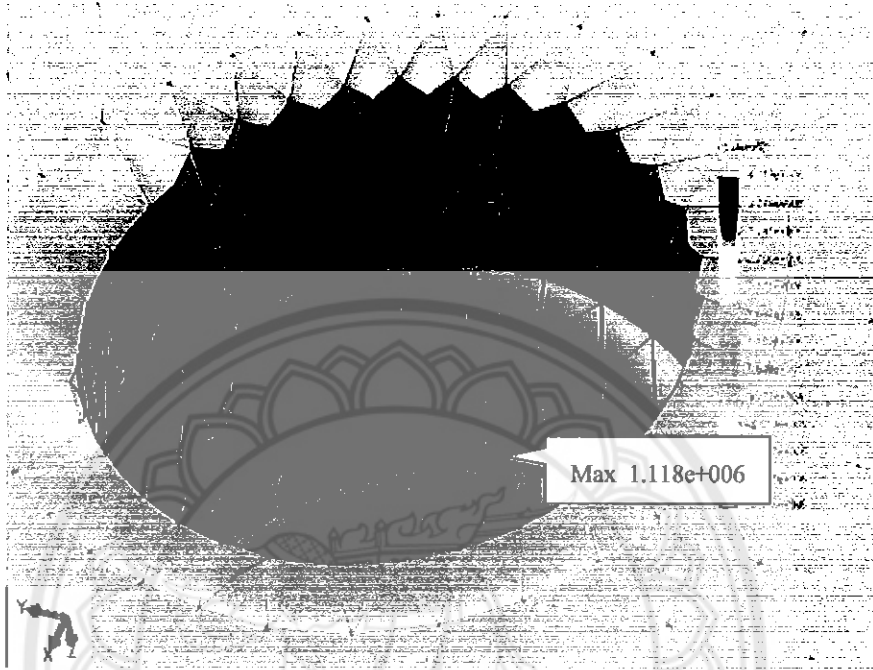
### Principal Stress ที่ Depth of Thread 0.25 mm.



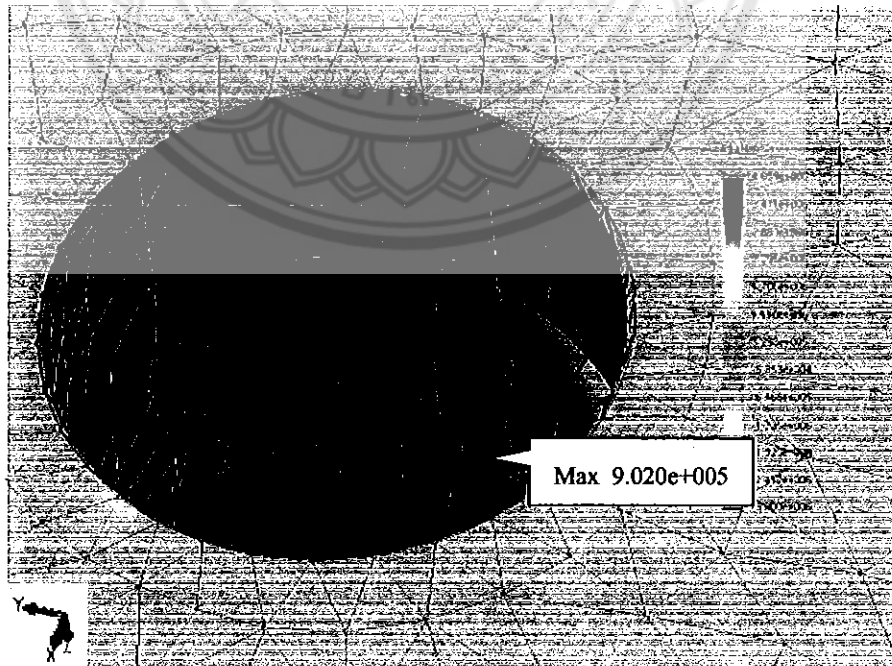
Pitch 0.7 mm. Depth of thread 0.25 mm.



Pitch 0.75 mm. Depth of thread 0.25 mm.



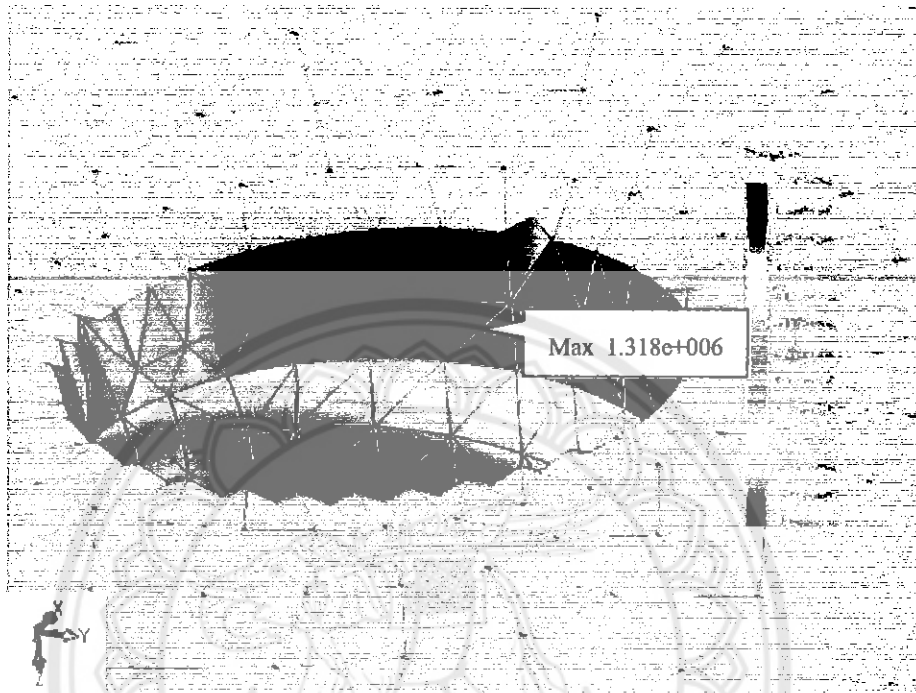
Pitch 0.8 mm. Depth of thread 0.25 mm.



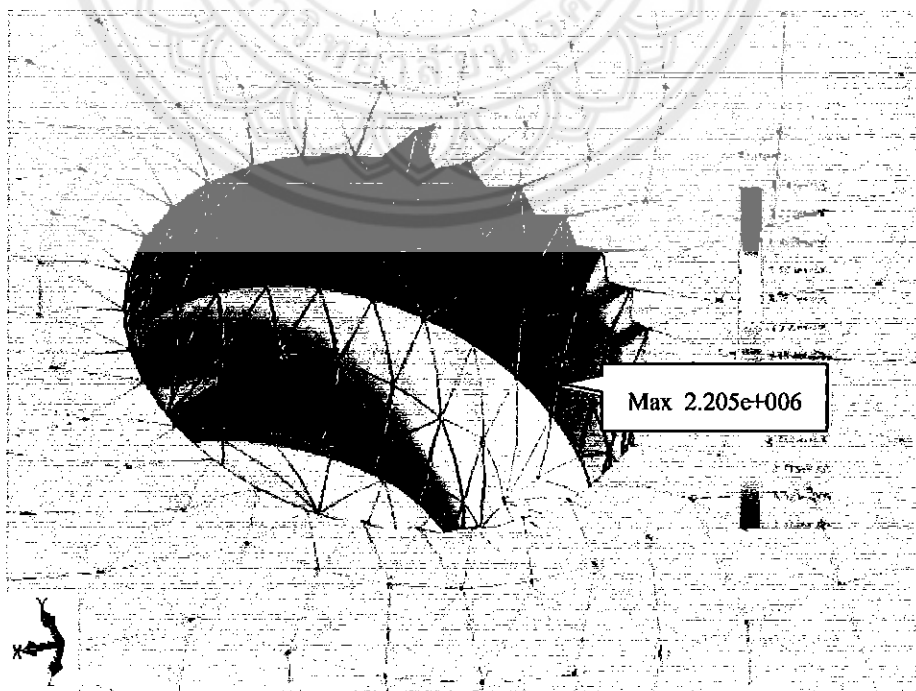
Pitch 0.85 mm. Depth of thread 0.25 mm.



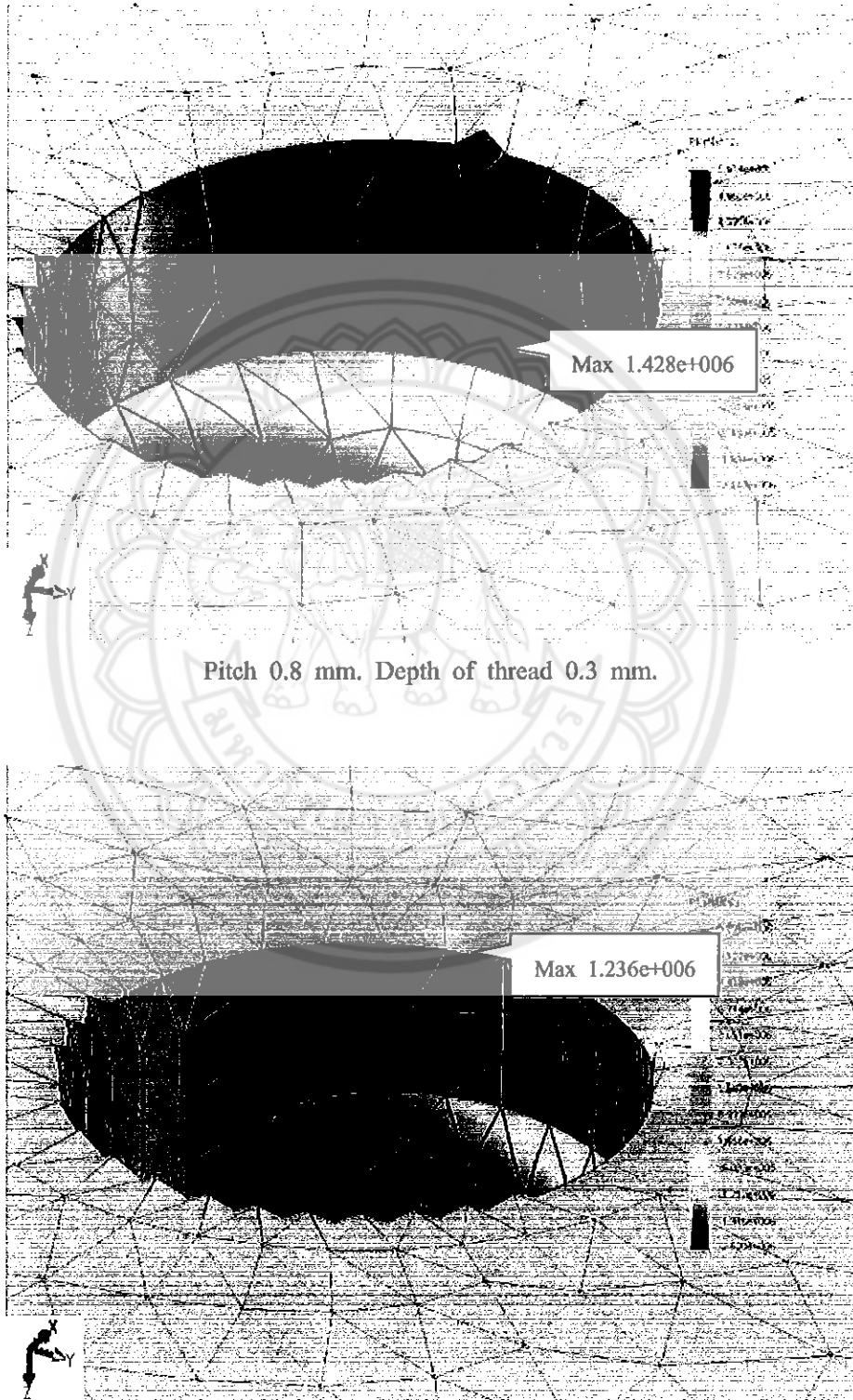
### Principal Stress $\sigma_1$ Depth of Thread 0.3 mm.



Pitch 0.7 mm. Depth of thread 0.3 mm.



Pitch 0.75 mm. Depth of thread 0.3 mm.

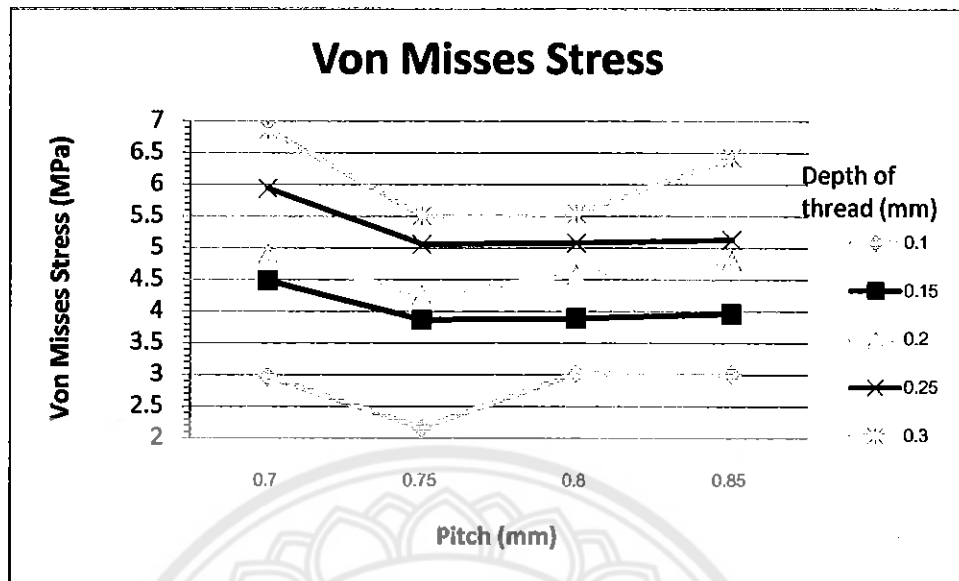




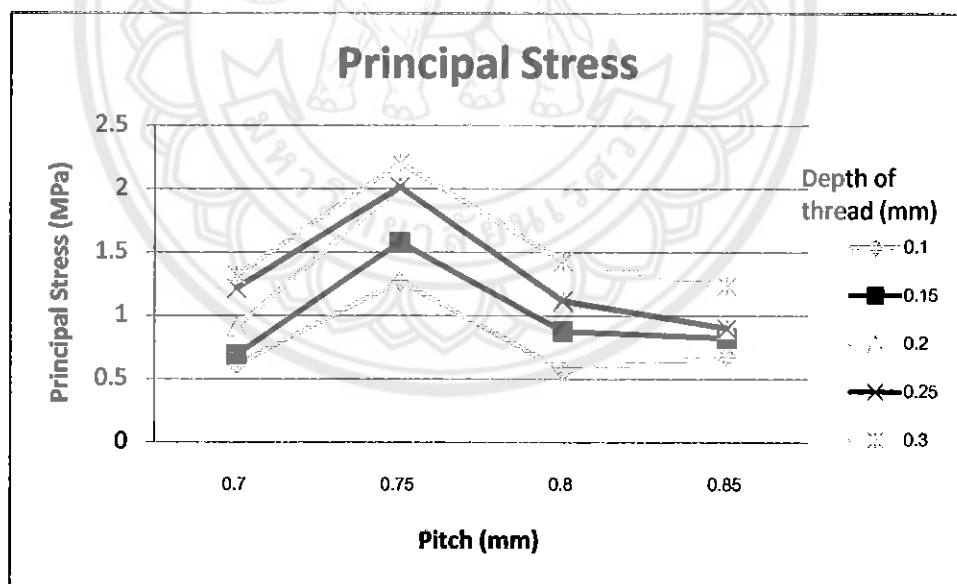
ภาคผนวก ข

กราฟที่ได้จากการคำนวณด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

มหาวิทยาลัยนเรศวร



กราฟแสดงความเค้น Von Misses สูงสุดที่เกิดขึ้นในสกรูอิมแพลนท์ขนาดเล็ก



กราฟแสดงความเค้นหลัก (Principal Stress) สูงสุดที่เกิดขึ้นในชั้นกระดูกทึบ

## ประวัติผู้จัดทำโครงการ

ผู้ดำเนินโครงการ : นายชนากร โถทอง  
 เกิดวันที่ : 6 พฤษภาคม พ.ศ. 2531  
 สถานที่เกิด : โรงพยาบาลศรีสะเกษ  
 ประวัติการศึกษา : จบการศึกษาระดับชั้นประถมศึกษาจาก โรงเรียนบ้านคำสะอาด  
 จบการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาจาก โรงเรียนพระสุทธรมยานเถระ  
 วิทยา

ผู้ดำเนินโครงการ : นายทวีวัฒน์ อัสวาธุติ  
 เกิดวันที่ : 15 มกราคม พ.ศ. 2529  
 สถานที่เกิด : โรงพยาบาลโสทร  
 ประวัติการศึกษา : จบการศึกษาระดับชั้นประถมศึกษาจาก โรงเรียนอนุบาลโสทร  
 จบการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นจาก โรงเรียนยโสธรพิทยาคม  
 จบการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายจาก โรงเรียนสาธิต  
 มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ผู้ดำเนินโครงการ : นายพนพล อินทรจิตต์  
 เกิดวันที่ : 12 กันยายน พ.ศ. 2528  
 สถานที่เกิด : โรงพยาบาลหัวเฉียว  
 ประวัติการศึกษา : จบการศึกษาระดับชั้นประถมศึกษาจาก โรงเรียนจินดาพงศ์  
 จบการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นจาก โรงเรียนปทุมคงคา  
 จบการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายจาก โรงเรียนปทุมคงคา