

การศึกษา เปรียบ เทียบลักษณะของแรงที่ลดลงในพลาสติกโมดูล

นางรัชณี ประดิษฐ์ดำรงค์



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาทันตกรรมจัดฟัน

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2531

ISBN 974-569-377-4

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

014212

๑๑๑๑๑๑๑๑

A COMPARATIVE STUDY OF FORCE DEGRADATION CHARACTERISTICS
IN PLASTIC MODULES

Mrs. Ratchanee Praditthamrong

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science

Department of Orthodontics

Graduate School

Chulalongkorn University

1988

ISBN 974-569-377-4

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การศึกษาเปรียบเทียบลักษณะของแรงที่ลดลงในพลาสติกโมดูล

โดย

นางรัชณี ประดิษฐ์อำรงค์

ภาควิชา

ทันตกรรมจัดฟัน


อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ กนก สรเทศน์

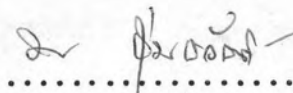
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

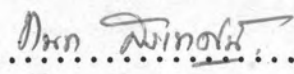
ศาสตราจารย์ แสวง โพธิ์เงิน

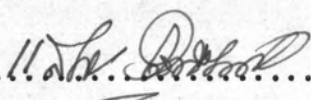
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต

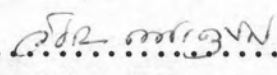

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร.ถาวร วิชัยรักษ์)

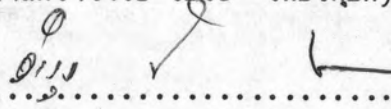
คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พรรณี สุ่มสวัสดิ์)


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ กนก สรเทศน์)


..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ศาสตราจารย์ แสวง โพธิ์เงิน)


..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วิชระ เพชรคุปต์)


..... กรรมการ
(ดร.อำรุง จันทวานิช)



รชชชี่ ประดิษฐธำรงค์ : การศึกษาเปรียบเทียบลักษณะของแรงที่ลดลงในพลาสติกโมดูล
(A COMPARATIVE STUDY OF FORCE DEGRADATION CHARACTERISTICS IN PLASTIC
MODULES) อ.ที่ปรึกษา : อ.กนก สรเทศน์, อ.ที่ปรึกษาร่วม : ศ.แสง โพธิ์เงิน,
155 หน้า

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาและเปรียบเทียบลักษณะของแรงที่ลดลงตามระยะเวลาของ
พลาสติกโมดูล 4 บริษัท รวมทั้งศึกษาและเปรียบเทียบลักษณะของแรงที่ลดลงตามระยะเวลาของพลาสติก
โมดูลที่ถูกพริส เตรีชกับพลาสติกโมดูลที่ไม่ถูกพริส เตรีชก่อนนำไปใช้

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. Ormco Power Chain II, Energy Chain, Elast-O Chain และ Alastik C Spool Chain มีลักษณะของแรงที่ลดลงตามระยะเวลาคล้ายคลึงกัน คือมีการลดลงของแรงอย่าง
รวดเร็วภายใน 24 ชั่วโมง โดยอัตราการลดลงของแรงเกิดขึ้นสูงสุดใน 10 นาทีแรก หลังจาก
24 ชั่วโมงผ่านไป แรงจะลดลงอย่างช้า ๆ จนครบ 3 สัปดาห์
2. Elast-O Chain มีแรงเหลืออยู่คิดเป็นร้อยละของแรงเริ่มต้นสูงสุด ทุกช่วงเวลา
Energy Chain มีแรงเหลืออยู่สูงเป็นอันดับที่สอง ส่วน Alastik C Spool Chain และ Ormco
Power Chain II มีค่าใกล้เคียงกัน
3. Alastik C Spool Chain ที่ถูกพริส เตรีชและไม่ถูกพริส เตรีช มีลักษณะของแรงที่ลดลง
ตามระยะเวลาคล้ายคลึงกัน
4. Alastik C Spool Chain ที่ถูกพริส เตรีช มีแรงเหลืออยู่คิดเป็นร้อยละของแรงเริ่มต้น
สูงกว่า Alastik C Spool Chain ที่ไม่ถูกพริส เตรีชทุกช่วงเวลา

ภาควิชา ทัศนกรรมจัดฟัน
สาขาวิชา ทัศนกรรมจัดฟัน
ปีการศึกษา 2531

ลายมือชื่อนิสิต วิชา ทัศนกรรมจัดฟัน
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ทัศนกรรมจัดฟัน

RATCHANEE PRADITTHAMRONG : A COMPARATIVE STUDY OF FORCE DEGRADATION CHARACTERISTICS IN PLASTIC MODULES. THESIS ADVISOR : KANOK SORATHESN, THESIS CO-ADVISOR : PROF. SWANG BHODIGEN , Ed.D., 155 PP.

The objectives of the research were to study and compare force degradation characteristics of plastic modules from 4 companies and to study and compare the same characteristics between prestretched and unprestretched plastic modules.

The research results were as follow :

1. Ormco Power Chains II, Energy Chain, Elast-0 Chain and Alastik C Spool Chain, all had the same force degradation characteristics. Their forces decreased rapidly within 24 hours with the greatest force degradation per unit of time occurred during the first 10 minutes. After 24 hours, force decreased gradually until 3 weeks.
2. Elast-0 Chain had the highest mean percentage of initial force left every time intervals, the second was Energy Chain and then, Alastik C Spool Chain and Ormco Power Chain II which had nearly the same force level.
3. Prestretched and unprestretched Alastik C Spool Chain, both also had the same force degradation characteristics.
4. Prestretched Alastik C Spool Chain had a higher mean percentage of initial force left than the unprestretched every time intervals.

ภาควิชา ภาควิชาทันตกรรมจัดฟัน
สาขาวิชา ภาควิชาทันตกรรมจัดฟัน
ปีการศึกษา 2531

ลายมือชื่อนิสิต วิชา ปรตตง กอต
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ภาควิชาทันตกรรมจัดฟัน

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความช่วยเหลือทางวิชาการ และวรรณคดีที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งคำแนะนำต่าง ๆ ที่มีประโยชน์จาก อาจารย์ ทันตแพทย์ กนก สรเทศน์, ศาสตราจารย์ แสง โปธิ์เงิน, ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ วัชระ เพชรคุปต์, ดร.อำรุง จันทวานิช และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เข็มชัย เหมะจันทร์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

ในด้านเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ คุณหญิง กมลทิพย์ หุตะสิงห์ ที่ได้กรุณาเอื้อเฟื้อเครื่องวัดแรง คอเรกซ์ เกจ ให้ใช้ ตลอดจนการทดลอง ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์ วัชรินทร์ มรรคดวงแก้ว ที่ได้กรุณาให้ใช้เครื่องชั่งน้ำหนักไฟฟ้า ในด้านการเตรียมน้ำลายสังเคราะห์ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทันตแพทย์หญิง ลมุลยง โปวาทอง และ คุณมารศรี คัดทิลิก แห่ง ภาควิชาเคมี คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ขอขอบคุณ ทันตแพทย์หญิง ไศภิษฐ์สุดา สัตตะบุษย์ และ ทันตแพทย์หญิง กัลยา เลาทพันธ์ ที่ได้กรุณาช่วยจัดบันทึกข้อมูล ขณะทำการทดลอง ขอขอบคุณ ทันตแพทย์ พงษ์ศักดิ์ เกิดวงศ์บัณฑิต แห่งศูนย์ทันตกรรมจัดฟัน และบริษัท Rocky Mountain Orthodontics ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์พลาสติกโมดูล ชนิด Energy Chain ที่ใช้ในการวิจัย ขอขอบคุณ คุณกอบกุล ขำแจ้ง ที่ให้ความช่วยเหลือด้านการพิมพ์วิทยานิพนธ์ และ คุณจันทรา อยู่สุข ที่ได้กรุณาถ่ายเอกสาร จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จ ลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ซึ่งให้การสนับสนุนด้านการเงินอุดหนุนการวิจัย และสถาบันบริการคอมพิวเตอร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ต่อความช่วยเหลือในด้านคอมพิวเตอร์

กราบขอบพระคุณคณะกรรมการทุกท่าน ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำและแก้ไขวิทยานิพนธ์ สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณ ทันตแพทย์ อรรถ ประดิษฐอรังค์ ซึ่งสนับสนุนด้านการเงิน และให้กำลังใจแก่ผู้วิจัย เสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

รัชณี ประดิษฐอรังค์

สารบัญ

| | หน้า |
|---|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย | ง |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ | จ |
| กิตติกรรมประกาศ | ฉ |
| สารบัญตาราง | ฅ |
| สารบัญภาพ | ฉ |
| บทที่ | |
| 1 บทนำ | 1 |
| ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา | 1 |
| วัตถุประสงค์ของการวิจัย | 5 |
| ประโยชน์ของการวิจัย | 5 |
| สมมุติฐานของการวิจัย | 6 |
| ขอบเขตของการวิจัย | 6 |
| ข้อตกลงเบื้องต้น | 7 |
| ความไม่สมบูรณ์ของการวิจัย | 8 |
| คำจำกัดความ | 8 |
| 2 วรรณคดีที่เกี่ยวข้อง | 10 |
| วัสดุที่ใช้ในการผลิตพลาสติกโมดูล | 10 |
| กรรมวิธีการผลิต | 31 |
| พฤติกรรมของพลาสติกโมดูล | 32 |
| การตอบสนองของฟันและอวัยวะปริทันต์ต่อแรงกระทำทางทันตกรรม จัดฟัน | 43 |
| การศึกษาเกี่ยวกับการลดลงของแรงในพลาสติกโมดูล | 49 |

| | | |
|---|-----------------------------------|-----|
| 3 | ระเบียบวิธีวิจัย | 79 |
| | ประชากร | 79 |
| | กลุ่มตัวอย่าง | 79 |
| | เครื่องมือที่ใช้ | 81 |
| | การรวบรวมข้อมูล | 84 |
| | ตัวแปรของการวิจัย | 86 |
| 4 | ผลการวิเคราะห์ข้อมูล | 89 |
| 5 | สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ | 126 |
| | เอกสารอ้างอิง | 134 |
| | ภาคผนวก ก | 139 |
| | ภาคผนวก ข | 140 |
| | ประวัติผู้เขียน | 155 |

สารบัญตาราง

| ตารางที่ | | หน้า |
|----------|--|------|
| 1 | แสดงค่าเฉลี่ยของแรงเป็นกรัม, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และร้อยละของแรงเริ่มต้นของ CK และ Kl Alastik ในสภาพแวดล้อมต่างกัน 3 แบบ ในการทดลองของ Ash และ Nikolai | 64 |
| 2 | แสดงผลการทดลองของพลาสติกโมดูลของบริษัท Unitek ในการทดลองของ Brantley และคณะ | 66 |
| 3 | แสดงผลการทดลองของพลาสติกโมดูลของบริษัท Ormco ในการทดลองของ Brantley และคณะ | 67 |
| 4 | แสดงค่าร้อยละเฉลี่ยของแรงที่เหลืออยู่ ของพลาสติกโมดูลยาวและสั้น ซึ่งคิดรวมกัน ที่ถูกดึงเป็นระยะทางคงที่ และเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ในการทดลองของ Genova และคณะ | 72 |
| 5 | แสดงค่าเฉลี่ยของแรง เริ่มต้นและแรงสุดท้ายของพลาสติกโมดูลยาว และพลาสติกโมดูลสั้น ที่ถูกดึงไว้เป็นระยะทางคงที่ และเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ มีหน่วยเป็นกรัม ในการทดลองของ Genova และคณะ | 74 |
| 6 | แสดงค่าร้อยละเฉลี่ยของแรงที่เหลืออยู่ ของพลาสติกโมดูลยาวและพลาสติกโมดูลสั้น ที่ถูกดึงเป็นระยะทางคงที่ และเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ในการทดลองของ Genova และคณะ | 74 |
| 7 | แสดงค่าเฉลี่ยของแรง ของพลาสติกโมดูลยาวและพลาสติกโมดูลสั้น เมื่อลดระยะทางที่ใช้ยึดโมดูล เพื่อเลียนแบบการเคลื่อนพัน และเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ มีหน่วยเป็นกรัม ในการทดลองของ Genova และคณะ | 76 |
| 8 | แสดงการเปรียบเทียบแรงเฉลี่ยมีหน่วยเป็นกรัม และค่าร้อยละเฉลี่ยของแรงเริ่มต้น ในแต่ละช่วงเวลา ระหว่าง Energy Chain และ Plastic Chain ในการทดลองของ Killiany และ Duplessis | 77 |

ตารางที่

หน้า

| | | |
|----|--|-----|
| 9 | แสดงค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (S.E.) และสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (C.V.) ของแรงดึงที่วัดได้จาก Ormco Power Chain II ในแต่ละช่วงเวลา มีหน่วยเป็นกรัม | 107 |
| 10 | แสดงค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (S.E.) และสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (C.V.) ของแรงดึงที่วัดได้จาก Energy Chain ในแต่ละช่วงเวลา มีหน่วยเป็นกรัม | 108 |
| 11 | แสดงค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (S.E.) และสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (C.V.) ของแรงดึงที่วัดได้จาก Elast-0 Chain ในแต่ละช่วงเวลา มีหน่วยเป็นกรัม | 109 |
| 12 | แสดงค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (S.E.) และสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (C.V.) ของแรงดึงที่วัดได้จาก Alastik C Spool Chain ในแต่ละช่วงเวลา มีหน่วยเป็นกรัม | 110 |
| 13 | แสดงค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (S.E.) และสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (C.V.) ของแรงดึงที่วัดได้จาก Prestretched Alastik C Spool Chain ในแต่ละช่วงเวลา มีหน่วยเป็นกรัม | 111 |
| 14 | แสดงค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (S.E.) และสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (C.V.) ของแรงดึงที่วัดได้จาก Ormco Power Chain II ในแต่ละช่วงเวลา เมื่อคิดเป็นร้อยละของแรงเริ่มต้น มีหน่วยเป็นร้อยละ | 112 |

ตารางที่

หน้า

| | | |
|----|--|-----|
| 15 | แสดงค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (S.E.) และสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (C.V.) ของแรงดึงที่วัดได้จาก Energy Chain ในแต่ละช่วงเวลา เมื่อคิดเป็นร้อยละของแรงเริ่มต้น มีหน่วยเป็นร้อยละ . | 113 |
| 16 | แสดงค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (S.E.) และสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (C.V.) ของแรงดึงที่วัดได้จาก Elast-O Chain ในแต่ละช่วงเวลา เมื่อคิดเป็นร้อยละของแรงเริ่มต้น มีหน่วยเป็นร้อยละ . | 114 |
| 17 | แสดงค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (S.E.) และสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (C.V.) ของแรงดึงที่วัดได้จาก Alastik C Spool Chain ในแต่ละช่วงเวลา เมื่อคิดเป็นร้อยละของแรงเริ่มต้น มีหน่วยเป็นร้อยละ | 115 |
| 18 | แสดงค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (S.E.) และสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (C.V.) ของแรงดึงที่วัดได้จาก Prestretched Alastik C Spool Chain ในแต่ละช่วงเวลา เมื่อคิดเป็นร้อยละของแรงเริ่มต้น มีหน่วยเป็นร้อยละ | 116 |
| 19 | เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) ของแรงดึงที่วัดได้จากพลาสติกโมดูล 4 บริษัท คือ Ormco Power Chain II, Energy Chain, Elast-O Chain และ Alastik C Spool Chain ในแต่ละช่วงเวลา เมื่อคิดเป็นร้อยละของแรงเริ่มต้น มีหน่วยเป็นร้อยละ .. | 117 |
| 20 | เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Mean) ของแรงดึงที่วัดได้จาก Alastik C Spool Chain ที่ไม่ได้ Prestretch และที่ได้ทำการ Prestretch ก่อนใช้งาน ในแต่ละช่วงเวลา เมื่อคิดเป็นร้อยละของแรงเริ่มต้น มีหน่วยเป็นร้อยละ | 118 |

สารบัญภาพ

| รูปที่ | | หน้า |
|--------|---|------|
| 1 | แสดงโครงสร้างของพอลิเมอร์ ก. เส้น ข. กิ่ง ค. เชื่อมขวาง | 12 |
| 2 | พันธะเชิงไอออน แสดงการย้ายอิเล็กตรอนระหว่างโซ่เดียวกับคลอรีน ได้ สารประกอบโซ่เดียวกับคลอไรด์ | 15 |
| 3 | แสดงพันธะโคเวเลนต์ของไฮโดรเจน | 15 |
| 4 | แสดงกลุ่มอิเล็กตรอนลบกับแกนไอออนบวกของทองแดง | 16 |
| 5 | แสดงการหนาแน่นของอิเล็กตรอนในอะตอม | 17 |
| 6 | แสดงโมเลกุลลาโปลาไรเซชันของไฮโดรเจนฟลูออไรด์ | 18 |
| 7 | แสดงไฮโดรเจนบริดจ์ของน้ำ 2 โมเลกุล | 18 |
| 8 | แสดงการเชื่อมขวางของพอลิเมอร์เซน | 27 |
| 9 | โครงสร้างของพอลิยูรีเทน | 28 |
| 10 | เมื่อยืดพอลิเมอร์ ส่วน Soft Segments จะได้รับความเค้นและคลาย ความม้วนงอ ส่วน Hard Segment จะเรียงตัวอย่างเป็นระเบียบไปตาม ทิศทางของแนวแรง ก. ก่อนยืด ข. หลังยืด | 29 |
| 11 | แสดงการยึดโมดูลเพื่อใช้งาน (ซ้าย) และไดอะแกรมแสดงความสัมพันธ์ ระหว่างแรงต่อการผิดรูป (ขวา) | 33 |
| 12 | แสดงการกระตุ้น (Activation) พลาสติกโมดูล | 34 |
| 13 | ความสัมพันธ์ระหว่างแรงต่อการผิดรูปของพลาสติกโมดูล | 35 |
| 14 | ความเค้นที่เกิดขึ้นภายในพลาสติกโมดูล เมื่อวัสดุถูกยืด | 36 |
| 15 | ไดอะแกรมแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นต่อความเครียดของ พอลิเมอร์ | 38 |
| 16 | ความสัมพันธ์ระหว่างความเครียดต่อเวลา แสดงให้เห็นการเกิด Creep แบ่งเป็น 3 ระยะ | 39 |
| 17 | แสดง Relaxation ของพอลิเมอร์บางชนิด | 40 |
| 18 | ไดอะแกรมแสดงลักษณะของแรงดึงที่ได้จากพลาสติกโมดูล แบ่งได้เป็น 4 ระยะ | 41 |

| รูปที่ | | หน้า |
|--------|--|------|
| 19 | แสดงรากฟันและกระดูกเขี้ยว 43 | 43 |
| 20 | แสดงเอ็นยึดปริทันต์ ซึ่งแบ่งได้เป็นหลายกลุ่ม 44 | 44 |
| 21 | แสดงการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของกระดูกเขี้ยว โดยมีการละลาย (-) และการสร้างกระดูก (+) เมื่อมีแรงกระทำทางทันตกรรมจัดฟันต่อตัวฟัน . 45 | 45 |
| 22 | แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางที่ฟันเคลื่อนที่กับเวลาที่ผ่านไป ตลอด ช่วงเวลา 3 สัปดาห์ โดยแรง 2 ขนาด เส้นทึบแสดงขนาดแรง 60 กรัม เส้นประแสดงขนาดแรง 150 กรัม 48 | 48 |
| 23 | แสดงโครงเหล็กกล้าไร้สนิม และเครื่องมือวัดแรงที่ใช้ในการวิจัย 53 | 53 |
| 24 | กราฟแสดงผลของเวลาต่อการลดลงของแรงของพลาสติกโมดูล โดยไม่มี การเคลื่อนฟัน แสดงผลเป็นร้อยละของแรง เริ่มต้น 55 | 55 |
| 25 | แสดงผลของการเลียนแบบการเคลื่อนฟันเข้าหากันด้วยอัตราเร็วต่าง ๆ กัน ลูกศรชี้ แสดงถึง เมื่อเวลาผ่านไป 1 เดือน การเคลื่อนฟันเข้าหากันด้วย อัตรา 0.5 มิลลิเมตร ต่อสัปดาห์ จะมีแรงหลงเหลืออยู่ร้อยละ 25 ของ แรงเริ่มต้น 55 | 55 |
| 26 | แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงต่อความยาวที่ยึดออกของ K2 Alastik ซึ่งถูกยึดออกด้วยอัตราเร็วต่างกัน 3 อัตรา จนกระทั่งขาด 59 | 59 |
| 27 | แสดงการลดลงของแรงตามระยะเวลาของ K2 Alastiks ซึ่งถูกยึดให้มีความยาว 1 นิ้ว ด้วยอัตราเร็ว 2 อัตรา 60 | 60 |
| 28 | แสดงการใส่โมดูลจากฟัน เขี้ยวล่างไปยังฟันกรามล่างซี่ที่สอง 62 | 62 |
| 29 | แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับเวลาของ CK Alastiks ซึ่งถูกยึดให้ มีระยะทางคงที่ 28 มิลลิเมตร ในสภาพแวดล้อม 3 แบบ 63 | 63 |
| 30 | แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับเวลาของ K-1 Alastiks ซึ่งถูกยึดให้ มีระยะทางคงที่ 28 มิลลิเมตร ในสภาพแวดล้อม 3 แบบ 63 | 63 |
| 31 | CK และ C2 Gray Chain 68 | 68 |
| 32 | เครื่องมือที่ใช้พรีส เคร็ช โมดูล 68 | 68 |

รูปที่

หน้า

| | | |
|----|---|----|
| 33 | แสดงเครื่องมือที่ใช้ยึดโมดูล ประกอบด้วยแท่ง Polyester ที่มีหมุดเหล็ก ปักอยู่ 15 คู่ คนละข้างของสกรู ซึ่งใช้หมุนเข้าหากัน เพื่อเลียนแบบการ เคลื่อนพัน โมดูลจะถูกยึด โดยสวมลงบนหมุดเหล่านี้ได้พร้อมกันทีละ 15 เส้น | 71 |
| 34 | กราฟแสดงอัตราการย่อยละเอียดของแรงที่เหลืออยู่ของโมดูลยาวและสั้น ของทั้ง 3 บริษัท ซึ่งคิดรวมกัน ที่ถูกดึงเป็นระยะทางคงที่ และมีการ เปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ | 73 |
| 35 | เป็นกราฟแสดงอัตราการย่อยละเอียดของแรงที่เหลืออยู่ของโมดูลทั้ง 3 บริษัท เปรียบเทียบระหว่างการยึดโมดูลเป็นระยะทางคงที่ และการลดระยะทาง ที่ยึดโมดูลลง พบว่าการลดระยะทาง จะทำให้โมดูลทั้ง 3 บริษัท มีอัตรา ย่อยละเอียดของแรงที่เหลืออยู่ลดลงจากการยึดโมดูลเป็นระยะทางคงที่ อย่างมีนัยสำคัญตั้งแต่วันที่ 14 ถึง 21 | 75 |
| 36 | แสดงการลดลงของแรงของ Energy Chain และ Plastic Chain ในช่วงเวลา 8 สัปดาห์ | 77 |
| 37 | พลาสติกโมดูลที่ใช้ในการวิจัยจำนวน 4 บริษัท | 80 |
| 38 | เครื่องมือเลียนแบบการเคลื่อนพัน | 81 |
| 39 | คอเร็กซ์ เกจ | 82 |
| 40 | ด็อบฆ่าเชื้อ Memmert รุ่น UL 30 | 83 |
| 41 | การวัดแรงของพลาสติกโมดูลขณะถูกยึดบนเครื่องมือ | 85 |
| 42 | วิธีการพริส เตรีซ | 86 |