

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การใช้ประโยชน์จากเส้นใยสลาบลทวง
เป็นสารตัวเติมในพอลิพรอพิลีน



นาย ณะภัทรพงษ์ สุวรรณชัย
นางสาว ณิชพร เค่นนินนาท

ร/ท.
น 259 ก

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

เลขหมึ 2538

ภาควิชาเคมี

เลขทะเบียน 26215

คณะวิทยาศาสตร์

วัน, เดือน, ปี 16 ต.ค. 2539

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2538

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**UTILIZATION OF CELLULOSE FIBER OF TYPHA ANGUSTIFOLIA
AS FILLER FOR POLYPROPYLENE**



Mr. Napatarapong Suwanchai

Miss Nathaporn Dennimart

**A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the
Requirement for the Degree of Bachelor of Science**

Department of Chemistry

Faculty of Science

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

1995

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


หัวข้อโครงการพิเศษ การใช้ประโยชน์จากเส้นใยสลาบลวงเป็นสารตัวเติมในพอลิพรอพิลีน
โดย นาย ณะภัทรพงษ์ สุวรรณชัย

นางสาว ัญฐพร เคนนินนาท

ภาควิชา เคมี

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร. มาลินี ชัยศุกกิจสินธุ์

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อนุมัติให้นำโครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต


.....
(ผศ.ดร.เพชญ์ชัย ไชยสิทธิ์)

หัวหน้าภาควิชาเคมี

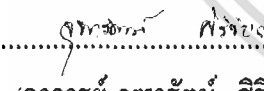
คณะกรรมการโครงการพิเศษ


.....
(ผศ.ดร. สุนิตย์ สุขสำราญ)

ประธานกรรมการ


.....
(ผศ.ดร. มาลินี ชัยศุกกิจสินธุ์)

กรรมการ


.....
(อาจารย์ จุฑารัตน์ ศิริชัยสิทธิ์)

กรรมการ

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ	การใช้ประโยชน์จากเส้นใยสลาบลวงเป็นสารตัวเติมในพอลิพรอพิลีน
นักศึกษา	นายณะภัทรพงษ์ สุวรรณชัย นางสาวณัฐพร เคนนินนาท
อาจารย์ที่ปรึกษา	ศศ.ดร. มาลินี ชัยศุกกิจสินธ์
ภาควิชา	เคมี
ปีการศึกษา	2538

บทคัดย่อ

หญ้าสลาบลวงจัดเป็นวัชพืชชนิดหนึ่ง ซึ่งสามารถแพร่พันธุ์ได้ง่ายและเร็ว แต่มีการนำไปใช้ประโยชน์ไม่มากนัก องค์ประกอบของเส้นใยคอกหญ้าสลาบลวงจะมีเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบหลัก ดังนั้นโครงการพิเศษนี้จึงกระทำเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเอาเส้นใยจากคอกหญ้าสลาบลวงมาใช้เป็นสารตัวเติมในพอลิพรอพิลีน สำหรับลดต้นทุนการผลิตและเพื่อปรับปรุงสมบัติทางกายภาพ โดยทำการศึกษาดังผลของปริมาณสารตัวเติมและศึกษาดังผลของการเติมสารเชื่อมโยงชนิดและปริมาณต่างๆ ที่มีต่อสมบัติของคอมพอสิต

การศึกษานี้จะใช้ silane A-174 ในปริมาณ 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของพอลิเมอร์ และ 1 เปอร์เซ็นต์ ของมาเลอิกแอนไฮไดรด์ เป็นสารเชื่อมโยง เพื่อแก้ปัญหาเรื่องการกระจายและการยึดติดระหว่างวัฏภาคของพอลิเมอร์และสารตัวเติม

จากการทดสอบสมบัติทางกายภาพ ซึ่งได้แก่ สมบัติทางความร้อน และสมบัติเชิงกล พบว่า ไม่ว่าจะใช้หรือไม่ใช้สารเชื่อมโยง สมบัติทางกายภาพโดยรวมจะสู้ของพอลิพรอพิลีนไม่ได้ แต่ก็ยังอยู่ในเกณฑ์จะนำไปใช้ประโยชน์ได้บ้าง ซึ่งจะเป็นการช่วยลดต้นทุนที่ไม่จำเป็นในการผลิตได้

Special Project Title Utilization of *Typha angustifolia* Fiber as Filler for Polypropylene
 Name Mr. Napatarapong Suwanchai
 Miss Nathaporn Deminnart
 Special Project Advisor Asst. Prof. Dr. Malinee Chaisupakitsin
 Department Chemistry
 Academic Year 1995

Abstract

Typha angustifolia is a type of weed that easily grown and dispersed but little utilized. The main composition of *Typha angustifolia* fiber is cellulosic structure. This special project proposal is to study the possibility of using *Typha angustifolia* fiber as filler for polypropylene, The aim is to reduce the production cost and improve the physical properties by studying the effect of the quantity of fillers and type of coupling agents

The study deals with the influence of silane A-174 with the content of 4 and 6 percent on weight of fiber and 1 percent of maleic anhydride as coupling agent for improving adhesion property between polymer matrix and filler surface.

The physical properties testings of composites show that either using coupling agent or nonusing coupling agent the most of physical properties are lower than polypropylene but these properties are useful to apply in some field. These composite also help minimize cost in our manufacturing.

กิตติกรรมประกาศ

ในการทำโครงการพิเศษ เรื่อง การใช้ประโยชน์จากเส้นใยสลาบลวงเป็นสาร
ตัวเติมในพอลิพรอพิลีน สามารถถูกลงไปได้ด้วยดี ผู้เสนอได้รับคำแนะนำและความกรุณาจาก
บุคคลหลายฝ่าย ผู้เสนอขอกราบขอพระคุณทุกท่าน ดังมีรายนามดังนี้

ผศ.ดร. มาลินี ชัยศุกกิจสินธ์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการพิเศษ

ผศ.ดร. สุนิตย์ สุขสำราญ กรุณาเป็นคณะกรรมการโครงการพิเศษ

อ. จุฑารัตน์ ศิริชัยสิทธิ์ กรุณาเป็นคณะกรรมการโครงการพิเศษ

อนึ่ง นอกจากบุคคลต่างๆที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น ยังมีบุคคลอีกหลายท่านที่ได้
ให้ความช่วยเหลือจนโครงการพิเศษนี้สำเร็จถูกลงไปได้ด้วยดี ทางผู้เสนอขอขอขอบคุณเป็นอย่างสูงมา
ฉ โภกาสนี้

นาย ณะภัทรพงษ์ สุวรรณชัย

นางสาว ภัทรพร เคนนินนาท

สารบัญ

บทคัดย่อ โครงการงานพิเศษภาษาไทย	ก
บทคัดย่อ โครงการงานพิเศษภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญรูป	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์	3
1.3 ขอบเขตการวิจัย	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	
2.1 สารตัวเติมและสารเสริมแรง	4
2.2 สารตัวเติมอินทรีย์	5
2.3 การปรับปรุงสมบัติการยึดติดและการกระจายของพอลิเมอร์คอมพอสิต	6
2.4 การสลายตัวแบบโฟโตออกซิเดทีฟของพอลิเมอร์โดยทั่วไป	8
บทที่ 3 การวิจัยและดำเนินงาน	
3.1 วัตถุประสงค์และสารเคมี	10
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์	10
3.3 วิธีการทดลอง	11
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์	
4.1 การศึกษาลักษณะของเส้นใยสลาบลาวง	16
4.2 การศึกษาสมบัติทางกายภาพของชิ้นงานตัวอย่าง	
-ศึกษากระบวนการเกิดผลึกของพอลิพรอพิลีนคอมพอสิต	16
-ศึกษาสมบัติทางความร้อน	19
-ศึกษาสมบัติเชิงกล	25
-ศึกษาผลการสลายตัวโดยรังสีอัลตราไวโอเล็ต	29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5 สรุปลผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	32
ภาคผนวก	33
บรรณานุกรม	70



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ 3.1	แสดงการเตรียมพลาสติกผสมเพื่อใช้ในการศึกษา	12
ตารางที่ 3.2	แสดงปริมาณของสารตัวเติมที่ใช้ศึกษา	13
ตารางที่ 4.1	แสดงผลการทดสอบสมบัติทางความร้อนต่าง ๆ ของพอลิพรอพิลีนผสมกับเส้นใยสลาบลวงในปริมาณต่าง ๆ	19
ตารางที่ 4.2	แสดงผลการทดสอบสมบัติทางความร้อนต่าง ๆ ของพอลิพรอพิลีนผสมกับเส้นใยสลาบลวงในปริมาณ 15% ของสารตัวเติมเมื่อใช้และไม่ใช้สารเชื่อมโยงชนิดต่าง ๆ	22
ตารางที่ 4.3	แสดงผลการทดสอบสมบัติเชิงกลต่าง ๆ ของพอลิพรอพิลีนผสมกับเส้นใยสลาบลวงในปริมาณต่าง ๆ	25
ตารางที่ 4.4	แสดงผลการทดสอบสมบัติเชิงกลต่าง ๆ ของพอลิพรอพิลีนผสมกับเส้นใยสลาบลวงในปริมาณ 15% ของสารตัวเติมเมื่อใช้และไม่ใช้สารเชื่อมโยงชนิดต่าง ๆ	27
ตารางที่ 4.5	แสดงผลการทดสอบสมบัติเชิงกลต่าง ๆ ของพอลิพรอพิลีนคอมพอสิตที่มีปริมาณสารตัวเติม 5% ก่อนฉายรังสีอุลตราไวโอเลต	29
ตารางที่ 4.6	แสดงผลการทดสอบสมบัติเชิงกลต่าง ๆ ของพอลิพรอพิลีนคอมพอสิตที่มีปริมาณสารตัวเติม 5% หลังฉายรังสีอุลตราไวโอเลต	29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ 2.1 แสดงการเกิดปฏิกิริยาของเส้นใยเซลลูโลสที่ทำการปรับสภาพผิว โดย MAH-PP	7
รูปที่ 2.2 แสดงกลไกการเกิดพันธะไฮโดรเจน	8
รูปที่ 4.1 แสดงลักษณะของเส้นใยสลาบล่วงก่อนและหลังการเคลือบด้วย Silane A-174	17
รูปที่ 4.2 แสดงภาพจากกล้องจุลทรรศน์ชนิดโพลาไรซ์ศึกษากระบวนการเกิดผลึก ของพอลิพรอพิลีนคอมพอสิต	18
รูปที่ 4.3 ผลของปริมาณสารตัวเติมต่าง ๆ ต่ออุณหภูมิของการเกิดผลึกและอุณหภูมิ ของการหลอมเหลวของพอลิพรอพิลีนคอมพอสิต	20
รูปที่ 4.4 ผลของปริมาณสารตัวเติมต่อความร้อนที่ใช้ในการหลอมเหลวและองศา ของการเกิดผลึกของพอลิพรอพิลีนคอมพอสิต	21
รูปที่ 4.5 ผลของการเติมและไม่เติมชนิดและปริมาณของสารเชื่อม โยงต่ออุณหภูมิ ของการเกิดผลึกและอุณหภูมิของการหลอมเหลวของพอลิพรอพิลีนคอมพอสิต	23
รูปที่ 4.6 ผลของการเติมและไม่เติมชนิดและปริมาณของสารเชื่อม โยงต่อความร้อน ที่ใช้ในการหลอมเหลวและองศาของการเกิดผลึกของพอลิพรอพิลีนคอมพอสิต	24
รูปที่ 4.7 ผลของปริมาณสารตัวเติมต่าง ๆ ต่อสมบัติเชิงกลของพอลิพรอพิลีนคอมพอสิต	26
รูปที่ 4.8 ผลของชนิดและปริมาณสารเชื่อม โยงต่อสมบัติเชิงกลของพอลิพรอพิลีนคอมพอสิต	28
รูปที่ 4.9 ผลของการสลายตัวโดยรังสีอุลตราไวโอเลตต่อค่าความเค้นสูงสุด	30
รูปที่ 4.10 ผลของการสลายตัวโดยรังสีอุลตราไวโอเลตต่อค่าความเหนียว	30
รูปที่ 4.11 ผลของการสลายตัวโดยรังสีอุลตราไวโอเลตต่อค่าโมดูลัส	31
รูปที่ 4.12 ผลของการสลายตัวโดยรังสีอุลตราไวโอเลตต่อค่าเปอร์เซ็นต์การยึด	31

บทที่ 1

บทนำ

เป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปว่าพลาสติกเป็นวัสดุสังเคราะห์ที่มีความสำคัญ เนื่องจากสมบัติของพลาสติกที่สามารถแปรรูปได้ง่าย น้ำหนักเบา ราคาถูก และมีความทนทานต่อการสึกกร่อนและสารเคมีได้ดี จึงมีการประยุกต์ใช้พลาสติกกันอย่างแพร่หลาย และได้มีการคิดหาวิธีใหม่ๆ เพื่อทำการปรับปรุงสมบัติของพลาสติกให้ดีขึ้นอยู่เสมอ

เนื่องจากปัญหาทางเศรษฐกิจในปัจจุบันและการใช้ทรัพยากรกันอย่างฟุ่มเฟือย การใช้สารตัวเติม จึงเป็นวิธีหนึ่งที่สามารถทำการปรับปรุงสมบัติและทำให้ประหยัดปริมาณของเม็ดพลาสติกที่ใช้ในการผลิตได้อีกด้วย

การใช้เส้นใยจากพืชผสมในพลาสติกก็เป็นอีกวิธีหนึ่งของการใช้เป็นสารตัวเติม ซึ่งได้เพิ่มมากขึ้นในปัจจุบัน เช่น การใช้เศษไม้จากพืช การใช้เส้นใยจากปอกระเจา เป็นต้น

พอลิพรอพิลีน (POLYPROPYLENE)

เป็นพลาสติกประเภทหนึ่งที่มีสมบัติเหนียว แข็งแกร่ง และถือได้ว่าเป็นพลาสติกที่มีน้ำหนักเบาที่สุด จึงนิยมใช้ทำเป็นผลิตภัณฑ์กันมาก และ ด้วยเหตุนี้จึงได้มีความพยายามที่จะหาสารตัวเติมที่เหมาะสมเพื่อปรับปรุงสมบัติให้ดีขึ้น

ในบรรดาสารตัวเติมอินทรีย์ เส้นใยเซลลูโลสเป็นทางเลือกที่น่าสนใจ เพราะคอมพอสิต (composite) ที่มีเส้นใยเซลลูโลสเสริมแรง จะมีข้อได้เปรียบ [1,2] คือ

- ให้ความเหนียวและความแข็งแรงสูงขึ้น
- เปลี่ยนแปลงอัตราส่วนได้ตามต้องการ
- มีความยืดหยุ่นระหว่างกระบวนการ
- เป็นแหล่งทรัพยากรขนาดใหญ่และปลูกทดแทนใหม่ได้
- ย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ
- มีความหนาแน่นต่ำทำให้มีน้ำหนักเบา
- มีราคาต่อปริมาตรต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดอกหญ้าสาบหลว (TYPHA ANGUSTIFOLIA)

หญ้าสาบหลวจัดเป็นวัชพืชชนิดหนึ่ง ซึ่งพบมากในบริเวณที่มีน้ำขังตลอดเวลา สามารถแพร่พันธุ์ได้ง่ายและเร็ว แต่มีการนำไปใช้ประโยชน์น้อย และถูกปล่อยให้ขึ้นรกร้าง

ดังนั้นหากสามารถประยุกต์ใช้เส้นใยเซลลูโลสจากดอกเกสรตัวเมียของหญ้าสาบหลวไปใช้เป็นสารตัวเติมได้ ก็จะทำให้มีข้อดี คือ ลดต้นทุนการผลิตลง ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีน้ำหนักเบาและมีสมบัติเชิงกลที่เหมาะสมต่อการใช้งาน นอกจากนี้ยังมีผลดีทางอ้อม คือ สามารถลดอัตราการขยายพันธุ์ของหญ้าสาบหลวลงอีกด้วย

การใช้เส้นใยเซลลูโลสเป็นสารตัวเติมในพลาสติกทั่วไป โดยเฉพาะพอลิพรอพิลีน ถึงแม้จะมีข้อได้เปรียบดังที่ได้กล่าวแล้วแต่ก็ยังไม่เป็นที่แพร่หลายนัก เนื่องจากมีข้อจำกัดในเรื่องความเสถียรทางความร้อนระหว่างกระบวนการ การกระจายตัวในพลาสติกไม่ทั่วถึง และข้อจำกัดในการผสมผสานเข้ากันของพอลิเมอร์กับเส้นใยเซลลูโลส ทำให้สมบัติของคอมพอสิตสุดท้ายที่ได้ให้ผลไม่เป็นที่น่าพอใจนัก

สารเชื่อมโยง (COUPLING AGENT)

เนื่องจากข้อจำกัดดังกล่าว จึงมีการนำสารเชื่อมโยง (coupling agent) มาใช้เพื่อปรับปรุงการกระจายตัว การยึดติดและการผสมผสานกันของเส้นใยเซลลูโลสซึ่งเป็นเฟสที่มีขั้ว (hydrophilic phase) กับพอลิพรอพิลีนซึ่งเป็นเฟสที่ไม่มีขั้ว (hydrophobic phase) [3]

สารเชื่อมโยงจะทำการปรับปรุงพื้นผิวโดยการทำปฏิกิริยากับทั้งสองส่วน [1] ทำให้เกิดการเชื่อมโยงระหว่างองค์ประกอบทั้งสองขึ้น

โครงการพิเศษนี้จะทำการศึกษาการนำฝักเกสรตัวเมีย ของหญ้าสาบหลวมาใช้เป็นสารตัวเติมในพอลิพรอพิลีน โดยจะทำการปรับปรุงการยึดติดและการผสมผสานระหว่างสารตัวเติมกับพอลิเมอร์ 2 วิธี คือ

1. ทำการเคลือบผิวของเส้นใยเซลลูโลสด้วยสารเชื่อมโยงได้แก่ Silane A-174 ก่อนนำไปผสมกับพอลิเมอร์
2. ทำการปรับผิวพอลิพรอพิลีนก่อนเพื่อเพิ่มความเป็นขั้ว โดยใช้กรดที่ไม่อิ่มตัวและอนุพันธ์ เช่น มาลิกแอซิด แอนไฮไดรด์ แล้วจึงผสมกับเส้นใยเซลลูโลส

โดยคาดหวังว่าจะได้พอลิเมอร์คอมพอสิตซึ่งมีสมบัติทางเชิงกลที่เหมาะสมสำหรับการนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีประโยชน์ต่อไป

และเนื่องจากพลาสติกเมื่อถูกนำไปใช้งานนานๆ จะมีการเสื่อมสภาพเกิดขึ้น เนื่องจากเกิดการสลายตัวของพอลิเมอร์จากสภาพดินฟ้าอากาศต่างๆ ดังนั้นโครงการพิเศษนี้จึงได้ทำการศึกษาผลของรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่มีต่อการสลายตัวของพอลิเมอร์คอมพอสิตด้วย และเนื่องจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวลาที่ใช้ในการวิจัยมีน้อยเกินไปไม่เพียงพอสำหรับการทดสอบ จึงจะทำการศึกษาเพียงคร่าวๆ คือ จะทำการอบตัวอย่างพลาสติกคอมพอสิตที่ผลิตขึ้นไว้ในตู้ฉายรังสีอุลตราไวโอเลตเป็นเวลา 720 ชั่วโมงแล้วจึงนำไปทดสอบสมบัติเชิงกลต่างๆ ซึ่งอาจทำให้ผลการทดลองที่ได้ไม่ค่อยสมบูรณ์นัก แต่อาจเป็นแนวทางสำหรับการวิจัยครั้งต่อไปได้

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาวิธีการปรับปรุงการยึดติดและการกระจายของเส้นใยสลาบลวงในพอลิพรอพิลีนคอมพอสิต
2. เพื่อศึกษาผลของปัจจัยที่มีต่อสมบัติทางเชิงกลของพอลิพรอพิลีนคอมพอสิต
3. เพื่อศึกษาผลของรังสีอุลตราไวโอเลตที่มีต่อสมบัติเชิงกลของพอลิพรอพิลีนคอมพอสิต

ขอบเขตการวิจัย

1. ศึกษาสมบัติของพอลิพรอพิลีนที่ผสมเส้นใยสลาบลวง เมื่อปรับและไม่ปรับสภาพผิวของเส้นใยด้วยสารเชื่อมโยง Silane A-174 ในปริมาณของเส้นใย 1,5,10,15 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก
2. ศึกษาสมบัติของพอลิพรอพิลีนที่ผสมเส้นใยสลาบลวง เมื่อปรับสภาพผิวของเส้นใยด้วยสารเชื่อมโยง Silane A-174 ในปริมาณ 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักเส้นใย
3. ศึกษาสมบัติของพอลิพรอพิลีนที่ปรับและไม่ปรับสภาพผิวด้วย 1% มาเลอิกแอนไฮไดรด์ ก่อนผสมเส้นใยสลาบลวง ในปริมาณเส้นใย 1,5,10,15 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก
4. ศึกษาสมบัติเชิงกลของพอลิพรอพิลีนคอมพอสิตหลังการฉายรังสีอุลตราไวโอเลต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 สารตัวเติมและสารเสริมแรง[5]

สารตัวเติม (filler) ได้แก่ สารที่อยู่ในรูปของแข็ง หรือพวกเส้นใย ที่ใช้เติมในพอลิเมอร์ อาจเป็นได้ทั้งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ อาจมีสมบัติเป็น *inactive filler* คือ ให้เพิ่มเนื้อและลดต้นทุนการผลิตหรือมีสมบัติเป็น *active filler* ปรับปรุงสมบัติทางกายภาพหรือเชิงกล ที่เราเรียกว่า สารตัวเติมเสริมแรง คำว่า “การเสริมแรง” ใช้ในการอธิบายถึงการเพิ่มขึ้นของความแข็งตึง (stiffness) ความแข็ง (hardness) และความแข็งแรงของพอลิเมอร์ การใส่สารตัวเติมแต่เดิมทำเพื่อลดต้นทุนการผลิต แต่ในปัจจุบันเราจะเลือกใช้เพื่อการปรับปรุงสมบัติของพลาสติกด้วย

ทฤษฎีพฤติกรรมของสารตัวเติมและสารเสริมแรง

สารตัวเติมในบางชนิดมีสมบัติเป็นสารเสริมแรง ซึ่งพฤติกรรมของมันมีได้หลายกลไก สารตัวเติมบางชนิดจะเกิดพันธะเคมีกับพอลิเมอร์เพื่อเสริมแรง ตัวอย่างเช่น carbon black จะทำให้เกิดการเชื่อมโยงในอีลาสโตเมอร์โดยเกิดปฏิกิริยาแรคคอด

การปรับปรุงสมบัติต่างๆเป็นผลมาจากความสามารถในการเติมสารตัวเติมลงไปในพลาสติกเป็นจำนวนมาก โดยสารตัวเติมจะสร้างพันธะที่แข็งแรงขึ้นระหว่างพื้นผิวของสารตัวเติมกับวัฏภาคของพอลิเมอร์ (polymer matrix) ซึ่งทำให้segmentไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ และยังมีผลต่อการจัดเรียงตัวของพอลิเมอร์ ข้อยืนยันเกี่ยวกับทฤษฎีนี้จะเห็นได้จากการเพิ่มค่าอุณหภูมิสถานะคล้ายแก้ว (glass transition temperature) ที่สังเกตได้ในพอลิเมอร์ที่เติมสารตัวเติม ซึ่งเกิดจากข้อจำกัดของการเคลื่อนไหว (mobility) ในบริเวณของพอลิเมอร์และสารตัวเติม

ที่บริเวณพื้นผิวของสารตัวเติม โครงสร้างทั้งหมดจะถูกจัดอย่างเป็นระเบียบ ซึ่งทำให้เกิดความแข็งตึง (stiffness) การเปลี่ยนแปลงรูปร่างต่ำ และความแข็งแรงสูงขึ้น มักจะเกี่ยวเนื่องจากโครงสร้างที่เป็นธรรมชาติของคอมพอสิตเอง

พลังงานพื้นผิวอิสระ (free surface energy) ของสารตัวเติมจะมีความสำคัญเป็นพิเศษ ซึ่งทำให้สายโซ่พอลิเมอร์ต่างๆ ที่กระจายตัวถูกดูดซับเข้ากับพื้นผิวอิสระของสารตัวเติมและความมีขั้วของพันธะระหว่างสารตัวเติมกับวัฏภาคพอลิเมอร์จะเป็นปัจจัยสำคัญสำหรับการกระจายตัวนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมบัติของพลาสติกคอมพอสิต

ข้อแตกต่างระหว่างสารตัวเติม inactive และสารตัวเติม active หรือสารตัวเติมเสริมแรง คือ การมีอิทธิพลหรือไม่ต่อสมบัติทางเชิงกลและทางกายภาพ

การใช้ inactive filler จะเปลี่ยนแปลงสมบัติของเทอร์โมพลาสติก ดังนี้

- ความหนาแน่นเพิ่มขึ้น
- modulus of elasticity, compressive และ flexural strength (stiffening) เพิ่มขึ้น
- การหดลดลง
- ความแข็งเพิ่มขึ้น และปรับปรุงคุณภาพพื้นผิว
- เพิ่มอุณหภูมิ heat deflection
- ลดอุณหภูมิที่มีผลต่อสมบัติทางเชิงกลและทางกายภาพ
- ลดต้นทุนการผลิต

ส่วนสารตัวเติมเสริมแรง จะให้การปรับปรุงสมบัติของเทอร์โมพลาสติก ดังนี้

- ค่า tensile stress และ tensile strength at break, compressive, shear และ flexural strength เพิ่มขึ้น
- เพิ่มค่า modulus of elasticity และ stiffness ของวัสดุคอมพอสิต
- เพิ่มอุณหภูมิ และลดอุณหภูมิที่มีผลต่อสมบัติเชิงกล
- การหดลดลง
- ปรับปรุง creep behavior และ apparent modulus ลด viscoelastic yield เมื่อให้แรง และบางส่วนมีการปรับปรุง impact strength

ในการใช้สารตัวเติมจำเป็นต้องพิจารณาถึงสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ อย่างไรก็ตาม ไม่มีสารตัวเติมชนิดใดที่มีราคาถูก และสามารถปรับปรุงสมบัติของพอลิเมอร์ได้ทุกด้าน เนื่องจากสารตัวเติมที่ต่างชนิดกันสามารถปรับปรุงสมบัติได้แตกต่างกัน แม้แต่สารตัวเติมชนิดเดียวกันที่มีสมบัติทางกายภาพต่างก็ก็สามารถปรับปรุงสมบัติของพอลิเมอร์ได้แตกต่างกัน จึงต้องเลือกใช้สารตัวเติมที่มีสมบัติที่เหมาะสมเพื่อให้มีการปรับปรุงสมบัติของคอมพอสิตตามต้องการ

2.2 สารตัวเติมอินทรีย์

สารตัวเติมอินทรีย์ (organic filler) เป็นวัสดุคิบัติตามธรรมชาติ ที่มีอยู่อย่างอุดมสมบูรณ์ ส่วนใหญ่ได้แก่ ขุยมั้ (wood flour) ฝ้าย (cotton) และเส้นใยพืช (vegetable fibers) มีโครงสร้างเป็นเส้นใยมีเซลล์ulos เป็นองค์ประกอบหลัก นอกจากนั้นมีลิกนิน และสารประกอบอื่นๆ วัตถุประสงค์ที่มีการใช้สารตัวเติมอินทรีย์ คือ ลดต้นทุน ทำให้ความสามารถในการผลิตดีขึ้น และปรับปรุงสมบัติทางฟิสิกส์ เคมี และทางไฟฟ้าของผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป

ความแข็งแรงเชื่อมระหว่างเส้นใยกับวัฏภาคพอลิเมอร์จะทำให้เพิ่มขึ้นได้โดยการเคลือบระหว่างผิวหน้าของสารตัวเติมหรือเส้นใยด้วยสารเชื่อมโยง (coupling agent) ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับหมู่ไฮดรอกซิลบนผิวหน้าของสารตัวเติม และจะทำปฏิกิริยากับพอลิเมอร์เพื่อสร้างพันธะเคมี

2.3 การปรับปรุงสมบัติการยึดติดและการกระจายของพอลิเมอร์คอมพอสิต

ลักษณะการกระจาย (dispersion) และการยึดติด (adhesion) ระหว่างพอลิพรอพิลีนที่ไม่มีขั้ว(hydrophobic phase)และเส้นใยเซลลูโลสที่มีขั้ว(hydrophilic phase) ได้เป็นปัจจัยที่สำคัญในการกำหนดสมบัติของคอมพอสิต สารเติมแต่งชนิดต่างๆ จึงถูกนำมาใช้ปรับปรุงการกระจายและอันตรกิริยา (interaction) ระหว่างเส้นใยเซลลูโลสและพอลิพรอพิลีน ซึ่งวิธีการที่พบมากจากรายงาน มีดังต่อไปนี้

1. การใช้ Maleic anhydride grafted polypropylene (MAPP) [1]

มาเลอิก แอนไฮไดรด์ ที่อยู่ในสารเติมแต่ง MAPP ไม่เพียงแต่ทำให้ผิวของพอลิพรอพิลีนมีความเป็นขั้วเพิ่มขึ้นแต่ยังสามารถเกิดการเชื่อมโยงด้วยพันธะโควาเลนต์กับหมู่ไฮดรอกซิลที่อยู่บนพื้นผิวของเส้นใยเซลลูโลส

การเกิดพันธะโควาเลนต์ระหว่างมาเลอิก แอนไฮไดรด์ และหมู่ไฮดรอกซิลของเส้นใยเซลลูโลส ได้ถูกวิเคราะห์โดย IR และ ESCA [3] ซึ่งปฏิกิริยาการเกิดพันธะโควาเลนต์นี้สามารถแบ่งออกได้ 2 ชั้น คือ

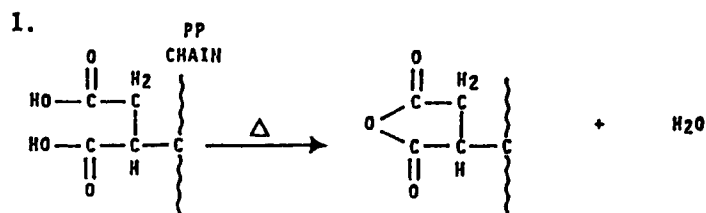
ขั้นที่ 1 Activation of the copolymer

โคพอลิเมอร์จะเปลี่ยนรูปไปเป็นแบบ แอนไฮไดรด์ ซึ่งว่องไวกว่า

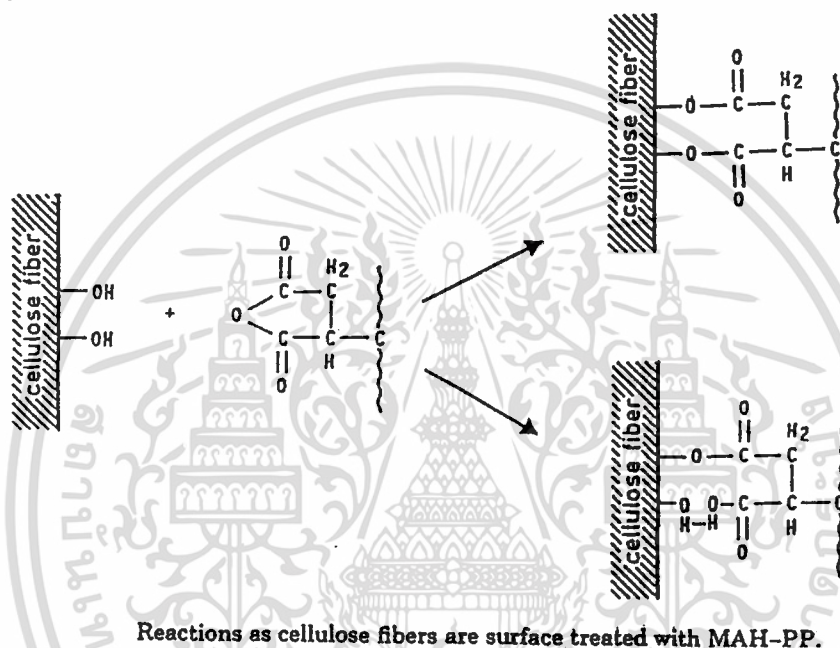
ขั้นที่ 2 Esterification of the fibers

ทำปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันกับเส้นใย ดังรูปที่ 2.1

ในการวิจัยครั้งนี้จะทำการทดลองปรับปรุงการยึดติดและการกระจายของสารตัวเติมคอกพอสตาบหลวงในพอลิพรอพิลีน โดยจะไม่ใช่ MAPP แต่จะใช้เพียงมาเลอิก แอนไฮไดรด์เป็นตัวเชื่อมโยงพอลิพรอพิลีนและเส้นใยเซลลูโลสเนื่องจากพอลิพรอพิลีนมีความเป็นไปได้ที่จะเกิดเรดิคัล(radical)ในขณะที่ทำการผสมแล้วทำปฏิกิริยากับมาเลอิก แอนไฮไดรด์ เกิดเป็นกราฟท์โคพอลิเมอร์ ซึ่งเมื่อผสมเส้นใยเซลลูโลสจะสามารถเกิดปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันกับหมู่ไฮดรอกซิลของเส้นใยเซลลูโลสได้และเกิดเป็นพันธะเอสเทอร์ขึ้นตามสมการที่ได้เสนอไว้ในรูปที่ 2.1



2.



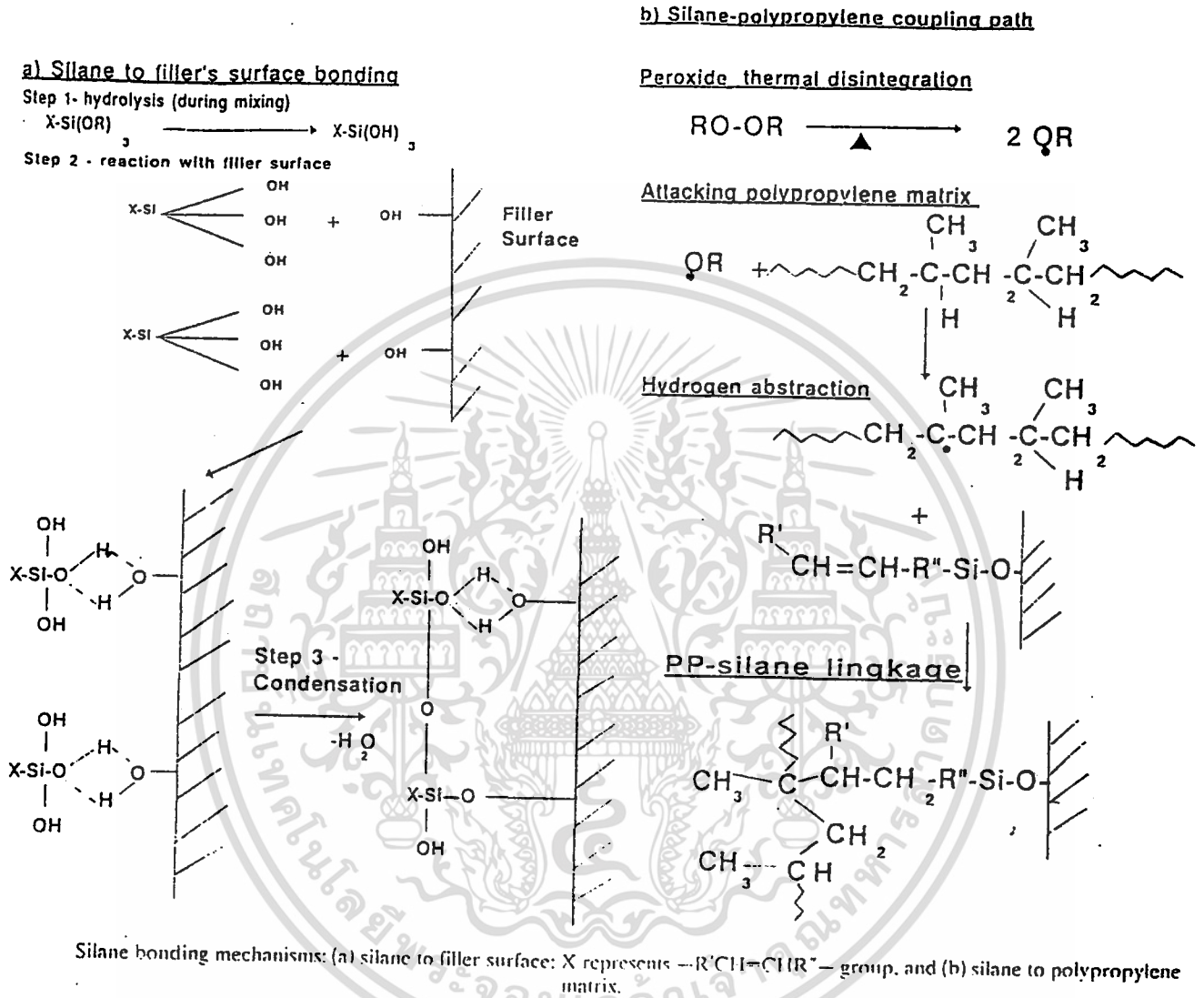
รูปที่ 2.1 แสดงการเกิดปฏิกิริยาของเส้นใยเซลลูโลสที่ทำการปรับสภาพผิวโดย MAH-PP

2. การใช้ Silane เป็นสารเชื่อมโยงเกิดบนเส้นใยเซลลูโลส [4]

กลไกปฏิกิริยาของorganosilane กับพื้นผิวของสารตัวเติม ถูกเชื่อว่าเกิดขึ้น 3 ขั้นตอน โดยขั้นแรก เป็นการเกิด organosilanol โดยปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสหมู่ฟังก์ชันซิลิกอน ด้วยน้ำจากความชื้นที่ผิวของเส้นใยเซลลูโลส ขั้นที่สอง สารประกอบ silanol ทำปฏิกิริยากับหมู่ไฮดรอกซิล ของผิวเส้นใย โดยการเกิดพันธะไฮโดรเจน ในขั้นสุดท้าย จะเกิดพันธะเชื่อมโยงSi-O crosslinks (Siloxanes) ขึ้นระหว่างพื้นผิวเส้นใยกับหมู่ซิลิกอนที่อยู่ติดกันในปฏิกิริยาคอนเดนเซนชันพร้อมกับการกำจัดน้ำออกไป

ผลของความร้อนที่เกิดระหว่างกระบวนการจะทำให้เปอร์ออกไซด์แตกตัวให้ฟรีแรดิคัล เข้าชนโมเลกุลของพอลิพรอพิลีนทำให้อะตอมไฮโดรเจนหลุดออกไปเกิด radical site

บนวิภาคของพอลิพรอพิลีนขึ้น หมู่ไฮดรอกซิลที่อยู่บนพื้นผิวของเส้นใยเซลลูโลสอาจเกิดการกราฟท์กับ radical site เหล่านี้ ทำให้เกิดพันธะ polypropylene-filler ขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 แสดงกลไกการเกิดพันธะไฮดรอกซิล

2.4 การสลายตัวแบบโฟโตออกซิเดทีฟของพอลิเมอร์โดยทั่วไป

การสลายตัวแบบโฟโตออกซิเดทีฟเป็นกระบวนการที่แสงอาทิตย์ไปลดมวลโมเลกุลของพอลิเมอร์ทำให้พลาสติกเกิดการสลายตัวและเปราะขึ้น การดูดกลืนรังสีอัลตราไวโอเล็ตโดยพอลิเมอร์จะมีความรุนแรงพอที่จะทำให้เกิดการแตกหักของพันธะเคมีเป็นส่วนใหญ่ เช่น พันธะ C-C, C-O, C-H และ C-Cl การดูดกลืนแสงซึ่งจะไม่เกิดในพอลิเมอร์ที่บริสุทธิ์แต่จะเกิดกับสารประกอบพอลิเมอร์ที่มีโครโมฟอร์ (Chromophore) ซึ่งจะช่วยให้องไวต่อการสลายตัว โครโมฟอร์เหล่านี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประกอบด้วย เปอร์ออกไซด์ ไฮโดรเปอร์ออกไซด์และหมู่คาร์บอนิล นอกจากนี้ยังมีตัวเร่งที่หลงเหลือจากการผลิต (Catalyst residue) และพวกสารเจือปนที่เป็นพอลินิวเคลียร์อะโรมาติก (Polynuclear aromatic impurities) สารเจือปนเหล่านี้จะเป็นผลิตภัณฑ์ข้างเคียง(By products) ของผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ในทางการค้าซึ่งจะต้องมีการใส่ตัวริเริ่มปฏิกิริยา สารตัวเร่ง สารเคลื่อนย้ายโซ่โมเลกุลและอื่นๆเพื่อใช้ในการควบคุมปฏิกิริยาพอลิเมอร์ เช่น พวกสารเจือปนเหล่านี้จะดูดกลืนรังสีอุลตราไวโอเลตแล้วทำให้เกิดการสลายตัวของพอลิเมอร์ การสลายตัวจะมากขึ้นเมื่อรังสีอุลตราไวโอเลตและออกซิเจนทำงานด้วยกัน

กลไกการเกิดปฏิกิริยาโฟโตออกซิเดชัน

เมื่อสารพอลิเมอร์ได้รับพลังงานจะทำให้เกิดการสลายพันธะจะให้พอลิเมอร์อนุมูลอิสระซึ่งสามารถเข้าทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศได้เปอร์ออกซีอนุมูลอิสระ($ROO\cdot$)และมันจะเกิดปฏิกิริยาต่อเนื่องกับสารพอลิเมอร์ ดังปฏิกิริยาข้างล่างนี้



ปฏิกิริยาสิ้นสุดจะถูกกำหนดโดยโครงสร้างของพอลิเมอร์อนุมูลอิสระ($R\cdot$) ปริมาณความเข้มข้นของออกซิเจนและเปอร์ออกซีอนุมูลอิสระ($ROO\cdot$)ซึ่งสามารถเขียนปฏิกิริยาได้ดังนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การวิจัยและดำเนินงาน

3.1 วัสดุและสารเคมีที่ใช้

1. เม็ดพลาสติกพอลิพรอพิลีน (PROPATHENE) : ICI Chemicals & Polymers Ltd.
2. คอกหญ้าสลาบหลวง
3. Silane A-174 : บริษัท ยูเนียนคาร์ไบด์ จำกัด
4. มาเลอิก แอนไฮไดรด์
5. ไคคูมิลเปอร์ออกไซด์
6. คาร์บอนแคทริสคอลไรด์
7. สารช่วยถอดแบบ (ซิลิโคน)

3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. หม้อปฏิกริยา ขนาด 2000 มิลลิลิตร
2. เครื่องอัดความร้อน(hot press)
3. เครื่องผสมแบบ 2 ลูกกลิ้ง
4. เครื่องตัดชิ้นงาน CEAST 6052
5. เครื่องทดสอบสมบัติเชิงกลด้วยคอมพิวเตอร์และโปรแกรมWINDAP
: LLOYD INSTUMENTS LTD.
6. เครื่อง Differential Scanning Calorimeter (DSC)
7. เครื่องให้ความร้อน (Hot plate)
8. แม่พิมพ์สำหรับเครื่องอัดความร้อน หน้า 1 มม.
9. ตู้อบความร้อน
10. เครื่องปั่นกวนเชิงกล
11. ไม้พัดกวนสแตนเลสแบบ 3 ชั้น
12. Condenser

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13. เครื่องกรองสูญญากาศ
14. กล้องจุลทรรศน์พร้อมกล้องถ่ายรูป
15. เครื่องชั่ง
16. ไมโครมิเตอร์
17. เวอร์เนีย

3.3 วิธีการทดลอง

การทดลองนี้แบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอน คือ

- 1) การเตรียมเส้นใยจากดอกหญ้าสลาบหลวง
- 2) การปรับสภาพผิวเส้นใยสลาบหลวงด้วย Silane A-174
- 3) การศึกษาลักษณะของเส้นใยสลาบหลวงด้วยเครื่องโพลาริซไมโครสโคป
- 4) การผสมพลาสติกและการขึ้นรูปชิ้นงานตัวอย่าง
- 5) การทดสอบสมบัติทางกายภาพของชิ้นงานตัวอย่าง

3.3.1 การเตรียมเส้นใยจากดอกหญ้าสลาบหลวง

เส้นใยจากดอกหญ้าสลาบหลวงที่ใช้ในการวิเคราะห์และเป็นสารตัวเติมเตรียมได้จากการเก็บดอกเกสรตัวเมียของหญ้าสลาบหลวง นำมาอบให้แห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เพื่อไล่ความชื้นเป็นเวลา 1 วัน นำออกมาแกะเส้นใยออกจากฝัก แล้วนำไปเก็บไว้ในตู้อบก่อนนำไปใช้ ชั่งตามน้ำหนักที่ต้องการนำมาใช้ด้วยเครื่องชั่ง

3.3.2 การปรับสภาพผิวเส้นใยจากดอกหญ้าสลาบหลวงด้วย Silane A-174

ทำการปรับสภาพผิวของเส้นใยจากดอกหญ้าสลาบหลวงด้วยสารเชื่อมโยง Silane A-174 ในปริมาณสารเชื่อมโยงเท่ากับ 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักเส้นใย ตามขั้นตอนดังนี้

1. นำส่วนผสมซึ่งได้แก่ เส้นใยจากดอกหญ้าสลาบหลวง 100 กรัม คาร์บอนเตตราคลอไรด์ 600 มิลลิลิตร ไดอุมิลาเปอร์ออกไซด์ (2%) และ Silane A-174 ใส่ลงในหม้อปฏิกริยาแล้วนำมารีฟลักซ์ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชม. พร้อมทั้งปั่นกวนอย่างคงที่ตลอดเวลา
2. ทิ้งส่วนผสมไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง กำจัดตัวทำละลาย คาร์บอนเตตราคลอไรด์ออก โดยการกรองด้วยเครื่องกรองสูญญากาศ
3. นำเส้นใยที่ผ่านการปรับสภาพผิวแล้วมาอบที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3 ทำการศึกษาลักษณะของเส้นใยจากดอกหญ้าสลาบหลวง

ทำการศึกษาลักษณะของเส้นใยจากดอกหญ้าสลาบหลวงทั้งก่อนและหลังการปรับสภาพผิวของเส้นใย โดยใช้เครื่องโพลารไรซ์ไมโครสโคป

เปิดสวิตช์เครื่องโพลารไรซ์ไมโครสโคป ปรับไฟส่องด้านล่าง นำแผ่นสไลด์ที่มีเส้นใยจากดอกหญ้าสลาบหลวงไปวางบนจานวางสไลด์ของกล้อง ใช้เลนส์วัตถุที่มีกำลังขยายต่ำสุด ปรับระยะโฟกัสโดยให้มองวัตถุที่เลนส์เข้าตา หลังจากได้ระยะโฟกัสให้หมุนแท่นวางสไลด์ ภาพวัตถุในเครื่องโพลารไรซ์ไมโครสโคปจะเคลื่อนตาม ปรับความคมชัดของภาพ จากนั้นตั้งระบบถ่ายรูป ใส่ฟิล์ม และทำการถ่ายรูป

3.3.4 การผสมพลาสติกและการเตรียมชิ้นงานตัวอย่าง

ทำการผสมด้วยเครื่องผสมสองลูกกลิ้ง โดยใช้เวลาประมาณ 12 นาที อุณหภูมิลูกกลิ้งหน้า 185 องศาเซลเซียส อุณหภูมิลูกกลิ้งหลัง 180 องศาเซลเซียส ตามสูตรในตารางที่ 3.1

No.	PP	UNTREATED FIBERS	TREATED FIBERS (A-174 4 %)	TREATED FIBERS (A-174 6 %)	MAH	% weight of fibers
PP	X	-	-	-	-	0
1	X	X	-	-	-	1, 5, 10, 15
2	X	-	X	-	-	1, 5, 10, 15
8	X	-	-	X	-	1, 5, 10, 15
4	X	X	-	-	X	1, 5, 10, 15

ตารางที่ 3.1 แสดงการเตรียมพลาสติกผสมเพื่อใช้ในการศึกษา

จากตารางจะแบ่งสูตรการเตรียมพลาสติกเพื่อศึกษา ดังนี้

- สูตรที่ 1, 2 และ 3
 - ศึกษาสมบัติของพลาสติกที่ผสมเส้นใยจากดอกหญ้าสลาบหลวง เมื่อปรับและไม่ปรับสภาพผิวของเส้นใยด้วยสารเชื่อมใย Silane A-174 ในปริมาณของเส้นใย 1,5,10,15 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักพลาสติก
 - ศึกษาสมบัติของพลาสติกที่ผสมเส้นใยจากดอกหญ้าสลาบหลวง เมื่อปรับสภาพผิวของเส้นใยด้วยสารเชื่อมใย Silane A-174 ในปริมาณ 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักเส้นใย
- สูตรที่ 1 และ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ศึกษาสมบัติของพลาสติกที่ปรับและไม่ปรับสภาพผิวด้วย 1 % MAH ก่อนผสมเส้นใย จากคอกหญ้าสลาบลวง ในปริมาณของเส้นใย 1,5,10,15 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักพลาสติก

วิธีการเตรียมสารตัวอย่างโดยใช้เครื่องผสมสองลูกกลิ้งนั้นสามารถทำได้โดยชั่งน้ำหนักพลาสติกและสารตัวเติมตามตารางที่ 3.2

ปริมาณสารตัวเติม (%)	เม็ดพลาสติก (กรัม)	สารตัวเติม (กรัม)
0	100	-
1	99	1
5	95	5
10	90	10
15	85	15

ตารางที่ 3.2 แสดงปริมาณของสารตัวเติมที่ใช้ศึกษา

โดยในการผสมพลาสติกเพื่อศึกษาผลของสารเชื่อมโย Silane A-174 จะมีวิธีการผสมเหมือนกับการผสมของพลาสติกด้วยเส้นใยจากคอกหญ้าสลาบลวงที่ไม่ได้ปรับสภาพผิว ดังนี้คือ เมื่อพลาสติกที่วางบนลูกกลิ้งเริ่มหลอมหมดจึงใส่เส้นใยจากคอกหญ้าสลาบลวง (ที่ทำการปรับหรือไม่ปรับสภาพผิวของเส้นใย) เข้าไปอย่างช้า ๆ เพื่อให้สารตัวเติมผสมเข้าไปในพลาสติกทีละน้อย ๆ จากนั้นจึงใช้ใบมีดสำหรับปาดพลาสติกทำการปาดแถบของพลาสติกหลอมเหลวให้มีการผสมกัน เพื่อให้การผสมเข้ากันเป็นเนื้อเดียวมากขึ้น เมื่อใส่สารตัวเติมหมดและทำการกระจายตัวดีพอแล้ว ซึ่งจะใช้เวลาประมาณ 12 นาที ก็หยุดเครื่องรอให้พลาสติกเย็นตัวลงแล้วกรี๊ดให้แถบนั้นขาดออกจากกันนำไปบดด้วยเครื่องบด เพื่อทำการขึ้นรูป

ในการผสมพลาสติก เพื่อศึกษาผลของสารเชื่อมโย มาเลอิกแอนไฮไดรด์ จะมีวิธีการคล้ายกันกับที่ได้กล่าวมา แต่จะทำการปรับสภาพผิวของพลาสติกด้วยมาเลอิกแอนไฮไดรด์ โดยเติมในปริมาณ 1% คือ เมื่อพลาสติกเริ่มหลอมหมด จะทำการเติมมาเลอิกแอนไฮไดรด์ ปริมาณ 1% ลงไปผสมให้เข้ากันกับพลาสติกที่หลอมเหลว ในขณะที่ทำการผสมอยู่จะมีควันพิษเกิดขึ้น จึงควรสวมใส่หน้ากากไว้เพื่อป้องกันด้วย แล้วหลังจากนั้นจึงค่อยใส่เส้นใยจากคอกหญ้าสลาบลวงที่ไม่ปรับสภาพผิวของเส้นใยลงไป ผสมให้เข้ากันและมีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ หยุดเครื่องรอให้พลาสติกเย็นตัวลง แล้วกรี๊ดพลาสติกออก นำไปบดด้วยเครื่องบด เพื่อทำการขึ้นรูปต่อไป

การขึ้นรูปชิ้นงานตัวอย่าง

จะใช้เครื่องอัดด้วยความร้อน และแม่พิมพ์มีความหนา 1 มม. ทำการทาสารช่วยในการถอดแบบให้ทั่วแม่พิมพ์ทั้งสองด้าน รวมทั้งแผ่นคั่นด้วย เพื่อป้องกันการยึดติดกับแม่พิมพ์ของพลาสติก เดิมพลาสติกที่ผสมสารตัวเติมและทำการบดเรียบรื้อยแล้วลงในแม่พิมพ์ วางให้เต็มแม่พิมพ์ แล้วนำเข้าเครื่องอัดความร้อนใช้อุณหภูมิ 185 องศาเซลเซียส ทำการอัดpreheat 4 นาที แล้วอัดร้อน 4 นาที แล้วจึงนำแม่พิมพ์ออกจากเครื่องอัดความร้อนมายังชั้นที่เป็นเครื่องอัดความเย็น ซึ่งมีน้ำไหลเวียนภายในชั้นตลอด เพื่อให้พลาสติกเย็นลง โดยทำการอัดเย็นเป็นเวลา 3 นาที จึงนำแม่พิมพ์ออกจากเครื่อง แกะพลาสติกออก ทำการตัดขึ้นรูปเป็นชิ้นงานต่อไป

3.3.5 การทดสอบสมบัติทางกายภาพของชิ้นงานตัวอย่าง

3.3.5.1 ศึกษากระบวนการเกิดผลึกของพอลิพรอพิลีนคอมพอสิต

ทำการศึกษาความแตกต่างของสเฟียรูไลท์ในระยะเริ่มเกิดผลึก และระยะเติบโตของผลึกพอลิพรอพิลีน และพอลิพรอพิลีนคอมพอสิต ซึ่งเป็นข้อมูลสำคัญสำหรับกระบวนการแปรรูปพอลิเมอร์ โดยใช้เครื่องโพลาริซไมโครสโคป แบบสภาวะร้อน (hot stage) โดยใช้อัตราเร็วในการหลอม 30 องศาเซลเซียสต่อนาที และอัตราเร็วในการตกผลึก 5 องศาเซลเซียสต่อนาที

3.3.5.2 ศึกษาสมบัติทางความร้อน

ซึ่งพลาสติกใส่ถ้วยสำหรับทดสอบด้วยเครื่องDSC ซึ่งหาปริมาณของสารที่แน่นอน แล้วนำไปวิเคราะห์โดยเครื่องDSC อัตราการให้ความร้อน 20 องศาเซลเซียสต่อนาที อุณหภูมิสูงสุด 200 องศาเซลเซียส

ทำการศึกษาอุณหภูมิตกผลึก (Tc) อุณหภูมิการหลอมเหลว (Tm) และพื้นที่ใต้กราฟ (enthalpy,mJ) คำนวณหา Heat of cooling (ΔH_c) และ Heat of fusion (ΔH_f) ต่อน้ำหนักสารตัวอย่างได้ดังนี้

$$H = \frac{\text{พ.ท.ใต้กราฟ}}{\text{น.น.สารตัวอย่าง}} \quad (\text{mJ})$$

แล้วคำนวณหาองศาของการเกิดผลึก (Degree of crystallinity) จากสูตร ดังนี้

$$\text{Degree of crystallinity} = \Delta H_f * 100$$

209

(หมายเหตุ ตัวเลข 209 เป็น degree of crystallinity ของพอลิพรอพิลีนจากหนังสืออ้างอิง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.5.3 ศึกษาสมบัติเชิงกล

สมบัติทางเชิงกลที่ทำการศึกษา ได้แก่ Maximum stress, Modulus of elasticity, Toughness และ %Elongation โดยใช้เครื่องทดสอบสมบัติเชิงกล และใช้โปรแกรม Windap ในการคำนวณ อัตราเร็วในการดึง 5 มม./นาที load cell 30 kN

3.3.5.4 ศึกษาผลของรังสีอัลตราไวโอเลต

นำชิ้นงานตัวอย่างของพอลิพรอพิลีน และพอลิพรอพิลีนคอมพอสิตที่มีการใช้สารเชื่อมโยงชนิดต่างๆ(สูตรที่ 2,3 และ 4) และเลือกทำการทดสอบเฉพาะปริมาณของสารตัวเติมที่ใช้คือ 5% โดยน้ำหนัก ไปวางไว้ในตู้อบรังสีอัลตราไวโอเลต ความยาวคลื่น 253.7 nm. ทำการอบชิ้นงานเป็นเวลาประมาณ 30 วัน (720 ชม.) หลังจากนั้นจึงนำไปทดสอบสมบัติทางเชิงกลเปรียบเทียบกับสมบัติทางเชิงกลของชิ้นงานตัวอย่างที่ไม่ได้อบรังสีอัลตราไวโอเลต



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 การศึกษาลักษณะของเส้นใยสลาบลวง

เนื่องจากสมบัติของสารตัวเติมมีผลโดยตรงกับการขึ้นรูป และสมบัติของคอมพอลิิต สมบัติที่สำคัญของสารตัวเติม ได้แก่ รูปร่าง ขนาด พื้นที่ผิว และการกระจายของอนุภาค สมบัติดังกล่าวจะมีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาระหว่างโมเลกุลของพอลิเมอร์กับสารตัวเติม และการกระจายตัวของสารตัวเติมในพอลิเมอร์

จากการศึกษาลักษณะของเส้นใยสลาบลวงทั้งก่อนและหลังการปรับสภาพผิวของเส้นใยด้วยเครื่องโพลาริไซไมโครสโคป พบว่า เส้นใยเซลลูโลสของคอกหญ้าสลาบลวงก่อนปรับสภาพผิว จะมีลักษณะเป็นปล้องๆ คือมีข้อต่อกันและตรงกลางปล้องกลางลักษณะเหมือนโซ่ร้อยต่อกัน และผิวของเส้นใยค่อนข้างขรุขระ หลังจากทำการปรับสภาพผิวของเส้นใยพบว่า ผิวของเส้นใยจะมีลักษณะเรียบขึ้น ซึ่งจะเห็นได้ชัดเมื่อส่องตรงแกนเส้นใยเปรียบเทียบกับก่อนและหลังเคลือบ ดังรูปที่ 4.1 ดังนั้นจึงสันนิษฐานได้ว่าเวลาที่เส้นใยมีผิวเรียบขึ้นอาจเนื่องจากการเคลือบของสารเชื่อมใย

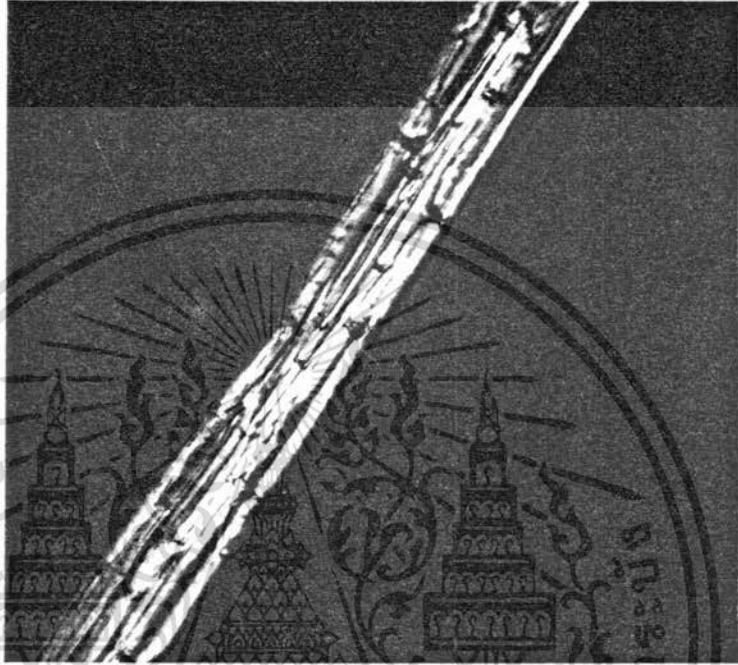
4.2 การศึกษาสมบัติทางกายภาพของรีนงานตัวอย่าง

4.2.1 ศึกษากระบวนการเกิดผลึกของพอลิพรอพิลีนคอมพอลิิต

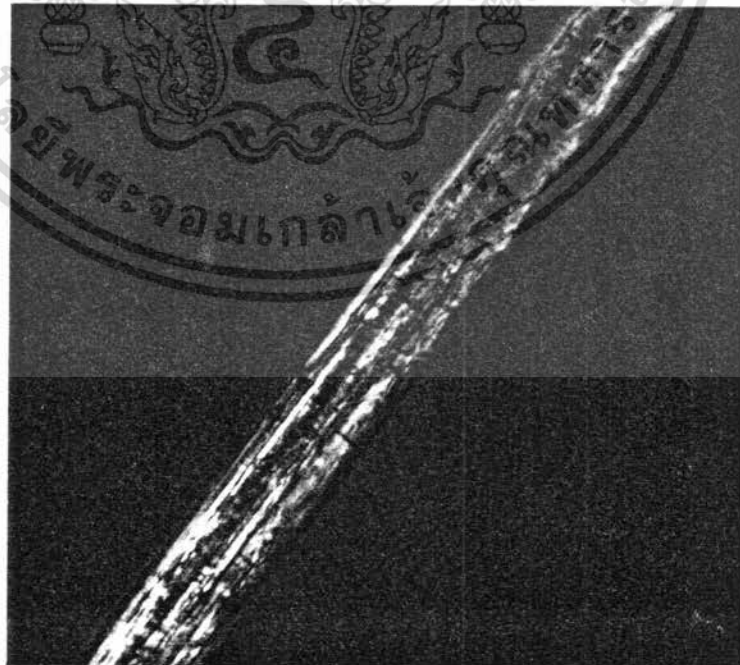
จากรูปที่ 4.2 ซึ่งแสดงลักษณะสเฟียรูไลท์ ของพอลิพรอพิลีนคอมพอลิิต พบว่า เส้นใยเซลลูโลสของคอกหญ้าสลาบลวงจะมีลักษณะเป็นเส้นสั้นๆ ป้อมๆ เกาะกัน สเฟียรูไลท์ในระยะเริ่มเกิดผลึกจะเกิดบริเวณที่มีเส้นใยเกาะกันอยู่ ตามทฤษฎีของการใช้เส้นใยเป็นสารตัวเติมนั้น เส้นใยที่ใช้ควรจะมีขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางต่อความยาวน้อยๆ จึงจะดี ซึ่งจะก่อให้เกิด "transcrystalline" ได้ดี คือ มีผลึกยึดเกาะกับเส้นใยได้มาก ทำให้เสริมความแข็งแรงและทนต่อการดึงได้ดี แต่ในการใช้เส้นใยสลาบลวงเป็นสารตัวเติมนี้อาจให้ผลทางสมบัติเชิงกลไม่ดึ้นก เนื่องจากเส้นใยมีลักษณะแบบเส้นสั้นๆ ป้อมๆ หรือมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางต่อความยาวมาก

รูปที่ 4.1 แสดงลักษณะของเส้นใยสลาบลวง
ก่อนและหลังการเคลือบด้วย Silane A-174

ก่อนการเคลือบ
ด้วย Silane A-174



หลังการเคลือบ
ด้วย Silane A-174



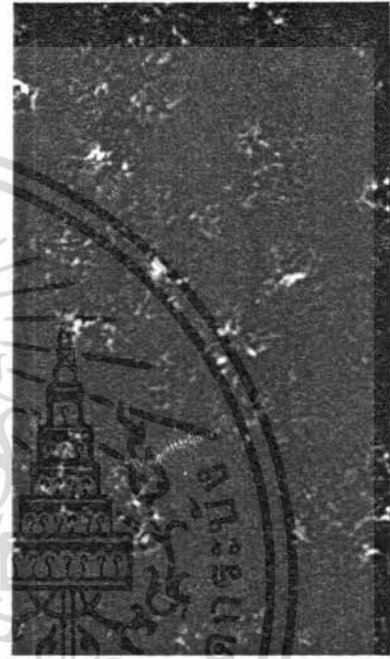
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.2 แสดงภาพจากกล้องจุลทรรศน์ชนิดโพลาไรซ์
ศึกษากระบวนการเกิดผลึกของพอลิพรอพิลีนคอมพอสิต

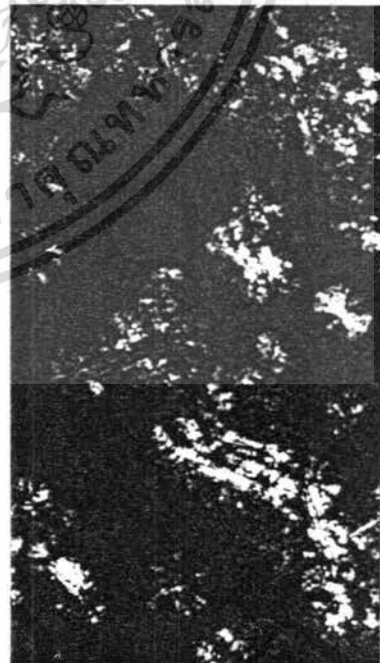
ระยะเริ่มเกิดผลึก

ระยะเติบโตของผลึก

พอลิพรอพิลีน



พอลิพรอพิลีนผสม
ด้วยเส้นใยสลาบลหลวง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 ศึกษาสมบัติทางความร้อน

4.2.2.1 ศึกษาผลของปริมาณสารตัวเติมเส้นใยสลาบลวง

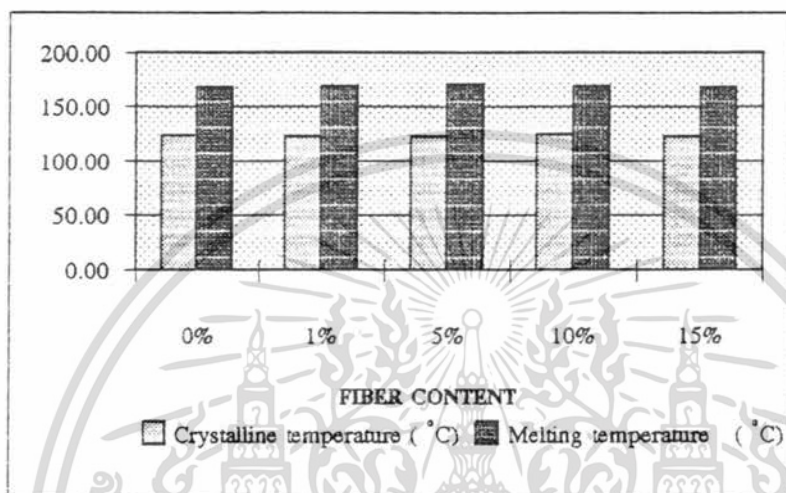
ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดสอบสมบัติทางความร้อนต่างๆ ของพอลิพรอพิลีนผสมกับเส้นใยสลาบลวงในปริมาณต่างๆ

ปริมาณตัวเติม	สมบัติทางความร้อน			
	1	2	3	4
0%	123.10	167.90	84.68	40.52
1%	122.50	169.40	83.10	39.76
5%	122.30	170.70	76.37	36.54
10%	124.20	169.20	75.60	36.17
15%	122.50	168.60	71.69	34.30

- 1 = อุณหภูมิของการเกิดผลึก ($^{\circ}\text{C}$)
 2 = อุณหภูมิของการหลอมเหลว ($^{\circ}\text{C}$)
 3 = ความร้อนที่ใช้ในการหลอมเหลว (J/g)
 4 = องศาของการเกิดผลึก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

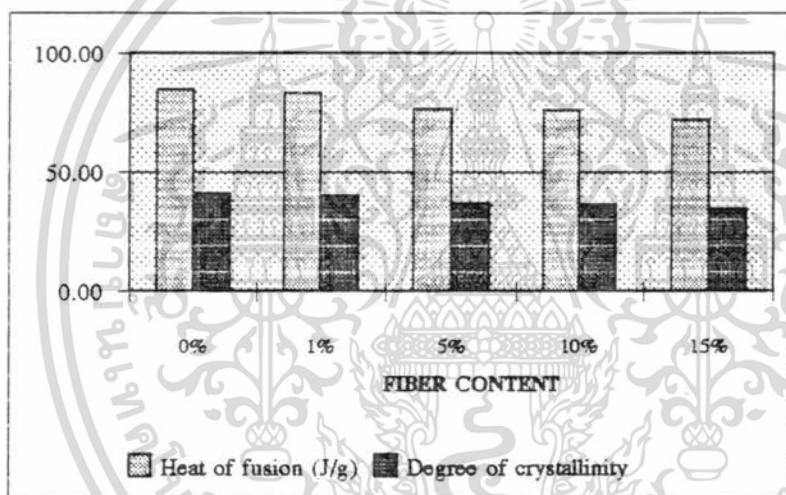
จากรูปที่ 4.3 แสดงอุณหภูมิของการหลอมเหลว และอุณหภูมิของการเกิดผลึก เมื่อปริมาณของสารตัวเติมแตกต่างกัน พบว่าปริมาณของสารตัวเติมไม่มีผลทำให้ค่าอุณหภูมิของการหลอมเหลวและอุณหภูมิของการเกิดผลึกเปลี่ยนแปลง



รูปที่ 4.3 ผลของปริมาณสารตัวเติมต่างๆ ต่ออุณหภูมิของการเกิดผลึก และอุณหภูมิของการหลอมเหลวของพอลิพรอพิลีนคอมพอสิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสารตัวเติมและความร้อนที่ใช้ในการหลอมเหลว กับองศาของการเกิดผลึกของพอลิพรอพิลีนคอมพอสิต จะเห็นว่าค่าความร้อนที่ใช้ในการหลอมเหลว ของพอลิพรอพิลีนคอมพอสิตจะต่ำกว่าของพอลิพรอพิลีนที่ไม่มีสารตัวเติม แสดงว่าเส้นใยสลาบลางจะทำหน้าที่ขัดขวางการที่สายโซ่พอลิพรอพิลีนจัดเรียงตัวกันเพื่อเกิดผลึกทำให้ความสมบูรณ์ของผลึกลดลง ความร้อนที่ใช้ในการหลอมเหลวผลึกจึงลดลงด้วยส่งผลให้ความแข็งแรง ความเหนียวของคอมพอสิตเมื่อเทียบกับพอลิพรอพิลีนเริ่มต้นลดลง นอกจากนี้พบว่า แนวโน้มของ ความร้อนที่ใช้ในการหลอมเหลวของผลึก และองศาของการเกิดผลึกจะลดลงเมื่อปริมาณของสารตัวเติมเพิ่มขึ้นหรือเมื่อปริมาณของพอลิพรอพิลีนลดลง



รูปที่ 4.4 ผลของปริมาณสารตัวเติมต่อความร้อนที่ใช้ในการหลอมเหลวและองศาของการเกิดผลึกของพอลิพรอพิลีนคอมพอสิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2.2 ศึกษาผลของชนิดและปริมาณสารเชื่อมโยง

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการทดสอบทางความร้อนต่างๆของพอลิพรอพิลีนผสมกับเส้นใยสลาบลางในปริมาณ 15% ของสารตัวเติมเมื่อใช้และไม่ใช้สารเชื่อมโยงชนิดต่างๆ

ชนิดพลาสติก	สารเชื่อมโยง		สมบัติทางความร้อน			
	ชนิด	ปริมาณ	1	2	3	4
พอลิพรอพิลีน	-	-	123.10	167.90	84.68	40.52
PP-composite	-	-	122.50	168.60	71.69	34.30
PP-composite	Silane A-174	4%	122.90	167.30	73.16	35.00
PP-composite	Silane A-174	6%	122.20	169.90	73.86	35.34
PP-composite	MAH	1%	123.80	169.30	76.76	36.73

1 = อุณหภูมิของการเกิดผลึก ($^{\circ}\text{C}$)

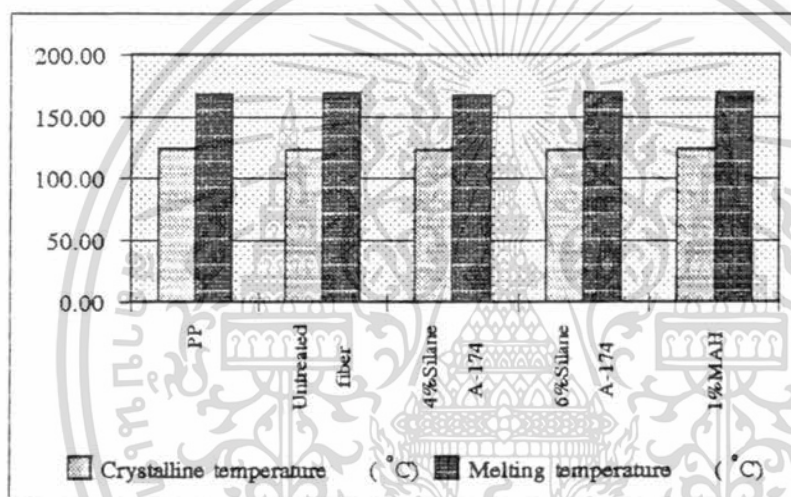
2 = อุณหภูมิของการหลอมเหลว ($^{\circ}\text{C}$)

3 = ความร้อนที่ใช้ในการหลอมเหลว (J/g)

4 = องศาของการเกิดผลึก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูป 4.5 พบว่า อุณหภูมิของการหลอมเหลวเมื่อใช้และไม่ใช้สารเชื่อมโยงชนิดและปริมาณต่างๆมีค่าใกล้เคียงกัน แสดงว่า ชนิดและปริมาณสารเชื่อมโยงไม่มีผลต่ออุณหภูมิของการหลอมเหลว และเมื่อเปรียบเทียบผลการทดลอง รูปที่ 4.3 กับ รูป 4.5 อุณหภูมิของการหลอมเหลวยังคงใกล้เคียงกันหมด ทั้งนี้เพราะว่า อุณหภูมิของการหลอมเหลวขึ้นอยู่กับความหนาของชั้น lamella ในกรณีพอลิเมอร์ชนิดเดียวกันและมีการเตรียมเป็นชิ้นงานด้วยสภาวะเดียวกัน ความหนาของชั้น lamella ควรเท่ากัน จึงทำให้อุณหภูมิของการหลอมเหลวของพอลิพรอพิลีนคอมพอสิตไม่เปลี่ยนแปลง

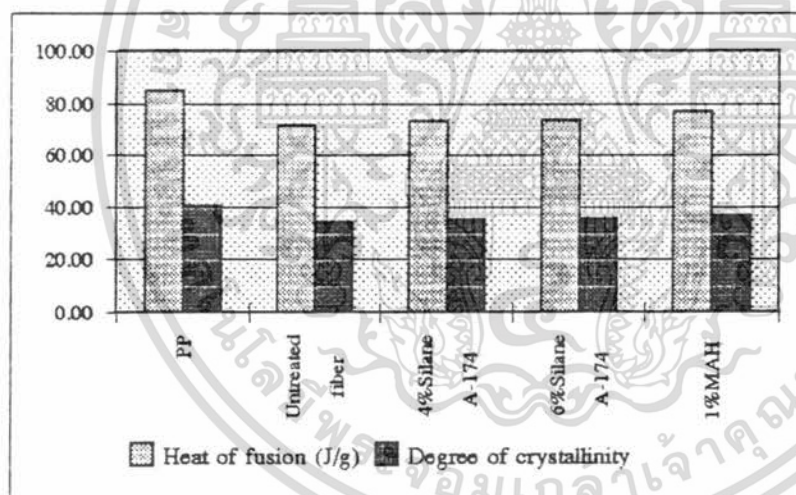


รูปที่ 4.5 ผลของการเติมและไม่เติมชนิดและปริมาณของสารเชื่อมโยงต่ออุณหภูมิของการเกิดผลึกและอุณหภูมิของการหลอมเหลวของพอลิพรอพิลีนคอมพอสิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.6 เป็นการเปรียบเทียบผลของการเติมและไม่เติมสารเชื่อม โยงชนิดและปริมาณต่างๆของค่าความร้อนที่ใช้ในการหลอมเหลว และองศาของการเกิดผลึกของพอลิพรอพิลีนคอมพอสิตที่ปริมาณตัวเติม 15% โดยน้ำหนัก จะพบว่า เมื่อเปรียบเทียบปริมาณสารเชื่อม โยงที่ใช้ของ Silane A-174 พบว่า ปริมาณสารเชื่อม โยงเพิ่มขึ้นจาก 4% เป็น 6% จะมีผลต่อองศาของการเกิดผลึกน้อยมาก ในกรณีเปรียบเทียบชนิดของสารเชื่อม โยงที่ใช้ พบว่า มาเลอิกแอนไฮไดรด์จะให้ค่าองศาของการเกิดผลึกที่มากกว่า Silane A-174

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการใช้และไม่ใช้สารเชื่อม โยงจะพบว่า การใช้สารเชื่อม โยงมาเลอิกแอนไฮไดรด์ยังคงให้ค่าองศาของการเกิดผลึกมากกว่าแต่เมื่อเปรียบเทียบระหว่างพอลิพรอพิลีนคอมพอสิตกับพอลิพรอพิลีนที่ไม่มีการเติมเส้นใยสลาบลวง พบว่า พอลิพรอพิลีนที่ไม่เติมเส้นใยสลาบลวงยังคงมีองศาของการเกิดผลึกมากกว่าพอลิพรอพิลีนคอมพอสิตที่มีการเติมเส้นใยสลาบลวง



รูปที่ 4.6 ผลของการเติมและไม่เติมชนิดและปริมาณของสารเชื่อม โยงต่อความร้อนที่ใช้ในการหลอมเหลวและองศาของการเกิดผลึกของพอลิพรอพิลีนคอมพอสิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 ศึกษาสมบัติเชิงกล

4.2.3.1 ศึกษาผลของปริมาณสารตัวเติมเส้นใยสลาบลวง

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการทดสอบสมบัติเชิงกลต่างๆ ของพอลิพรอพิลีนผสมกับเส้นใยสลาบลวง ในปริมาณต่างๆ

ปริมาณตัวเติม	สมบัติเชิงกล			
	1	2	3	4
0%	11.77	592.96	515.03	73.24
1%	9.00	214.00	501.25	7.18
5%	7.69	121.54	369.79	9.51
10%	6.91	70.05	162.86	6.28
15%	5.22	38.12	141.14	5.21

1 = ความเค้นสูงสุด (kgf/mm^2)

2 = ความเหนียว (kgf-mm)

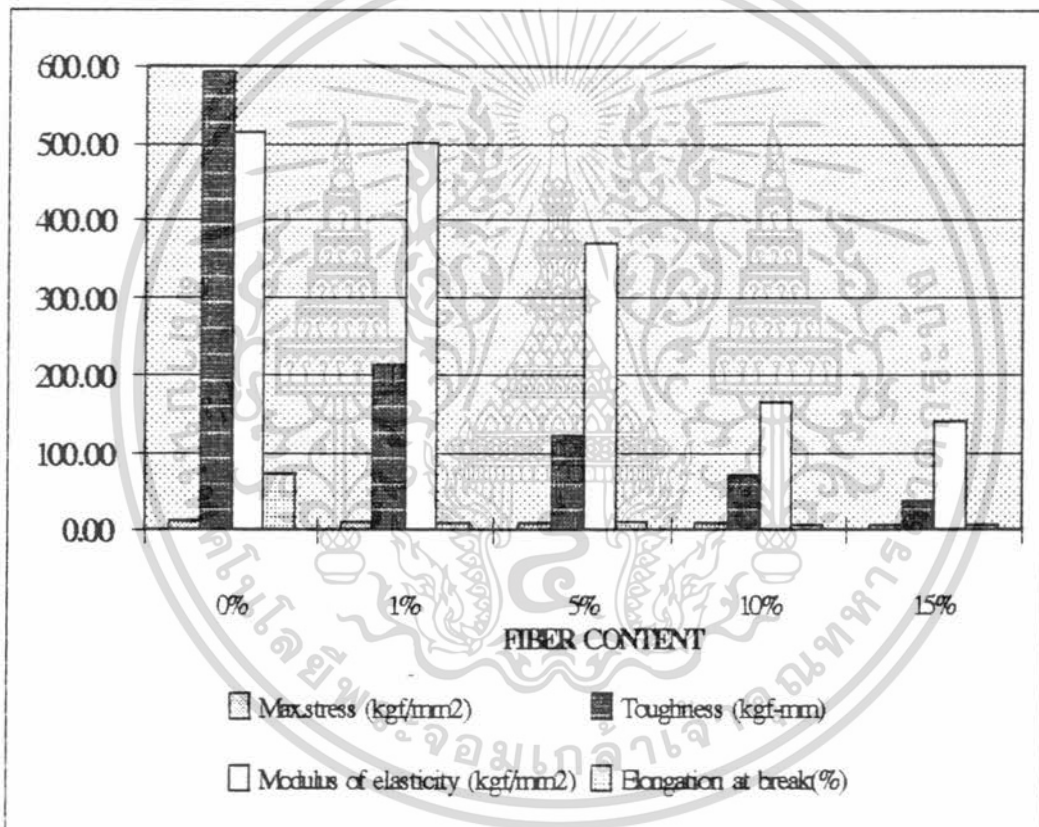
3 = โมดูลัส (kgf/mm^2)

4 = เปอร์เซนต์การยืด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองพบว่า เมื่อใส่สารตัวเติมเส้นใยสลาบลวงเข้าไปผสมกับพอลิพรอพิลีนโดยไม่มีการใช้สารเชื่อมโย จะทำให้คอมพอสิตที่ได้มีสมบัติเชิงกลโดยรวมต่ำลงเมื่อเทียบกับพอลิพรอพิลีนเริ่มต้นที่ไม่ได้เติมสารตัวเติมเลย ดังรูปที่ 4.7 ทั้งนี้อาจเกิดจากการยึดติดและการกระจายของเส้นใยเซลลูโลสในวัฏภาคของพอลิพรอพิลีนไม่ดีพอ เนื่องจากไม่มีสารเชื่อมโย

นอกจากนี้สมบัติเชิงกลของพอลิพรอพิลีนคอมพอสิต จะมีแนวโน้มโดยรวมลดลงเมื่อปริมาณของเส้นใยเซลลูโลสเพิ่มขึ้น



รูปที่ 4.7 ผลของปริมาณสารตัวเติมต่างๆ ต่อสมบัติเชิงกลของพอลิพรอพิลีนคอมพอสิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3.2 ศึกษาผลของชนิดและปริมาณของสารเชื่อมโยง

ตารางที่ 4.4 แสดงผลการทดสอบสมบัติเชิงกลต่างๆของพอลิพรอพิลีนผสมเส้นใยสลาบลวงในปริมาณ 15% ของสารตัวเติมเมื่อใช้และไม่ใช้สารเชื่อมโยงชนิดต่างๆ

ชนิดพลาสติก	สารเชื่อมโยง		สมบัติเชิงกล			
	ชนิด	ปริมาณ	1	2	3	4
พอลิพรอพิลีน	-	-	11.77	592.96	515.03	73.24
PP-composite	-	-	5.22	38.12	141.14	5.21
PP-composite	Silane A-174	4%	5.79	20.79	151.23	1.57
PP-composite	Silane A-174	6%	5.39	31.78	153.64	3.59
PP-composite	MAH	1%	7.19	78.43	256.39	6.23

1 = ความเค้นสูงสุด (kgf/mm^2)

2 = ความเหนียว (kgf-mm)

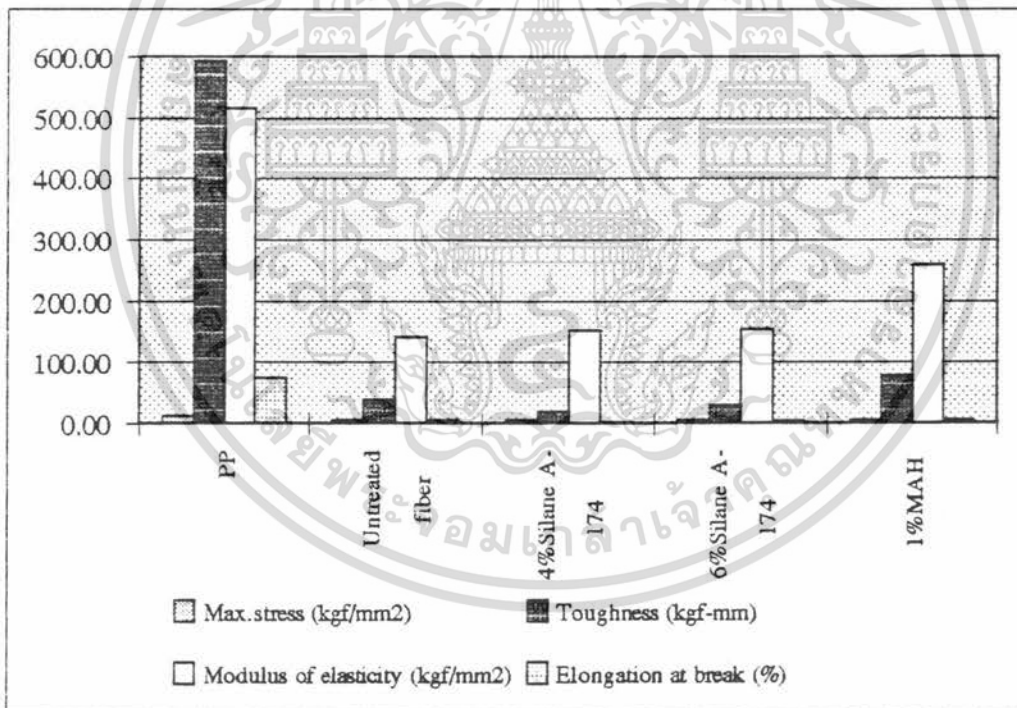
3 = โมดูลัส (kgf/mm^2)

4 = เปอร์เซนต์การยืด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.8 เมื่อเปรียบเทียบสมบัติเชิงกลของพอลิพรอพิลีนคอมพอสิตที่ใช้สารเชื่อมโยง Silane A-174 พบว่า เมื่อใช้ปริมาณสารเชื่อมโยงเพิ่มขึ้น คือ จาก 4% เป็น 6% พบว่า จะให้สมบัติเชิงกลโดยรวมดีกว่า และเมื่อเปรียบเทียบสมบัติเชิงกลของพอลิพรอพิลีนคอมพอสิต ที่มีการใช้สารเชื่อมโยง 2 ชนิด คือ 1% มาเลอิกแอนไฮไดรด์ และ Silane A-174 พบว่า การใช้สารเชื่อมโยง 1% มาเลอิกแอนไฮไดรด์ จะให้สมบัติเชิงกลในทุก ๆ ด้านดีกว่า เมื่อใช้สารเชื่อมโยง Silane A-174

นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบสมบัติเชิงกลระหว่างพอลิพรอพิลีนคอมพอสิตที่ใช้และไม่ใช้สารเชื่อมโยงจะพบว่า การใช้สารเชื่อมโยง โดยเฉพาะมาเลอิกแอนไฮไดรด์ จะให้สมบัติเชิงกลต่าง ๆ ดีกว่าเมื่อไม่ใช้สารเชื่อมโยง แต่เมื่อทำเปรียบเทียบสมบัติเชิงกลของพอลิพรอพิลีนคอมพอสิตทั้งหมดกับพอลิพรอพิลีนที่ไม่ได้เติมเส้นใยสลาบลวง พบว่า พอลิพรอพิลีนยังคงให้ค่าสมบัติเชิงกลต่าง ๆ โดยรวมแล้วดีกว่า



รูปที่ 4.8 ผลของชนิดและปริมาณสารเชื่อมโยงต่อสมบัติเชิงกลของพอลิพรอพิลีนคอมพอสิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4 ศึกษาผลการสลายตัวโดยรังสีอัลตราไวโอเลต

ตารางที่ 4.5 แสดงผลการทดสอบสมบัติเชิงกลของพอลิพรอพิลีนคอมพอสิตที่มีปริมาณสารตัวเติม 5% ก่อนฉายรังสีอัลตราไวโอเลต

ชนิดพลาสติก	สารเชื่อมโยง		สมบัติเชิงกล			
	ชนิด	ปริมาณ	1	2	3	4
พอลิพรอพิลีน	-	-	11.77	592.96	515.03	73.24
PP-composite	MAH	1%	8.15	166.67	361.21	6.81
PP-composite	Silane A-174	4%	6.41	48.91	186.56	4.23
PP-composite	Silane A-174	6%	6.82	66.78	194.49	4.61

ตารางที่ 4.6 แสดงผลการทดสอบสมบัติเชิงกลของพอลิพรอพิลีนคอมพอสิตที่มีปริมาณสารตัวเติม 5% หลังฉายรังสีอัลตราไวโอเลต

ชนิดพลาสติก	สารเชื่อมโยง		สมบัติเชิงกล			
	ชนิด	ปริมาณ	1	2	3	4
พอลิพรอพิลีน	-	-	7.63	116.65	137.96	6.39
PP-composite	MAH	1%	8.44	115.35	125.14	6.52
PP-composite	Silane A-174	4%	7.66	43.42	155.84	3.33
PP-composite	Silane A-174	6%	7.58	56.82	191.33	4.07

1 = ความเค้นสูงสุด (kgf/mm^2)

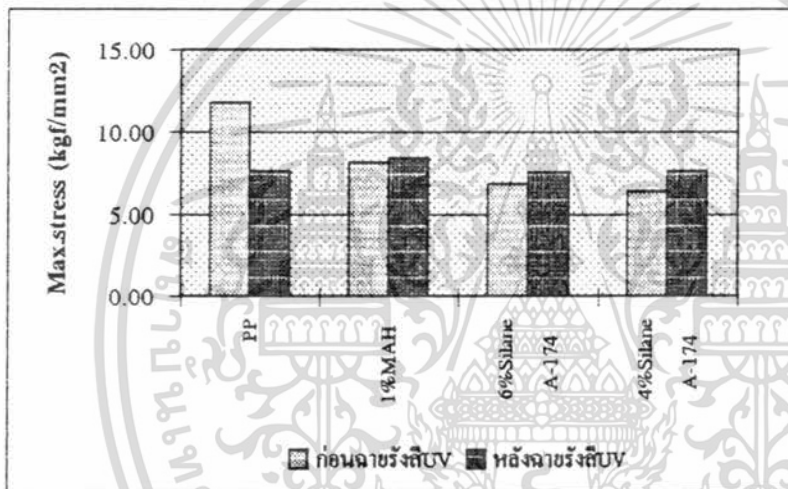
2 = ความเหนียว (kgf-mm)

3 = โมดูลัส (kgf/mm^2)

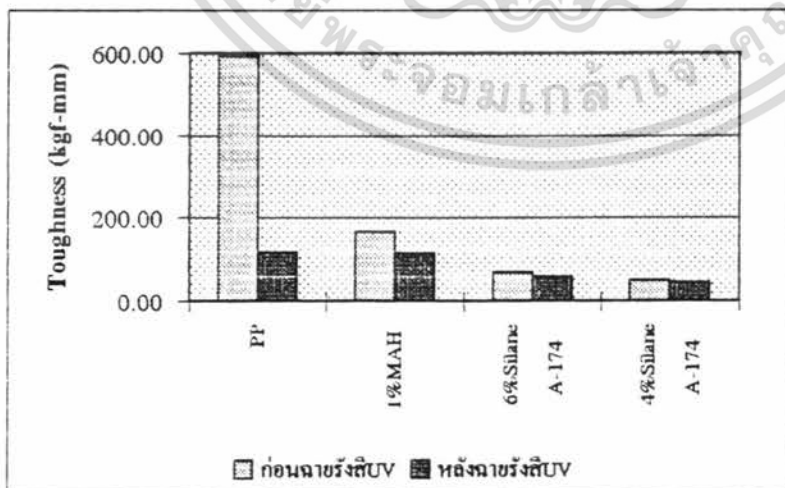
4 = เปอร์เซนต์การยืด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.9 ถึง 4.12 แสดงผลของการสลายตัวโดยรังสีอุลตราไวโอเลตต่อสมบัติเชิงกลที่มีการใช้สารเชื่อมโยงเมื่อใช้ปริมาณสารตัวเติม 5% โดยน้ำหนัก จะพบว่าหลังจากฉายรังสีอุลตราไวโอเลตสมบัติเชิงกลต่างๆจะมีแนวโน้มลดลงสำหรับทุกๆสูตร เนื่องจากเส้นใยที่เติมลงไปจะขัดขวางการจัดเรียงตัวของโซ่พอลิเมอร์ เกิดบริเวณที่ไม่เป็นระเบียบขึ้น ซึ่งบริเวณนี้จะเป็นบริเวณที่ออกซิเจนแพร่เข้าไปได้ง่าย แล้วทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ทำให้สายโซ่พอลิเมอร์สั้นลง ซึ่งสายโซ่พอลิเมอร์ที่สั้น ๆ เหล่านี้ เมื่อได้รับความร้อนหรือพลังงานจะทำให้จัดเรียงตัวใหม่นั้นคือ เพิ่มปริมาณผลึกและเพิ่มแรงเค้น เมื่อวัสดุมีแรงเค้นภายในตัวมาก ก็พร้อมที่จะแตกเมื่อได้รับแรงดึงจากภายนอก

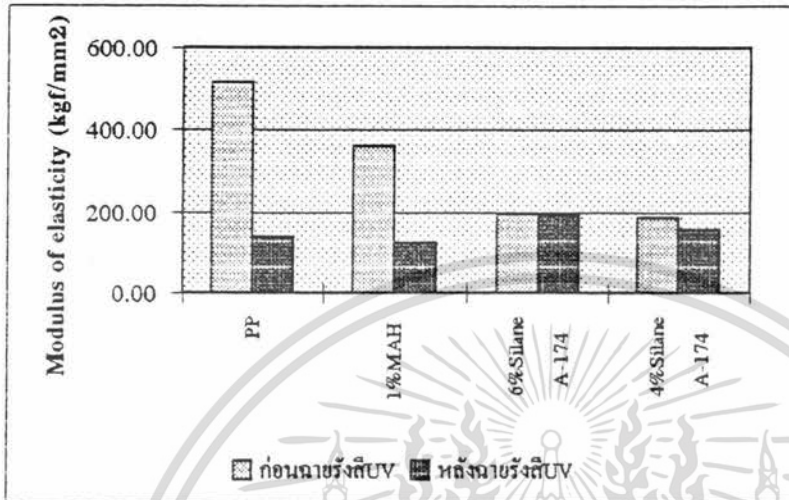


รูปที่ 4.9 ผลของการสลายตัวโดยรังสีอุลตราไวโอเลตต่อค่าความเค้นสูงสุด

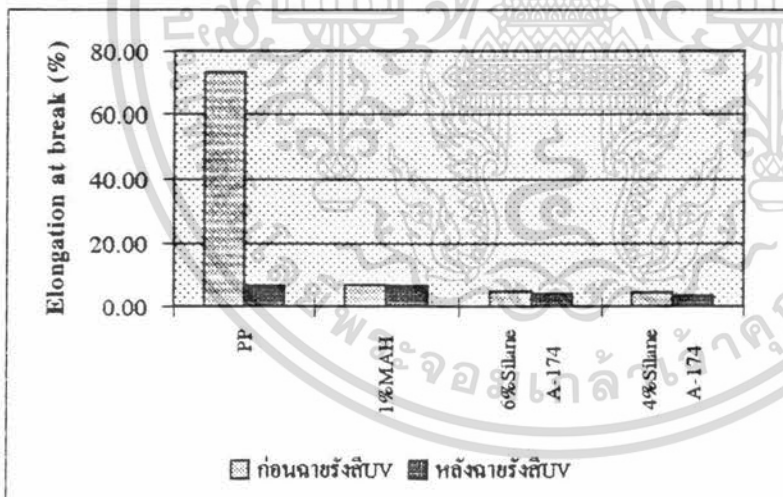


รูปที่ 4.10 ผลของการสลายตัวโดยรังสีอุลตราไวโอเลตต่อค่าความเหนียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 ผลของการสลายตัวโดยรังสีอุลตราไวโอเลตต่อค่าโมดูลัส



รูปที่ 4.12 ผลของการสลายตัวโดยรังสีอุลตราไวโอเลตต่อค่าเปอร์เซ็นต์การยืด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

การใช้เส้นใยสลาบลวงเป็นสารตัวเติมในพอลิพรอพิลีน เมื่อทำการทดสอบสมบัติทางกายภาพต่างๆ พบว่าสมบัติทางความร้อนและทางเชิงกลโดยรวมแล้วของพอลิพรอพิลีนคอมพอสิต ทั้งที่มีการใช้และไม่ใช้สารเชื่อมโยง จะให้ประสิทธิภาพที่ลดลงเมื่อเทียบกับพอลิพรอพิลีนเมื่อยังไม่ใช้เส้นใยสลาบลวงเป็นสารตัวเติม ทั้งนี้เนื่องจากเส้นใยของคอกกัญญาสลาบลวงให้สมบัติของเส้นใยไม่เหมาะสมในการเป็นสารตัวเติมเสริมแรงให้กับพอลิพรอพิลีน เพราะสมบัติต่างๆทางด้านเชิงกลลดลงตามปริมาณของเส้นใยที่เพิ่มขึ้น

แต่ทั้งนี้อาจนำเส้นใยสลาบลวงมาใช้เป็นสารตัวเติมได้บ้างเพื่อลดปริมาณพอลิเมอร์ที่ใช้ เนื่องจากสมบัติเชิงกลต่างๆ ของคอมพอสิตที่ทดสอบได้ ยังอยู่ในเกณฑ์ที่พอจะนำไปใช้ประโยชน์ตามความเหมาะสมและการใช้สารเชื่อมโยงชนิดต่างๆจะช่วยปรับปรุงสมบัติเชิงกลให้ดีขึ้น ซึ่งจะเป็นการช่วยลดต้นทุนที่ไม่จำเป็นในกระบวนการผลิตลงได้

ส่วนทางด้านผลของรังสีอัลตราไวโอเล็ตต่อการสลายตัวของพอลิเมอร์คอมพอสิตพบว่าปริมาณสารตัวเติมรวมทั้งชนิดและปริมาณของสารเชื่อมโยง ในพอลิพรอพิลีนคอมพอสิตไม่มีผลช่วยป้องกันการสลายตัวของพอลิเมอร์โดยรังสีอัลตราไวโอเล็ตเมื่อเทียบกับพอลิพรอพิลีน

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรศึกษาถึงประสิทธิภาพของมาเลอิกแอนไฮไดรด์ในการใช้เป็นสารเชื่อมโยงของพอลิพรอพิลีนคอมพอสิตที่มีการใช้เส้นใยสลาบลวงเป็นสารตัวเติมให้ละเอียดมากกว่านี้ โดยการปรับอัตราส่วนของมาเลอิกแอนไฮไดรด์ที่ใช้
2. ควรปรับปรุงหาวิธีการผสมเส้นใยกับพลาสติกที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยอาจใช้เครื่องอัดรีด (EXTRUDER)
3. ควรมีการศึกษาประสิทธิภาพของสารเชื่อมโยงชนิดอื่นที่อาจเหมาะกับการใช้ปรับสภาพผิวของเส้นใยสลาบลวง

ภาคผนวก

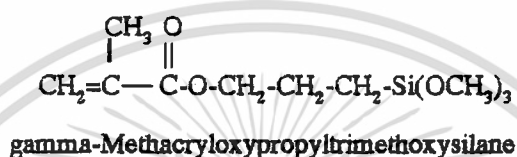
- ภาคผนวก ก. สมบัติทางกายภาพของสารเชื่อม โยงในการวิจัยนี้
- ภาคผนวก ข. รูปแสดงเทอร์โมแกรมของพอลิพรอพิลีนคอมพอสิตจากเครื่อง DSC
- ภาคผนวก ค. ตารางแสดงผลการทดสอบสมบัติทางเชิงกลและกราฟตัวอย่าง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

สมบัติทางกายภาพของสารเชื่อมโยงในการวิจัยนี้

Silane A-174

คุณสมบัติทางกายภาพ :

หมู่ฟังก์ชัน	
-กับ organic resin	Methacryloxy
-กับ inorganic resin	Methoxy
น้ำหนักโมเลกุล	248
ลักษณะทางกายภาพ	ของเหลวใส
ความถ่วงจำเพาะ (25°C)	1.04
ดัชนีหักเห (n _D 25°C)	1.429
จุดเดือด (°C)	255
จุดวาบไฟ (°C)	138
การละลายน้ำที่ pH 7	ไม่ละลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Maleic Anhydride

มาเลอิกแอนไฮไดรด์มีลักษณะเป็นผลึกไม่มีสี รูปร่างแบบออโรมบิก สามารถละลาย
ได้ดีในไดออกเซน และแอลกอฮอล์ สมบัติอื่นๆ ดังแสดงในตาราง

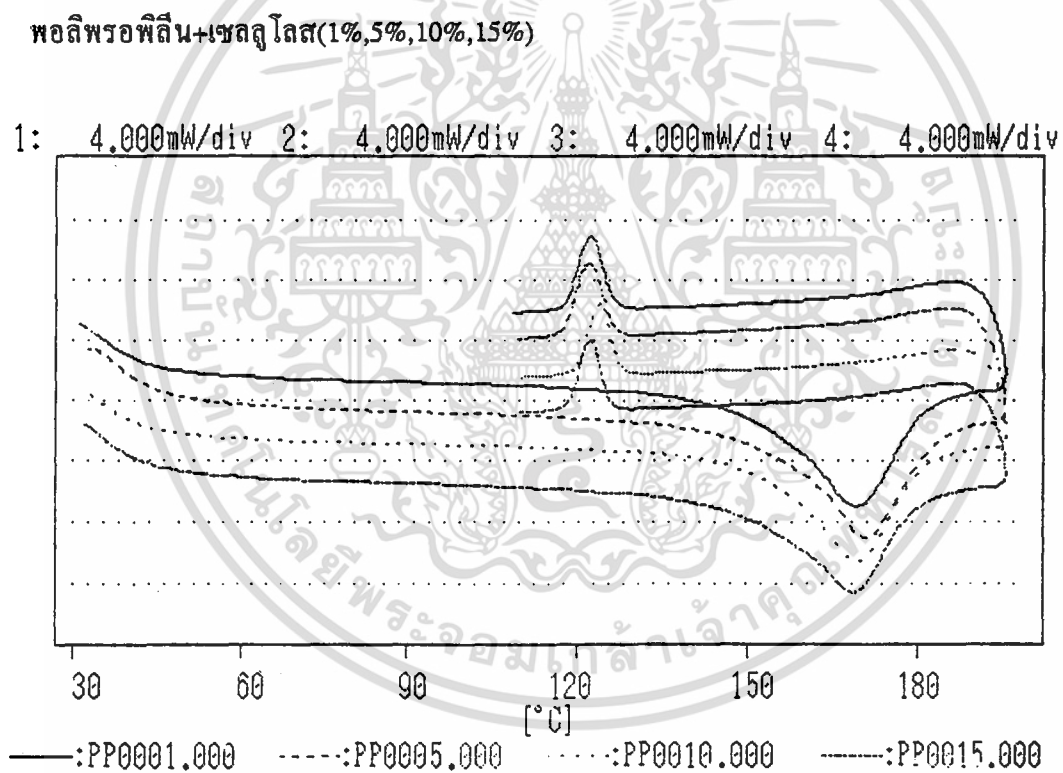
Physical Properties of Maleic Anhydride.

Property	Value
M.p., °C.....	52.8
B.p., °C.....	199.9
Sp.gr. (solid).....	1.43
n_D^{25} :	
α	1.4429
β	1.4781
γ	1.6384
Viscosity, millipoises:	
At 70°C.....	15.3
At 80°C.....	13.1
At 100°C.....	9.9
Sp.heat of:	
Solid.....	0.285
Liquid.....	0.396
Thermal properties, kg.-cal./gram-mole:	
Heat of fusion.....	2.75
Latent heat of vaporization.....	10.5
Heat of combustion.....	333.9
Heat of formation.....	112.2
Heat of soln. (of acid).....	-4.44
Heat of hydration (to acid).....	8.33
Soly. at 25°C., g./100 g. solvent:	
In benzene.....	50
In toluene.....	23.4
In <i>o</i> -xylene.....	19.4
In carbon tetrachloride.....	0.60
In chloroform.....	52.5
In ethyl acetate.....	112
In kerosene (b.p. 190-250°C.).....	0.25
In acetone.....	227

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

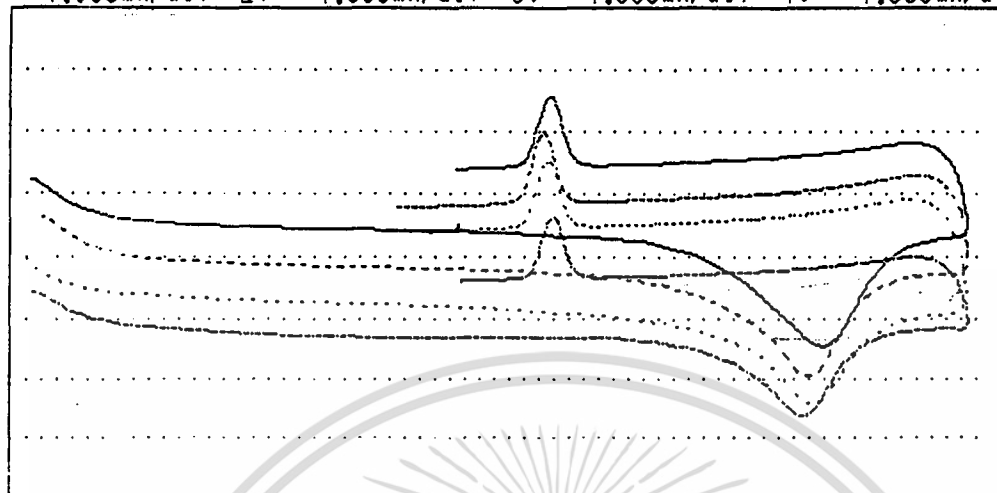
รูปแสดงเทอร์โมแกรมของพอลิพรอพิลีนคอมพอสิตจากเครื่อง DSC



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พอลิพรอพิลีน+เซลลูโลส(1%,5%,10%,15%)+Silane A-174

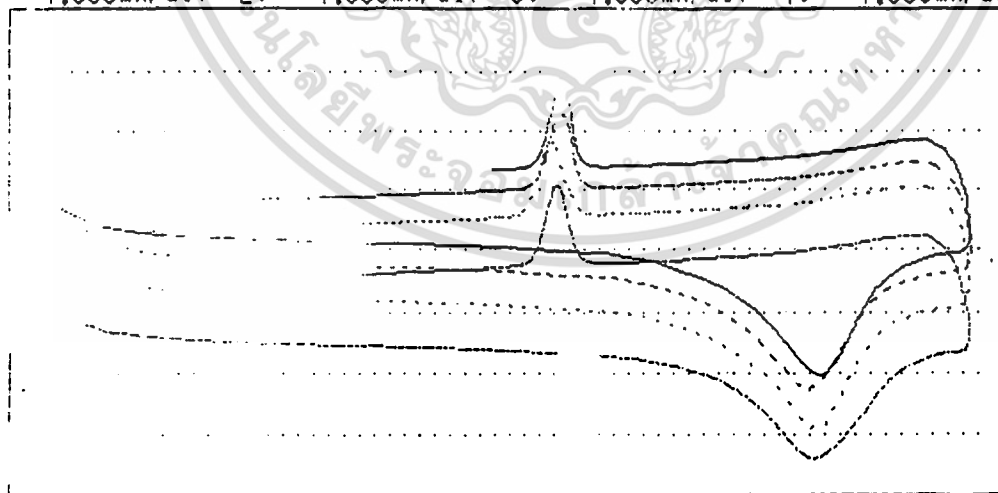
1: 4.000mW/div 2: 4.000mW/div 3: 4.000mW/div 4: 4.000mW/div



30 60 90 120 150 180
[°C]
—:PP0401.000 - - - :PP0405.000 ····:PP0410.000 —:PP0415.000

พอลิพรอพิลีน+เซลลูโลส(1%,5%,10%,15%)+มาเลอิกแอนไฮไดรด์

1: 4.000mW/div 2: 4.000mW/div 3: 4.000mW/div 4: 4.000mW/div



30 60 90 120 150 180
[°C]
—:PPMA01.000 - - - :PPMA05.000 ····:PPMA10.000 —:PPMA15.000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

ตารางแสดงผลการทดสอบสมบัติทางเชิงกล

พอลิพรอพิลีน

	MAXIMUM STRESS (Kgf/mm ²)	ELONGATION (%)	TOUGHNESS (Kgf-mm)	MODULUS (Kgf/mm ²)
SAMPLE 1	10.42	66.89	1073	771.1
SAMPLE 2	10.69	42.78	839.5	509.9
SAMPLE 3	10.67	52.14	247.8	392.1
SAMPLE 4	11.39	119.7	167.4	495.3
SAMPLE 5	11.35	218.6	1082	510.5
SAMPLE 6	14.92	24.06	608.9	387.4
SAMPLE 7	10.86	25.79	143.3	549.7
SAMPLE 8	13.84	35.92	581.8	508.2
MEAN	11.77	73.235	592.963	515.025

พอลิพรอพิลีน + เซลลูโลส 1%

	MAXIMUM STRESS (Kgf/mm ²)	ELONGATION (%)	TOUGHNESS (Kgf-mm)	MODULUS (Kgf/mm ²)
SAMPLE 1	8.383	6.682	143.5	464.9
SAMPLE 2	9.236	9.339	295.1	485.9
SAMPLE 3	9.817	8.009	269.3	674.8
SAMPLE 4	9.093	8.608	281.7	542.0
SAMPLE 5	8.897	6.646	216.9	476.1
SAMPLE 6	9.005	7.540	216.4	463.0
SAMPLE 7	8.792	4.107	109.9	482.5
SAMPLE 8	8.761	6.534	179.2	420.8
MEAN	8.998	7.183	214.0	501.25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใช้ได้เห็นใบใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พอลิพรอพิลีน +เซตลูโลส 5%

	MAXIMUM STRESS (Kgf/mm ²)	ELONGATION (%)	TOUGHNESS (Kgf-mm)	MODULUS (Kgf/mm ²)
SAMPLE 1	7.730	4.833	62.73	311.9
SAMPLE 2	8.280	16.65	221.7	171.2
SAMPLE 3	7.071	4.672	60.40	329.9
SAMPLE 4	7.653	11.38	140.5	496.7
SAMPLE 5	8.380	20.42	246.2	269.2
SAMPLE 6	7.275	8.442	97.25	262.5
SAMPLE 7	7.469	5.834	82.00	576.2
SAMPLE 8	7.634	3.861	61.57	540.7
MEAN	7.687	9.51	121.54	369.79

พอลิพรอพิลีน +เซตลูโลส 10%

	MAXIMUM STRESS (Kgf/mm ²)	ELONGATION (%)	TOUGHNESS (Kgf-mm)	MODULUS (Kgf/mm ²)
SAMPLE 1	5.640	4.467	35.97	147.3
SAMPLE 2	8.152	4.826	52.99	186.2
SAMPLE 3	5.966	5.077	50.32	172.9
SAMPLE 4	6.145	5.256	49.54	102.6
SAMPLE 5	7.362	7.370	89.68	205.7
SAMPLE 6	7.174	9.992	105.6	191.1
SAMPLE 7	6.630	4.415	45.02	151.6
SAMPLE 8	8.206	8.891	131.3	145.5
MEAN	6.909	6.863	70.05	162.86

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พอลิพรอพิลีน +เซลลูโลส 15%

	MAXIMUM STRESS (Kgf/mm ²)	ELONGATION (%)	TOUGHNESS (Kgf-mm)	MODULUS (Kgf/mm ²)
SAMPLE 1	5.136	5.440	51.10	123.5
SAMPLE 2	4.860	5.229	37.97	119.0
SAMPLE 3	5.368	4.462	30.78	212.6
SAMPLE 4	5.545	5.297	35.77	119.9
SAMPLE 5	5.498	4.858	36.10	177.4
SAMPLE 6	5.049	6.719	49.60	148.3
SAMPLE 7	5.286	5.504	40.44	116.2
SAMPLE 8	5.012	4.143	23.20	112.2
MEAN	5.219	5.210	38.12	141.14

พอลิพรอพิลีน +เซลลูโลส 1% +SILANE A-174 4%

	MAXIMUM STRESS (Kgf/mm ²)	ELONGATION (%)	TOUGHNESS (Kgf-mm)	MODULUS (Kgf/mm ²)
SAMPLE 1	6.692	14.73	134.4	59.02
SAMPLE 2	6.676	6.273	83.90	54.38
SAMPLE 3	6.784	0.0462	44.58	152.4
SAMPLE 4	0.8612	6.937	56.14	14.41
SAMPLE 5	1.382	7.518	98.74	39.24
SAMPLE 6	1.408	11.45	175.9	5.608
SAMPLE 7	1.201	10.29	101.7	37.93
SAMPLE 8	1.501	6.261	85.16	17.46
MEAN	1.501	6.261	97.57	47.55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พอลิพรอพิลีน +เซลลูโลส 5% +SILANE A-174 4%

	MAXIMUM STRESS (Kgf/mm ²)	ELONGATION (%)	TOUGHNESS (Kgf-mm)	MODULUS (Kgf/mm ²)
SAMPLE 1	7.057	5.906	61.28	273.1
SAMPLE 2	6.216	7.874	84.18	196.4
SAMPLE 3	4.549	0.1810	9.964	243.9
SAMPLE 4	6.430	6.271	66.36	98.02
SAMPLE 5	6.298	0.7324	10.60	97.76
SAMPLE 6	6.837	3.971	36.98	160.8
SAMPLE 7	6.764	3.326	29.74	213.9
SAMPLE 8	7.091	5.571	55.29	208.6
MEAN	6.405	4.23	44.30	186.56

พอลิพรอพิลีน +เซลลูโลส 10% +SILANE A-174 4%

	MAXIMUM STRESS (Kgf/mm ²)	ELONGATION (%)	TOUGHNESS (Kgf-mm)	MODULUS (Kgf/mm ²)
SAMPLE 1	5.67	0.7413	27.03	169.0
SAMPLE 2	6.209	0.3306	26.30	244.3
SAMPLE 3	7.084	1.076	51.97	236.8
SAMPLE 4	5.187	0.6655	18.89	165.3
SAMPLE 5	3.490	0.1827	12.06	228.3
SAMPLE 6	7.279	0.7638	42.65	120.8
SAMPLE 7	7.920	0.6393	51.11	213.5
SAMPLE 8	6.260	0.5553	26.44	208.1
MEAN	6.137	2.477	32.06	198.26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พอลิพรอพิลีน +เซลลูโลส 15% +SILANE A-174 4%

	MAXIMUM STRESS (Kgf/mm ²)	ELONGATION (%)	TOUGHNESS (Kgf-mm)	MODULUS (Kgf/mm ²)
SAMPLE 1	3.143	0.3326	13.88	219.0
SAMPLE 2	5.675	1.198	16.78	128.6
SAMPLE 3	5.452	1.608	16.95	177.0
SAMPLE 4	5.159	1.4885	20.48	21.82
SAMPLE 5	5.872	0.3829	18.02	184.2
SAMPLE 6	6.532	2.333	18.30	144.0
SAMPLE 7	7.442	2.4413	33.78	52.48
SAMPLE 8	7.046	2.762	28.15	283.3
MEAN	5.790	1.568	20.79	151.3

พอลิพรอพิลีน +เซลลูโลส 1% +SILANE A-174 6%

	MAXIMUM STRESS (Kgf/mm ²)	ELONGATION (%)	TOUGHNESS (Kgf-mm)	MODULUS (Kgf/mm ²)
SAMPLE 1	8.260	10.30	105.0	134.5
SAMPLE 2	8.760	13.21	118.1	251.0
SAMPLE 3	7.489	5.864	60.45	187.5
SAMPLE 4	6.618	3.258	35.74	268.6
SAMPLE 5	8.629	19.349	258.1	62.49
SAMPLE 6	6.053	11.21	105.7	55.61
SAMPLE 7	7.947	7.7823	88.70	27.90
SAMPLE 8	7.111	17.11	112.9	111.6
MEAN	7.608	11.01	11059	137.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พอลิพรอพิลีน +เซลลูโลส 5% +SILANE A-174 6%

	MAXIMUM STRESS (Kgf/mm ²)	ELONGATION (%)	TOUGHNESS (Kgf-mm)	MODULUS (Kgf/mm ²)
SAMPLE 1	7.057	6.440	93.63	11.25
SAMPLE 2	7.838	7.012	106.7	41.84
SAMPLE 3	7.202	1.770	33.65	40.85
SAMPLE 4	6.272	1.875	17.18	225.2
SAMPLE 5	4.461	2.4369	25.55	62.01
SAMPLE 6	7.233	5.436	71.08	196.2
SAMPLE 7	7.573	8.8863	137.6	56.93
SAMPLE 8	6.895	3.079	49.57	921.6
MEAN	6.816	4.614	66.87	194.49

พอลิพรอพิลีน +เซลลูโลส 10% +SILANE A-174 6%

	MAXIMUM STRESS (Kgf/mm ²)	ELONGATION (%)	TOUGHNESS (Kgf-mm)	MODULUS (Kgf/mm ²)
SAMPLE 1	4.894	2.853	21.43	75.62
SAMPLE 2	5.792	2.261	18.88	125.3
SAMPLE 3	6.135	3.798	34.26	230.6
SAMPLE 4	2.094	1.064	4.355	97.46
SAMPLE 5	4.622	2.443	17.77	122.8
SAMPLE 6	4.584	4.099	30.49	216.8
SAMPLE 7	4.406	2.7193	18.96	231.5
SAMPLE 8	4.205	4.531	37.57	203.9
MEAN	4.592	2.971	22.964	162.998

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พอลิพรอพิลีน +เซลดูโลส 15% +SILANE A-174 6%

	MAXIMUM STRESS (Kgf/mm ²)	ELONGATION (%)	TOUGHNESS (Kgf-mm)	MODULUS (Kgf/mm ²)
SAMPLE 1	4.373	5.708	37.08	149.1
SAMPLE 2	7.169	3.727	41.37	170.3
SAMPLE 3	8.009	2.453	37.26	200.2
SAMPLE 4	8.357	4.031	53.35	281.8
SAMPLE 5	3.729	1.889	17.56	94.34
SAMPLE 6	4.130	5.437	37.95	186.1
SAMPLE 7	4.190	2.0233	13.20	86.46
SAMPLE 8	3.130	3.530	16.44	60.80
MEAN	5.386	3.591	31.776	153.638

พอลิพรอพิลีน +เซลดูโลส 1% +MALEIC ANHYDRIDE

	MAXIMUM STRESS (Kgf/mm ²)	ELONGATION (%)	TOUGHNESS (Kgf-mm)	MODULUS (Kgf/mm ²)
SAMPLE 1	6.001	9.987	99.31	129.4
SAMPLE 2	7.068	5.849	60.94	121.9
SAMPLE 3	6.434	6.397	58.33	155.2
SAMPLE 4	7.747	8.862	85.88	142.2
SAMPLE 5	6.759	8.657	73.34	83.25
SAMPLE 6	6.966	9.845	75.43	247.9
SAMPLE 7	6.634	15.533	144.8	69.01
SAMPLE 8	6.151	5.775	42.89	210.7
MEAN	6.720	8.863	80.115	144.945

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พอลิพรอพิลีน +เซลลูลอส 5% +MALEIC ANHYDRIDE

	MAXIMUM STRESS (Kgf/mm ²)	ELONGATION (%)	TOUGHNESS (Kgf-mm)	MODULUS (Kgf/mm ²)
SAMPLE 1	8.360	9.354	324.5	553.3
SAMPLE 2	8.334	4.113	135.7	380.7
SAMPLE 3	7.990	2.879	90.23	335.8
SAMPLE 4	8.542	5.496	192.7	354.3
SAMPLE 5	7.780	5.091	153.0	449.9
SAMPLE 6	7.800	9.858	147.4	236.3
SAMPLE 7	8.095	9.459	153.5	304.2
SAMPLE 8	8.297	8.230	136.3	275.2
MEAN	8.150	6.810	166.67	361.21

พอลิพรอพิลีน +เซลลูลอส 10% +MALEIC ANHYDRIDE

	MAXIMUM STRESS (Kgf/mm ²)	ELONGATION (%)	TOUGHNESS (Kgf-mm)	MODULUS (Kgf/mm ²)
SAMPLE 1	5.695	6.345	55.80	111.3
SAMPLE 2	4.972	8.249	65.15	134.1
SAMPLE 3	4.710	3.317	24.26	229.4
SAMPLE 4	4.041	3.194	24.64	205.0
SAMPLE 5	5.031	5.217	43.32	34.55
SAMPLE 6	4.890	3.464	30.19	66.41
SAMPLE 7	5.570	4.195	33.55	178.6
SAMPLE 8	5.538	8.407	78.94	185.4
MEAN	5.056	5.160	44.480	143.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พอลิพรอพิลีน +เซลลูลอส 15% +MALEIC ANHYDRIDE

	MAXIMUM STRESS (Kgf/mm ²)	ELONGATION (%)	TOUGHNESS (Kgf-mm)	MODULUS (Kgf/mm ²)
SAMPLE 1	5.695	6.345	55.80	111.3
SAMPLE 2	4.972	8.249	65.15	134.1
SAMPLE 3	4.710	3.317	24.26	229.4
SAMPLE 4	4.041	3.194	24.64	205.0
SAMPLE 5	5.031	5.217	43.32	34.55
SAMPLE 6	4.890	3.464	30.19	66.41
SAMPLE 7	5.570	4.195	33.55	178.6
SAMPLE 8	5.538	8.407	78.94	185.4
MEAN	5.056	5.160	44.480	143.10

พอลิพรอพิลีน (ผ่านการอบรังสีอัลตราไวโอเลต)

	MAXIMUM STRESS (Kgf/mm ²)	ELONGATION (%)	TOUGHNESS (Kgf-mm)	MODULUS (Kgf/mm ²)
SAMPLE 1	8.677	4.566	84.26	172.3
SAMPLE 2	8.272	9.228	171.3	195.5
SAMPLE 3	8.377	7.864	165.5	136.1
SAMPLE 4	8.182	10.04	210.9	67.57
SAMPLE 5	7.908	6.131	120.2	316.4
SAMPLE 6	6.643	3.785	49.54	121.2
SAMPLE 7	7.025	5.335	81.33	18.02
SAMPLE 8	5.974	4.166	50.20	76.61
MEAN	7.632	6.389	116.65	137.96

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พอลิพรอพิลีน + เซลลูโลส 5% +SILANE A-174 4% (ผ่านการอบรังสีอัลตราไวโอเล็ต)

	MAXIMUM STRESS (Kgf/mm ²)	ELONGATION (%)	TOUGHNESS (Kgf-mm)	MODULUS (Kgf/mm ²)
SAMPLE 1	6.605	2.809	36.98	57.97
SAMPLE 2	8.298	4.248	63.24	40.72
SAMPLE 3	7.967	3.904	46.71	220.9
SAMPLE 4	7.549	3.867	46.67	164.6
SAMPLE 5	6.814	3.675	47.08	121.6
SAMPLE 6	8.225	5.293	73.10	207.3
SAMPLE 7	8.380	1.354	15.42	142.5
SAMPLE 8	7.423	1.526	18.17	291.1
MEAN	7.658	3.334	43.42	155.84

พอลิพรอพิลีน + เซลลูโลส 5% +SILANE A-174 6% (ผ่านการอบรังสีอัลตราไวโอเล็ต)

	MAXIMUM STRESS (Kgf/mm ²)	ELONGATION (%)	TOUGHNESS (Kgf-mm)	MODULUS (Kgf/mm ²)
SAMPLE 1	7.875	5.371	69.21	143.0
SAMPLE 2	6.068	2.994	31.75	143.6
SAMPLE 3	7.788	4.009	59.68	164.6
SAMPLE 4	7.697	5.068	64.71	177.0
SAMPLE 5	7.945	3.941	54.68	239.9
SAMPLE 6	7.822	1.472	28.40	191.6
SAMPLE 7	8.193	6.117	104.5	194.5
SAMPLE 8	7.209	3.620	41.62	276.4
MEAN	7.575	4.074	56.82	191.33

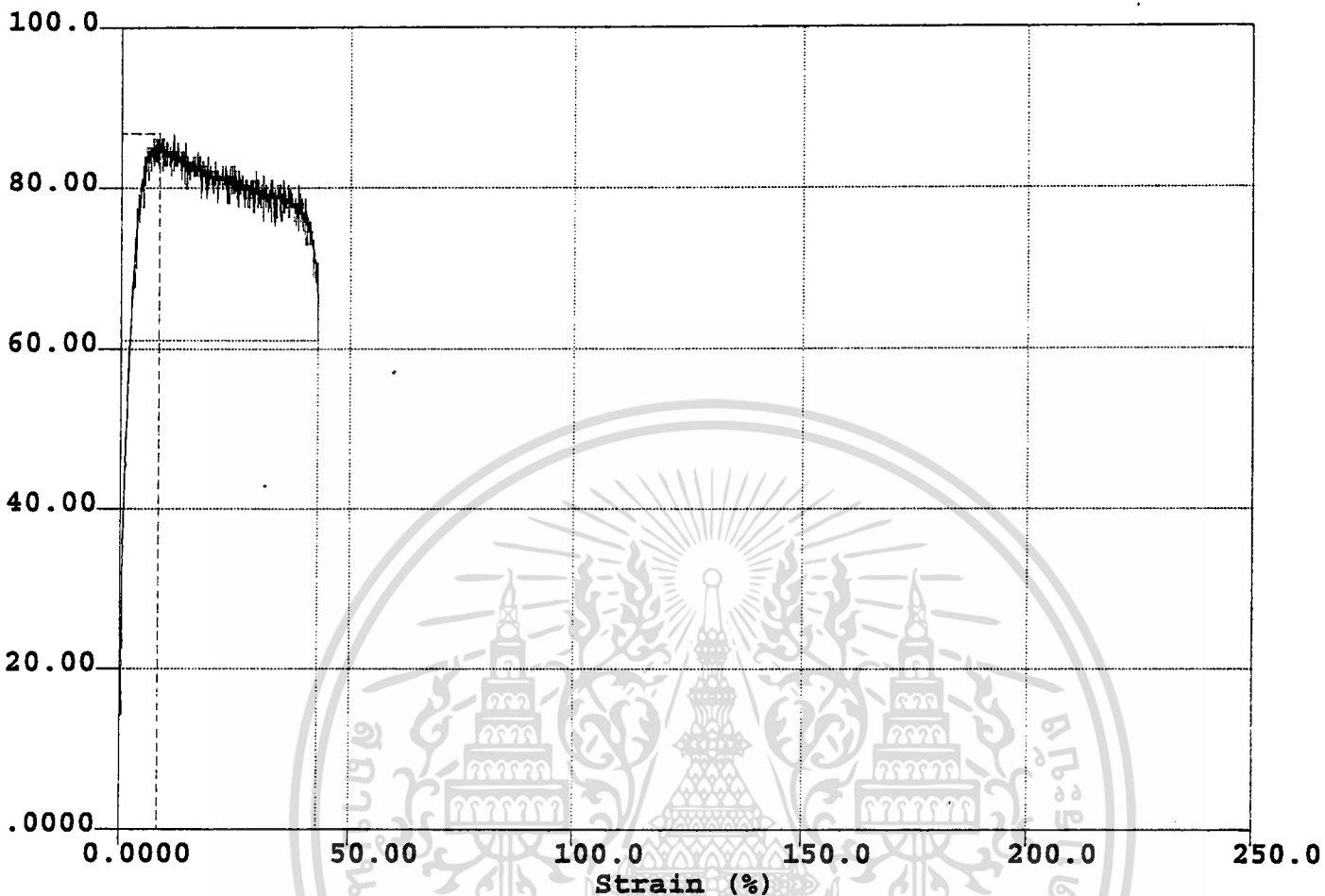
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พอลิพรอพิลีน + เซลลูโลส 5% +MALEIC ANHYDRIDE (ผ่านการอบรังสีอุตสาหกรรม)

	MAXIMUM STRESS (Kgf/mm ²)	ELONGATION (%)	TOUGHNESS (Kgf-mm)	MODULUS (Kgf/mm ²)
SAMPLE 1	7.625	7.283	113.9	163.6
SAMPLE 2	9.754	-	320.4	149.9
SAMPLE 3	8.141	7.254	120.4	169.2
SAMPLE 4	8.691	5.916	112.2	116.5
SAMPLE 5	7.696	7.629	128.5	98.67
SAMPLE 6	8.937	-	219.6	258.6
SAMPLE 7	8.471	6.653	118.5	115.0
SAMPLE 8	8.222	6.846	124.6	87.84
MEAN	8.442	6.517	115.35	125.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PP

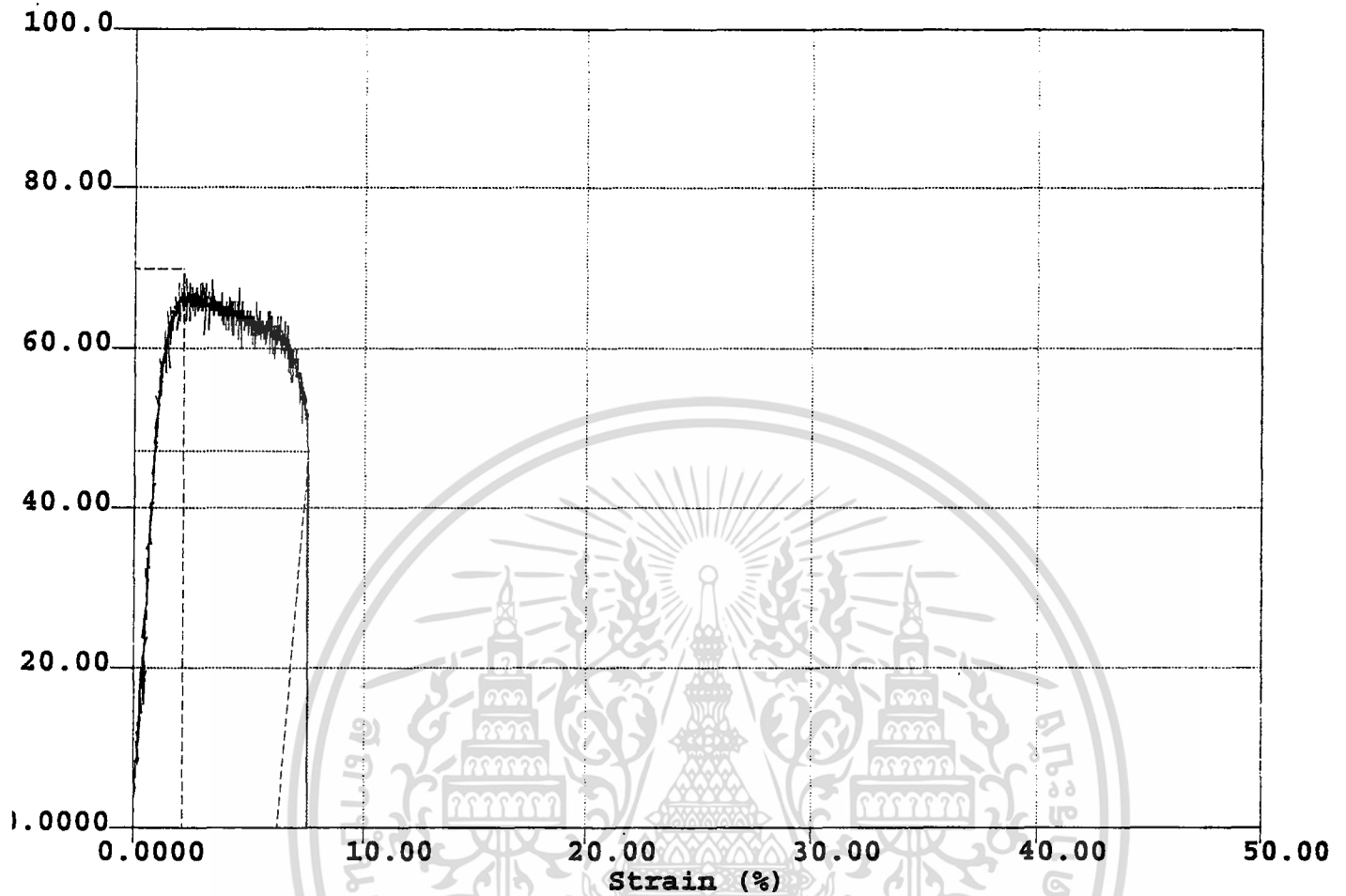


Fm	Rm	Ext @ Break	At	Work Done	E	Tensile Strength	Sample Width
kgf	kgf/mm ²	mm	%	kgf-mm	kgf/mm ²	kN/m	mm
86.77	10.69	10.70	42.78	839.5	505.9	145.5	5.85000

Sample
Thick'
mm
1.38800

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CELL1

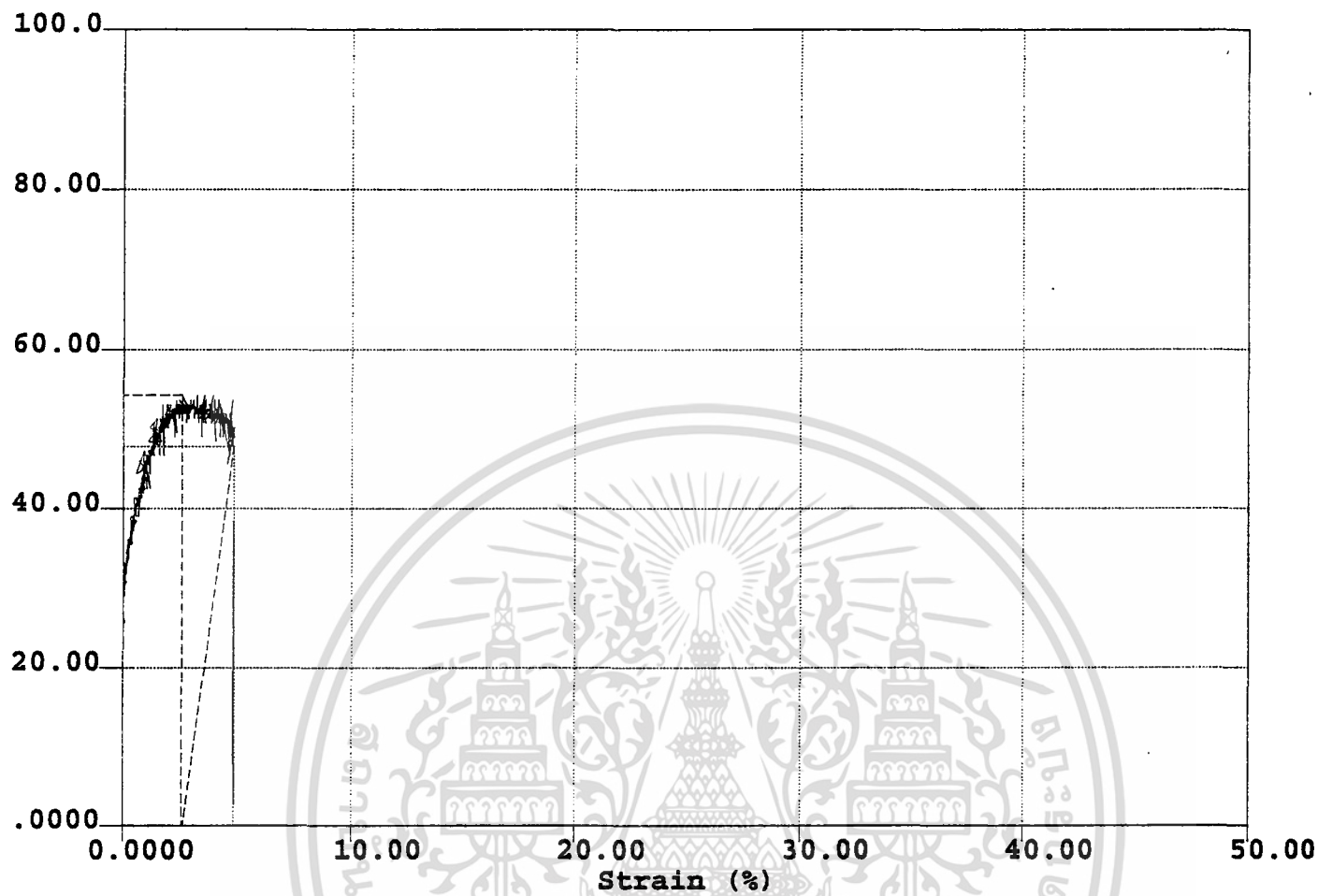


Fm	Rm	Ext @ Break	At	A	Work Done	E	Tensile Strength
kgf	kgf/mm ²	mm	%	%	kgf-mm	kgf/mm ²	kN/m
69.83	9.005	3.770	7.540	6.229	216.4	463.0	118.1

Sample Width	Sample Thick'
mm	mm
5.80000	1.33700

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CELL5

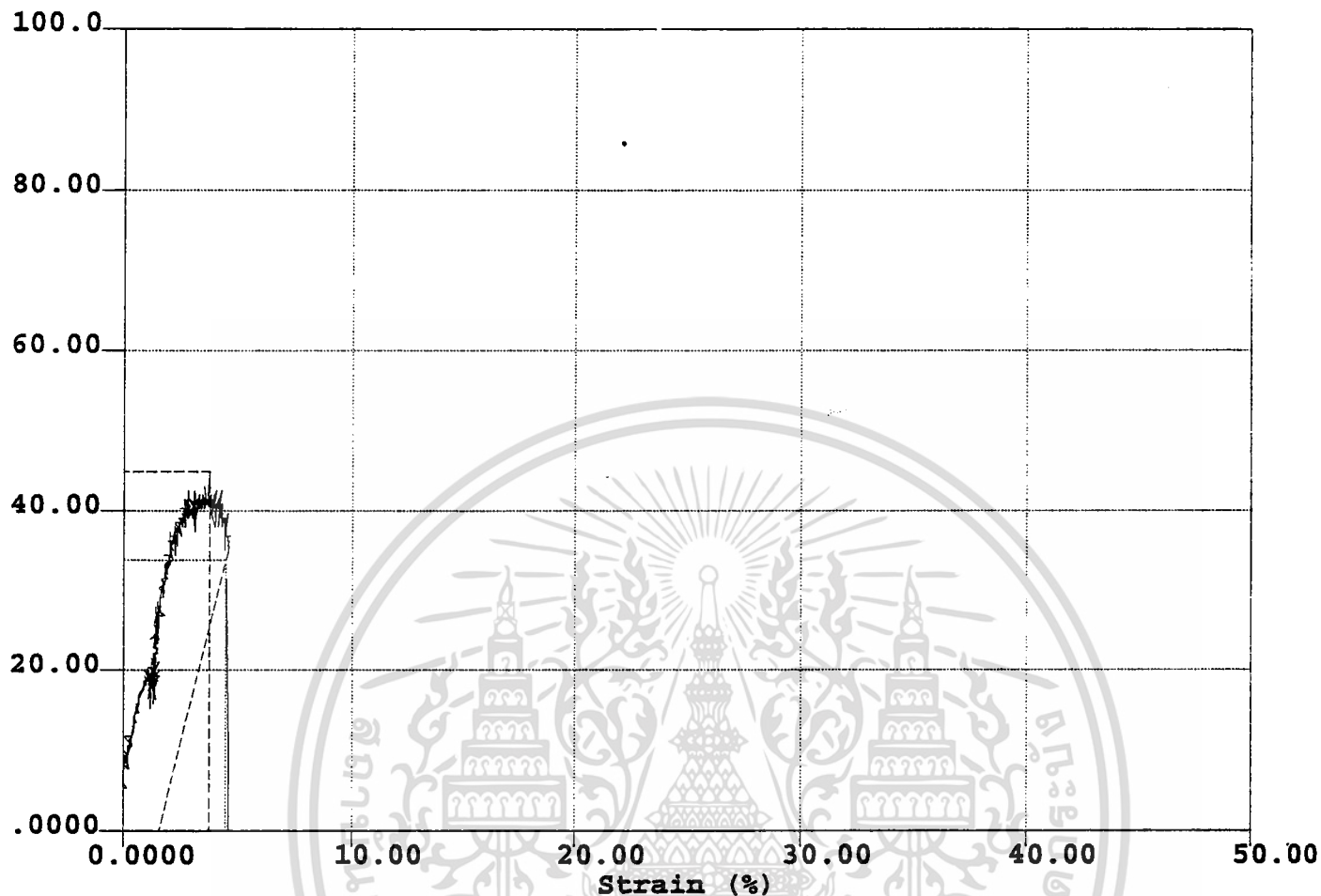


Fm	Rm	Ext @ Break	At	A	Work Done	E	Tensile Strength
kgf	kgf/mm ²	mm	%	%	kgf-mm	kgf/mm ²	kN/m
54.21	7.730	1.208	4.833	2.648	62.73	311.9	90.37

Sample Width	Sample Thick'
mm	mm
5.88300	1.19200

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CELL10

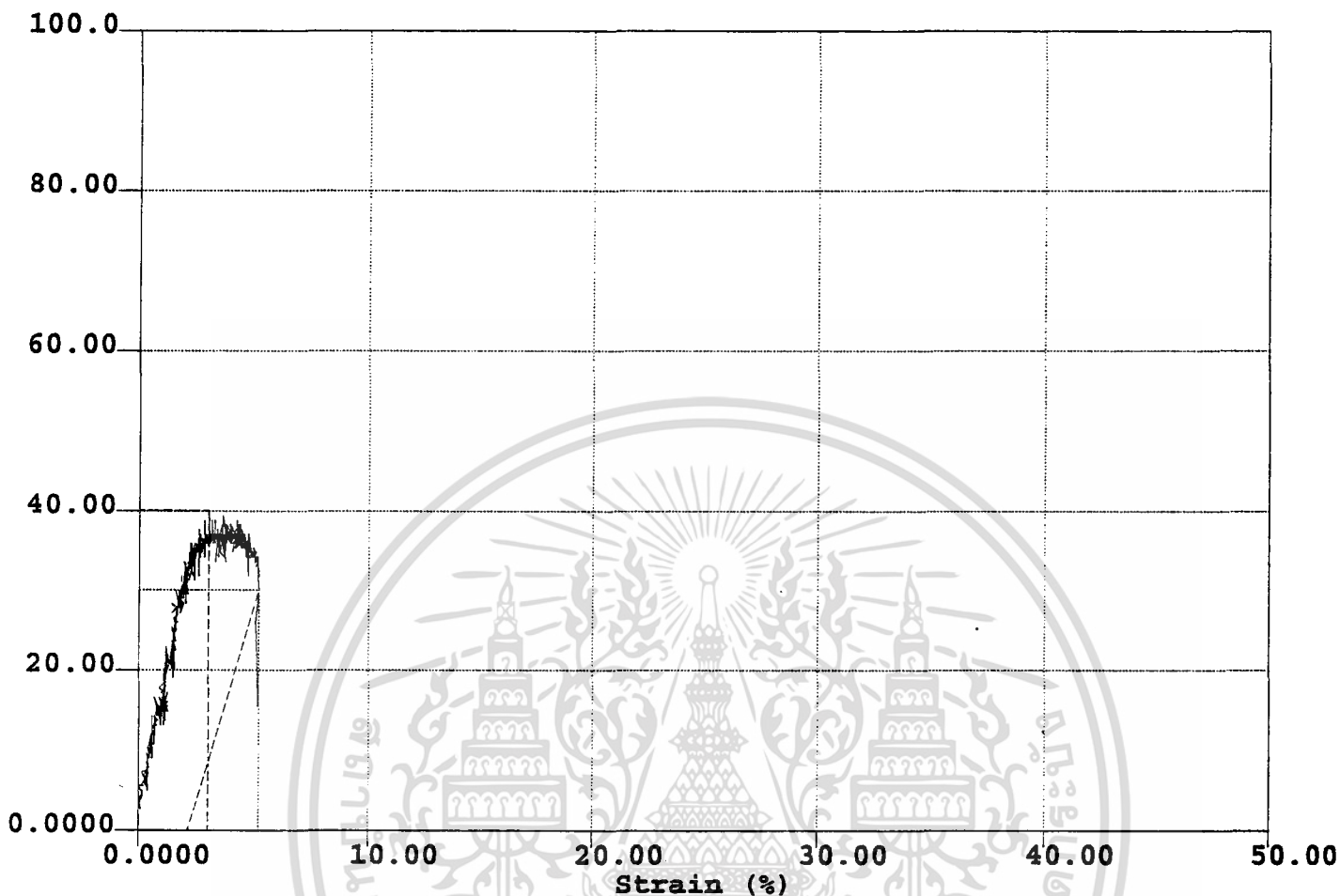


Fm	Rm	Ext @ Break	At	A	Work Done	E	Tensile Strength
kgf	kgf/mm ²	mm	%	%	kgf-mm	kgf/mm ²	kN/m
44.95	5.640	1.117	4.467	1.582	35.97	147.3	75.78

Sample Width	Sample Thick'
mm	mm
5.81700	1.37000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CELL15



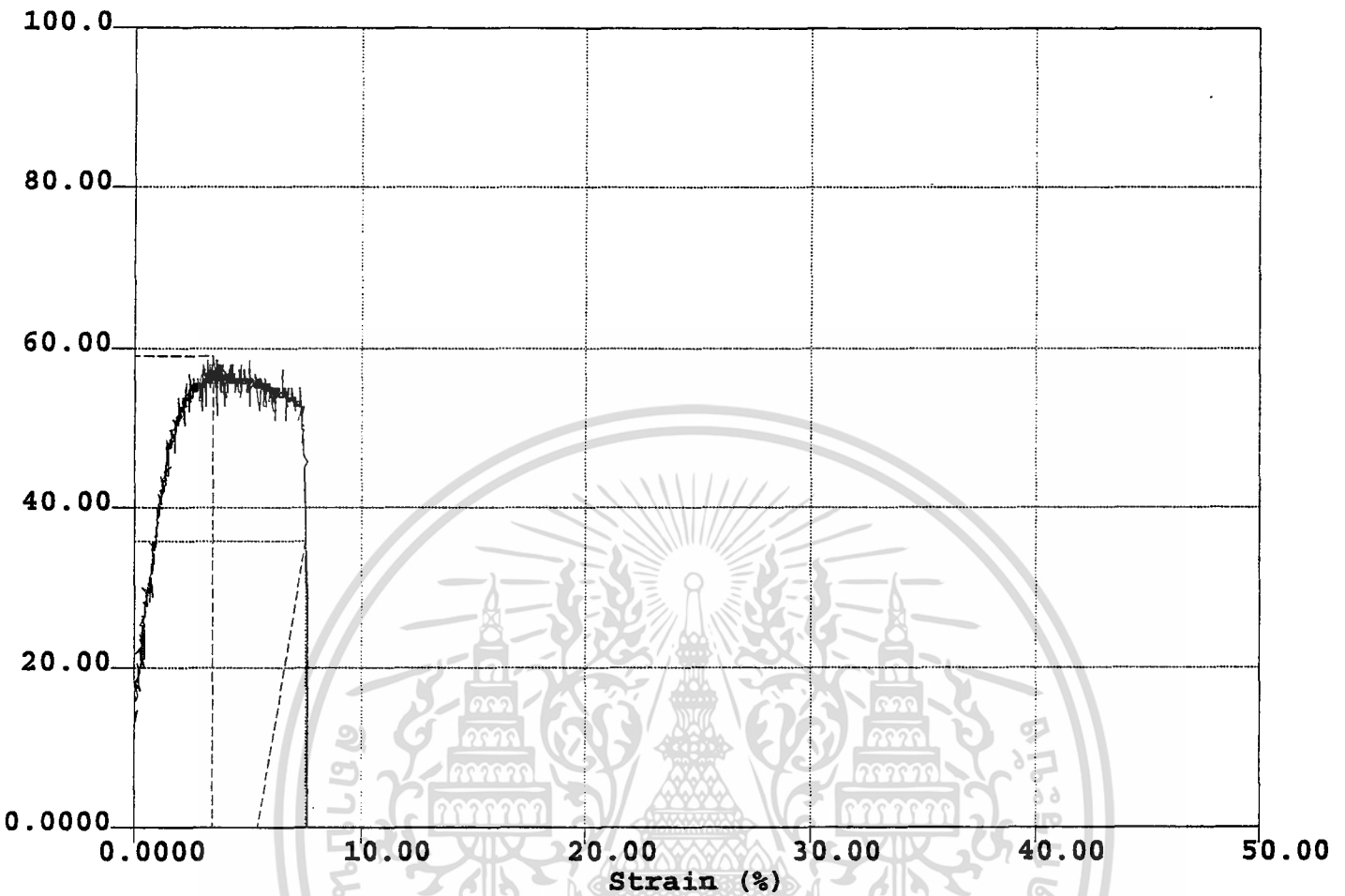
Fm	Rm	Ext @ Break	At	A	Work Done	E	Tensile Strength
kgf	kgf/mm ²	mm	%	%	kgf-mm	kgf/mm ²	kN/m
40.04	4.860	1.307	5.229	2.155	37.97	119.0	65.44

Sample Width mm
6.00000

Sample Thick' mm
1.37300

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SI4-1

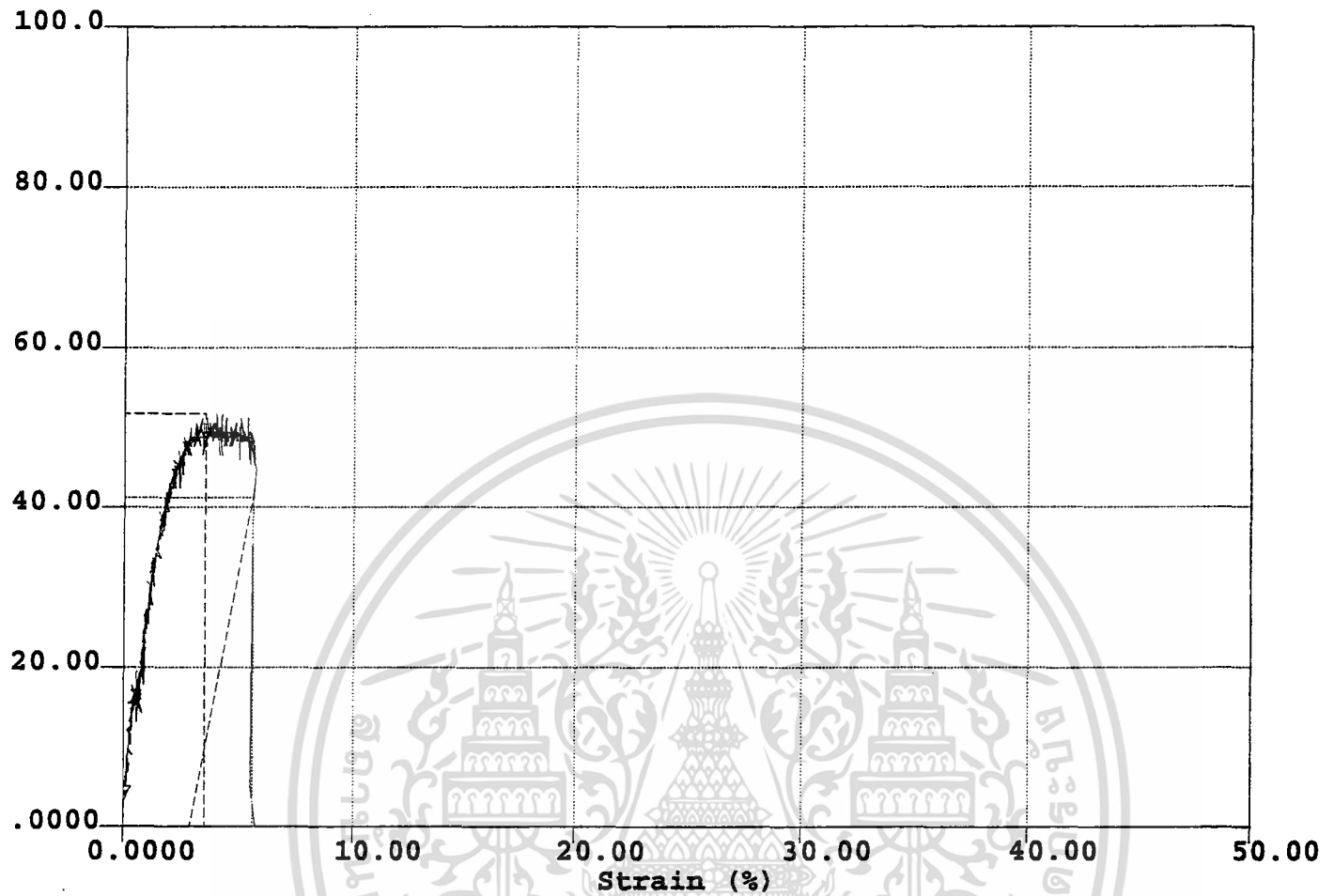


Fm	Rm	Ext @ Break	At	A	Work Done	E	Tensile Strength
kgf	kgf/mm ²	mm	%	%	kgf-mm	kgf/mm ²	kN/m
59.14	1.382	1.880	7.518	5.387	98.74	39.24	99.71

Sample Width	Sample Thick'
mm	mm
5.81700	7.35900

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SI4-5

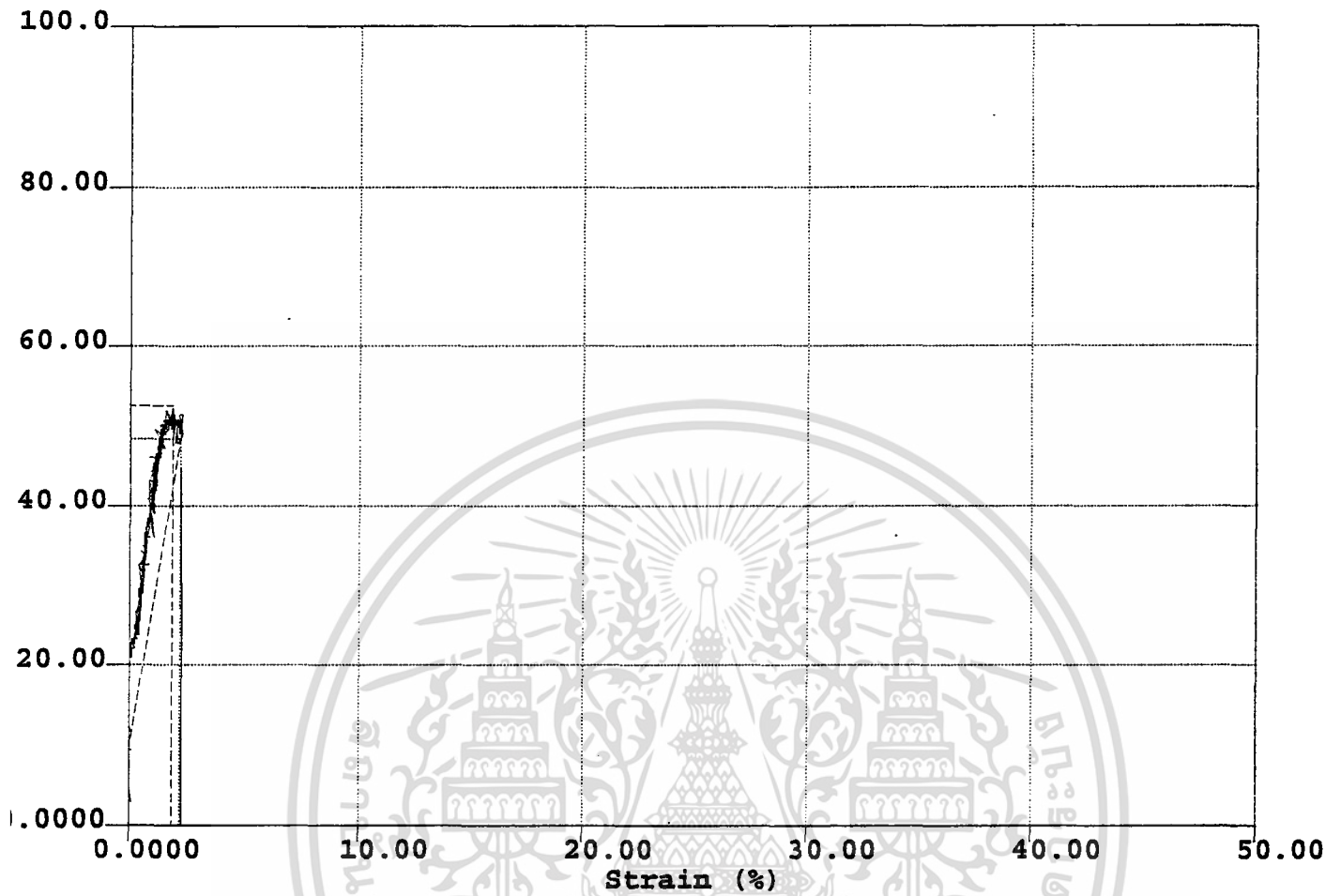


Fm	Rm	Ext @ Break	At	A	Work Done	E	Tensile Strength
kgf	kgf/mm ²	mm	%	%	kgf-mm	kgf/mm ²	kN/m
51.70	7.091	1.393	5.571	2.863	55.29	208.6	84.49

Sample Width	Sample Thick'
mm	mm
6.00000	1.21500

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SI-4-10

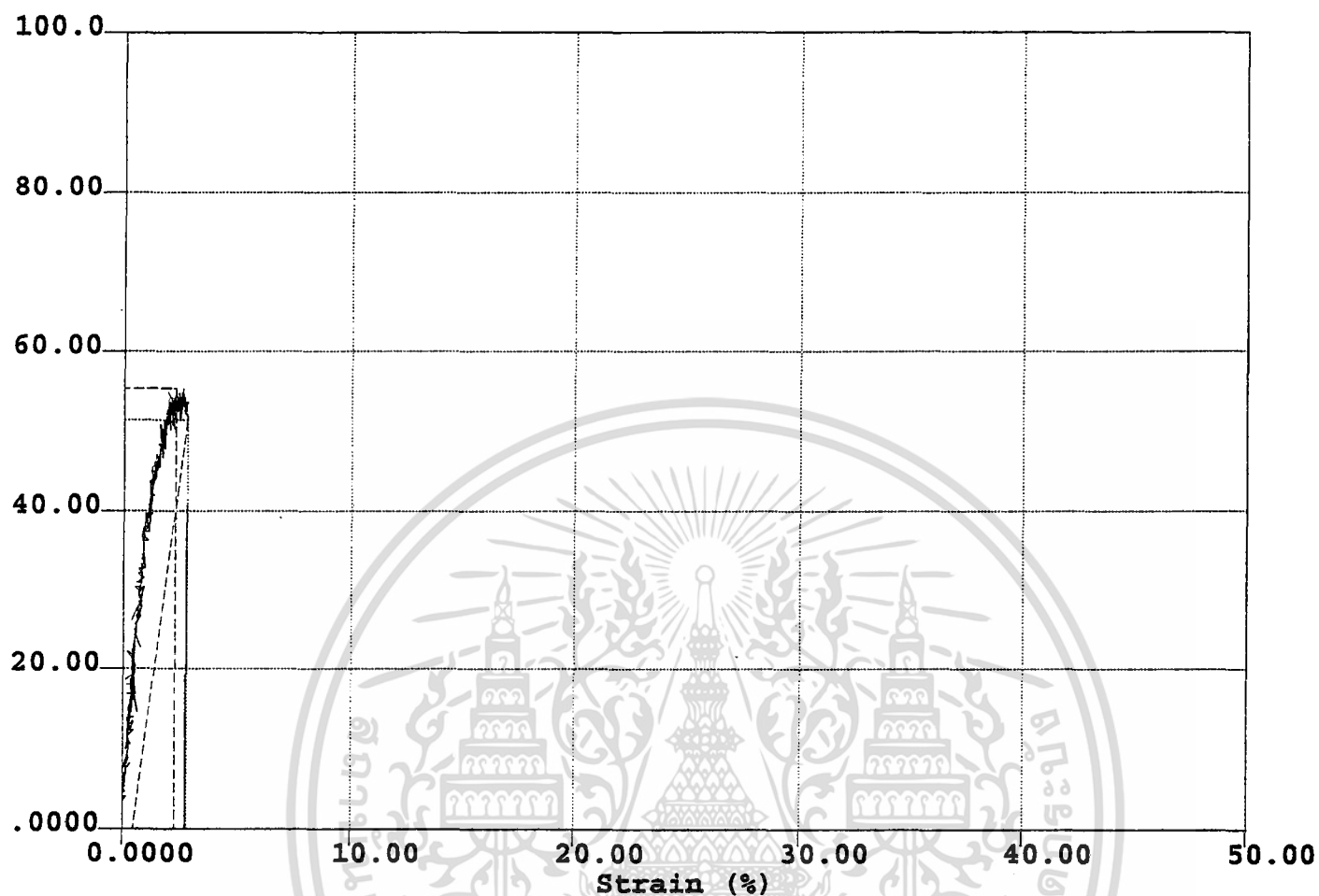


Fm	Rm	Ext @ Break	At	A	Work Done	E	Tensile Strength
kgf	kgf/mm ²	mm	%	%	kgf-mm	kgf/mm ²	kN/m
52.47	6.260	0.5553	2.221	-0.5534	26.44	208.1	85.76

Sample Width	Sample Thick'
mm	mm
6.00000	1.39700

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SI4-15

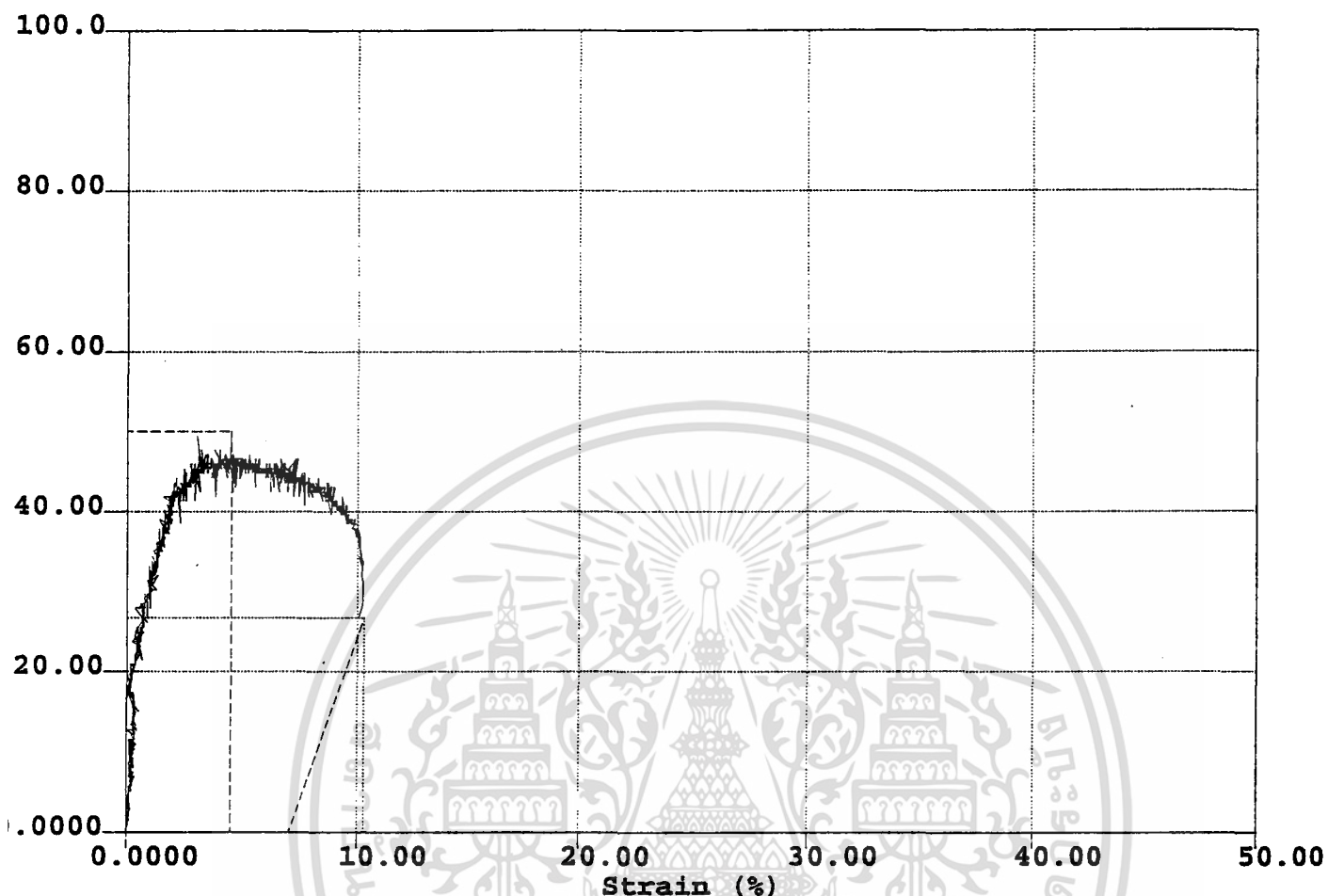


Fm	Rm	Ext @ Break	At	A	Work Done	E	Tensile Strength
kgf	kgf/mm ²	mm	%	%	kgf-mm	kgf/mm ²	kN/m
55.41	7.046	0.6905	2.762	0.4582	28.15	283.3	92.11

Sample Width	Sample Thick'
mm	mm
5.90000	1.33300

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SI6-1

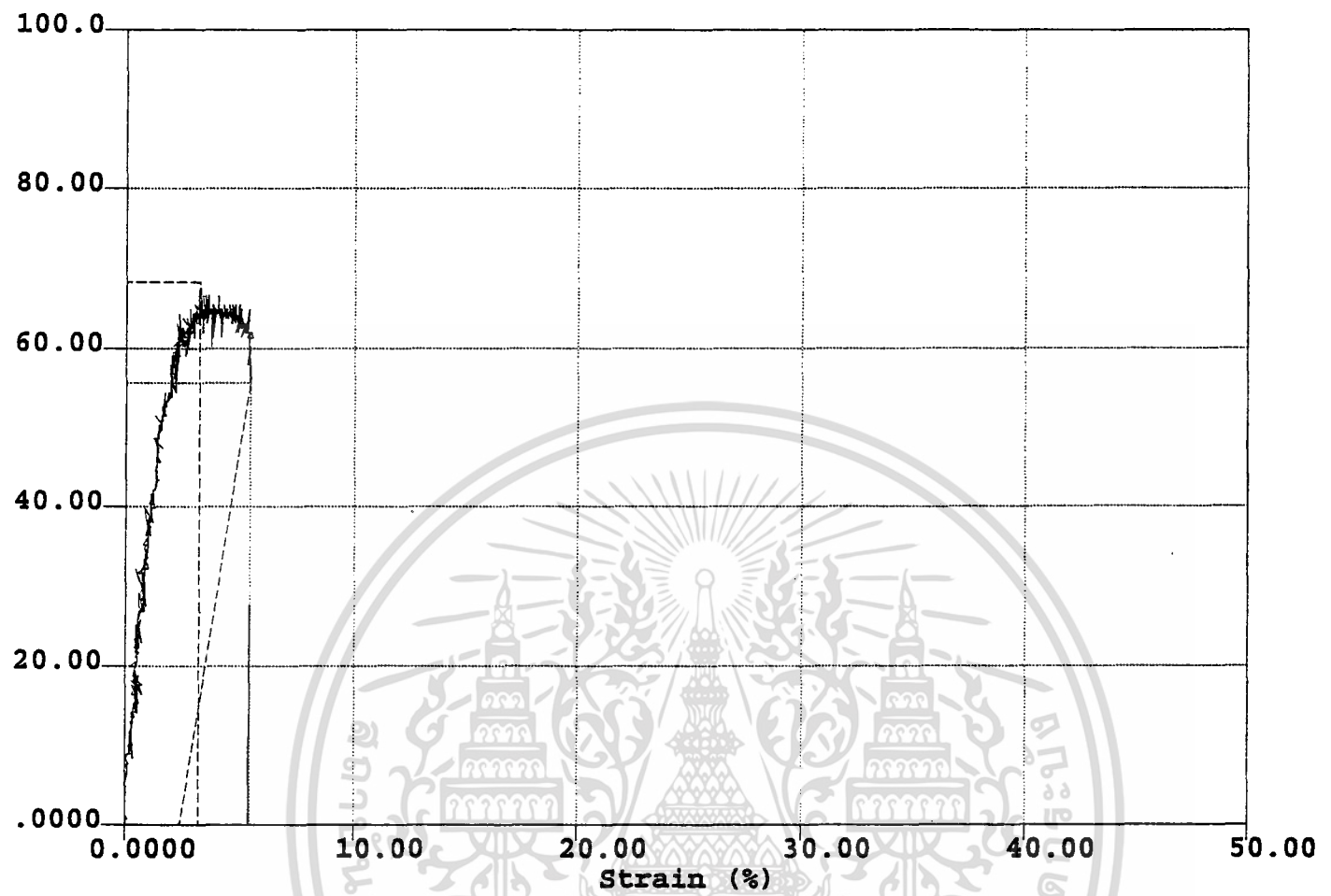


Fm	Rm	Ext @ Break	At	A	Work Done	E	Tensile Strength
kgf	kgf/mm ²	mm	%	%	kgf-mm	kgf/mm ²	kN/m
50.11	8.260	2.575	10.30	7.018	105.0	134.5	84.01

Sample Width	Sample Thick'
mm	mm
5.85000	1.03700

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SI6-5

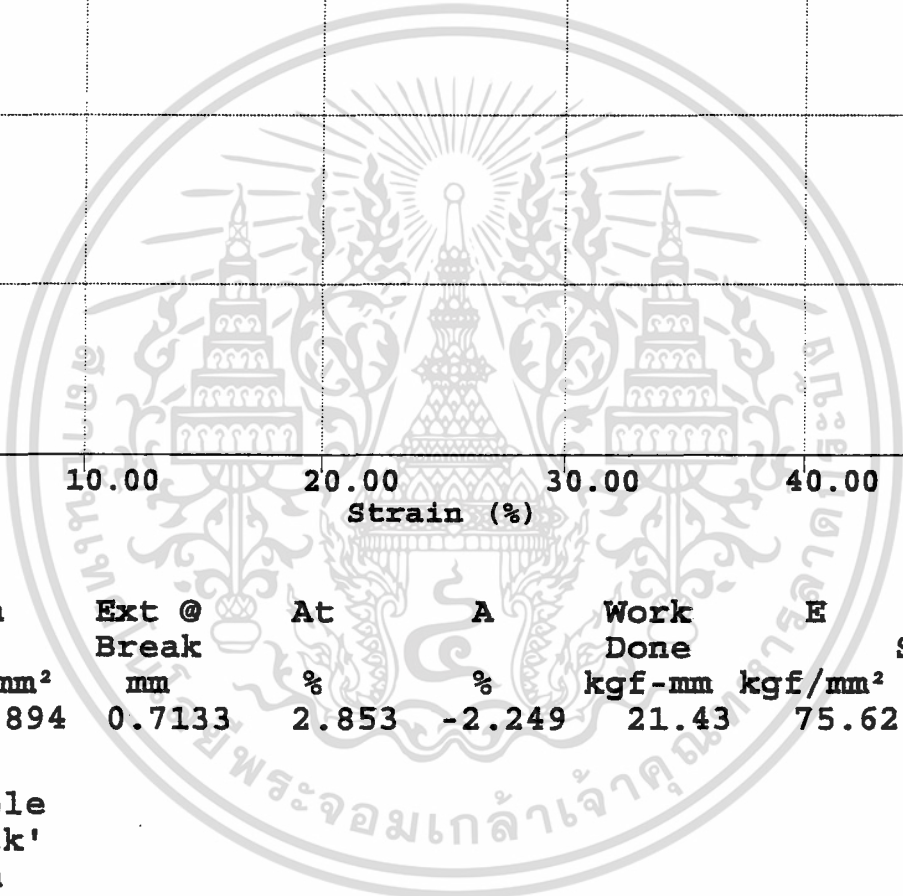
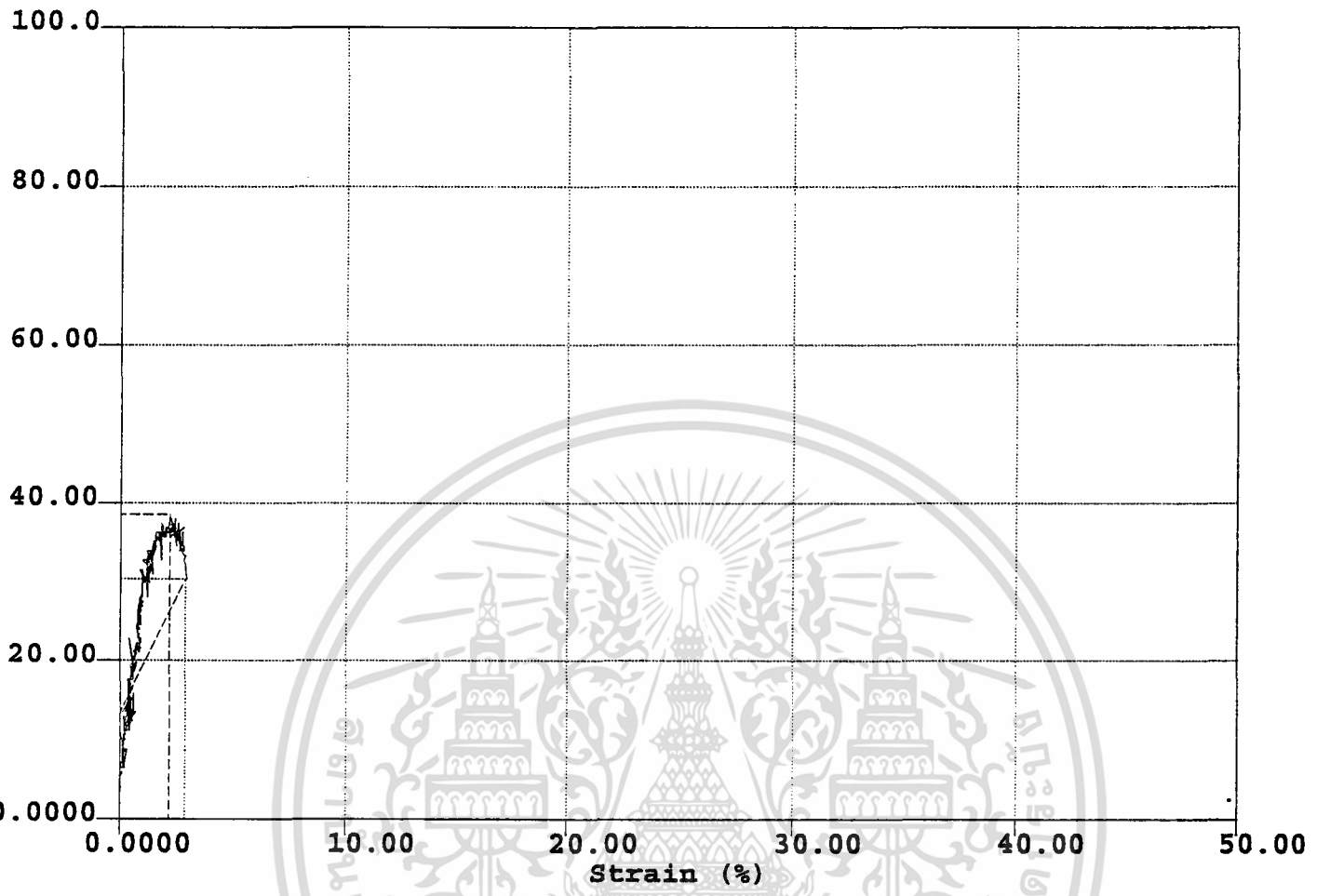


Fm	Rm	Ext @ Break	At	A	Work Done	E	Tensile Strength
kgf	kgf/mm ²	mm	%	%	kgf-mm	kgf/mm ²	kN/m
68.42	7.233	1.353	5.413	2.418	71.08	196.2	114.1

Sample Width	Sample Thick'
mm	mm
5.88300	1.60800

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SI6-10

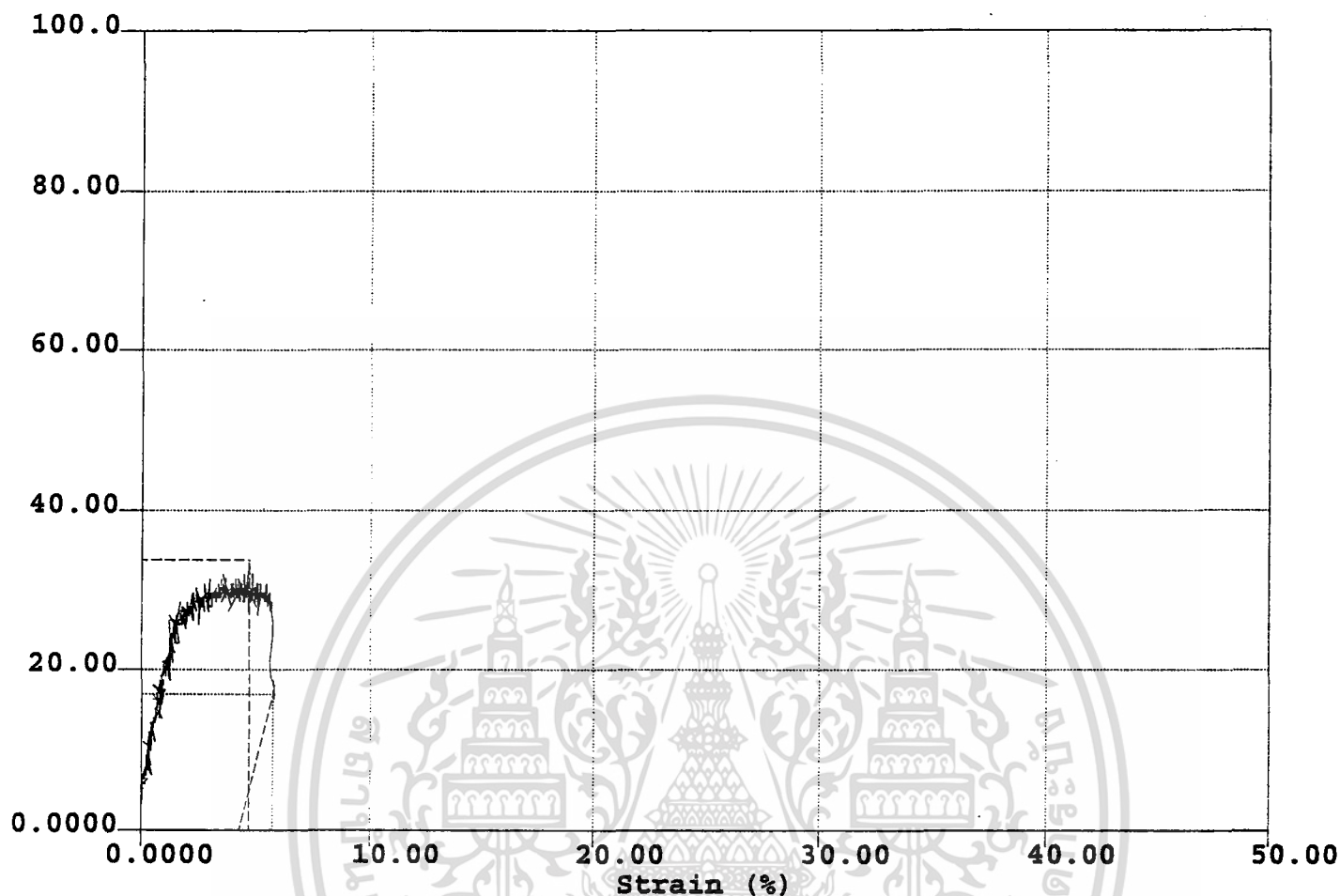


Fm	Rm	Ext @ Break	At	A	Work Done	E	Tensile Strength
kgf	kgf/mm ²	mm	%	%	kgf-mm	kgf/mm ²	kN/m
38.59	4.894	0.7133	2.853	-2.249	21.43	75.62	63.26

Sample Width mm 5.98300
 Sample Thick' mm 1.31800

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SI6-15

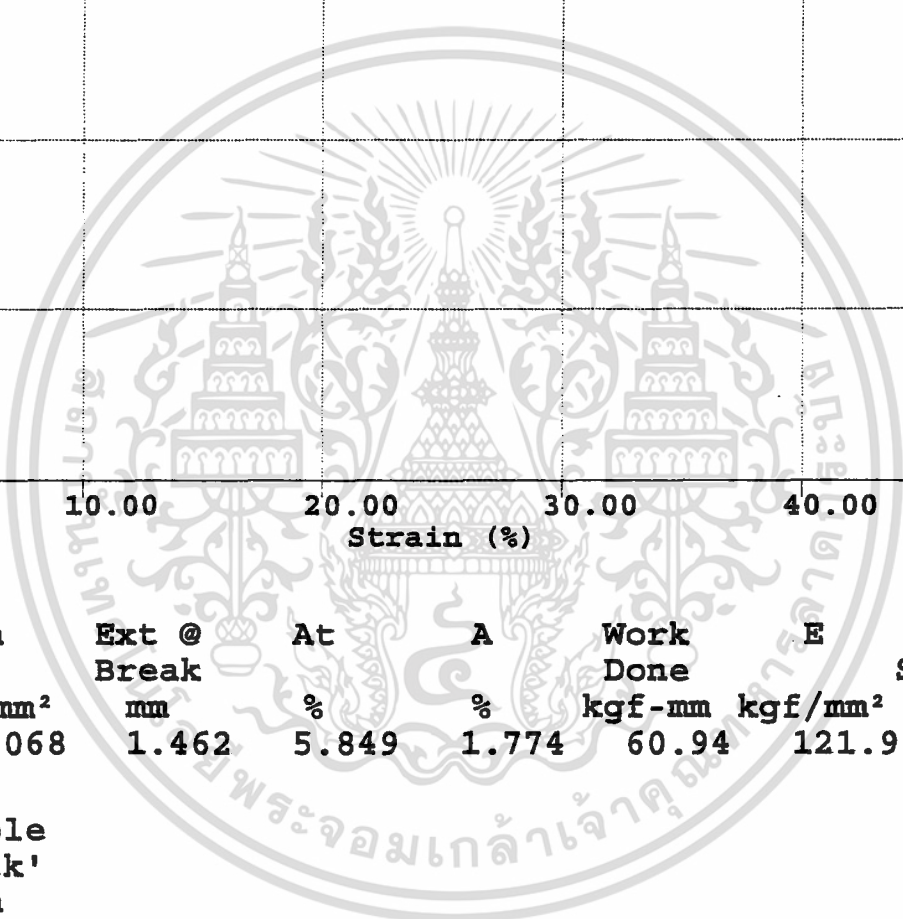
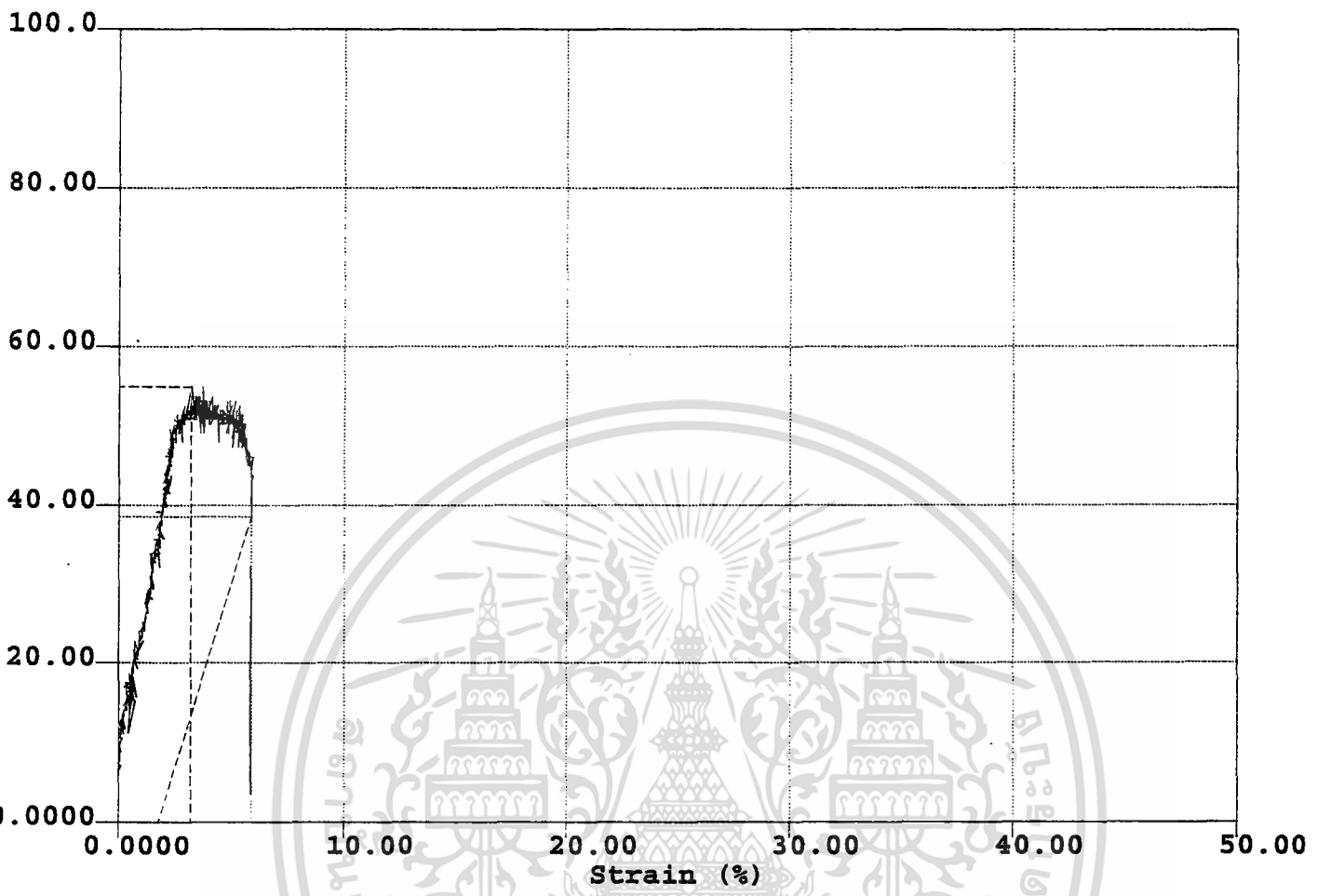


Fm	Rm	Ext @ Break	At	A	Work Done	E	Tensile Strength
kgf	kgf/mm ²	mm	%	%	kgf-mm	kgf/mm ²	kN/m
33.80	4.373	1.427	5.708	4.243	37.08	149.1	56.18

Sample Width	Sample Thick'
mm	mm
5.90000	1.31000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MAH1

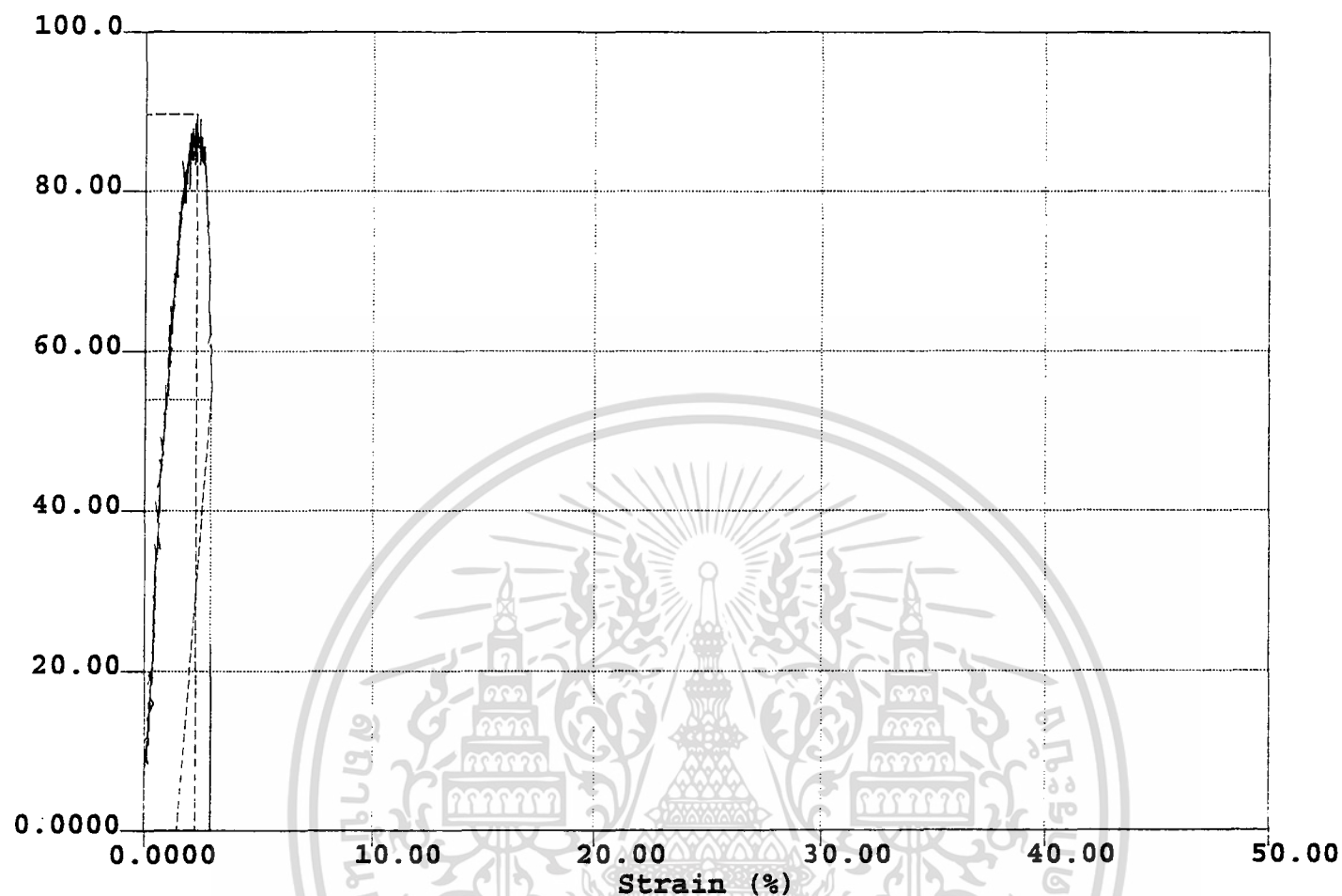


Fm	Rm	Ext @ Break	At	A	Work Done	E	Tensile Strength
kgf	kgf/mm ²	mm	%	%	kgf-mm	kgf/mm ²	kN/m
54.91	7.068	1.462	5.849	1.774	60.94	121.9	92.05

Sample Width	Sample Thick'
mm	mm
5.85000	1.32800

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MAH5

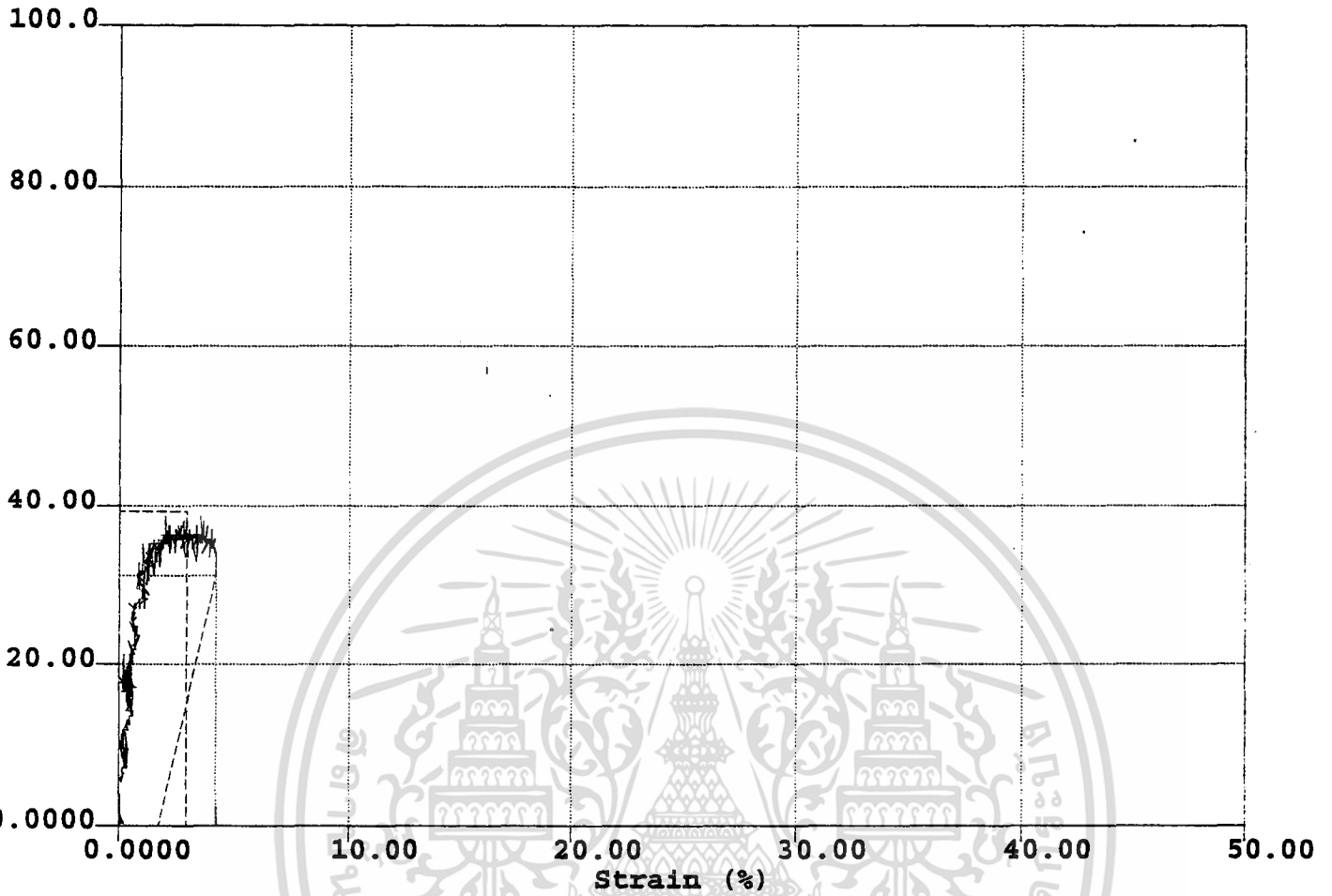


Fm	Rm	Ext @ Break	At	A	Work Done	E	Tensile Strength
kgf	kgf/mm ²	mm	%	%	kgf-mm	kgf/mm ²	kN/m
89.57	7.990	1.439	2.879	1.445	90.23	335.8	148.9

Sample Width	Sample Thick'
mm	mm
5.90000	1.90000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MAH10

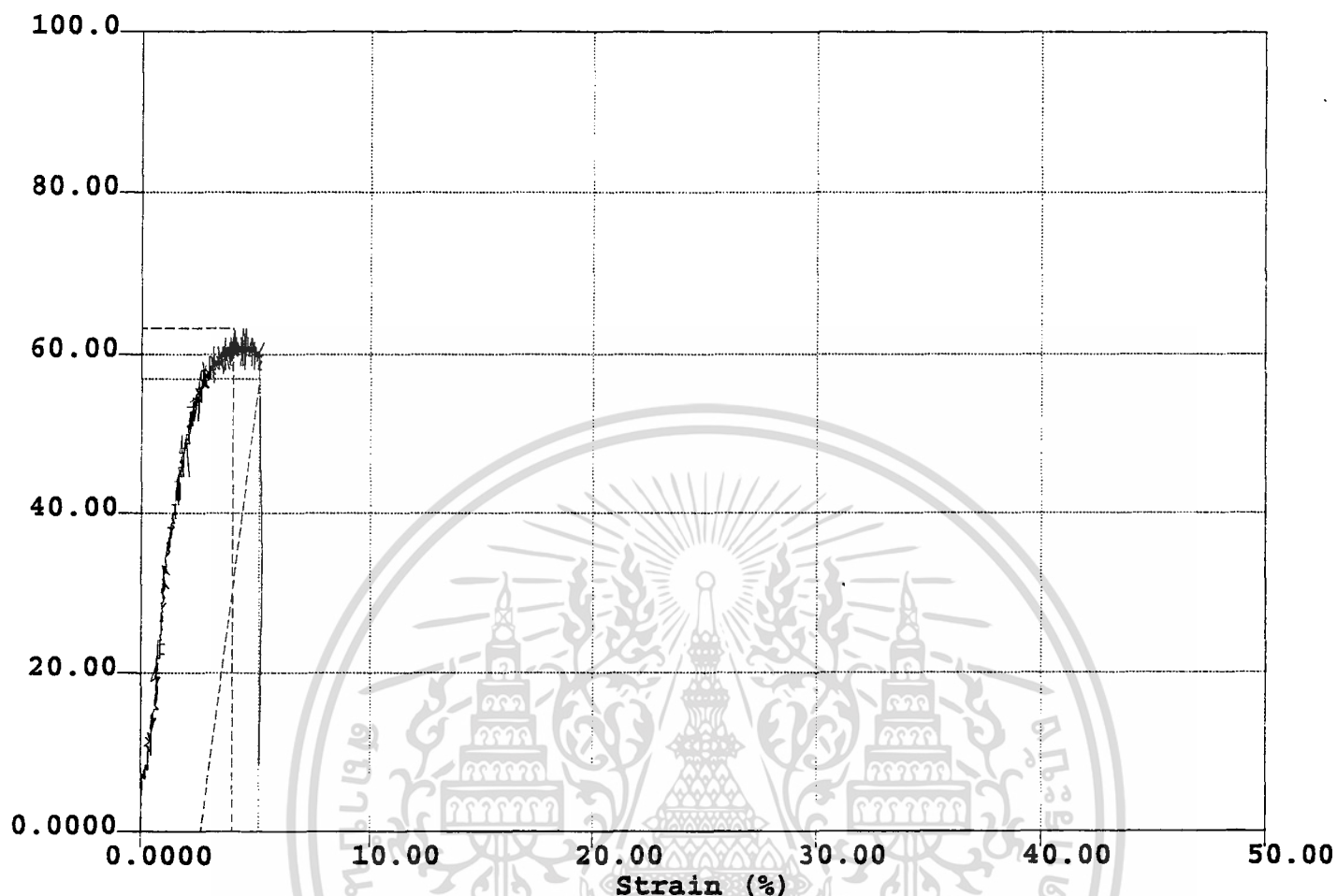


Fm	Rm	Ext @ Break	At	A	Work Done	E	Tensile Strength
kgf	kgf/mm ²	mm	%	%	kgf-mm	kgf/mm ²	kN/m
39.34	5.570	1.049	4.195	1.724	33.55	178.6	65.38

Sample Width	Sample Thick'
mm	mm
5.90000	1.19700

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MAH15

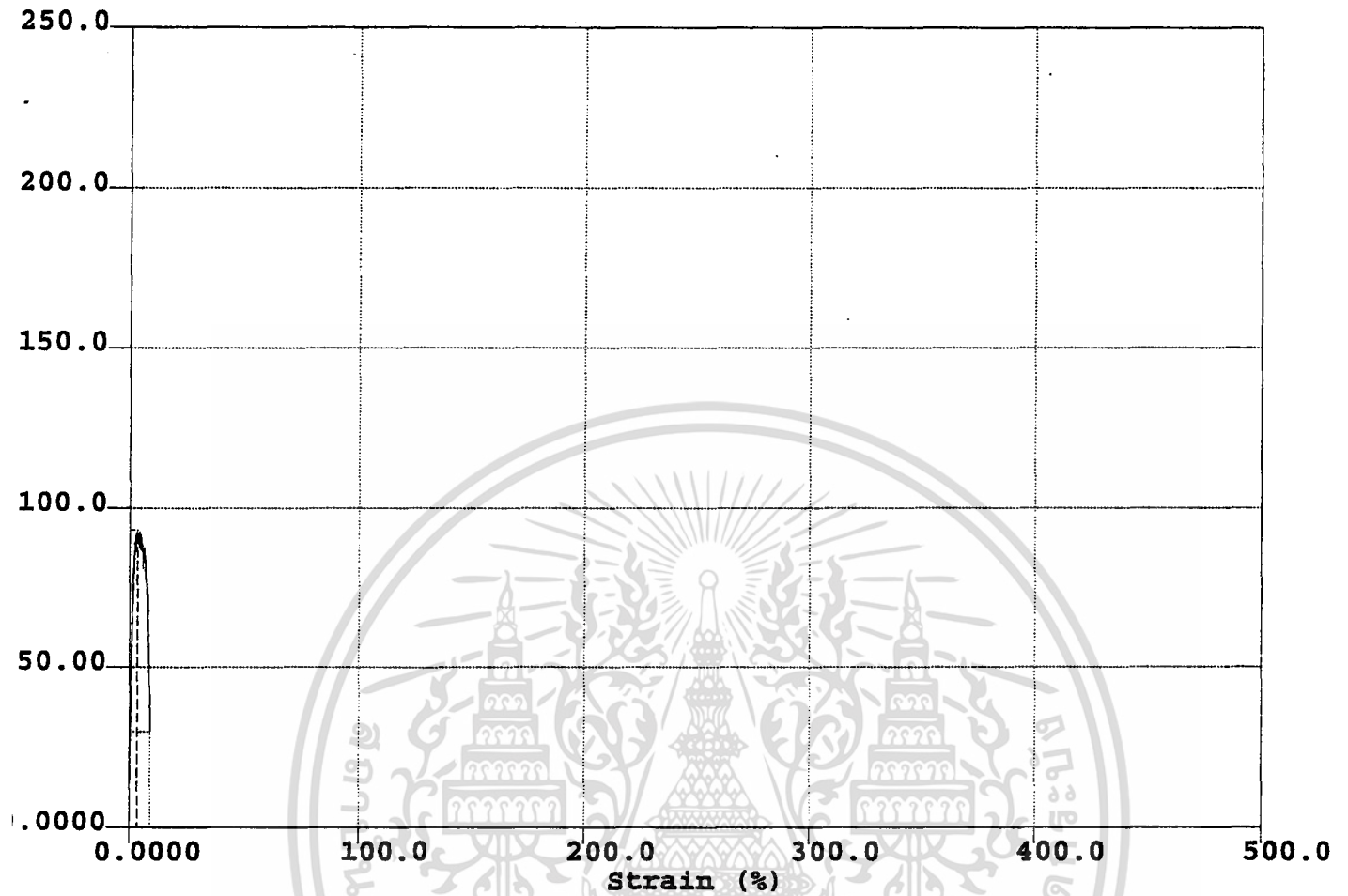


Fm	Rm	Ext @ Break	At	A	Work Done	E	Tensile Strength
kgf	kgf/mm ²	mm	%	%	kgf-mm	kgf/mm ²	kN/m
63.25	6.536	1.289	5.156	2.618	60.77	231.4	103.4

Sample Width	Sample Thick'
mm	mm
6.00000	1.61300

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

UVPP

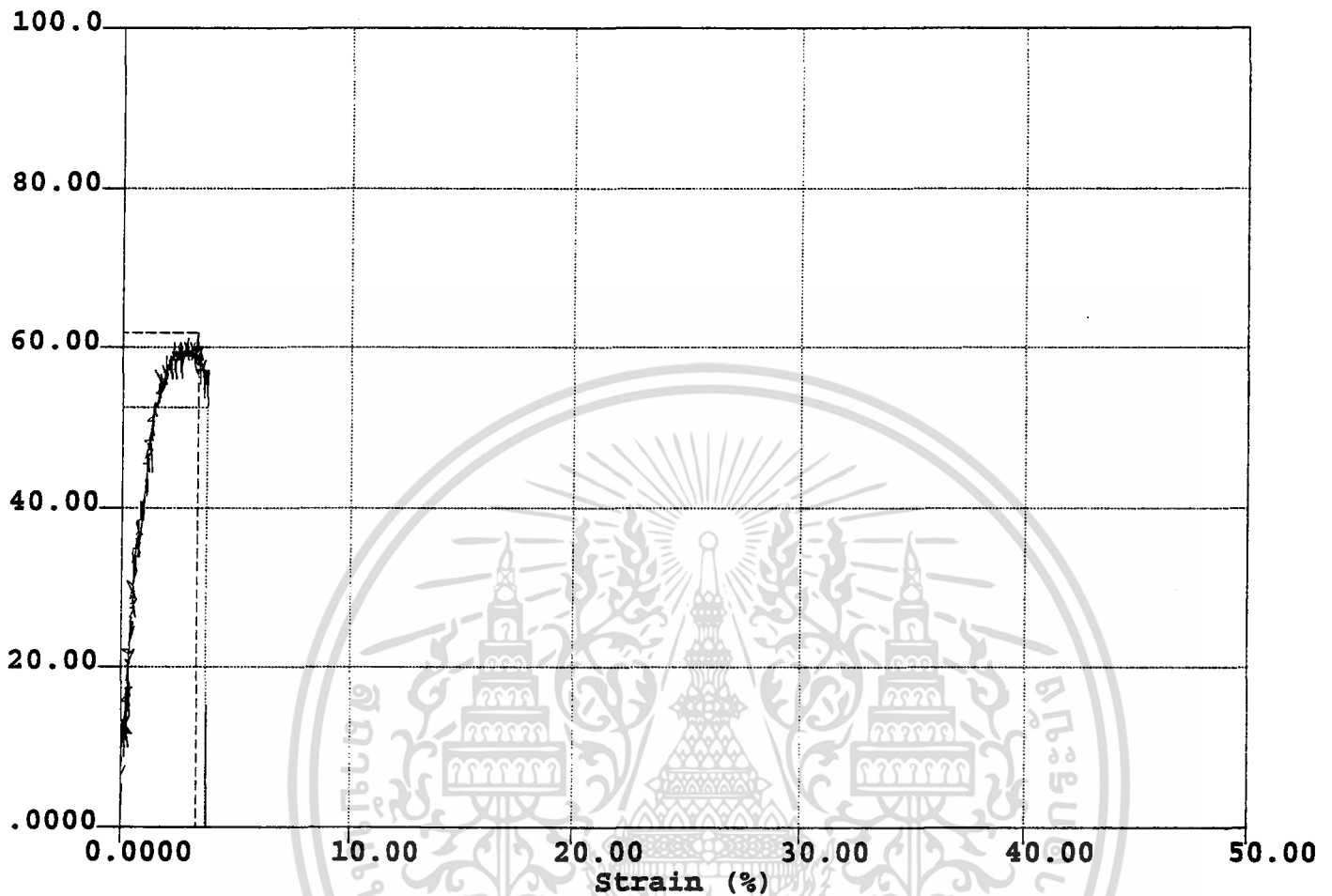


Fm	Rm	Ext @ Break	At	Work Done	E	Tensile Strength	Sample Width
kgf	kgf/mm ²	mm	%	kgf-mm	kgf/mm ²	kN/m	mm
93.10	8.272	2.307	9.228	171.3	195.5	155.2	5.88300

Sample
Thick'
mm
1.91300

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

UVSI4-5

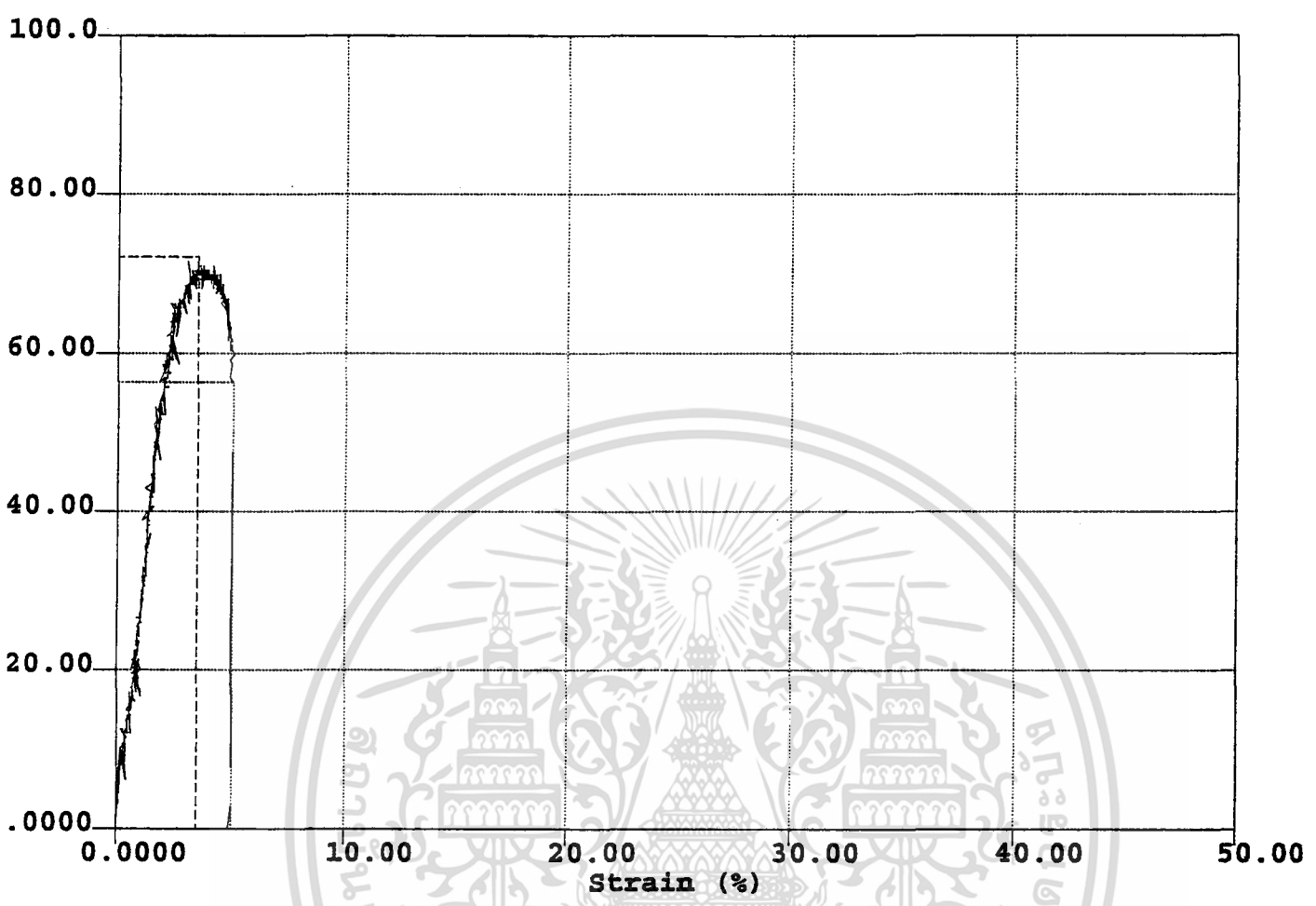


Fm	Rm	Ext @ Break	At	Work Done	E	Tensile Strength	Sample Width
kgf	kgf/mm ²	mm	%	kgf-mm	kgf/mm ²	kN/m	mm
61.83	6.814	0.9188	3.675	47.08	121.6	101.9	5.95000

Sample
Thick'
mm
1.52500

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

UVSI6-5

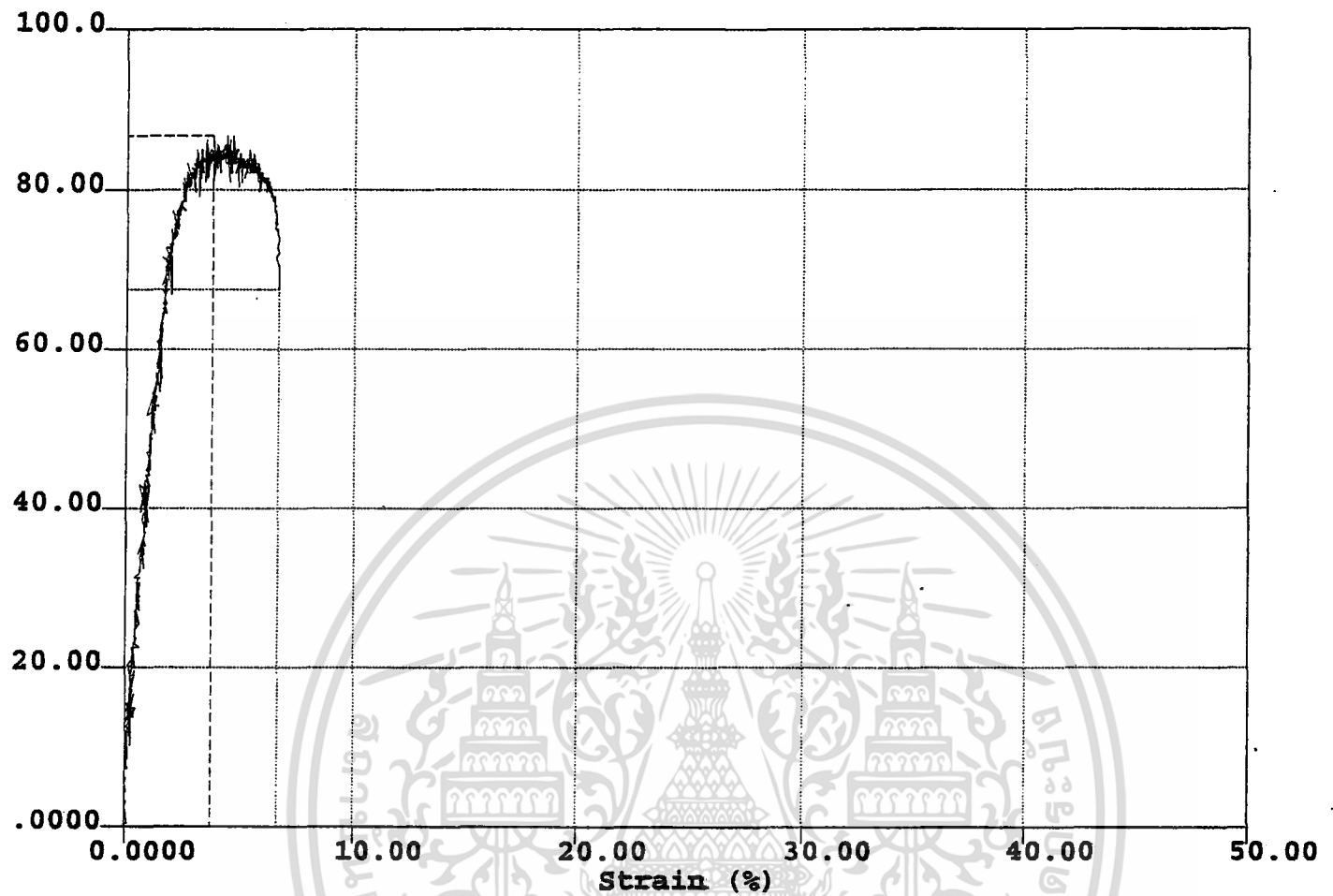


Fm	Rm	Ext @ Break	At	Work Done	E	Tensile Strength	Sample Width
kgf	kgf/mm ²	mm	%	kgf-mm	kgf/mm ²	kN/m	mm
72.10	7.697	1.267	5.068	64.71	177.0	119.5	5.91700

Sample
Thick'
mm
1.58300

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

UVMAH-5



Fm	Rm	Ext @ Break	At	Work Done	E	Tensile Strength	Sample Width
kgf	kgf/mm ²	mm	%	kgf-mm	kgf/mm ²	kN/m	mm
86.71	8.471	1.663	6.653	118.5	115.0	144.6	5.88300

Sample
Thick'
mm
1.74000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- 1) Felix,J.M.;Gatenholm,P. "The Nature of Adhesion in Composites of Modified Cellulose Fibers and Polypropylene" J.Appl.Polym.Sci. 42(1991):609-620
- 2) Raj,R.G.;Kokta,B.V.;Groulean,G.;Daneault,C. "The Influence of Coupling agents on Mechanical Properties of Composites containing Cellulosic Fillers" .Polym.-Plast.Technol.Eng. 29(4).(1990):339-353
- 3) Anand,R.Sanadi;Daniel F. Caulfield;Rodney E. Jacobson;Roger M. Rowell. "Renewable Agricultural Fibers as Reinforcing Fillers in Plastics: Mechanical Properties of Kenaf Fiber-Polypropylene Composites" IndEng.Chem.Res. 34(1995):1889-1896
- 4) Fuad,M.Y.Ahmad and Rahmad Shukor. "Rice husk ash as filler in polypropylene:Effect of Wax and Silane Coupling Agents" Plastics Rubber and Composites Processing and Applications. 21(1994):225-235
- 5) R. Gachter and H.Muller. Plastic Additives Handbook, 3rd.ed., Hanser Publisher, New York.
- 6) Kokta,B.V.;Raj,R.G.;Daneault,C. "Use of Wood Flour as Filler in Polypropylene" Studies on Mechanical Properties" .Polym.-Plast.Technol.Eng. 28(3).1989:247-259
- 7) Halim Hamid,S.,Mohamed B.Amin and Ali G.Maadhah. Handbook of Polymer Degradation. Marcel Dekker,Inc. :p.62
- 8) Schnabel,W. Polymer Degradation. Macmillan Publish Co.,Inc.,New York, 1981
- 9) Pabiot,J.andVerdu,J. "The Change in Mechanical Behavior of Linear Polymers During Photochemical Aging" Polymer Engineering and Science. 21(1).(1981):32-38
- 10) Daniel T. Quillin;Daniel F. Caulfield and James A.Koutsky. "Crystallinity in the Polypropylene/Cellulose System.I. Nucleation and Crystalline Morphology" I. Appl.Polym.Sci. 50(1993):1187-1194