สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เส้นใยพอลิเมอร์นำแสง : (II) การศึกษาเบื้องต้นเกี่ยวกับเทคนิคกระบวนการขึ้นรูปเพื่อเตรียมเส้นใยพอลิเมอร์นำแสง

นายเด่นชัย สิงดาลวนิช
นายศรัณย์ ศีลสร

วศ.
ว 864ส
เลขหมู่ 2536
เลขทะเบียน
วัน.เดือน.ปี
6125244 4X

โครงงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต
ภาควิชาเคมี
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2536

Polymer Optical Fibres : (II) Preliminary Studies of Fabrication Techniques for Making Polymer Optical Fibres

Mr. Denchai Singdarnvanich
Mr. Srun Seelasorn

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 Lardkrabang
1993

หัวข้อโครงงานพิเศษ เส้นใยพอลิเมอร์นำแสง : การศึกษาเบื้องต้นเกี่ยวกับเทคนิคกระบวนการขึ้นรูปเพื่อเตรียมเส้นใยพอลิเมอร์นำแสง

นักศึกษา นายเด่นชัย สิงดาลวนิช

นายศรัณย์ ศีลสร

ภาควิชา เคมี

อาจารย์ที่ปรึกษา ดร. อนุชา เอื้อเพิ่มเกียรติ

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้นับโครงงานพิเศษฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต

..... รักษาการหัวหน้าภาควิชาเคมี

(ผศ.นงนุช เกตรานุวัฒน์)

..... ประธานกรรมการ

(ดร.ประเสริฐ คุณค้ำชู)

..... กรรมการ

(ดร.ประมวล ตั้งบริบูรณ์รัตน์)

..... กรรมการ

(อ.อนุรักษ์ ปิติรักษ์สกุล)

..... กรรมการ

(ดร.อนุชา เอื้อเพิ่มเกียรติ)

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

หัวข้อโครงงานพิเศษ	เส้นใยพอลิเมอร์นำแสง : การศึกษาเบื้องต้นเกี่ยวกับเทคนิคกระบวนการขึ้นรูปเพื่อเตรียมเส้นใยพอลิเมิร์นำแสง
นักศึกษา	นายเด่นชัย สิงดาลวนิช
	นายศรัณย์ ศีลสร
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร. อนุชา เอื้อเพิ่มเกียรติ
ภาควิชา	เคมี
ปีการศึกษา	2536

บทคัดย่อ

เทคโนโลยีการสื่อสารคมนาคมได้มีบทบาทควบคู่ไปกับการขยายตัวและการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศ เส้นใยนำแสงได้ถูกนำมาใช้เป็นตัวกลางในการติดต่อสื่อสารคมนาคม โดยนำเข้าจากต่างประเทศซึ่งมีราคาต่อหน่วยสูง โครงงานพิเศษนี้จัดทำขึ้นเพื่อการศึกษาความเป็นไปได้ที่จะทำการผลิตเส้นใยพอลิเมอร์นำแสงขึ้นมาใช้เองโดยได้ศึกษาการขึ้นรูปพอลิ(เมทิล เมธาคริเลต)เกรดทางการค้าและที่สังเคราะห์ได้จากห้องทดลองด้วยกระบวนการอัดรีด สภาวะที่เหมาะสมในการขึ้นรูปเส้นใยพอลิเมอร์ทางการค้ามีดังนี้ อุณหภูมิในย่านต่างๆภายในเครื่องอัดรีดแบบสกรูเดี่ยว ณ. ภาควิชาเคมี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ควรมีค่าดังนี้ โซนที่ 1เป็น 210 ^{o}ซ โซนที่ 2 เป็น 213 ^{o}ซ โซนที่ 3 เป็น 215 ^{o}ซ และโซนที่ 4 เป็น 217 ^{o}ซ ก่อนทำการอัดรีดจำเป็นต้องมีการให้ความร้อนเบื้องต้น (Preheat) แก่พอลิเมอร์ที่อุณหภูมิ 90 ^{o}ซ นาน 3 ชั่วโมง เส้นใยพอลิเมอร์นำแสงที่อัดรีดได้สามารถนำสัญญาณแสงได้ประมาณ 30 เซนติเมตร ในทางกลับกันไม่สามารถทำการอัดรีดเส้นใยพอลิเมอร์จากเรซิ่นซึ่งสังเคราะห์เองในระดับห้องทดลอง เนื่องจากเกิดการเปลี่ยนแปลงสมบัติเชิงเคมีของพอลิเมอร์นั่นคือพอลิเมอร์เกิดการไหม้ซึ่งอาจเป็นสาเหตุจากการเกิดการสลายตัว (Degradation) และปริมาณพอลิเมอร์มีจำกัดไม่พอเพียงต่อการนำมาศึกษาเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการอัดรีดเป็นเส้นใยได้

นอกจากนี้ได้ทำการทดสอบค่าความแข็งแรงดึงของเส้นใยพอลิเมอร์นำแสงที่อัดรีดได้ โดยเส้นใยพอลิเมอร์นำแสงมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.32-1.47 มิลลิเมตร มีค่ามอดูลัสอยู่ในช่วง 942 - 1080 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร ค่าดัชนีหักเหของแสงของเส้นใยนำแสงมีค่าประมาณ 1.49 และจากการตรวจสอบโครงสร้างเคมีด้วยเทคนิครามานสเปกโตรสโคปีพบว่า โครงสร้างเคมีของพอลิเมอร์มิได้เปลี่ยนแปลงไปหลังจากผ่านการอัดรีดด้วยอุณหภูมิสูงประมาณ 200 °ซ

Special Project Title	POLYMER OPTICAL FIBRE : (II) PRELIMINARY STUDIES OF FABRICATION TECHNIQUES FOR MAKING POLYMER OPTICAL FIBRES
Name	Mr. Denchai Singdarnvanich
	Mr. Srun Seelasorn
Special Project Advisor	Dr. Anucha Euapermkiaiti
Department	Chemistry
Academic Year	1992

Abstract

Telecomunication Technology has had important roles in paralle to economic growth of the country. Optical Fibres were used as one of communication materials. They are all imported from aboards with high price per unit volume. This special project was conducted to study a possibility of making Polymer Optical Fibres from poly(methyl methacrylate) (PMMA) by extrusion technique. Poly(methyl methacrylate) used in this study was commercial grade and that synthesized in our laboratory. According to experimental results , suitable conditions for making commercial PMMA fibres are that temperature in four zones of the single screw extruder at the Department of chemistry , Faculty of science , King Mongkut's Institute of Technology Lardkrabang should be zone 1 at 210 °C , zone 2 at 213 °C , zone 3 at 215 °C and zone 4 at 217 °C. It is necessary to preheat the resin at 90 °C for 3 hours prior to processing. The visible light transmission to the extruded PMMA Fibre could only 30 cms. in fibre length. PMMA synthesized from our laboratory could not be extruded as fibres. It was observed that the PMMA extrudate was degraded as observed from colour change. In this study , it was not possible to find suitable conditions for making PMMA fibre

prepared in our laboratory because of small amount of the polymer synthesized. Tensile strength of the fibre prepared from commercial PMMA had diameter in the range of 1.32 - 1.47 mm. The tensile modulus of the fibre was in the range of 942 - 1080 N/mm^2. The refractive index of the fibre is approximately 1.49. From the result obtained from the Raman spectroscopic technique , it could be concluded that the chemical structure of PMMA extrudate was not difference from that of PMMA resins even the heat during processing up to 200 ^{o}C.

กิตติกรรมประกาศ

ในการทำโครงงานพิเศษนี้ สามารถลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้เสนอได้รับคำแนะนำและความกรุณาจากบุคคลหลายฝ่าย ผู้เสนอขอกราบขอบพระคุณทุกท่าน ดังมีรายนามดังต่อไปนี้

ดร.อนุชา เอื้อเพิ่มเกียรติ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษ

ดร.ประเสริฐ คุณค้ำชู อาจารย์กรรมการตรวจรายงานโครงงานพิเศษและให้คำปรึกษา

ดร.ประมวล ตั้งบริบูรณ์รัตน์ อาจารย์กรรมการตรวจรายงานโครงงานพิเศษและให้คำปรึกษา

อ.อนุรักษ์ ปิติรักษ์สกุล อาจารย์กรรมการตรวจรายงานโครงงานพิเศษและให้คำปรึกษา

ผศ.ปรีชา เทียนสมประสงค์ อาจารย์ผู้ให้คำปรึกษา

Dr. John W. Ellis อาจารย์ผู้ให้คำปรึกษา

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย เอื้อเฟื้อข้อมูลประกอบในการทำโครงงานพิเศษ

เจ้าหน้าที่ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ อำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องรามานสเปกโตรสโคปี

เจ้าหน้าที่ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สจล. ให้ความร่วมมือในการดำเนินการวิจัยตามโครงงานพิเศษ

บริษัท ไทยเทกซ์ลูมิเนซันไทย จำกัด กรุณาให้ข้อมูลทางทฤษฎีเกี่ยวกับเส้นใยพอลิเมอร์นำแสง

อนึ่งนอกจากบุคคลต่าง ๆ ที่ได้กล่าวมาแล้วนี้ยังมีบุคคลอีกหลายท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือให้โครงงานพิเศษนี้สำเร็จลงได้ ทางผู้เสนอขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

นายเด่นชัย สิงดาลวนิช

นายศรัณย์ ศีลสร

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิติกรรมประกาศ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ซ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงงานพิเศษ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงานพิเศษ	2
1.3 ขอบเขตการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงงานพิเศษ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักเกณฑ์ที่เกี่ยวข้อง	
2.1 เส้นใยนำแสง (Optical Fiber)	3
2.2 เทคโนโลยีการอัดรีด (Extrusion)	
2.2.1 ส่วนประกอบของเครื่องอัดรีด	9
2.2.2 อุปกรณ์ประกอบหลังจากการอัดรีด	10
2.3 การอัดรีดประเภทเส้นใยเดี่ยวและเส้นใยรวม	
2.3.1 ส่วนประกอบของเครื่องอัดรีดประเภทเส้นใยเดี่ยว	12
2.3.2 ส่วนประกอบของเครื่องอัดรีดประเภทเส้นใยรวม	13
2.4 พอลิ(เมทิล เมธาคริเลต) (Poly (methyl methacrylate))	14
2.5 เส้นใยพอลิเมอร์นำแสง (Polymer Optical Fibre)	16
บทที่ 3 การดำเนินการวิจัย	
3.1 สารเคมีและวัสดุเคมีที่ใช้	18
3.2 เครื่องมือที่ใช้	18

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.3 ขั้นตอนการทดลอง

3.3.1 การอัดรีดพอลิเอทธิลีน 19

3.3.2 การอัดรีดพอลิ(เมทิล เมธาคริเลต) 20

3.3.3 การทดสอบสมบัติเชิงกายภาพและสมบัติเชิงกลของเส้นใย 22

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 ผลการทดลองการอัดรีดเส้นใยพอลิเอทธิลีน 25

4.2 ผลการทดลองการอัดรีดเส้นใยพอลิ(เมทิล เมธาคริเลต) 26

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการทดลอง 43

ข้อเสนอะแนะ 45

ภาคผนวก 46

เอกสารอ้างอิง 78

สารบัญตาราง

		หน้า
ตาราง 4.1	แสดงผลการอัดรีดเส้นใยพอลิเอทธิลีน	25
ตาราง 4.2	แสดงผลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในโซนต่าง ๆ ของเครื่องอัดรีดที่มีผลต่อการเกิดฟองอากาศในเส้นใย (กำลังสกรูคงที่ที่เบอร์ 60)	27
ตาราง 4.3	แสดงผลการทดลองการปรับกำลังสกรูที่มีต่อการเกิดฟองอากาศในเส้นใย (โดยที่อุณหภูมิในแต่ละโซนคงที่)	28
ตาราง 4.4	แสดงผลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิบริเวณต่าง ๆ ภายในเครื่องอัดรีดที่มีต่อการเกิดฟองอากาศในเส้นใย (กำลังสกรูคงที่ที่เบอร์ 20)	29
ตาราง 4.5	แสดงผลของความเร็วสายพานของเครื่องประกอบเครื่องอัดรีดที่มีต่อค่าดัชนีหักเหของแสงของพอลิเอทธิลีน	31
ตาราง 4.6	แสดงผลการอัดรีดเส้นใยพอลิ(เมทิล เมธาคริเลต)และผลการเลื่อนรางรับเส้นใยเข้ามาชิดหัวฉีดเครื่องอัดรีด	33
ตาราง 4.7	แสดงผลการทดสอบค่าความแข็งแรงดึงของเส้นใยพอลิ(เมทิล เมธาคริเลต)	40
ตาราง 4.8	แสดงผลการนำแสงของเส้นใยพอลิ(เมทิล เมธาคริเลต)	42
ตาราง ก-1	แสดงรายละเอียดพอลิ(เมทิล เมธาคริเลต)เกรดการค้า	48
ตาราง ก-2	แสดงผลการทดสอบความแข็งแรงดึงของเส้นใยพอลิ(เมทิล เมธาคริเลต) ก่อนการเลื่อนรางรับเส้นใย (กำลังดึงเบอร์ 2)	49
ตาราง ก-3	แสดงผลการทดสอบความแข็งแรงดึงของเส้นใยพอลิ(เมทิล เมธาคริเลต) ก่อนการเลื่อนรางรับเส้นใย (กำลังดึงเบอร์ 3)	50
ตาราง ก-4	แสดงผลการทดสอบความแข็งแรงดึงของเส้นใยพอลิ(เมทิล เมธาคริเลต) ก่อนการเลื่อนรางรับเส้นใย (กำลังดึงเบอร์ 4)	51

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง ก-5	แสดงผลการทดสอบความแข็งแรงดึงของเส้นใยพอลิ(เมทิล เมธาคริเลต) หลังการเลื่อนรางรับเส้นใย (กำลังดึงเบอร์ 3)	52
ตาราง ก-6	แสดงผลการทดสอบความแข็งแรงดึงของเส้นใยพอลิ(เมทิล เมธาคริเลต) หลังการเลื่อนรางรับเส้นใย (กำลังดึงเบอร์ 4)	53
ตาราง ก-7	แสดงผลการทดสอบความแข็งแรงดึงของเส้นใยพอลิ(เมทิล เมธาคริเลต) หลังการเลื่อนรางรับเส้นใย (กำลังดึงเบอร์ 5)	54

สารบัญรูป

		หน้า
รูป 2.1	แสดงส่วนประกอบของเส้นใยนำแสง	3
รูป 2.2	แสดงมุมตกกระทบของแสงในเส้นใย	5
รูป 2.3	แสดงภาพตัดขวางตามแนวแกนของสายเส้นใยนำแสง	6
รูป 2.4	แสดงชนิดต่างของเส้นใยนำแสง	8
รูป 2.5	แสดงส่วนประกอบของเครื่องอัดรีด	9
รูป 3.1	แสดงระบบการปรับอุณหภูมิในการทดลองฉีด พอลิเอทธิลีน	20
รูป 4.1	แสดงการกระจายของเส้นผ่าศูนย์กลางเส้นใยพอลิ(เมทิล เมธาคริเลต)หลังการเลื่อนรางรับเส้นใยเข้ามาชิดหัวฉีด (กำลังดึงเบอร์ 3)	34
รูป 4.2	แสดงการกระจายของเส้นผ่าศูนย์กลางเส้นใยพอลิ(เมทิล เมธาคริเลต)หลังการเลื่อนรางรับเส้นใยเข้ามาชิดหัวฉีด (กำลังดึงเบอร์ 4)	35
รุป 4.3	แสดงการกระจายของเส้นผ่าศูนย์กลางเส้นใยพอลิ(เมทิล เมธาคริเลต)หลังการเลื่อนรางรับเส้นใยเข้ามาชิดหัวฉีด (กำลังดึงเบอร์ 5)	36
รูป 4.4	แสดงการกระจายของเส้นผ่าศูนย์กลางเส้นใยพอลิ(เมทิล เมธาคริเลต)ก่อนการเลื่อนรางรับเส้นใยเข้ามาชิดหัวฉีด (กำลังดึงเบอร์ 2)	37
รูป 4.5	แสดงการกระจายของเส้นผ่าศูนย์กลางเส้นใยพอลิ(เมทิล เมธาคริเลต)ก่อนการเลื่อนรางรับเส้นใยเข้ามาชิดหัวฉีด (กำลังดึงเบอร์ 3)	38
รูป 4.6	แสดงการกระจายของเส้นผ่าศูนย์กลางเส้นใยพอลิ(เมทิล เมธาคริเลต)ก่อนการเลื่อนรางรับเส้นใยเข้ามาชิดหัวฉีด (กำลังดึงเบอร์ 4)	39
รูป ข-1	แสดงรามานสเปกตรัมของเส้นใยพอลิเอทธิลีน	55
รูป ข-2	แสดงรามานสเปกตรัมของเส้นใยพอลิ(เมธิล เมธาคริเลต)	56
รูป ข-3	แสดงผลการทดสอบความแข็งแรงดึงของเส้นใยพอลิ(เมธิล เมธาคริเลต) ก่อนการเลื่อนรางรับเส้นใยเข้ามาชิดหัวฉีด (กำลังดึงเบอร์ 2)	57

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูป ข-4	แสดงผลการทดสอบความแข็งแรงดึงของเส้นใยพอลิ(เมธิล เมธาคริเลต) ก่อนการเลื่อนรางรับเส้นใยเข้ามาชิดหัวฉีด (กำลังดึงเบอร์ 3)	60
รูป ข-5	แสดงผลการทดสอบความแข็งแรงดึงของเส้นใยพอลิ(เมธิล เมธาคริเลต) ก่อนการเลื่อนรางรับเส้นใยเข้ามาชิดหัวฉีด (กำลังดึงเบอร์ 4)	64
รูป ข-6	แสดงผลการทดสอบความแข็งแรงดึงของเส้นใยพอลิ(เมธิล เมธาคริเลต) หลังการเลื่อนรางรับเส้นใยเข้ามาชิดหัวฉีด (กำลังดึงเบอร์ 3)	66
รูป ข-7	แสดงผลการทดสอบความแข็งแรงดึงของเส้นใยพอลิ(เมธิล เมธาคริเลต) หลังการเลื่อนรางรับเส้นใยเข้ามาชิดหัวฉีด (กำลังดึงเบอร์ 4)	71
รูป ข-8	แสดงผลการทดสอบความแข็งแรงดึงของเส้นใยพอลิ(เมธิล เมธาคริเลต) หลังการเลื่อนรางรับเส้นใยเข้ามาชิดหัวฉีด (กำลังดึงเบอร์ 5)	75

บทที่ 1

บทนำ

ปัจจุบันการติดต่อสื่อสารโดยใช้แสงเป็นวิธีการที่มีความนิยมเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากมีประสิทธิภาพสูง สะดวกในการใช้งานและรวดเร็ว วัสดุที่นิยมใช้เป็นตัวกลางในการสื่อสารด้วยแสงคือเส้นใยนำแสง ในระยะเริ่มแรกมีการใช้เส้นใยนำแสงที่ผลิตจากแก้วซึ่งสามารถสื่อสารในระยะทางไกล ๆ โดยมีการสูญเสียสัญญาณต่ำ แต่ประสพปัญหาโดยเฉพาะเส้นใยแก้วมีน้ำหนักมาก ไม่สามารถโค้งงอได้ดี จึงมีการศึกษาและพัฒนาเส้นใยนำแสงโดยใช้วัสดุพอลิเมอร์ โดยสามารถแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นได้ แต่ประสพปัญหาเกี่ยวกับการสูญเสียสัญญาณสูง ดังนั้นเส้นใยพอลิเมอร์นำแสงจึง เหมาะสมในการใช้งานการสื่อสารระยะทางใกล้ ๆ เช่นใช้ในการเชื่อมต่อภายในคอมพิวเตอร์เป็นต้น (9)

1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงงานพิเศษ

ได้มีการนำเส้นใยพอลิเมอร์นำแสงไปใช้งานมากมายเช่น ใช้เป็นตัวกลางเพื่อให้แสงไฟใต้สระว่ายน้ำ ใช้ในการตกแต่งทั้งภายนอกและภายในโรงแรม และใช้เป็นสัญญลักษณ์แสดงจุดที่เฮลิคอปเตอร์ลงจอด เป็นต้น จากการสืบค้นข้อมูลจากบริษัทเอกชนทราบว่าในประเทศไทยยังไม่เคยมีการผลิตเส้นใยพอลิเมอร์นำแสงมาก่อน แต่ได้มีการนำเข้าจากต่างประเทศในราคาค่อนข้างสูง ประมาณเมตรละ 1200 บาท (11)

ด้วยเหตุดังกล่าวจึงได้จัดทำโครงงานพิเศษขึ้นในหัวข้อเส้นใยพอลิเมอร์นำแสง (Plastic Optical Fibres) โดยได้มีการแบ่งหัวข้อย่อยของการศึกษาออกเป็น3หัวข้อคือ

1)การสังเคราะห์พอลิเมอร์เรซิ่นที่จะนำมาใช้ในการขึ้นรูปเป็นเส้นใยพอลิเมอร์นำแสง

2)กระบวนการขึ้นรูปเส้นใยพอลิเมอร์นำแสง

3)การทดสอบสมบัติเชิงกายภาพของเส้นใยพอลิเมอร์นำแสง

ในรายงานฉบับนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการขึ้นรูปเส้นใยพอลิเมอร์นำแสงโดยการอัดรีด

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1.ศึกษา รวบรวม และสรุปข้อมูลเกี่ยวกับเทคนิคกระบวนการขึ้นรูปพอลิเมอร์เรซินเพื่อเตรียมเส้นใยพอลิเมอร์นำแสง

2.ทดลองการขึ้นรูปเส้นใยพอลิเมอร์และทดสอบสมบัติเชิงกลของเส้นใยพอลิเมอร์ที่เตรียมได้

1.3 ขอบเขตการวิจัย

โครงงานพิเศษนี้ศึกษาเฉพาะในหัวข้อดังต่อไปนี้ คือ

1. การปรับสภาพ PMMA เรซิน ให้เหมาะสมก่อนนำไปทำการอัดรีด
2. การศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการขึ้นรูป PMMA เรซิน โดยเทคนิคการอัดรีด
3. การทดลองอัดรีด PMMA เรซิน ของพอลิเมอร์ที่สังเคราะห์ได้จากห้องทดลอง
4. การศึกษาสมบัติบางประการของเส้นใยพอลิเมอร์นำแสงที่ได้จากการอัดรีดในระดับห้องทดลอง

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงงานพิเศษ

1.บริษัทที่เกี่ยวข้องอาจนำผลการศึกษาและค้นคว้าอันนี้ไปใช้เป็นแนวทางในการเตรียมเส้นใยพอลิเมอร์นำแสงโดยเทคนิคการอัดรีด

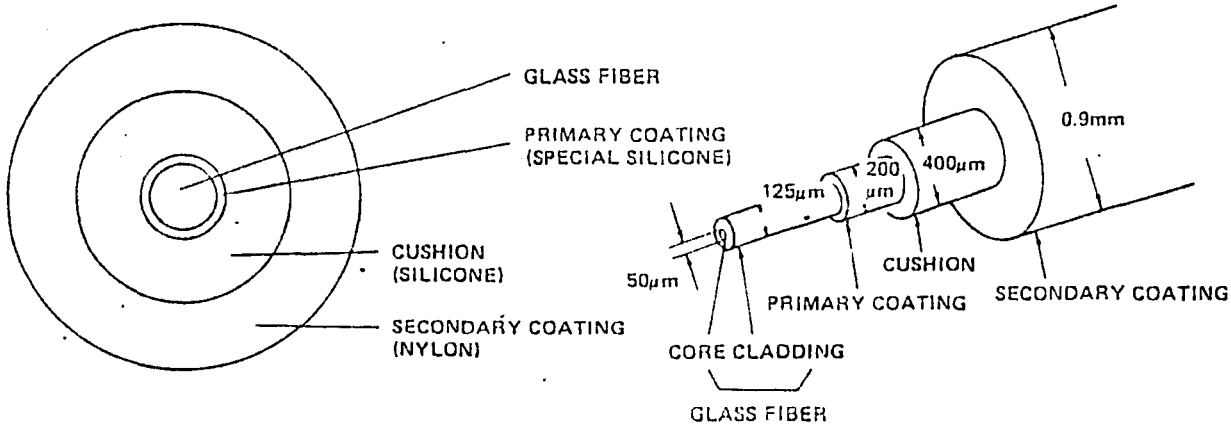
2.ได้รับการฝึกฝนและมีความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีการอัดรีด โดยเฉพาะการควบคุมเครื่องและปัจจัยต่าง ๆ ของเครื่อง ที่มีผลต่อสมบัติของพอลิเมอร์ที่อัดรีดได้

3.ได้รับการฝึกฝนและมีความรู้เกี่ยวกับการใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์ เพื่อทดสอบและตรวจสอบสมบัติบางประการของเส้นใยพอลิเมอร์

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักเกณฑ์ที่เกี่ยวข้อง

2.1 เส้นใยนำแสง (Optical Fiber)

เส้นใยนำแสงคือเส้นใยขนาดเล็กที่ทำหน้าที่เป็นตัวนำแสงโดยอาศัยหลักการการสะท้อนกลับหมดที่ผิวของสารไดอิเล็กตริก 2 ชนิด โครงสร้างของเส้นใยประกอบด้วยส่วนที่แสงเดินทางผ่านเรียกว่าแกนกลาง (Core) และส่วนที่ห่อหุ้มเรียกว่าครอบ (Clad) โดยดัชนีการหักเหของส่วนห่อหุ้มต้องมีค่าน้อยกว่าดัชนีการหักเหของแกนกลางเล็กน้อย เมื่อลำแสงใด ๆที่ไปกระทบบริเวณรอบ ๆ แกนกลาง และส่วนห่อหุ้มเกินมุมวิกฤติ แสงจะสะท้อนภายในเพื่อป้องกันการสูญเสียแสง ในกรณีที่แกนกลาง และส่วนห่อหุ้มของสายเส้นใยนำแสง ทำด้วยแก้วซิลิกาที่บริสุทธิ์มาก ๆ เมื่อถูกยืดเป็นเส้นใยเล็กๆจะมีความเปราะมากซึ่งสามารถแก้ปัญหาโดยการหุ้มเส้นใยด้วยชั้นต่างๆ (9)ดังรูป



รูป 2.1

แสดงส่วนต่าง ๆ ของเส้นใยนำแสง

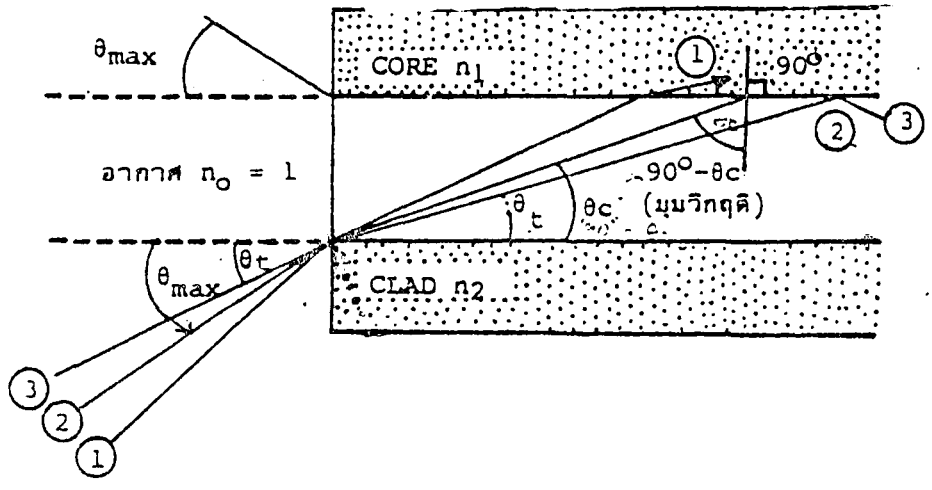
ในปัจจุบันชนิดของวัสดุที่ใช้ทำแกนกลาง และส่วนห่อหุ้ม มี 3 ประเภทดังนี้

1. แกนกลางและส่วนห่อหุ้ม ทำมาจากพลาสติก
2. แกนกลาง ทำจากแก้ว ส่วนห่อหุ้ม ทำมาจากพลาสติก
3. แกนกลางและส่วนห่อหุ้ม ทำมาจากแก้ว

เส้นใยนำแสงที่วัสดุที่ใช้ทำแกนกลางและส่วนห่อหุ้ม ทำจากพลาสติกจะมีค่าการสูญเสียแสงค่อนข้างสูงและขนาดค่อนข้างใหญ่กว่าชนิดที่สองและชนิดที่สาม เส้นใยพอลิเมอร์นำแสงจึงเหมาะสำหรับการใช้งานในย่านความถี่ต่ำมากและใช้ในการสื่อสารระยะทางใกล้ สำหรับเส้นใยนำแสงที่แกนกลางทำจากแก้ว และวัสดุที่ใช้ทำส่วนห่อหุ้มทำจากพลาสติกจะมีคุณสมบัติในการสูญเสียสัญญาณต่ำ และมีค่าการกระจาย (Dispersion) น้อยกว่าชนิดที่ทำด้วยแก้วทั้งหมด มีค่าการรวมแสง (Concentricity) ดี มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กและง่ายต่อการหยุดการส่งผ่านข้อมูล (Terminate) มากกว่าชนิดที่แกนกลางและส่วนห่อหุ้มทำจากพลาสติก

การป้อนแสงเข้าไปในเส้นใยนำแสง

ในการที่จะป้อนแสงเข้าไปในแกนกลางที่มีขนาดเล็กมากนั้นจะต้องใช้เลนส์รวมแสงซึ่งแสงที่มีมุมตกกระทบที่เหมาะสมเท่านั้นจึงจะสามารถเข้าไปในเส้นใยนำแสงได้ดังรูป



รูป 2.2

แสดงมุมรับแสงของเส้นใยนำแสงโดยที่ 1)แสงที่ถูกส่งเข้าไปในส่วนห่อหุ้ม 2) แสงที่มีค่าเท่ากับมุมวิกฤติ 3) แสงที่สะท้อนกลับหมดและเดินทางไปข้างหน้า

จากรูปจะเห็นว่าที่จุดป้อนแสงเข้าไปยังเส้นใยนำแสงเป็นจุดต่อของตัวกลาง ที่มีค่าดัชนีการหักเหของแสงต่างกัน 3 ชนิดคือ อากาศ n_o ($n_o = 1$) แกนกลาง n_1 และส่วนห่อหุ้ม n_2 ถ้าให้มุมรับแสงของเส้นใยนำแสงมีค่ามากที่สุดเป็น θ_{max} เช่น ลำแสงที่ 2 มุมรับแสงตรงรอต่อของแกนกลางและส่วนห่อหุ้มนั้นมีค่ามุมวิกฤติ θ_c จากกฎของ SNELL (9)ได้ว่า

$$\sin\theta_{max} = n_1 \sin\theta_c$$

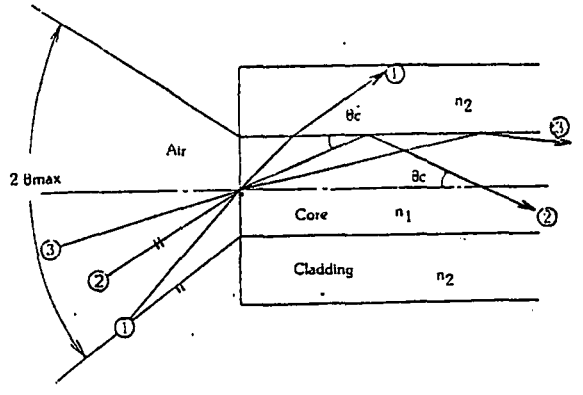
$$\sin (90 - \theta_c) = \cos\theta_c = n_2/n_1$$

ดังนั้นมุมรับแสง θ_{max} มีค่าสูงสุดได้เมื่อ $n_1 = n_2$ จะได้ว่า

$$\sin_{max} = (n_1^2 - n_2^2)/ n_1^2 = n_1 2\Delta$$

ซึ่ง $\Delta = (n_1 - n_2)/n_1$

.sin θ_{max} (Numerical Aperture (NA)) หมายถึง ค่าของมุมที่โตที่สุดที่สามารถยอมรับได้ในการเชื่อมต่อระหว่างแหล่งกำเนิดแสงและเส้นใยนำแสงซึ่งสามารถให้พลังงานของแสงที่อยู่ภายในมุมนี้รวบรวมส่งไปมากที่สุด ส่วนแสงที่อยู่นอกมุมนี้มีการหักเหออกนอกแกนกลางที่บริเวณรอยต่อระหว่างแกนกลางและส่วนห่อหุ้ม เส้นใยนำแสงที่มีแกนกลางขนาดใหญ่มากและมีค่า NA สูง จะมีประสิทธิภาพในการเชื่อมต่อแสงระหว่างต้นกำเนิดแสงกับเส้นใยสูงมาก



รูป 2.3

แสดงภาพตัดขวางตามแนวแกนของสายเส้นใยนำแสง โดยเป็นการแสดงการส่งผ่านแสงไปตามเส้นใยเมื่อส่งคลื่นแสงเข้าทางปลายด้านหนึ่งในระนาบเดียวกันกับภาพตัดขวางถ้าคลื่นแสงเคลื่อนที่กระทบผิวขอบเขตด้วยมุมตกกระทบที่ใหญ่กว่าθ_c คลื่นนั้นก็จะสะท้อนกลับออกไปหมดได้ และหลังจากสะท้อนที่ผิวด้านบนก็จะมาสะท้อนที่ผิวด้านล่างสลับกันไป ทำให้คลื่นแสงสามารถส่งผ่านไปตามสายเส้นใยนำแสงได้ ในกรณีที่ลำแสง 1 เข้ามาด้วยมุมตกกระทบที่เล็กกว่า θ_c (ตามรูป 2.3 ดูลำแสงที่ 1) ทำให้เกิดการสะท้อนและการหักเหเข้าตัวกลางรอบนอก ส่งผลให้คลื่นแสงสูญเสียพลังงานทุกครั้งที่สะท้อนที่ผนัง และเมื่อสะท้อนที่ผนังบนล่างสลับกันไปหลาย ๆ ครั้ง พลังงานของคลื่นแสงที่ส่งผ่านไปตามสายเส้นใยนำแสงจะลดทอนลงตามลำดับจนเป็นศูนย์ ในที่สุด ลำแสง 2 เป็นลำแสงที่สะท้อนในมุมวิกฤติพอดี แสงจะสามารถส่งต่อไปตามสายเส้นใยนำแสงได้โดยไม่สูญเสียกำลังไปกับการหักเหออกไปยังครอบ ลำแสง 3 เป็นลำแสงที่สะท้อนด้วยมุมตกกระทบใหญ่กว่า θ_c แล้วจึงสามารถส่งผ่านไปตามสายได้เช่นเดียวกัน

ลำแสงแต่ละลำที่ส่งผ่านไปมีรูปแบบการกระจายของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าในระนาบที่ตั้งฉากกับการส่งผ่านซึ่งซึ่งมีลักษณะเฉพาะตัวไม่เหมือนกัน เราเรียกลักษณะเฉพาะนี้ว่า แบบ (MODE) ดังนั้นเส้นใยนำแสงที่มีลำแสงส่งผ่านไปได้หลายลำเรียกว่า **แบบสห** (MULTIMODE) ซึ่งเกิดในกรณีที่

แกนกลางมีขนาดใหญ่กว่าความยาวคลื่นมาก ๆ ในกรณีที่ส่งผ่านไปได้เพียงลำแสงเดียวจะเรียกว่า **แบบเดี่ยว** (SINGLE MODE)จะเกิดเมื่อแกนกลางมีขนาดเล็กกว่า

เส้นใยแบบเดี่ยว (SINGLE MODE FIBRE)

ควรมีเส้นผ่านศูนย์กลางของแกนกลางประมาณ 8 - 10 μm ซึ่งมีขนาดเล็กเพียงพอต่อการยอมให้มีการผ่านแสงได้เพียงแบบเดียวอย่างมีประสิทธิภาพ เส้นใยประเภทนี้จึงมีความกว้างแถบ (Bandwidth) ที่กว้างและจะพยายามให้เกิดการสูญเสียจากการสอดแทรกน้อยที่สุดที่เพียงพอให้เกิดการส่งผ่านสัญญาณได้ในระยะทางไกล ๆ ต้นกำเนิดแสงที่เหมาะสมใช้กับเส้นใยแบบเดี่ยว คือ เลเซอร์ไดโอด (Laser Diode)

เส้นใยแบบสห (MULTIMODE FIBRE)

ควรมีแกนกลางที่มีขนาดใหญ่กว่าเนื่องจากขนาดที่ใหญ่กว่าของแกนกลางของเส้นใย ทำให้แสงสามารถถูกขับดันโดยใช้ Light Emission Diode (LED_S) ซึ่งเหมาะสมต่อการนำไปใช้ในการส่งผ่านข้อมูลในระยะใกล้ ๆ

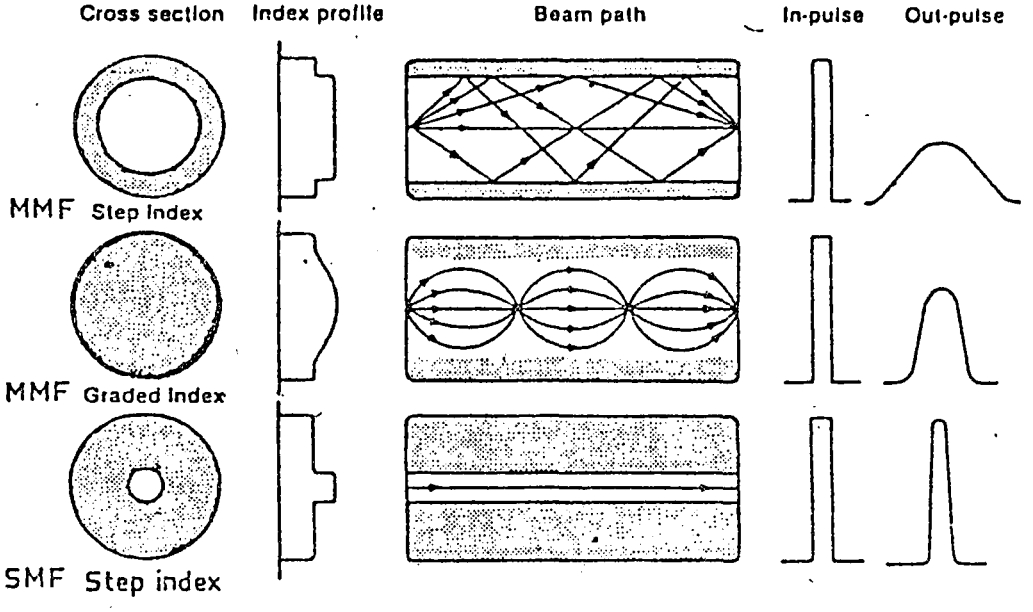
ชนิดของเส้นใยนำแสง (Optical Fibre)

เส้นใยนำแสงสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด ตามลักษณะของแบบการเดินทางของแสง (Propagation Mode) ดังนี้

1.เส้นใยแบบสหประเภทดัชนีหักเหแบบขั้น (Step Index MultimodeFibre(SI))
ค่าดัชนีการหักเหของแสงของเส้นใยชนิดนี้มีค่าคงที่และเปลี่ยนค่าที่ส่วนต่อระหว่างแกนกลางของเส้นใยและส่วนห่อหุ้ม เนื่องจากค่าดัชนีการหักเหของแสงมีค่าสม่ำเสมอตลอดตัวแกนกลางดังนั้นรังสีของแสงจะเดินทางตามเส้นทางด้วยความเร็วคงที่ ยกเว้นรังสีของแสงที่เดินทางด้วยมุมตกกระทบที่เล็กจะเดินทางได้ในระยะทางสั้นกว่ารังสีที่มีมุมตกกระทบที่โตกว่าทำให้เกิด Intermodal Dipersion ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่จำกัดความความสามารถในการส่งผ่านสัญญาณแสงของเส้นใย

2.เส้นใยแบบสหประเภทดัชนีหักเหแบบเกรด (Graded Index Multimode Fibre (GI))
ค่าดัชนีหักเหของเส้นใยชนิดนี้จะค่อย ๆ เปลี่ยนแปลงลดลงจากศูนย์กลางของแกนกลาง ซึ่งเป็นวิธีการควบคุมค่า Refractive Index Profile ของแกนกลาง โดยอาจทำให้ความเร็วและระยะทางเดินของแสงสมดุลย์กันนั่นคือแสงเดินทางถึงปลายทางพร้อมกัน ซึ่งเป็นการลด Terminal Dipersion ทำให้เส้นใยประเภทนี้มีประสิทธิภาพแสงในการส่งสัญญาณแสง

3.เส้นใยแบบเดี่ยวประเภทดัชนีหักเหแบบขั้น (SingleMode Step Index Fibre (SM))
เป็นเส้นใยที่มีคุณสมบัติพิเศษโดยมีประสิทธิภาพในการส่งสัญญาณแสงสูงและสามารถให้แสงความยาวคลื่นเดี่ยวส่งไปตามเส้นใยได้ โดยเป็นวิธีการขจัด Intermodal Dipersion แกนกลางของเส้นใยซึ่งประเภทนี้มีขนาดเล็กมาก(เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 8 - 10 μm)และต้องใช้พลังงานแสงที่มีกำลังสูงมาก ตัวอย่างเส้นใยนำแสงประเภทนี้ได้แก่ เส้นใยเลเซอร์ไดโอด (Laser Diode Fibre) เนื่องจากเส้นใยนำแสงชนิดนี้มีราค่าค่อนข้างสูงจึงเหมาะกับการใช้งานในระบบที่มีระยะทางไกลและมีการส่งข้อมูลในอัตราเร็วสูง



รูป 2.4
แสดงลักษณะการส่งผ่านข้อมูลของเส้นใยชนิดต่าง ๆ

2.2 เทคโนโลยีการอัดรีด (Extrusion)

การอัดรีด หมายถึง การผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติกที่ยาวต่อเนื่องกันไม่รู้จบ จากวัสดุพลาสติกที่เป็นฝุ่นหรือเป็นเม็ด(เรียกว่าเรซิน) โดยอุปกรณ์ที่สำคัญที่สุด คือเครื่องอัดรีด (Extruder) เครื่องอัดรีด มีอยู่ 2 ชนิดคือ

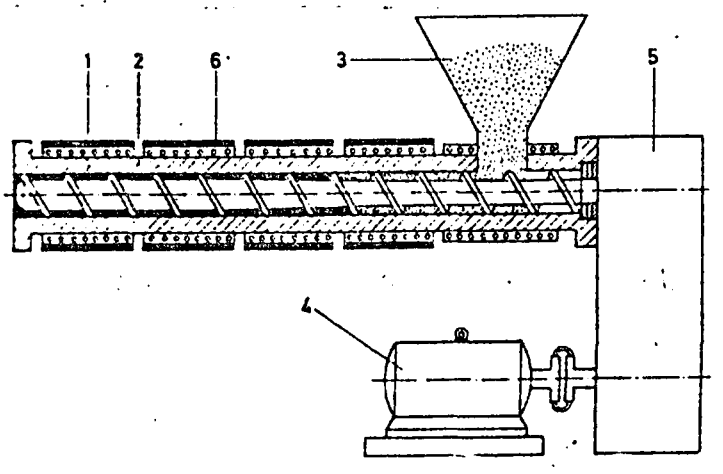
1. แบบเกลียวหนอนเดี่ยว (Single Screw Extruder)
2. แบบเกลียวหนอนคู่ (Double Screw Extruder)

เทอร์โมพลาสติกทุกชนิดสามารถทำการอัดรีดได้แต่มีข้อจำกัดคือ พลาสติกนั้นเมื่ออ่อนตัวควรมีความหนืดสูง เมื่อพลาสติกหลอมผ่านหัวฉีดออกมาจะต้องทรงรูปได้ชั่วระยะเวลาหนึ่งและไม่ไหลรวมกัน

2.2.1 ส่วนประกอบของเครื่องอัดรีด

เครื่องอัดรีด แบบเกลียวหนอนเดี่ยว ประกอบด้วยมอเตอร์ขับ เฟืองทดความเร็ว กระบอกสูบพร้อมเกลียวหนอนประกอบอยู่ภายใน และกรวยเติมพลาสติกดังรูป

1.เกลียวหนอน
2.Cylinder
3.กรวยเติม
4.มอเตอร์
5.เฟืองทด
6.Heater



รูป 2.5
แสดงส่วนประกอบต่าง ๆของเครื่องอัดรีด

รอบ ๆ กระบอกสูบจะมี Heater แบบแผ่นหุ้มอยู่รอบ ๆ ซึ่งสามารถตั้งอุณหภูมิในแต่ละชุดได้ตามต้องการในเขตใกล้ๆ กับกรวยเติมพลาสติกขณะทำงานจะต้องหล่อเย็นเสมอทั้งนี้เพื่อป้องกันพลาสติกหลอมตัวตรงช้องเข้าหรือที่แกนเกลียวหนอน

1.1 เกลียวหนอน

ทำหน้าที่หลอมพลาสติกโดยอาศัยความร้อนอันเกิดจากการหมุนของตัวหนอน ทำให้เกิดแรงเสียดสีระหว่างเม็ดพลาสติกกับเรือนตัวหนอน

1.2 เรือนตัวหนอน (Cylinder)

เกลียวหนอนและเรือนเกลียวตัวหนอน ประกอบกันเป็น ชุดหลอมพลาสติกเรือนตัวหนอนจะเป็นชั้นเดียวประกอบอยู่กับระบบเฟืองขับ ตอนท้ายจะมีช่องทางนำพลาสติกเข้าซึ่งมีรวยเติมประกอบอยู่ตอนบน

1.3 การส่งกำลังขับ

ในการส่งกำลังขับของเครื่องอัดรีดจะใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาดพอเพียงที่จะส่งกำลังขับพลาสติกที่เหลวเหนียว มักใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง(DC- motor) แต่เครื่องอัดรีดขนาดเล็กอาจใช้เฟืองทดเปลี่ยนแปลงความเร็ว จึงจำเป็นต้องใช้มอเตอร์ไฟสลับธรรมดาได้

1.4 การให้ความร้อน และหล่อเย็น

ในการหลอมพลาสติกต้องให้ความร้อนแก่เรือนของเกลียวหนอนเสมอโดยการใช้เครื่องให้ความร้อนไฟฟ้า(Heater) ไฟฟ้าหุ้มอยู่รอบ ๆ เรือนเกลียวหนอนที่จุดต่าง ๆ และสามารถปรับตั้งอุณหภูมิให้คงที่ได้ ในทุกเขตที่มีเครื่องให้ความร้อนไฟฟ้าจะมีอุปกรณ์หล่อเย็นควบคู่กันไปด้วยโดยอาจจะเป็นการหล่อเย็นด้วยลมจากพัดลม หรือการใช้น้ำโดยให้น้ำผ่านท่อทองแดงที่พันอยู่รอบๆเรือนเกลียวหนอนก็ได้

2.2.2 อุปกรณ์ประกอบหลังจากการอัดรีด

หลังจากที่พลาสติกเหลวผ่านเครื่องที่ทำให้เกิดรูปทรงจากเครื่องอัดรีดแล้วควรคงรูปทรงอยู่จนกว่าจะแข็งตัวจากนั้นจึงผ่านเครื่องมือดึงชิ้นงานที่มีความเร็วดึงออกเท่ากับความเร็วของการอัดรีด

จากนั้นจึงทำการม้วนหรือตัดเป็นแท่งให้มีความยาวตามต้องการ อุปกรณประกอบหลังจากการอัดรีดมีดังนี้

อุปกรณ์ปรับขนาด

หน้าที่ของอุปกรณ์ปรับขนาด คือ รักษาขนาดพื้นที่หน้าตัดของชิ้นงานอัดรีด ให้คงที่จนกว่าชิ้นงานจะแข็งตัว ในระหว่างที่พลาสติกอยู่ในอุปกรณ์ปรับขนาดจะมีการทำให้เย็นเกิดควบคู่ไปด้วย อุปกรณ์ปรับขนาดมีอยู่หลายชนิดด้วยกันขึ้นอยู่กับประเภทงานที่จะนำไปใช้วิธีการปรับขนาดที่สำคัญ ได้แก่ การปรับขนาดโดยใช้สูญญากาศ หรือใช้ลมอัดพร้อมจุกอุดวิ่งตามชิ้นงาน

อุปกรณ์หล่อเย็น

การหล่อเย็นควบคู่ไปกับการปรับขนาดนั้น ไม่พอเพียงสำหรับการคงรูปของชิ้นงานจึงจำเป็นต้องมีการหล่อเย็นต่อไปอีกหลังจากผ่านอุปกรณ์ปรับขนาดแล้ว สำหรับชิ้นงานผนังหนาๆ จำเป็นจะต้องหล่อเย็นโดยใช้อ่างน้ำ หรือใช้ระบบพ่นน้ำ สำหรับชิ้นงานรูปพรรณบาง ๆ เช่น ฟิล์ม หรือแผ่น ใช้ลมในการหล่อเย็นก็เพียงพอ

อุปกรณ์ดึงชิ้นงาน

หลังจากผ่านการหล่อเย็นแล้ว จะต้องมีอุปกรณ์ดึงชิ้นงานให้วิ่งไปข้างหน้า โดยการจับชิ้นงาน และดึงเลื่อนไปด้วยความเร็วที่เท่า ๆ กับความเร็วของการอัดรีด เพื่อไม่ให้เกิดรอยที่อุปกรณ์ดึงจึงจำเป็นต้องตั้งแรงกดบนชิ้นงานให้พอดี ในการดึงท่อและรูปพรรณ ส่วนใหญ่จะใช้อุปกรณ์ดึงแบบ ตีนตะขาบ

เครื่องม้วน

สำหรับชิ้นงานการอัดรีดที่ยืดหยุ่น(Elastic) ตามปกติจะม้วนเป็นม้วน นอกจากแผ่น ฟิล์ม และสายไฟแล้ว ผลิตภัณฑ์ ประเภทท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็ก ๆ จนถึงขนาดกลางที่ทำจากพอลิเอทธิลีนจะใช้วิธีม้วนเช่นกัน ระบบส่งกำลังขับอุปกรณ์ม้วนควรสร้างให้มีความเร็วในการม้วนคงที่ ทั้งนี้เพราะว่าเส้นผ่านศูนย์กลางของม้วนจะโตขึ้นเรื่อย ๆ จำเป็นจะต้องลดความเร็วรอบของการม้วนลง ควรใช้มอเตอร์อนุกรมแบบไฟฟ้ากระแสตรงขับโดยตรง และมีอุปกรณ์ปรับโมเมนต์ปิด (Torque) สำหรับการม้วนแผ่นฟิล์มนิยมใช้การขับโดยตรงด้วยลูกกลิ้ง

อุปกรณ์ตัด

ในการเก็บและขนส่งชิ้นงานการอัดรีดที่แข็งเปราะ จำเป็นต้องตัดให้มีขนาดที่พอเหมาะเท่าๆกัน โดยอาจใช้เลื่อยใบมีดหรือกรรไกตัดก็ได้

2.3 เส้นใยเดี่ยว (Monofilament) และเส้นใยรวม (Multifilament)

2.3.1 ส่วนประกอบของเครื่องอัดรีดประเภทเส้นใยเดี่ยว (6)

หัวฉีดเส้นใยเดี่ยว (Monofilament Die)

หัวฉีดเส้นใยเดี่ยวประกอบด้วย ท่อนหัวฉีด(Die-block)ซึ่งมีปั๊มในการปั่นอยู่ด้านบน หรือ เครื่องดัดแปลงอยู่ในตัว และกล่องสำหรับปั่นอยู่ด้านล่าง

ปั๊มในการปั่น (Spinning Pump)

มีหน้าที่ขนย้ายวัสดุที่ถูกหลอมเหลวแล้วโดยจะใช้ ปั๊มแบบเฟือง (Gear Pump)มีความแม่นยำสูงจึงควรใช้ปั๊มไฟฟ้ากระแสตรง ความดันของปั๊มประมาณ 6-12 MPa

อ่างหล่อเย็น (Quenching Bath)

เพื่อให้เส้นใยเดี่ยวที่ออกจากหัวฉีดเย็นตัวลงที่อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิหลอมเหลวที่ทำให้เกิดผลึกตัวกลางในการหล่อเย็นจะใช้น้ำซึ่งควรไหลสม่ำเสมอและอุณหภูมิคงที่ สมบัติของเส้นใยเดี่ยวขึ้นอยู่กับอัตราความเร็วในการหล่อเย็น อ่างหล่อเย็นที่ใช้น้ำเป็นตัวกลางในการหล่อเย็นนิยมใช้แบบห้องแฝดซึ่งใช้เครื่องควบคุมอุณหภูมิแบบอัตโนมัติ

การทำให้เส้นใยเดี่ยวแห้ง (Monofilament Drying)

ทำหน้าที่กำจัดน้ำที่ค้างอยู่บนเส้นใยด้วยการเป่าอากาศร้อนเพื่อทำให้น้ำระเหยออกไป

หน่วยการจัดเรียงตัว (Drawing Unit)

สมบัติทางกายภาพของเส้นใยเดี่ยวเช่น ความแข็งแรงดึง ความสามารถในการยืดความสามารถในการหดตัว ความสามารถในการคงรูป ความต้านทานต่อการเสียดสีและความยืดหยุ่น ขึ้นอยู่

กับองศาของการจัดเรียงตัวของโมเลกุลของเส้นใย ในบางกรณีจึงมีความจำเป็นต้องใช้หน่วยการจัดเรียงตัวในที่นี้ไม่ขอกล่าวโดยละเอียด สำหรับผู้สนใจสามารถหาข้อมูลเพิ่มเติมได้จากเอกสารอ้างอิง (Friedhelm (1988))

อ่างจัดเรียงตัว (Drawing Bath)

ในการจัดเรียงตัว หรือ ก่อนการจัดเรียงตัวของเส้นใยควรทำที่อุณหภูมิต่ำกว่า 100 °ซ อ่างจัดเรียงตัวควรยาวประมาณ 1.5-2 เมตร ความร้อนที่ให้ควรจะสม่ำเสมอและเท่ากันหมดทั้งอ่างโดยใช้ตัวควบคุมอุณหภูมิ (Temperature Controller) น้ำที่สูญเสียไปจากการระเหย หรือจากการที่ติดไปกับเส้นใยจะถูกชดเชยด้วยน้ำใหม่ที่ควบคุมโดยใช้ตัวตรวจจับระดับน้ำ เพื่อที่จะให้น้ำสูญเสียไปน้อยที่สุดจึงติดตั้งลูกกลิ้งที่ไม่สามารถหมุนได้ไว้บริเวณรางด้านข้าง การติดลูกกลิ้งจำเป็นต้องติดตรงทางเข้าและทางออกของการดึงเส้นใยด้วย เพื่อทำให้เส้นใยแต่ละเส้นในระยะทางที่เท่าๆกันส่งผลให้เส้นใยที่ได้มีคุณภาพที่ดีขึ้นและช่วยให้เส้นใยเดี่ยวที่ออกไปพาน้ำออกไปน้อยที่สุด

การจัดเรียงตัวในอากาศร้อน (Hot Air Oven)

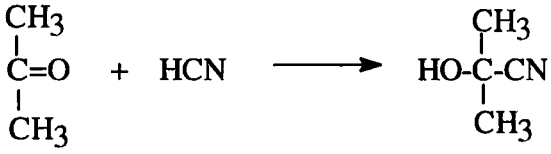
มีหน้าที่ให้ความร้อนที่พอเหมาะกับเส้นใยเดี่ยว เพื่อให้เส้นใยมีการจัดเรียงตัวในสภาวะอากาศร้อน ระบบให้ความร้อนประกอบด้วย 2 ส่วน ส่วนแรกอยู่ด้านบน อีกส่วนหนึ่งอยู่ด้านล่างในทางเข้าจะมีการปล่อยไอน้ำในอากาศเข้ามาด้วยความเร็ว 50 เมตรต่อวินาที เพื่อให้การแพร่ของความร้อนเป็นไปอย่างเหมาะสมโดยที่ทิศทางของลมจะไปทางเดียวกับทิศทางของเส้นใย ซึ่งอุณหภูมิจำกัดสูงสุดประมาณ 300 °ซ และอุณหภูมิควรเปลี่ยนแปลงไม่เกิน±1°ซ และความเร็วของอากาศควรเปลี่ยนแปลงไม่เกิน ± 0.5 เมตรต่อวินาที

2.3.2 ส่วนประกอบของเครื่องอัดรีดประเภทเส้นใยรวม (Multifilament)

เส้นใยรวม (Multifilament) หมายถึง การนำเอาเส้นใยเดี่ยวหลาย ๆ เส้นมาพันเกลียวรวมกันให้เป็นเส้นเดี่ยวประเภทสายเคเบิล โดยทั่วไปแล้วการทำเส้นใยรวมเกี่ยวข้องกับการเตรียมเส้นใยสิ่งทอ เช่น การการนำเส้นด้ายใยสั้นมาปั่นรวมกันให้เป็นเส้นด้ายเส้นเดียวโดยพันกันเป็นเกลียวเป็นต้น ดังนั้นจึงไม่ขอกล่าวในรายละเอียด ณ.ที่นี้ ผู้ที่สนใจสามารถหาข้อมูลเพิ่มเติมได้จากเอกสารอ้างอิง ( )

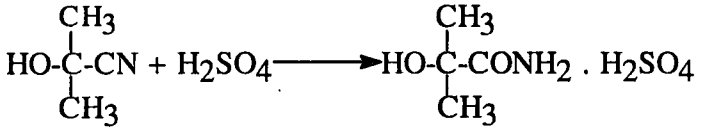
2.4 พอลิ(เมทิล เมธาคริเลต) Poly(methyl methacrylate)

PMMA เตรียมได้จากการทำปฏิกริยาระหว่างอะซิโตนกับไฮโดรเจนไซยาไนด์ ได้อะซิโตนไซยาโนไฮด์ดริน (Acetone Cyanohydrin) ดังแสดงในสมการปฏิกิริยาเคมี (2)



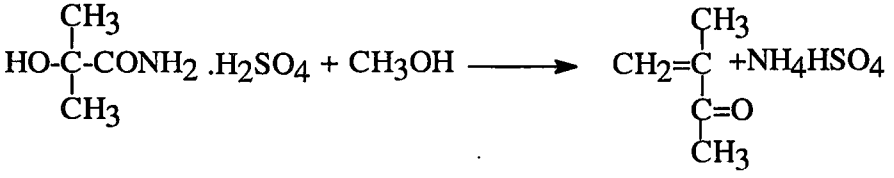
(Acetone Cyanohydrin)

ไซยาโนไฮด์ดริน มาทำปฏิกริยากับ กรดซัลฟูริก ได้ ดังแสดงในสมการปฏิกิริยาเคมี (2)



(MethylacrylamideSulfate)

ทำปฏิกริยาต่อกับ เมธานอลได้เมทิลเมธาคริเลตดังแสดงในสมการปฏิกิริยาเคมี (3)



(MMA)

พอลิเมอร์ไรเซชั่น

พอลิ(เมทิลเมธาคริเลต) นิยมเตรียมโดยการพอลิเมอร์ไรเซชั่น มอนอเมอร์โดยกระบวนการแบบบัลค์ (Bulk) และแบบแขวนลอย (Suspension) โดยแบบบัลค์จะได้พอลิเมอร์ที่มีจะมีความบริสุทธิ์สูง น้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยสูง และการกระจายของน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยค่อนข้างมาก สำหรับแบบแขวนลอยจะได้พอลิเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยสูงแต่การกระจายของน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยค่อนข้างแคบหน่วยของการจัดเรียงตัว พอลิ(เมทิล เมธาคริเลต) มักเป็นแบบอแทกติก คอนฟิกูเรชั่น (Atactic Configuration)

ส่งผลให้มีมอฟอร์โรจีเป็นแบบพอลิเมอร์อสัณฐาน (Amorphous) พอลิเมอร์จึงโปร่งใส มี Tg ประมาณ 110 องศาเซลเซียล (2)

สมบัติทั่วไปของ PMMA (3)

1) มีการส่งผ่านแสงสีขาว ถึง 92%

2)ทนต่อสภาพแวดล้อม มีอายุการใช้งานนานในสภาพแวดล้อมภายนอกและมีคุณสมบัติต้านทานแสงอุลตร้าไวโอเลต

3) มีความสามารถในการต้านทานต่อสารเคมีหลายชนิด เช่น สารเคมีที่ใช้ชำระล้าง ตัวทำละลายกรด อนินทรีย์ อัลคาไลด์ ไฮโดคาร์บอนที่เป็นโซ่ตรงแต่ไม่มีความสามารถในการต้านทานต่อ Aromatic Hydrocarbon เอสเตอร์ คีโตน

4) มีความเหนียวพอสมควร

5)มีช่วงกว้างของอุณหภูมิในการใช้งานตั้งแต่ 71-99 °ซ และที่อุณหภูมิ 93 °ซจะมีสัมประสิทธิ์การขยายตัวทางความร้อนมากกว่าพวกโลหะ

6) เป็นฉนวนไฟฟ้า

สิ่งสำคัญควรรู้

1) ควรเก็บ PMMA เรซิ่นในที่ปราศจากความชื้น เนื่องจากโครงสร้างทางเคมีของ PMMA เรซิ่น มีหมู่ที่มีขั้วจึงสามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนกับน้ำได้จึงดูดความชื้น

2)ควรระวังในเรื่องความหนืดของ PMMAระหว่างขบวนการผลิตเพราะค่าความหนืดของPMMA ไวต่ออุณหภูมิจึงต้องมีการควบคุมอุณหภูมิอย่างดี

3) PMMA มีค่าการหดตัวต่ำ โดยทั่วไปจะน้อยกว่า0.08 นิ้วต่อนิ้ว

การนำไปประยุกต์ใช้งานของ PMMA

ข้อได้เปรียบของการนำPMMAมาใช้งาน คือ การยอมให้แสงผ่านได้มาก ทนต่อสภาพแวดล้อมภายนอกได้ดี และสามารถหล่อเป็นรูปร่างต่าง ๆนอกจากนี้ยังมีราคาค่อนข้างสูง จึงเหมาะที่จะนำไปใช้งานต่าง ๆ ได้ดังนี้

1) กระจก หลังคา และหน้าต่าง ของรถโดยสาร

2) เครื่องสุขภัณฑ์ในห้องน้ำ

3) ฝาคลอบโทรศัพท์เพื่อช่วยเรื่องการได้ยิน

4) กระจกกันลมหน้าเรือ และหน้ารถจักรยานยนต์

5) ฝาครอบไฟบนเพดานในสถานที่ต่าง ๆ เช่น สถานีรถไฟ,ห้องเรียน,โรงงาน,บริษัท

6) ส่วนประกอบของตัวเฮลิคอปเตอร์

7) ใช้การในตกแต่งให้สวยงาม

2.5 เส้นใยพอลิเมอร์นำแสง(Polymer Optical Fibre)

เส้นใยพอลิเมอร์นำแสงนิยมใช้เป็นตัวกลางในการส่งผ่านข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ไปยังแหล่งรับข้อมูลหรือใช้ในการสื่อสารในระยะทางใกล้ๆ เนื่องจากมีค่าการสูญเสียแสงสูงกว่าเส้นใยที่ทำจากแก้ว แต่เส้นใยพอลิเมอร์นำแสงก็มีข้อได้เปรียบกว่าเส้นใยนำแสงที่ทำจากแก้ว คือ

1. สะดวกในการเชื่อมต่อเข้าด้วยกันและเชื่อมต่อเข้ากับแหล่งกำเนิดแสง เนื่องจากเส้นผ่าศูนย์กลางของแกนกลางของเส้นใยมีขนาดใหญ่และมีค่า NA สูง
2. ง่ายต่อการใช้งาน เนื่องจากโค้งงอได้ดีและมีน้ำหนักเบา
3. มีการแตกเสียหายน้อยกว่าแก้ว
4. มีความไวต่อการสั่นน้อยกว่า
5. น้ำหนักเบากว่า

ในระยะเริ่มแรก วัตถุดิบที่นิยมใช้ในการผลิตแกนกลางของเส้นใยพอลิเมอร์นำแสงคือ PMMA หรือ PS และเลือกพอลิเมอร์ที่ผ่านกระบวนการเติมฟลูออไรด์ มาทำส่วนครอบผลปรากฏว่ามีการสูญเสียสัญญาณ 3500 dB./Km โดยไม่ได้มีการกำหนดความยาวคลื่น ต่อมาได้มีการปรับปรุงโดยการเลือกใช้อะคริริก(Acrylic) ที่มีความบริสุทธิ์มากมาทำเป็นแกนกลางของเส้นใยและใช้Poly(fluoroalkyl methacrylate) มาทำเป็นส่วนครอบ ผลปรากฏว่า การสูญเสียสัญญาณต่ำที่สุดประมาณ 125 dB/Km ที่ 567 nm. ต่อมาได้มีการใช้แกนกลางของเส้นใยที่ทำจาก PMMA ที่ผ่านปฏิกิริยาการเติมดิวเทอร์เรียม (Deuterium) แทนที่ไฮโดรเจนทุกตัว (PMMA - D_8) พบว่ามีการสูญเสียสัญญาณประมาณ 20 dB/Km.

ที่ความยาวคลื่น 680 nm.โดยทั่วไปเส้นใยพอลิเมอร์นำแสงในเชิงการค้าจะมีค่าการสูญเสียแสงประมาณ200 dB/km.ในช่วงความยาวคลื่นของแสงที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า(Visible)จึงเหมาะในการนำมาใช้เพื่อการส่งผ่านในระยะทางใกล้ ๆ ได้มีการพัฒนานำ PMMA และ PS มาเตรียมเป็นเส้นใยซึ่งมีค่าการสูญเสียแสงต่ำลงที่สุด 55 dB/km. ที่ 570 nm. และ 114 dB/km. ที่ 670 nm. ตามลำดับ GaAlAs light emission diode (LEDs) เป็นแหล่งกำเนิดแสงที่มีประสิทธิภาพสูงมากในช่วงที่มองเห็นได้ (น้อยกว่า 1 mw. หรือมากกว่าที่ 660 nm.) ซึ่งจะมีผลให้เกิดค่าการสูญเสียแสงที่ต่ำด้วย จึงเหมาะที่จะใช้เป็นแหล่งกำเนิดแสงให้กับเส้นใยพอลิเมอร์นำแสง

บทที่ 3
การดำเนินการวิจัย

3.1 สารเคมีและวัสดุเคมีที่ใช้

1. พอลิเอทธิลีน (Polyethylene)	เกรดการค้า
2. พอลิ(เมทิล เมธาคริเลต) (Poly(methyl methacrylate))	เกรดการค้า
3. น้ำกลั่น	
4. น้ำมันกานพลู (Clove Oil)	เกรดการค้า
5. น้ำมันสน (Terpentine Oil)	เกรดการค้า

3.2 เครื่องมือที่ใช้

1. เครื่องอัดรีดแบบเกลียวหนอนเดี่ยว

บริษัท AXON Plastmaskiner ab รุ่น BX-12

อัตราการอัดรีดของเครื่อง	2-3 กิโลกรัมต่อชั่วโมง
เส้นผ่านศูนย์กลางของสกรู	12.5 มิลลิเมตร
ความยาวของสกรู	26 เท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง
ขนาดมอเตอร์ที่ใช้ขับสกรู	1.1 กิโลวัตต์
จำนวนรอบต่อนาทีของสกรู	50-265 รอบต่อนาที
กำลังสูงสุดของมอเตอร์ที่ใช้ในการดึง	4000 รอบต่อนาที
อุณหภูมิที่ใช้งาน	ถูกตั้งให้ใช้กับ PEและPP เนื่องจากทางภาควิชามีการทดลองใน บทเรียนของนักศึกษาชั้นปีอื่น ๆ แค่พอลิเมอร์ 2 ชนิด
อุปกรณประกอบหลังการอัดรีด	เครื่องดึง อ่างน้ำหล่อเย็น เครื่องตัด

2. ตู้อบสารที่มีความคงที่ของอุณหภูมิ	รุ่น 29 บริษัท GCA จำกัด
3. ไมโครเวอร์เนีย	บริษัท Teclock จำกัด
4. บีกเกอร์ขนาด 500 มล	
5. ปั๊มลม	ขนาด 60 X 21 X 1 มิลลิเมตร บริษัท Hitachi Ltd. Tokico จำกัด
6. เครื่อง Vacuum Pump	รุ่น A-3S บริษัท Tokyo Rikakikai จำกัด
7. เครื่อง Cooling Ace	รุ่น CA-101 บริษัท Tokyo Rikakikai จำกัด
8. สายยางขนาด 1 หุน	
9. กล้องไมโครสโคป (Microscrope)	บริษัท Nikon Optiphot - Pol จำกัด
10. เครื่องรามานสเปกโตรมิเตอร์	รุ่น 2000 FT-RAMAN บริษัท Perkin Elemer จำกัด
11. เครื่อง Tensile Strength	

3.3 ขั้นตอนการทดลอง

3.3.1 การอัดรีดพอลิเอทธิลีน

การทดลองอัดรีดพอลิเอทธิลีนโดยทำการหล่อเย็นที่อุณหภูมิห้อง

1. นำเม็ด PE ใส่บีกเกอร์ขนาด 500 มล. นำไปอบในตู้อบเพื่อให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 65 °ซ นาน 3 ชั่วโมง
2. ตั้งอุณหภูมิของเครื่องอัดรีด ในแต่ละโซนโดยจะต้องตั้งอุณหภูมิให้คงที่นานประมาณ 30 นาทีขึ้นไปก่อนการอัดรีด โดยใช้กำลังสกรูเบอร์ 60

โซนที่	อุณหภูมิ (°ซ)
1	205
2	225
3	235
4	225

3.เปิดน้ำให้มีการไหลในอัตราที่คงที่ในอ่างน้ำหล่อเย็น

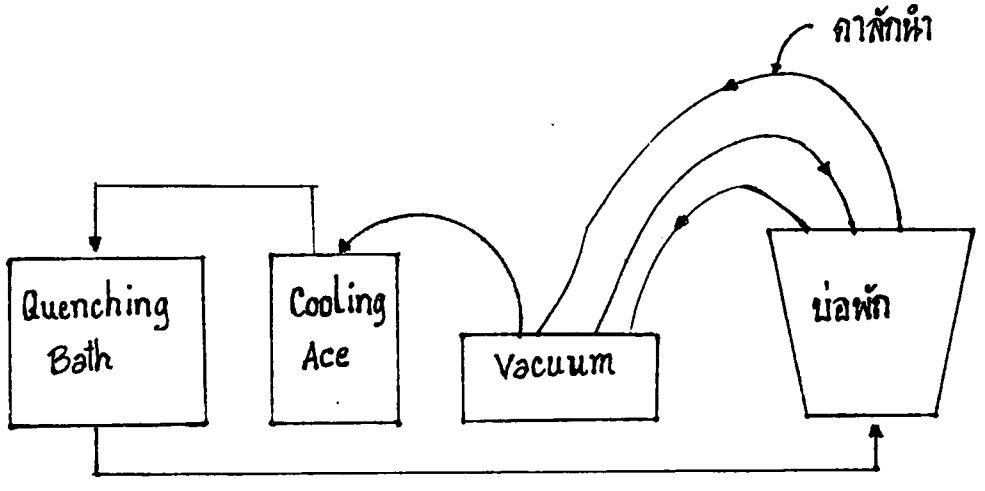
4.นำเม็ดPE ที่ผ่านการอบเพื่อให้ความร้อนแล้ว นำมาใส่ลงในเครื่องอัดรีดโดยใส่ลง ไปประมาณ 60 กรัม เพื่อล้างคราบของสารเคมีที่ตกค้างอยู่ภายในตัวหนอนและเรือนตัวหนอน

5.ใส่ PEเรซิ่นลงไปอีกครั้งเพื่อทำการอัดรีดชิ้นงานจริง โดยเริ่มจากความเร็วของสายพานในการดึงตั้งแต่เบอร์ต่ำที่สุด และค่อย ๆ เพิ่มขึ้นที่ละเบอร์

6.นำชิ้นงานที่ได้ไปตรวจสอบต่อไป

การทดลองอัดรีดพอลิเอทธิลีนโดยทำการหล่อเย็นที่อุณหภูมิ 20 °ซ

ทำเหมือน กับในหัวข้อที่แล้ว ต่างกันที่ข้อย่อยที่ 3 โดยนำเอาระบบเพิ่มอุณหภูมิของน้ำมาใช้ ดังแผนภาพข้างล่าง



รูป 3.1

แสดงระบบการปรับอุณหภูมิในการทดลองอัดรีดพอลิเอทธิลีน

3.3.2 การอัดรีดพอลิ(เมทิล เมธาคริเลต)

การทดลองหาสภาวะที่เหมาะสมในการอัดรีด PMMA เรซิน

1.นำเม็ดพอลิเมอร์ PMMA มาทำการอบให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90 °ซ นาน 3 ชั่วโมงตั้งอุณหภูมิของเครื่องอัดรีด ในแต่ละโซนโดยกำหนดอุณหภูมิของแต่ละโซนเป็นดังนี้

โซนที่	อุณหภูมิ (°ซ)
1	210
2	215
3	215
4	220

กำลังสกรูเบอร์ 60 โดยตั้งอุณหภูมิให้คงที่นานประมาณ 30 นาทีขึ้นไป ก่อนทำการอัดรีดได้

2.นำเม็ด PMMA ที่ผ่านการอบเพื่อให้ความร้อนแล้ว นำมาใส่ลงในเครื่องอัดรีดประมาณ60 กรัม เพื่อล้างคราบของสารเคมีที่ตกค้างอยู่ภายในตัวหนอนและเรือนตัวหนอนออก เติมPMMAลงไปอีกครั้งเพื่อทำการอัดรีดชิ้นงานจริง บันทึกผลการอัดรีดเส้นใยเชิงกายภาพเป็นการเกิดฟองอากาศภายในเส้นใยหรือไม่อัตราการไหลของพอลิเมอร์สม่ำเสมอหรือไม่

3.เพิ่มและลดอุณหภูมิในแต่โซนครั้งละประมาณ 5 °ซ และเพิ่มหรือลดกำลังสกรู ดูผลการเปลี่ยนแปลงของผลการอัดรีดเส้นใยเชิงกายภาพ

4.รวบรวมข้อมูลและประมวลผลว่าอุณหภูมิในแต่ละโซนและกำลังสกรูเป็นเท่าไรจึงจะเหมาะสมกับการอัดรีด

การทดลองอัดรีด PMMA เรซิน

1.นำ PMMA เรซิน มาทำการอบให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90 °ซ เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ตั้งอุณหภูมิของเครื่องอัดรีด ในแต่ละโซนโดยกำหนดอุณหภูมิของแต่ละโซนเป็นดังนี้

โซนที่	อุณหภูมิ (°ซ)
1	210
2	213
3	215
4	217

กำลังสกรูเบอร์ 20 โดยจะต้องตั้งอุณหภูมิให้คงที่นานประมาณ 30 นาทีขึ้นไป ก่อนที่จะทำการอัดรีดได้

2.ทำการหล่อเย็นที่อุณหภูมิ 25 °ซ และ 20 °ซ นำเม็ด PMMA ที่ผ่านการอบเพื่อให้ความร้อนแล้วนำมาใส่ลงในเครื่องอัดรีดประมาณ 60 กรัม เพื่อล้างคราบของสารเคมีที่ตกค้างอยู่ภายในตัวหนอนและเรือนตัวหนอนออก เติมPMMAลงไปอีกครั้งเพื่อทำการอัดรีดชิ้นงานจริง บันทึกผลการอัดรีดเส้นใยเชิงกายภาพเช่นเดียวกับหัวข้อที่แล้ว

3.ไม่ทำการหล่อเย็นแต่ให้พอลิเมอร์มีการจัดเรียงตัวในอากาศ เติมPMMAลงไปอีกครั้งเพื่อทำการอัดรีดชิ้นงานจริง บันทึกผลการอัดรีดเส้นใยเชิงกายภาพเช่นเดียวกับหัวข้อที่แล้ว

การทดลองอัดรีด PMMA เรซิน ที่ได้จากการสังเคราะห์ในระดับห้องทดลอง

ทำการทดลองเหมือนหัวข้อที่แล้วทุกประการ เพื่อหาสภาวะการควบคุมเครื่องอัดรีดที่เหมาะสม

3.3.3 การทดสอบสมบัติเชิงกายภาพและสมบัติเชิงกลของเส้นใย

ค่าดัชนีหักเหโดยวิธี Becke Line Method

ในการทดสอบด้วยวิธีนี้จะต้องเลือกสารละลายมา 2 ชนิดที่ไม่ทำปฏิกิริยากับเส้นใยที่จะทดสอบ ค่าดัชนีหักเหแสงของสารละลายคร่อมอยู่ระหว่างค่าดัชนีหักเหของแสงที่คาดว่าจะเป็นของเส้นใย และสารละลายทั้งสองต้องผสมรวมกันเป็นเนื้อเดียว สำหรับในการทดสอบค่าดัชนีหักเหของเส้นใย พอลิ(เมทิล เมธาคริเลต) และพอลิเอทธิลีน จะเลือกใช้ น้ำมันสนที่มีค่าดัชนีหักเหของแสงเป็น 1.47

และน้ำมันกานพลูที่มีค่าดัชนีหักเหของแสงเป็น 1.53 มาผสมกันในอัตราส่วนต่าง ๆ ดังนี้

ขวดที่	ปริมาณของน้ำมันสน (ซม3)	ปริมาณของน้ำมันกานพลู (ซม3)
1	25	0
2	22.5	2.5
3	20	5
4	17.5	7.5
5	15	10
6	12.5	12.5
7	10	15
8	7.5	17.5
9	5	20
10	2.5	22.5
11	0	25

ทำการผสมอัตราส่วนทั้งหมดในขวดวัดปริมาตรขนาด 25 ซม3 นำสารละลายทั้งหมดไปวัดค่าดัชนีหักเหของแสงโดยใช้เครื่อง Abbe Refrectometer นำค่าที่วัดได้มาทำการวาดกราฟ และคำนวณหาค่าอัตราส่วนในการผสมที่เหมาะสมที่คาดว่าจะมีค่าดัชนีหักเหเป็นของเส้นใยนำไปส่องกล้องไมโคร-สโคปดูว่าใช้หรือไม่แล้วนำอัตราส่วนนั้นไปวัดค่าดัชนีหักเหของแสงโดยใช้เครื่อง Abbe Refrectometer

การวัดค่าความแข็งแรงดึง (Tensile Strength)

1. ตัดเส้นใยให้มีความยาวประมาณ 25 เซนติเมตรจำนวน 5 เส้น
2.นำไปทดสอบโดยใช้เครื่องทดสอบความแข็งแรงดึงให้มีอัตราเร็วในการดึง 5 มิลลิเมตรต่อวินาที

รามานสเปกโตรสโกปี

นำพอลิเมอร์ในลักษณะที่เป็นแท่งกลมยาวประมาณ 4 เซนติเมตรใส่ลงบนตัวจับยึดนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องรามานสเปโตรโฟโตมิเตอร์

ความสามารถในการนำแสง

1. ใช้ชุดตัดชิ้นงานทำการตัดปลายของเส้นใยนำแสงโดยหงายใบมีดขึ้น ทำการตัดอย่างปราณีตและทำการตรวจสอบปลายของเส้นใยที่ตัดได้ซึ่งพื้นผิวที่ได้ควรราบเรียบปราศจากข้อบกพร่อง
2. เชื่อมต่อเส้นใยกับแหล่งกำเนิดแสง ฮีเลียม-นีออน ใช้เลนซ์ขนาด20X ช่วยในการรวมแสง โดยจัดเส้นใยให้อยู่ในแนวแกนที่รับแสงได้มากที่สุด นำปลายอีกข้างหนึ่งต่อกับเครื่องตรวจวัดแสงซึ่งต่อกับชุดอุปกรณ์หาค่าการสูญเสียการส่งผ่านแสงมากที่สุด
3. อ่านค่าพลังงานที่ออกมาจากส่วนปลายของเส้นใยนำแสงจากชุดอุปกรณ์วัดค่าการสูญเสียการส่งผ่านแสงแล้วบันทึกค่าพลังงานที่อ่านได้พร้อมวัดความยาวของเส้นใย

ความสม่ำเสมอของเส้นใย

ตัดเส้นใยให้มีความยาว 1 เมตรทำการวัดโดยใช้ไมโครเวอร์เนียทุก ๆระยะ 1 เซนติเมตร นำมาแจกแจงความถี่และเขียนกราฟการกระจาย เพื่อตรวจสอบความสม่ำเสมอของเส้นใยที่อัดรีดได้

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

เครื่องอัดรีดที่ใช้ในการทดลองตามโครงงานพิเศษนี้ เป็นระดับกึ่งห้องทดลอง พร้อมอุปกรณ์ประกอบ ตั้งอยู่ ณ. ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ตามโครงงานพิเศษนี้ได้ทดลองทำการอัดรีดขึ้นรูปเป็นเส้นใยโดยใช้พอลิเอทธิลีน (PE) และ พอลิ(เมทิล เมธาคริเลต) (PMMA) เรซิ่นซึ่งมีจำหน่ายในท้องตลาด สมบัติต่าง ๆ ของเรซิ่นทั้งสองชนิดแสดงในภาคผนวก ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการทดลองและการวิจารณ์ตามรายละเอียดดังนี้

4.1 ผลการทดลองการอัดรีดเส้นใยพอลิเอทธิลีน

ได้ควบคุมอุณหภูมิที่ใช้ในโซนทั้ง 4 ของเครื่องอัดรีดคือ 205°ซ 225 °ซ 235 °ซ 225 °ซและทำการหล่อเย็นเส้นใยที่เตรียมได้ด้วยน้ำอุณหภูมิ 26°ซ 20°ซ และ 16°ซ ผลการอัดรีดเส้นใยดังแสดงในตาราง 4.1

ตาราง 4.1

แสดงผลการอัดรีดเส้นใยพอลิเอทธิลีน

ลำดับที่	อุณหภูมิน้ำ(°ซ)	ความเร็วสายพาน	ความใสสังเกตุด้วยตาเปล่า	เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย	ค่าดัชนีหักเหของแสง
1	26	2	ขุ่นมาก	1.92	1.506
2	26	3	ขุ่น	1.55	1.503
3	26	4	ใสขึ้น	0.84	1.501
4	20	4	ใสที่สุด	0.89	1.499

เส้นใยที่ได้ไม่มีความสม่ำเสมอ อันเนื่องจากมอเตอร์ที่ใช้ในการดึงใช้ไฟฟ้ากระแสสลับจึงเกิดการกระตุกทำให้เส้นใยที่ได้เกิดลักษณะที่เป็นปมขึ้น ได้แก่ปัญหาโดยการทำความสะอาดเครื่องอัดรีด

แต่ยังไม่สามารถแก้ปัญหานี้ได้ โดยทั่วไปควรใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเพื่อป้องกันการเกิดอาการกระตุกของเครื่อง

จากการทดลองเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำที่ใช้ในการหล่อเย็นพบว่า อุณหภูมิน้ำต่ำทำให้เส้นใยที่เตรียมได้มีความใสจากการสังเกตุด้วยตาเปล่ามากที่สุด เนื่องจากความใสหรือความขุ่นของเส้นใยมีความสัมพันธ์กับค่าดัชนีหักเหของแสงจึงได้ทำการวัดค่าดังกล่าวปรากฏว่าได้ค่าที่ใกล้เคียงกัน ค่านี้จึงไม่สามารถใช้ประโยชน์ในการบ่งถึงความขุ่นหรือความใสของเส้นใยได้ชัดเจน

4.2 ผลการทดลองการอัดรีดเส้นใยพอลิ(เมทิล เมธาคริเลต)

อุณหภูมิภายในห้องสกรูของเครื่องอัดรีดที่เหมาะสม

PMMA เรซิ่นที่ซื้อมาจากท้องตลาดทั่วไป มิได้กำหนดอุณหภูมิสำหรับโซนต่าง ๆ ที่เหมาะสมสำหรับใช้กับเครื่องอัดรีด จึงได้ทำการศึกษาดังกล่าว ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.2 ทั้งนี้กำลังสกรูที่ใช้ในการอัดรีดคงที่ที่ 60 การปรับอุณหภูมิในโซนต่าง ๆ เปลี่ยนแปลงดังนี้ โซนที่ 1 ที่ 210 - 220 °ซ โซนที่ 2 ที่ 215 - 225 °ซ โซนที่ 3 ที่ 215 - 230 °ซ และโซนที่ 4 ที่ 220 - 230 °ซ
จากผลการทดลองแสดงให้ทราบว่าหากอุณหภูมิที่ใช้ในโซนต่าง ๆ ของเครื่องอัดรีดไม่เหมาะสม เส้นใยที่เตรียมได้จะมีฟองอากาศเกิดขึ้นซึ่งสามารถสังเกตุเห็นได้ด้วยตาเปล่า และไม่สามารถหาอุณหภูมิภายในโซนต่าง ๆ ที่เหมาะสมได้ พบว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิในบริเวณต่าง ๆ ทำให้ปริมาณฟองอากาศเพิ่มมากขึ้นจากการสังเกตุด้วยตาเปล่า ฉะนั้นจึงเลือกใช้อุณหภูมิที่ต่ำที่สุดเนื่องจากเกิดปริมาณฟองอากาศน้อยที่สุด

จากนั้นจึงได้ทำการเปลี่ยนแปลงกำลังสกรูเบอร์ 20 ถึง 100 โดยที่อุณหภูมิในแต่ละโซนคงที่ดังนี้ โซนที่ 1 ที่ 210 °ซ โซนที่ 2 ที่ 215 °ซ โซนที่ 3 ที่ 215 °ซ และโซนที่ 4 ที่ 220 °ซ ผลการทดลองดังแสดงในตาราง 4.3 พบว่าไม่มีการทดลองใดที่สามารถเตรียมเส้นใยให้ปราศจากฟองอากาศได้จึงได้ทำการเปลี่ยนอุณหภูมิในแต่ละโซน ให้ต่ำลงจากที่กล่าวมาแล้วข้างต้น และให้กำลังสกรูที่ใช้ในการอัดรีดคงที่ที่เบอรี 20 ผลการทดลองดังแสดงในตาราง 4.4 สาเหตุที่เลือกกำลังสกรูเบอร์ต่ำสุดเนื่องจากได้สังเกตุปริมารฟองอากาศในเส้นใยยาว 1 เมตร มีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มกำลังสกรู

ตาราง 4.2

แสดงผลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในโซนต่าง ๆ ของเครื่องอัดรีดที่มีต่อการเกิดฟองอากาศใน เส้นใย (กำลังสกรูคงที่ที่เบอร์ 60)

ครั้งที่	อุณหภูมิ (°ซ)				ผลที่เกิด
	บริเวณที่ 1	บริเวณที่ 2	บริเวณที่ 3	บริเวณที่ 4	
1	210	215	215	220	เกิดฟองอากาศ
2	210	215	215	225	เกิดฟองอากาศ
3	210	215	220	220	เกิดฟองอากาศ
4	210	215	220	225	เกิดฟองอากาศ
5	210	215	220	230	เกิดฟองอากาศ
6	210	215	225	225	เกิดฟองอากาศ
7	210	215	225	230	เกิดฟองอากาศ
8	210	220	220	220	เกิดฟองอากาศ
9	210	220	220	225	เกิดฟองอากาศ
10	210	220	225	225	เกิดฟองอากาศ
11	210	220	225	230	เกิดฟองอากาศ
12	210	220	230	230	เกิดฟองอากาศ
13	215	215	215	220	เกิดฟองอากาศ
14	215	215	220	220	เกิดฟองอากาศ
15	215	220	220	220	เกิดฟองอากาศ
16	215	220	220	225	เกิดฟองอากาศ
17	215	220	225	225	เกิดฟองอากาศ
18	215	220	225	230	เกิดฟองอากาศ
19	215	225	230	230	เกิดฟองอากาศ
20	220	225	230	230	เกิดฟองอากาศ
21	220	225	230	230	เกิดฟองอากาศ

ตาราง 4.3

แสดงผลการทดลองการปรับกำลังสกรู (โดยที่อุณหภูมิในแต่ละบริเวณคงที่) ที่มีต่อการเกิดฟอง อากาศในเส้นใย

ครั้งที่	อุณหภูมิ(°ซ)				กำลังสกรู เบอร์	ผลที่เกิด
	บริเวณที่ 1	บริเวณที่ 2	บริเวณที่ 3	บริเวณที่ 4		
1	210	215	215	220	65	เกิดฟองอากาศ
2	210	215	215	220	70	เกิดฟองอากาศ
3	210	215	215	220	75	เกิดฟองอากาศ
4	210	215	215	220	80	เกิดฟองอากาศ
5	210	215	215	220	85	เกิดฟองอากาศ
6	210	215	215	220	90	เกิดฟองอากาศ
7	210	215	215	220	95	เกิดฟองอากาศ
8	210	215	215	220	100	เกิดฟองอากาศ
9	210	215	215	220	55	เกิดฟองอากาศ
10	210	215	215	220	50	เกิดฟองอากาศ
11	210	215	215	220	45	เกิดฟองอากาศ
12	210	215	215	220	40	เกิดฟองอากาศ
13	210	215	215	220	35	เกิดฟองอากาศ
14	210	215	215	220	30	เกิดฟองอากาศ
15	210	215	215	220	25	เกิดฟองอากาศ
16	210	215	215	220	20	เกิดฟองอากาศ

ตาราง 4.4

แสดงผลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิบริเวณต่าง ๆ ภายในเครื่องอัดรีดที่มีต่อการเกิดฟองอากาศในเส้นใย (กำลังสกรูเบอร์ 20)

ครั้งที่	อุณหภูมิ(°ซ)				กำลังสกรูเบอร์	ผลที่เกิด
	บริเวณที่ 1	บริเวณที่ 2	บริเวณที่ 3	บริเวณที่ 4		
1	210	215	215	217	20	เกิดฟองอากาศน้อยมาก
2	210	213	215	217	20	ไม่เกิดฟองอากาศ

จากผลการทดลองในตาราง 4.2 พบว่าอุณหภูมิบริเวณต่าง ๆ ของเครื่องอัดรีดที่เหมาะสมควรเป็นดังนี้คือ

โซนที่	อุณหภูมิ (°ซ)
1	210
2	213
3	215
4	217

กำลังสกรูเบอร์ 20 และ PMMA เรซิ่น ต้องอบที่อุณหภูมิ 90 °ซ นาน 3 ชม. ก่อนนำไปอัดรีด

ในการทดลองอื่น ๆ ต่อไปได้ใช้สภาวะการควบคุมเครื่องดังกล่าวเพื่อศึกษาผลของการจัดเรียงตัวในสภาวะร้อนและสภาวะเย็นที่มีต่อความใส ความเปราะ และความสม่ำเสมอของเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใย

ไม่สามารถทำการอัดรีดขึ้นรูปเป็นเส้นใยจากพอลิ(เมทิล เมธาคริเลต)การสังเคราะห์ในห้องทดลอง เนื่องจากพอลิเมอร์เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างเคมีโดยสังเกตุได้จากการที่เส้นใยที่อัดรีดได้เปลี่ยนสี และพอลิเมอร์ที่เตรียมได้มีไม่มากพอที่จะทำการศึกษาหาปัจจัยการควบคุมเครื่องอัดรีดที่เหมาะสมในการอัดรีดเส้นใยจากพอลิเมอร์สังเคราะห์ได้

ความใส และความเปราะของเส้นใย PMMA

อุณหภูมิของน้ำในอ่าง (Quenching Bath) ตั้งไว้ที่ 26 °ซ ผลปรากฏว่าเส้นใยที่ผ่านอ่างน้ำนี้เกิดฟองอากาศขึ้นภายในเส้นใย การเกิดฟองอากาศในเส้นใยเนื่องจากเส้นใย PMMA ที่ผ่านการอัดรีดมาด้วยอุณหภูมิสูงเกิดการเย็นตัวโดยรวดเร็ว อากาศที่อยู่ภายในเส้นใยจึงสามารถเกิดการเปลี่ยนแปลงปริมาตร นอกจากนี้อาจเป็นไปได้ว่า เนื่องจาก PMMA มีหมู่ -$COOCH^3$ ซึ่งมีความสามารถในการดูดซับน้ำได้ น้ำที่ถูกดูดซับมีอากาศเป็นส่วนประกอบอยู่ด้วยจึงทำให้อากาศในน้ำที่ถูกดูดซับนั้นเกิดการเปลี่ยนแปลงปริมาตร

เส้นใยที่ผ่านอ่างน้ำเย็นจะเปราะ เนื่องจากขณะที่พอลิเมอร์เหลวผ่านเครื่องอัดรีดจะมีอุณหภูมิสูงมาก เมื่อเคลื่อนที่ผ่านน้ำจะเกิดการหดตัวและแข็งตัวอย่างรวดเร็วที่ผิวของเส้นใย แต่ภายในเส้นใยยังแข็งตัวไม่ทันทำให้เกิดการเปราะของเส้นใย และจากการที่สังเกตุด้วยตาเปล่า เส้นใยจะมีความใสสูงกว่าเส้นใยที่ไม่ได้ผ่านอ่างน้ำเย็น แต่อย่างไรก็ตามเนื่องจากเมื่อผ่านอ่างน้ำเย็นแล้วเส้นใยมีความเปราะ จึงไม่มีความเหมาะสมในการใช้น้ำเย็นเพื่อลดอุณหภูมิของเส้นใย ผลการทดลองและการวิจารณ์ต่อจากนี้นั้น เส้นใยที่เตรียมได้จากทุกการทดลองไม่ได้ผ่านการทำให้เย็นโดยใช้น้ำตามที่กล่าวมาแล้วข้างต้นว่า ความใสหรือความขุ่นของเส้นใยมีความสัมพันธ์กับค่าดัชนีหักเหของแสง ตาราง 4.5 แสดงค่าดัชนีหักเหของแสงของเส้นใยพอลิเอทธิลีน พบว่าค่าดัชนีหักเหของแสงมีความแตกต่างกันน้อยมาก และจากการสังเกตุด้วยตาเปล่าก็พอจะสามารถแยกเส้นใยได้

ตาราง 4.5

แสดงผลของความเร็วสายพานของเครื่องประกอบเครื่องอัดรีดที่มีต่อค่าดัชนีหักเหของแสงของพอลิเอทธิลีน

ความเร็วสายพาน	อุณหภูมิ (°ซ)	ดัชนีหักเหของแสง	อัตราส่วนผสมระหว่างน้ำมันการพลู ต่อน้ำมันสน
2	26	1.506	60 : 40
3	26	1.503	55 : 45
4	26	1.501	52 : 48
4	20	1.499	48 : 52

การวัดค่าดัชนีหักเหของแสงของเส้นใย PMMA โดยวิธีเบคไลน์ (Becke Line Method) อาศัยหลักการที่แสงจะเคลื่อนที่ผ่านตัวกลาง 2 ชนิด และจะหักเหเข้าหาตัวกลางที่มีค่าดัชนีหักเหของแสงมากกว่า โดยอาศัยกล้องไมโครสโคปในการพิจารณาการหักเหของแสง ซึ่งแสงในกล้องไมโครสโคปทำให้เกิดการกระจายแสงไม่เท่ากันรอบ ๆ ชิ้นงานที่ทดสอบ เส้นสว่างที่เห็นรอบ ๆ ชิ้นงานจะเรียกว่าเส้น ฮาโล (Halo) หรือ เส้นเบคไลน์ (Becke Line) โดยจะเห็นเมื่อปรับกล้องใกล้จุดโฟกัส เส้นนี้จะเคลื่อนที่เมื่อปรับเข้าหาจุดโฟกัส ถ้าเส้นนี้เคลื่อนที่ออกจากชิ้นงานที่ทดสอบแสดงว่าดัชนีหักเหของแสงของตัวกลางที่เป็นสารละลายมีค่ามากกว่าค่าดัชนีหักเหของชิ้นงานที่จะทดสอบ ในทางกลับกัน ถ้าเส้นนี้เคลื่อนที่เข้าไปในชิ้นงานที่ทดสอบแสดงว่าค่าดัชนีหักเหของแสงของชิ้นงานมีค่ามากกว่าของตัวกลางที่เป็นสารละลาย แต่ถ้าเกิดค่าดัชนีหักเหของแสงของตัวกลางทั้งสองเท่ากันจะไม่เกิดเส้นนี้ขึ้น

วิธีนี้มีข้อจำกัดในเรื่อง การเลือกใช้สารละลายที่จะมาเป็นตัวกลางในการเปรียบเทียบนี้ สารละลายจะต้องไม่ทำปฏิกิริยากับชิ้นงานที่จะทดสอบ และมีค่าดัชนีหักเหของแสงคร่อมค่าดัชนีหักเหของแสงของชิ้นงาน

เส้นใยพอลิ(เมทิล เมธาคริเลต)ที่อัดรีดได้ อัตราส่วนของของผสมระหว่าง น้ำมันสน และ น้ำมันกานพลูที่เหมาะสมที่สุดจะเป็น 66 %: 34 %ตามลำดับ เมื่อนำไปวัดค่าดัชนีหักเหของแสง

จากเครื่อง Abbe Refrectometer ผลปรากฏว่าค่าดัชนีหักเหของแสงของเส้นใยเป็น 1.49

ความใสหรือความขุ่นของเส้นใยเนื่องจากการจัดเรียงตัวในระดับโมเลกุลของโครงสร้างเคมีของเส้นใยที่แตกต่างกัน การเรียงตัวที่ดีเป็นระเบียบมีผลทำให้เส้นใยที่สายตามนุษย์มองเห็นขุ่นมัว เนื่องจากแสงที่ผ่านเส้นใยได้ไม่สะดวกและเกิดการกระเจิงของแสงมีน้อย พอลิเมอร์ที่มีการจัดเรียงตัวของโมเลกุลอย่างเป็นระเบียบจัดเป็นพอลิเมอร์แบบสัณฐาน (Crystalline Polymer) สำหรับพอลิเมอร์ที่มีการจัดเรียงตัวของโมเลกุลไม่เป็นระเบียบจัดเป็นพอลิเมอร์แบบอสัณฐาน (Amorphous Polymer) โดยพอลิเมอร์เหล่านี้สังเกตุได้ว่ามีความใส แต่ในด้านของสมบัติเชิงกลจะด้อยกว่าพอลิเมอร์แบบสัณฐาน ในกรณีที่พอลิเมอร์มีโครงสร้างของโมเลกุลทั้งสองแบบรวมกันจัดเป็นพอลิเมอร์กึ่งสัณฐาน (Semi - Crystalline Polymer)
เส้นใยพอลิเมอร์นำแสงควรนำแสงได้ดีดังนั้น พอลิเมอร์ที่นำมาเพื่อเตรียมเป็นเส้นใยนำแสงควรเป็นพอลิเมอร์แบบอสัณฐาน

ความสม่ำเสมอของเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใย PMMA

เนื่องจากหัวฉีดของเครื่องที่ใช้อัดรีดเป็นการอัดรีดออกมาในแนวขนานกับพื้นโลก แรงที่เกิดจากแรงโน้มถ่วงโลกจะดึงเส้นใยลงทำให้เส้นใยหย่อน ซึ่งจะมีผลต่อความสม่ำเสมอของเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใย ได้แก้ปัญหานี้โดยการเลื่อนรางไปชิดกับหัวฉีดเพื่อรับเส้นใยขณะออกจากหัวฉีดทันที ทำให้เส้นใยที่ได้มีเส้นผ่านศูนย์กลางที่สม่ำเสมอขึ้น ดังผลการทดลองที่ 4 5 และ 6 (ตาราง 4.6) และจากกราฟการกระจายขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง รูป 4.1 - 4.3 สำหรับกราฟการกระจายของเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยก่อนการเลื่อนรางแสดงในรูปที่ 4.4 - 4.6

แต่อย่างไรก็ตามเนื่องจากมอเตอร์ที่ใช้ในการดึงเกิดการกระตุก ทำให้เกิดปุ่มขึ้น อีกทั้งอัตราเร็วของมอเตอร์ไม่สม่ำเสมอ ทำให้เส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยเปลี่ยนแปลงไปมาก เช่นเดียวกันกับผลการทดลองการอัดรีดเส้นใย PE

ตาราง 4.6

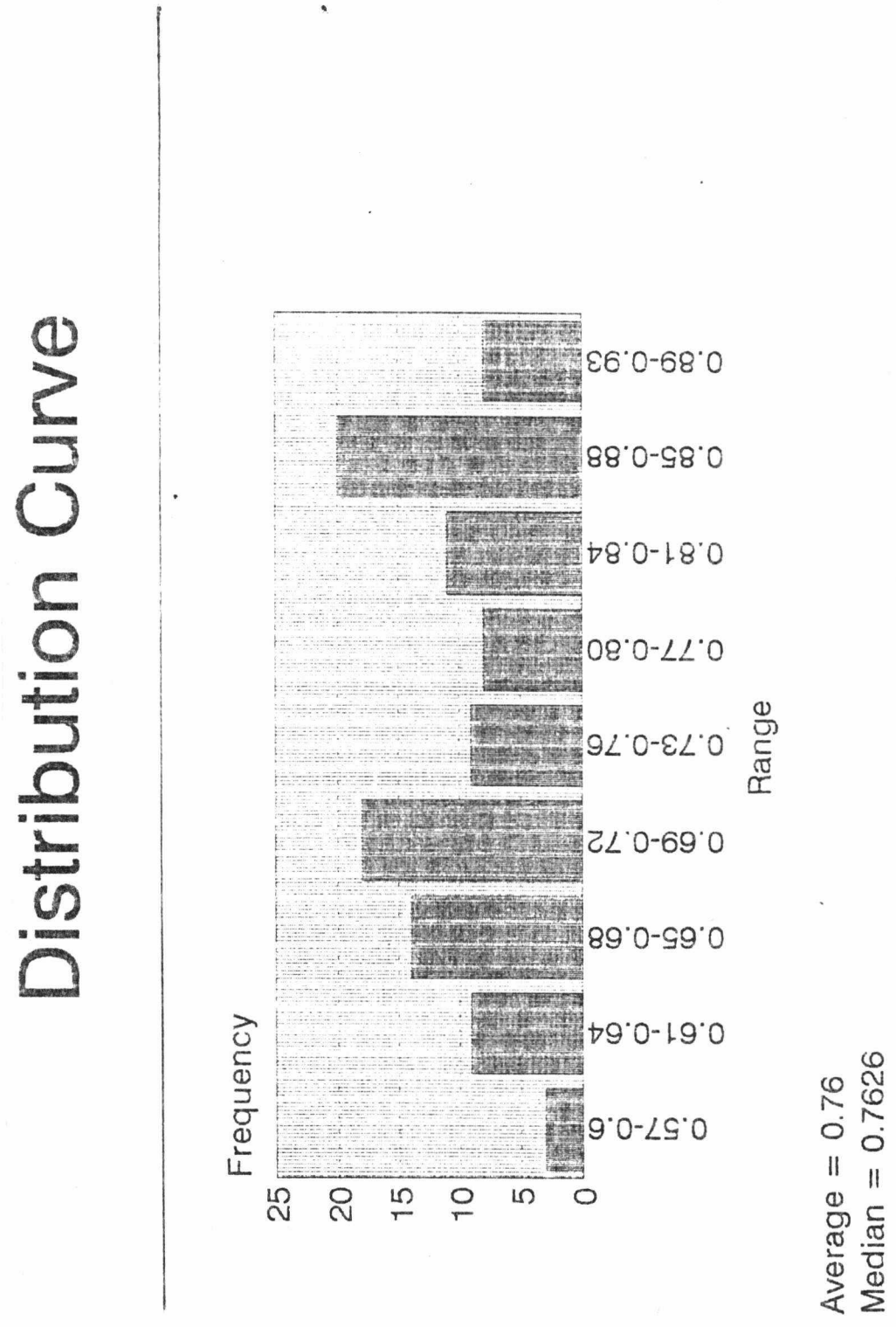
แสดงผลการอัดรีดเส้นใยพอลิ(เมทิล เมธาคริเลต) และผลการเลื่อนรางรับเส้นใยเข้ามาชิดหัวฉีดเครื่องอัดรีด

ครั้งที่	ความเร็วสายพาน	ความใสสังเกตุด้วยตาเปล่า	เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย	มัธยฐาน	ค่าเฉลี่ย
1	2		1.32	1.01	1.02
2	3		0.91	0.71	0.71
3	4	ความใสของ	0.84	0.57	0.55
4	3	ทั้งหมด พอ ๆ	1.24	1.24	1.24
5	4	กัน	0.76	0.76	0.76
6	5		0.47	0.46	0.47

รูป 4.1

แสดงการกระจายของเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยพอลิ(เมทิล เมธาคริเลต)

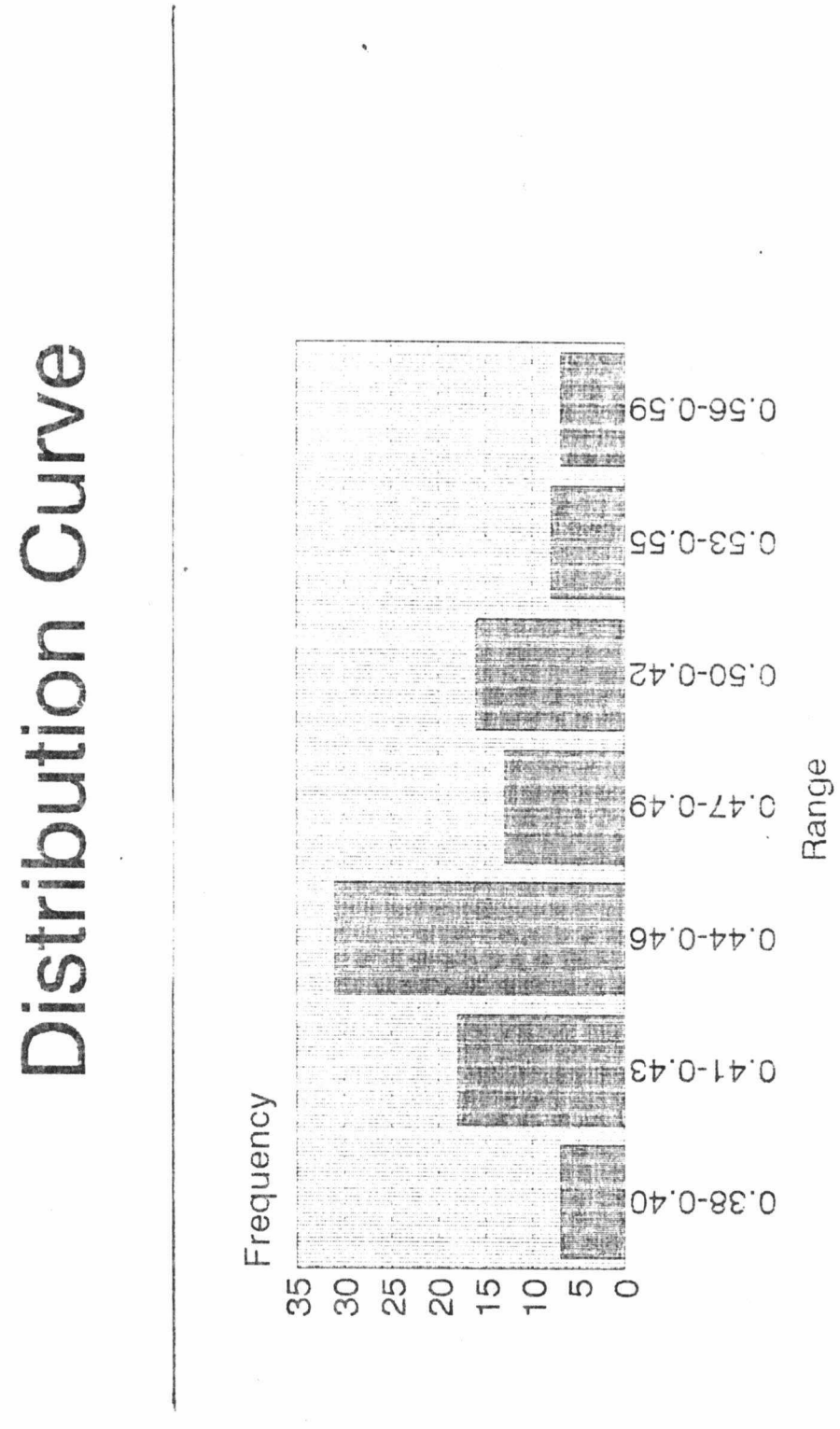
หลังการเลื่อนรางเข้ามาชิดหัวฉีด (กำลังดึงเบอร์ 3)



รูป 4.2

แสดงการกระจายของเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยพอลิ(เมทิล เมธาคริเลต)

หลังการเลื่อนรางเข้ามาชิดหัวฉีด (กำลังดึงเบอร์ 4)



รูป 4.3

แสดงการกระจายของเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยพอลิ(เมทิล เมธาคริเลต)

หลังการเลื่อนรางเข้ามาชิดหัวฉีด (กำลังดึงเบอร์ 5)

รูป 4.4

แสดงการกระจายของเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยพอลิ(เมทิล เมธาคริเลต)

ก่อนการเลื่อนรางเข้ามาชิดหัวฉีด (กำลังดึงเบอร์ 2)

รูป 4.5

แสดงการกระจายของเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยพอลิ(เมทิล เมธาคริเลต)

ก่อนการเลื่อนรางเข้ามาชิดหัวฉีด (กำลังดึงเบอร์ 3)

รูป 4.6

แสดงการกระจายของเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยพอลิ(เมทิล เมธาคริเลต)

ก่อนการเลื่อนรางเข้ามาชิดหัวฉีด (กำลังดึงเบอร์ 4)

ความแข็งแรงดึงของเส้นใย PMMA

ตาราง 4.7 แสดงผลการทดสอบความแข็งแรงดึงของเส้นใย PMMA ที่เตรียมได้จากการอัดรีดตามโครงงานพิเศษนี้ จากตารางพบว่าเส้นใยที่เตรียมได้มีความแข็งแรงดึงใกล้เคียงกันโดย แรงดึงสูงสุดเฉลี่ย 32.26 นิวตัน แรงเครียดสูงสุดเฉลี่ย 42.71 นิวตัน / มม.^{2} และค่ามอดูลัสสูงสุดเฉลี่ย 1043.88 นิวตัน / มม.^{2}

ค่าดัชนีหักเหของแสงของเส้นใย PMMA สนับสนุนข้อสรุปที่ว่า แรงดึงที่ใช้ในการดึงเส้นใย PMMA ไม่มีผลต่อความแข็งแรงต่อแรงดึงของเส้นใย เนื่องจากดัชนีหักเหของแสงของเส้นใยมีค่าเท่ากันทั้งหมด

ตาราง 4.7

แสดงผลการทดสอบค่าความแข็งแรงดึงของเส้นใย พอลิ(เมทิล เมธาคริเลต)

ลำดับที่	ความเร็วสายพาน	แรงดึงสูงสุด นิวตัน	แรงเครียดสูงสุด นิวตัน / มม.^{2}	ค่ามอดูลัสของเส้นใย นิวตัน / มม.^{2}
1	2	41.2	34.19	986.1
2	3	41.66	36.77	1089
3	4	31.09	49.58	1090
4	4	41.05	35.58	1080
5	5	21.02	46.38	942.2
6	6	17.55	53.74	1076
	เฉลี่ย	32.26	42.71	1043.88

หมายเหตุ ครั้งที่ 1 2 และ 3 ทำการอัดรีดก่อนการเลื่อนรางรับเส้นใยเข้ามาชิดหัวฉีด ครั้งที่ 4 5 และ 6 ทำการเลื่อนรางรับเส้นใยเข้ามาชิดหัวฉีด มีแนวโน้มที่ใกล้เคียงกัน แต่ผลการทดสอบนี้อาจเกิดความผิดพลาดเนื่องจากเส้นใยที่นำไปทดสอบมีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่สม่ำเสมอ

โครงสร้างเคมีของเส้นใย PE และ PMMA

เทคนิครามานสเปกโตรสโครปีสามารถใช้วิเคราะห์โครงสร้างเคมีของเส้นใย PE และ PMMA ได้ โดยอาศัยหลักการที่หมู่ทำหน่าที่เฉพาะ (Functional Group) ในโมเลกุลของพอลิเมอร์ดูดกลืนพลังงานแสงและเกิดการสั่นของโมเลกุล แสงที่ได้ไม่ถูกดูดกลืนจะผ่านออกมาและเข้าสู่เครื่องตรวจวัด หมู่ที่ทำหน้าที่เฉพาะจะดูดกลืนแสงที่มีพลังงานเฉพาะค่าหนึ่งเท่านั้น

ในการอัดรีดเส้นใยโดยเครื่องอัดรีดนั้น อุณหภูมิภายในโซนต่าง ๆ ค่อนข้างสูงอาจมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างเคมีของพอลิเมอร์ได้ ภายหลังจากการอัดรีดขึ้นรูปเป็นเส้นใยแล้วจึงนำเส้นใยมาทำการวิเคราะห์โครงสร้างเคมี พบว่าทั้งเส้นใย PE และ PMMA ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างเคมีแม้ว่าอุณหภูมิที่ใช้ในการอัดรีดจะสูงถึงประมาณ 200 °ซ

รามานสเปกตรัมของเส้นใย PE และเส้นใย PMMA แสดงในรูป ข-1 และ ข-2 (ในภาคผนวก) ตามลำดับ

การนำแสงของเส้นใย PMMA

เส้นใย PMMA ที่เตรียมได้ไม่มีความสม่ำเสมอดีพอซึ่งมีผลต่อการนำแสงของเส้นใยโดยการสูญเสียการส่งผ่านแสงภายในเส้นใยสูงเมื่อเส้นใยมีความไม่สม่ำเสมอสูง ตาราง 4.8 แสดงผลการนำแสงของเส้นใย PMMA โดยในที่นี้พิจาราณาจากความยาวของเส้นใยที่สามารถให้แสงผ่านได้ แต่ไม่ได้ศึกษาเกี่ยวข้องกับปริมารการสูญเสียการส่งผ่านแสง โดยทั่วไปขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยมาก ความสามารถในการส่งผ่านแสงมากด้วย แต่จากการทดลองนี้ได้ผลการทดลองที่ขัดแย้งกับทฤษฎีเนื่องจากมีผลของความไม่สม่ำเสมอของเส้นใยมาเกี่ยวข้องด้วย โดยสรุปเส้นใย PMMA ที่เตรียมได้สามารถให้แสงผ่านได้ในช่วงความยาว 30 ซม. แต่ไม่ทราบปริมาณการสูญเสียแสงเมื่อผ่านเส้นใย

ตาราง 4.8

แสดงผลการนำแสงของเส้นใยพอลิ(เมทิล เมธาคริเลต)

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (มม.)	ครั้งที่ 1 (ซม.)	ครั้งที่ 2 (ซม.)	ครั้งที่ 3 (ซม.)	ครั้งที่ 4 (ซม.)	ครั้งที่ 5 (ซม.)	เฉลี่ย (ซม.)
1.24	27.4	27.2	27.2	27.3	27.1	27.24
0.76	22.6	22.6	22.8	22.5	22.7	22.64
0.47	31.2	31.4	31.0	31.5	31.2	31.26

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการทดลอง

พอลิเอทธิลีน

อุณหภูมิภายในบริเวณทั้ง 4 ของเครื่องอัดรีดระดับห้องทดลอง ณ.ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สจล. ที่เหมาะสมต่อการอัดรีดเส้นใยพอลิเอทธิลีน คือ โซน 1 ที่ 205 °ซ โซน 2 ที่ 225 °ซ โซน 3 ที่ 235 °ซ และโซน 4 ที่ 225 °ซ โดยใช้กำลังสกรูเบอร์ 60 ความเร็วของสายพานของเครื่องดึงชิ้นงาน ซึ่งเป็นชุดประกอบกับเครื่องอัดรีด มีผลต่อความใสของเส้นใยที่เตรียมได้ โดยความเร็วสายพานมีความเร็วจากน้อยไปมากตั้งแต่เบอร์ 1 ถึง 4 ความเร็วของสายพานยิ่งเร็วมากส่งผลให้โครงสร้างเคมีของพอลิเมอร์เหลวจัดเรียงตัวได้ดี ทำให้มีความเป็นผลึกของพอลิเมอร์เพิ่มขึ้นเส้นใยจึงขุ่นมัวมากขึ้นด้วย การใช้น้ำหล่อเย็นเส้นใยหลังจากผ่านการอัดรีด ทำให้โครงสร้างเคมีของเส้นใยหยุดการจัดเรียงตัวเนื่องจากการที่เส้นใยถูกดึง อุณหภูมิหล่อเย็นยิ่งต่ำยิ่งทำให้พอลิเมอร์มีความใสมากขึ้น การใช้น้ำหล่อเย็นเส้นใยพอลิเอทธิลีนมีความเหมาะสมกว่าการหล่อเย็นโดยอากาศ จากผลการทดสอบด้วยเทคนิครามานสเปกโตรสโครปีพบว่าโครงสร้างทางเคมีของเส้นใย PE ไม่มีการเปลี่ยนแปลงแม้ว่าจะผ่านอุณหภูมิสูงในระหว่างการอัดรีดเส้นใยก็ตาม

พอลิ(เมทิล เมธาคริเลต)

อุณหภูมิภายในบริเวณทั้ง 4 ของเครื่องอัดรีดระดับห้องทดลอง ณ.ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สจล. ที่เหมาะสมต่อการอัดรีดเส้นใยพอลิ(เมทิล เมธาคริเลต) คือ โซน 1 ที่ 210 °ซ โซน 2 ที่ 213 °ซ โซนที่ 3 ที่ 215 °ซและโซนที่ 4 ที่ 217 °ซ ตามลำดับ โดยใช้กำลังสกรูเบอร์ 20 และใช้อากาศในการหล่อเย็น ความเร็วสายพานของเครื่องดึงชิ้นงานซึ่งเป็นอุปกรณ์ประกอบกับเครื่องอัดรีดไม่มีผลต่อความแข็งแรงต่อแรงดึงของเส้นใย เนื่องจากหัวฉีดของเครื่องอัดรีดอยู่ในแนวขนานกับพื้นโลก จึงมีความจำเป็นต้องให้รางรับเส้นใยชิดหัวฉีดเพื่อรองรับพอลิเมอร์เหลวที่อัดรีดออก

มาได้ทันที เส้นใยที่เตรียมได้จึงมีความสม่ำเสมอมากขึ้น

เส้นใย PMMA ที่เตรียมได้สามารถส่งผ่านแสงได้ประมาณ 30 ซม. (ทั้งนี้ไม่ได้ทำการวัดการสูญเสียการส่งผ่านแสง) หากความยาวของเส้นใยมากกว่านี้ความสามารถในการส่งผ่านแสงของเส้นใยเป็นศูนย์ เนื่องจาก

1.เส้นใยที่ขึ้นรูปได้มีความไม่สม่ำเสมอ จึงทำให้เกิดการสูญเสียการส่งผ่านแสง
2.เส้นใยที่ทำการขึ้นรูปอาจมีฟองอากาศขนาดเล็กมากอยู่ภายในเส้นใยจึงทำให้เกิดการสูญเสียการส่งผ่านแสงมาก

จากผลการทดสอบด้วยเทคนิครามานสเปกโตรสโครปีพบว่าโครงสร้างทางเคมีของเส้นใย PMMA ไม่มีการเปลี่ยนแปลงถึงแม้ว่าจะผ่านการอัดรีดที่อุณหภูมิสูงประมาณ 200 °ซ ค่าดัชนีหักเหของแสงของเส้นใย PMMA ที่เตรียมได้มีค่าประมาณ 1.49 (วัดโดยวิธีเบคไลน์) เส้นใย PMMA ที่เตรียมได้มีค่าแรงดึงสูงสุดเฉลี่ย 32.26 นิวตัน ค่าแรงเครียดสูงสุดเฉลี่ย 42.71 นิวตัน / มม.^{2} ค่ามอดูลัสสูงสุดเฉลี่ย 1043.88 นิวตัน / มม.^{2}

ไม่สามารถทำการอัดรีดขึ้นรูปเป็นเส้นใยจากพอลิ(เมทิล เมธาคริเลต)การสังเคราะห์ในห้องทดลอง เนื่องจากพอลิเมอร์เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างเคมีโดยสังเกตุได้จากการที่เส้นใยที่อัดรีดได้เปลี่ยนสี และพอลิเมอร์ที่เตรียมได้มีไม่มากพอที่จะทำการศึกษาหาปัจจัยการควบคุมเครื่องอัดรีดที่เหมาะสมในการอัดรีดเส้นใยจากพอลิเมอร์สังเคราะห์ได้

การทดลองไม่ประสพผลสำเร็จเนื่องจาก

1.ในการอัดรีดนั้นกำลังของสกรูในเครื่องอัดรีดมีอัตราการหมุนที่ไม่สม่ำเสมอ ส่งผลให้อัตราการไหลของพอลิเมอร์เหลวไม่สม่ำเสมอ เส้นใยที่เตรียมได้จึงมีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่สม่ำเสมอ
2.มอเตอร์ที่ใช้ในการดึงเส้นใยมีอัตราเร็วในการดึงไม่สม่ำเสมอ ซึ่งเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลให้เส้นใยที่ได้มีขนาดที่ไม่สม่ำเสมอ
3.เครื่องอัดรีดที่เหมาะสมในการผลิตเส้นใยนำแสงควรจะเป็นระบบอัดรีดแบบ Spinning ซึ่งภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สจล. ไม่มี

ข้อเสนอแนะ

เครื่องอัดรีดแบบ Spinning มีความเหมาะสมในการใช้อัดรีดเป็นเส้นใย โดยสามารถเตรียมเส้นใยที่มีแกน และ ครอบ เป็นพอลิเมอร์ต่างชนิดกัน

ภาคผนวก

	PMMA
ชื่อทางการค้า	Plexigum, Plexiglas, Resarit
สีและลักษณะที่มีขายตามท้องตลาด	เป็นเม็ด ใสและผสมสีได้ทุกสี
คุณสมบัติโดยทั่วไปของผลผลิต	มีความแข็งแรงเชิงกลสูง ผิวแข็ง ทนต่อดินฟ้าอากาศมีความใสมาก
อุณหภูมิที่ใช้งาน	สูงสุด 70-90 °ซ
การทนต่อสารเคมี	ทนต่อกรดอ่อน , ด่างอ่อน , Benzol , น้ำมันเครื่อง และไขมัน ทนต่อแอลกอฮอล์ได้จำกัดไม่ทนต่อกรดแก่, ด่างแก่, Ester, Ketone, Ether, Chlorinated Hydrocarbon, เบนซีน
สภาพและกลิ่นเมื่อไหม้ไฟ	เปลวจะติดต่อไปหลังจากจุด เปลวจ้า แตกประกาย
สัมประสิทธิ์การนำความร้อน	0.67 กิโลจูลต่อ(มิลลิอาว °ซ)
ความร้อนจำเพาะ	1.46 กิโลจูลต่อ(กิโลกรัม °ซ)
ความหนาแน่นที่อุณหภูมิ 20°ซ	1.18 กรัม/ซม^3
อัตราการหดตัวอยู่ระหว่าง	0.9-0.7 %

ตาราง ก-1

แสดงรายละเอียดพอลิ(เมทิล เมธาคริเลต)เกรดการค้า

Property	ASTM TEST METHOD	Unit		CM – 205	
Specific Gravity	D-792	gm/cm^3		1.19	
Melt Flow Index (MI)	D-1238	gm/10min		1.8	
Bulk Density	D-1182	gm/cm^3		0.77	
Mould Shrinkage	D-955	mm/mm		.002-.006	
Hardness(Rockwell)	D-785			M-95	
Water Absorption	D-570	%		0.3	
Flammability	UL-94			1/16" HB	
Refractive Index	D-542			1.491	
Light Transmission 3m/m Thick	D-1003	%		92	
Tensile Strength	D-638	PSI	kg/cm^2	10200	720
Flexural Strength	D-790	PSI	kg/cm^2	15600	1100
Tensile Elongation	D-638	%		5.0	
Impact Notched Izod	D-256	$ft\text{-}lbs/in^2$ (kg-cm/cm)		0.37 (2.0)	
Heat Distortion Temperature	D-648	℃ (℉)		100 (212)	
Vicat Softening Point	D-1525	℃ (℉)		113 (235)	
Dielectric Strength	D-149	Volts/Mil		500	
Dielectric Constant	D-150-647b			3.7	
Power Factor	D-150-647			0.5	
Loss Factor	D-150			0.19	
Volume Resistivity	D-257	Ω cm		10^{15}	

ตาราง ก-2

แสดงผลการทดสอบความแข็งแรงดึงของเส้นใยพอลิ(เมทิล เมธาคริเลต)ก่อนการเลื่อนรางรับเส้นใย

(กำลังดึงเบอร์ 2)

	Maximum Load	Maximum Stress	Stress @ Break	Ext @ Break	Strain @ Break	Fixed Strain	Modulus of Elast	Sample Diameter
sample	(N)	(N/mm2)	(N/mm2)	(mm)	(%)	(%)	(N/mm2)	(mm)
1	54.36	32.92	32.80	3.624	6.040	1.664	749.6	1.45000
2	26.13	24.30	23.95	1.869	3.115	0.8858	1074	1.17000
3	43.11	45.36	45.36	3.319	5.531	1.533	1135	1.10000
4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000000
mean	41.20	34.19	34.04	2.937	4.896	1.361	986.1	1.24000
standard deviation	14.21	10.58	10.76	0.933	1.563	0.417	207.1	0.18520

Test speed 1 : 5.000 mm/min
Gauge length 1 : 60.000 mm
Load cell : 2500.00 N
Cell class : 0.5
Internal Extensometer
Data saved as: b:\no2.FSD

ตาราง ก-3

แสดงผลการทดสอบความแข็งแรงดึงของเส้นใยพอลิ(เมทิล เมธาคริเลต)ก่อนการเลื่อนรางรับเส้นใย

(กำลังดึงเบอร์ 3)

Sample	Maximum Load (N)	Maximum Stress (N/mm2)	Stress @ Break (N/mm2)	Ext @ Break (mm)	Strain @ Break (%)	Fixed Strain (%)	Modulus of Elast (N/mm2)	Sample Diameter (mm)
1	30.14	26.65	26.65	1.945	3.242	0.6768	1039	1.20000
2	29.56	20.06	19.02	3.242	5.404	3.145	842.1	1.37000
3	52.07	50.13	50.13	4.120	6.866	2.103	1052	1.15000
4	52.64	50.66	50.68	3.929	6.549	2.772	1342	1.15000
5	43.87	36.33	36.33	2.251	3.751	0.6519	1172	1.24000
Mean	41.66	36.77	36.56	3.098	5.163	1.870	1089	1.22200
standard Deviation	11.32	13.73	14.05	0.975	1.625	1.162	184.2	0.09094

Test speed 1 : 5.000 mm/min
Sauge length 1 : 60.000 mm
Load cell : 2500.00 N
Cell class : 0.5
Internal Extensometer
Data saved as: b:\no3.FSD

ตาราง ก-4

แสดงผลการทดสอบความแข็งแรงดึงของเส้นใยพอลิ(เมทิล เมธาคริเลต)ก่อนการเลื่อนรางรับเส้นใย

(กำลังดึงเบอร์ 4)

Sample	Maximum Load (N)	Maximum Stress (N/mm2)	Stress @ Break (N/mm2)	Ext @ Break (mm)	Strain @ Break (%)	Fixed Strain (%)	Modulus of Elast (N/mm2)	Sample Diameter (mm)
1	41.60	53.26	51.98	8.583	14.31	9.601	1105	0.870000
2	80.52	45.91	45.91	3.891	6.485	2.213	1075	0.920000
mean	31.09	49.58	48.94	6.237	10.40	5.907	1090	0.895000
standard deviation	0.81	5.20	4.29	3.318	5.53	5.224	21.5	0.035355

Test speed 1 : 5.000 mm/min
Gauge length 1 : 60.000 mm
Load cell : 2500.00 N
Cell class : 0.5
Internal Extensometer
Data saved as: b:\no4.FSD

ตาราง ก-5

แสดงผลการทดสอบความแข็งแรงดึงของเส้นใยพอลิ(เมทิล เมธาคริเลต)หลังการเลื่อนรางรับเส้นใย

(กำลังดึงเบอร์ 3)

sample	Maximum Load (N)	Maximum Stress (N/mm2)	Strain @ Max Load (%)	Stress @ Break (N/mm2)	Strain @ Break (%)	Fixed Strain (%)	Modulus of Elast (N/mm2)	Sample Diameter (mm)
1	36.81	32.01	3.688	32.01	3.688	0.7516	1090	1.21000
2	39.67	34.50	3.688	34.50	3.688	0.4203	1056	1.21000
3	43.11	35.69	4.196	35.69	4.196	0.8708	1073	1.24000
4	44.82	38.34	5.277	38.34	5.277	1.472	1008	1.22000
5	40.82	37.32	4.196	37.32	4.196	1.014	1173	1.18000
mean	41.05	35.58	4.209	35.58	4.209	0.9057	1080	1.21200
standard deviation	3.10	2.48	0.649	2.48	0.649	0.3849	60.4	0.02168

Test speed 1 : 5.000 mm/min
Gauge length 1 : 60.000 mm
Load cell : 2500.00 N
Cell class : 0.5
Internal Extensometer
Data saved as: b:\after3.FSD

ตาราง ก-6

แสดงผลการทดสอบความแข็งแรงดึงของเส้นใยพอลิ(เมทิล เมธาคริเลต)หลังการเลื่อนรางรับเส้นใย

(กำลังดึงเบอร์ 4)

sample	Maximum Load (N)	Maximum Stress (N/mm2)	Strain @ Max Load (%)	Stress @ Break (N/mm2)	Strain @ Break (%)	Fixed Strain (%)	Modulus of Elast (N/mm2)	Sample Diameter (mm)
1	27.28	51.02	8.875	45.67	11.93	7.671	1073	0.82500
2	20.79	47.06	8.011	45.76	8.647	3.728	930.4	0.75000
3	24.22	42.69	5.786	42.02	6.421	2.322	1025	0.85000
4	16.59	40.76	6.231	38.41	8.138	3.208	779.2	0.72000
5	16.21	50.40	7.693	0.0000	0.0000	0.0000	903.2	0.64000
mean	21.02	46.38	7.319	34.37	7.027	3.386	942.2	0.75700
standard deviation	4.80	4.57	1.282	19.45	4.405	2.789	114.2	0.08423

Test speed 1 : 5.000 mm/min
Gauge length 1 : 60.000 mm
Load cell : 2500.00 N
Cell class : 0.5
Internal Extensometer
Data saved as: b:\after4.FSD

ตาราง ก-7

แสดงผลการทดสอบความแข็งแรงดึงของเส้นใยพอลิ(เมทิล เมธาคริเลต)หลังการเลื่อนรางรับเส้นใย

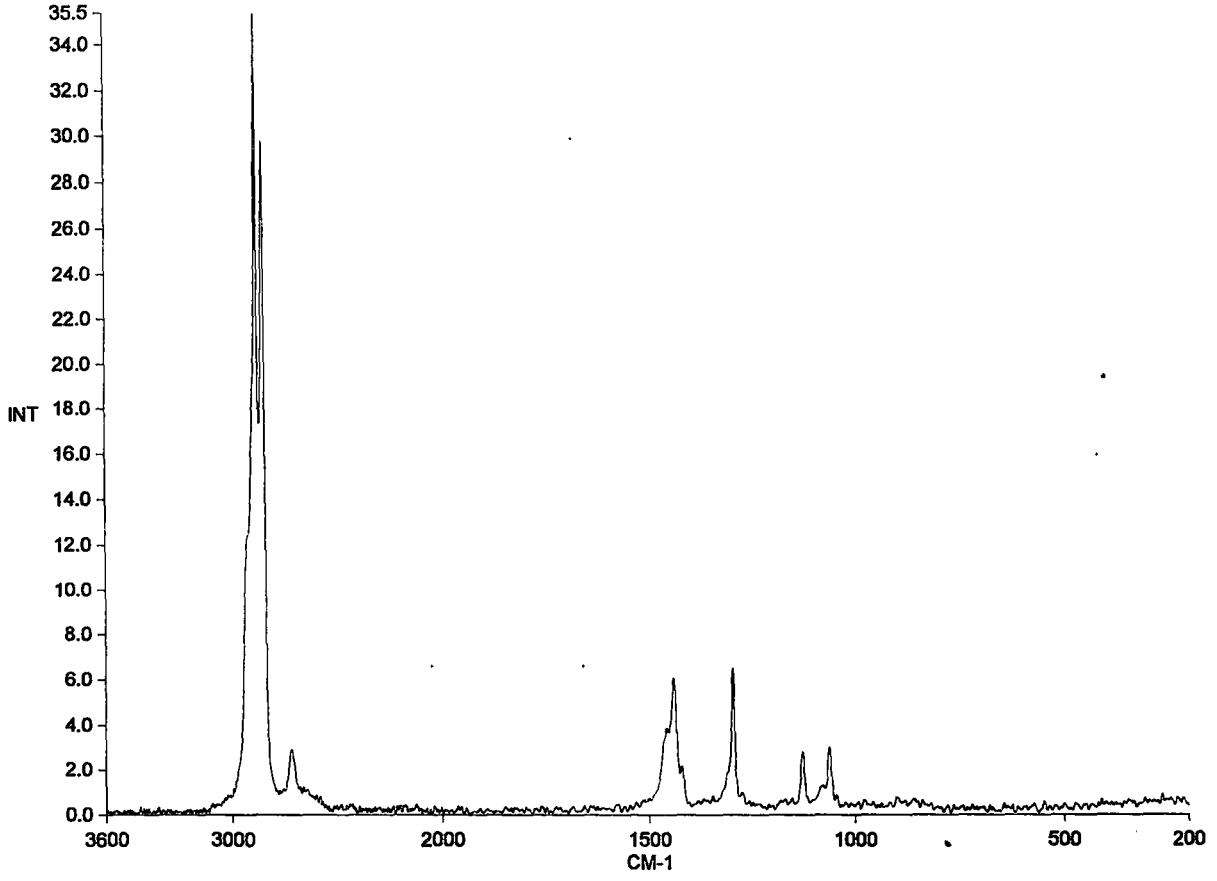
(กำลังดึงเบอร์ 5)

sample	Maximum Load (N)	Maximum Stress (N/mm2)	Stress @ Break (N/mm2)	Ext @ Break (mm)	Strain @ Break (%)	Fixed Strain (%)	Modulus of Elast (N/mm2)	Sample Diameter (mm)
1	15.64	55.32	54.64	4.997	8.329	2.776	984.0	0.600000
2	15.45	46.56	45.98	3.357	5.595	1.111	1025	0.650000
3	21.55	59.35	57.25	7.133	11.89	7.192	1219	0.680000
4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000000
mean	17.55	53.74	52.62	5.163	8.604	3.693	1076	0.643333
standard deviation	3.47	6.54	5.90	1.894	3.156	3.143	125.3	0.040415

Test speed 1 : 5.000 mm/min
Gauge length 1 : 60.000 mm
Load cell : 2500.00 N
Cell class : 0.5
Internal Extensometer
Data saved as: b:\after5.FSD

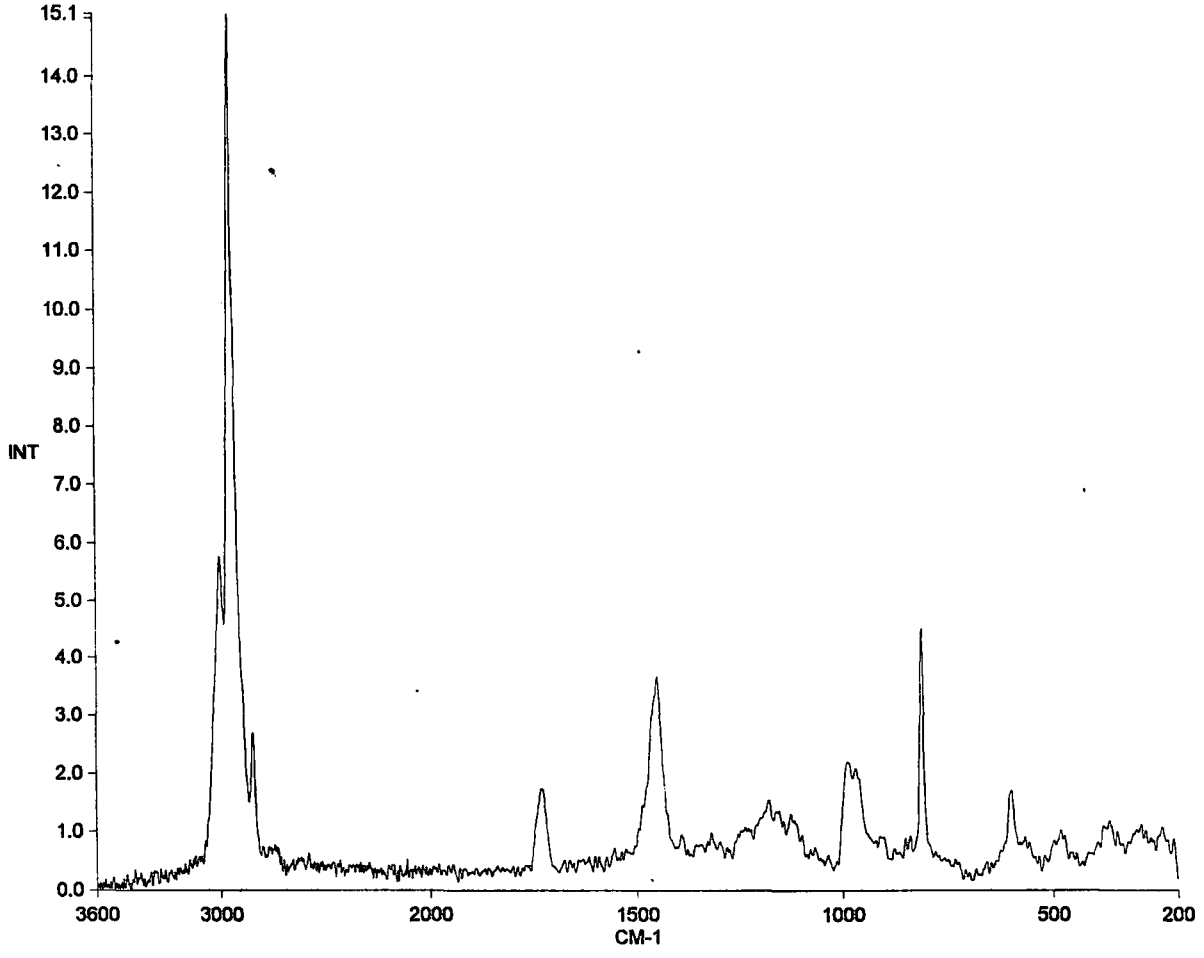
รูป ข-1

แสดงรามานสเปกตรัมของเส้นใยพอลิเอทธิลีน



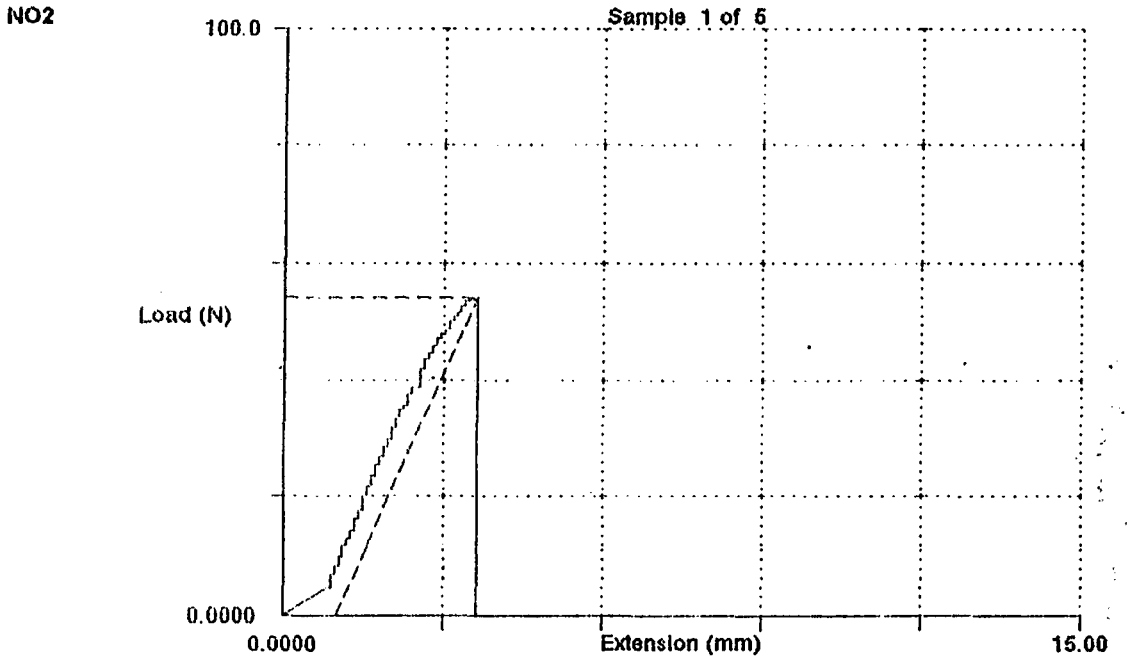
รูป ข-2

แสดงรามานสเปกตรัมของเส้นใยพอลิ(เมทิล เมธาคริเลต)



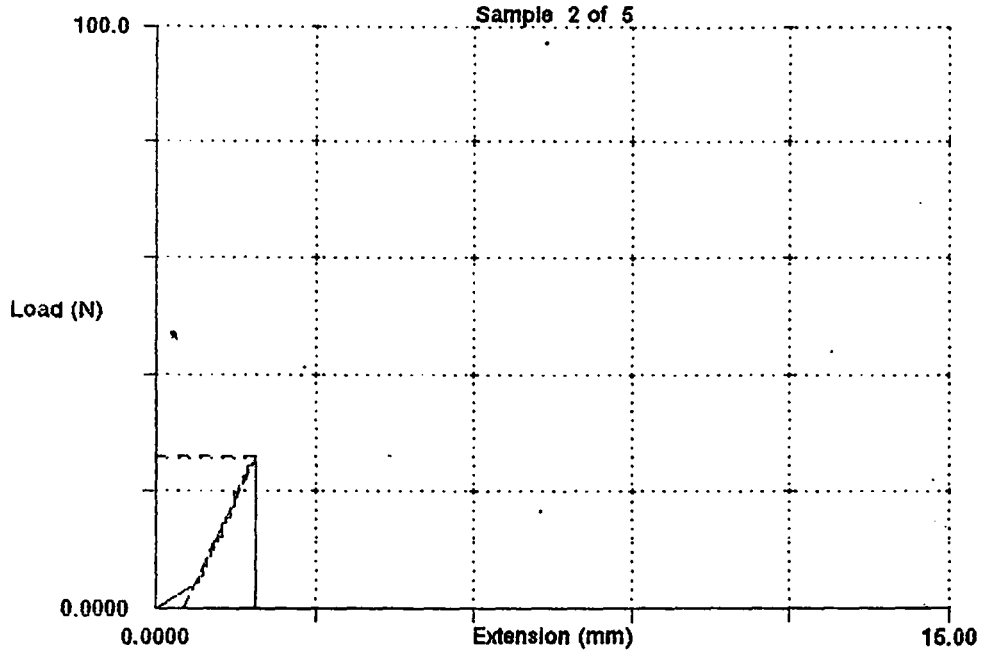
รูป ข-3

แสดงผลการทดสอบความแข็งแรงดึงของเส้นใยพอลิ(เมทิล เมธาคริเลต) ก่อนการเลื่อนรางรับเส้นใยเข้ามาชิดหัวฉีด (กำลังดึงเบอร์ 2)



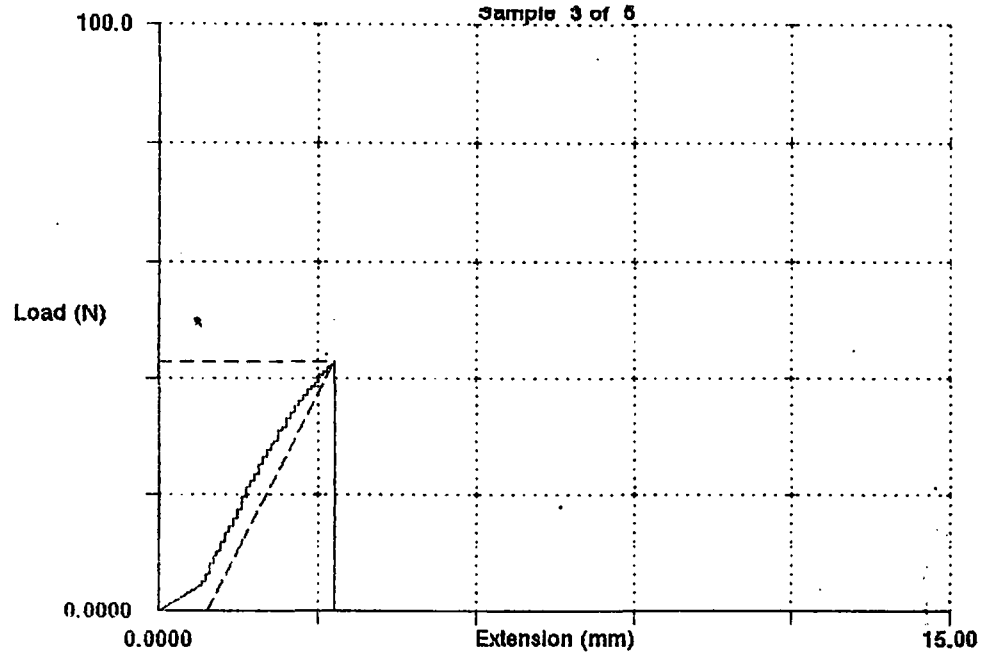
Maximum Load (N)	Maximum Stress (N/mm2)	Stress @ Break (N/mm2)	Ext @ Break (mm)	Strain @ Break (%)	Fixed Strain (%)	Modulus of Elast (N/mm2)	Sample Diameter (mm)
54.36	32.92	32.80	3.624	6.040	1.664	749.6	1.45000

NO2



Maximum Load (N)	Maximum Stress (N/mm2)	Stress @ Break (N/mm2)	Ext @ Break (mm)	Strain @ Break (%)	Fixed Strain (%)	Modulus of Elast (N/mm2)	Sample Diamete (mm)
26.13	24.30	23.95	1.869	3.115	0.8858	1074	1.1700

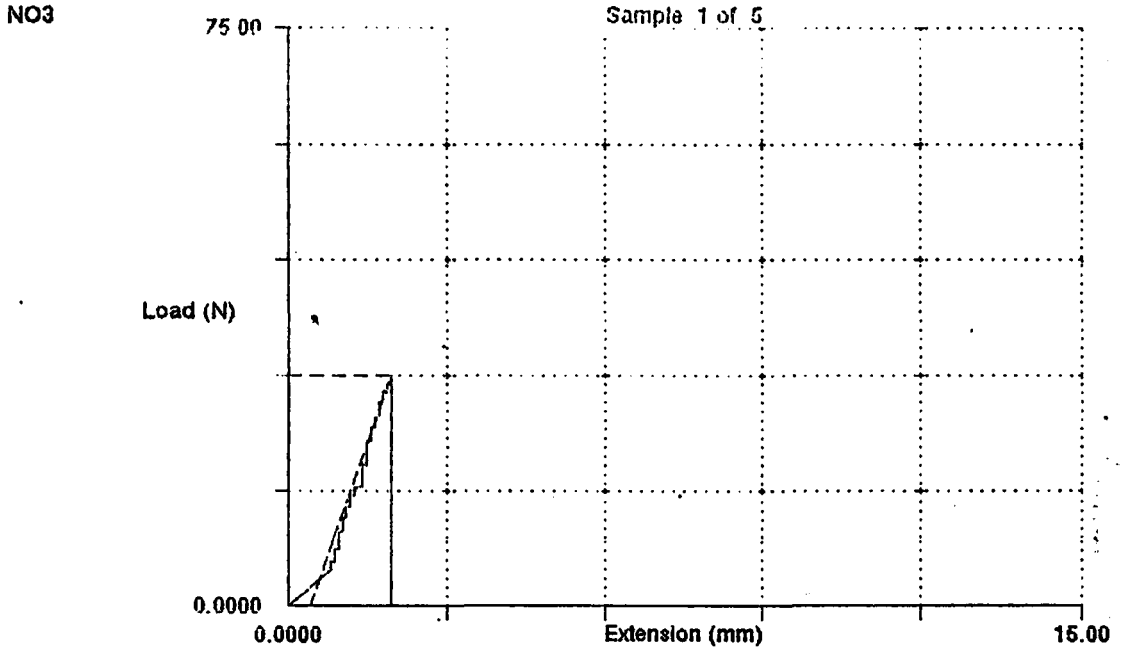
NO2



Maximum Load (N)	Maximum Stress (N/mm2)	Stress @ Break (N/mm2)	Ext @ Break (mm)	Strain @ Break (%)	Fixed Strain (%)	Modulus of Elast (N/mm2)	Sample Diamete (mm)
45.11	45.36	45.36	3.319	5.531	1.533	1135	1.1000

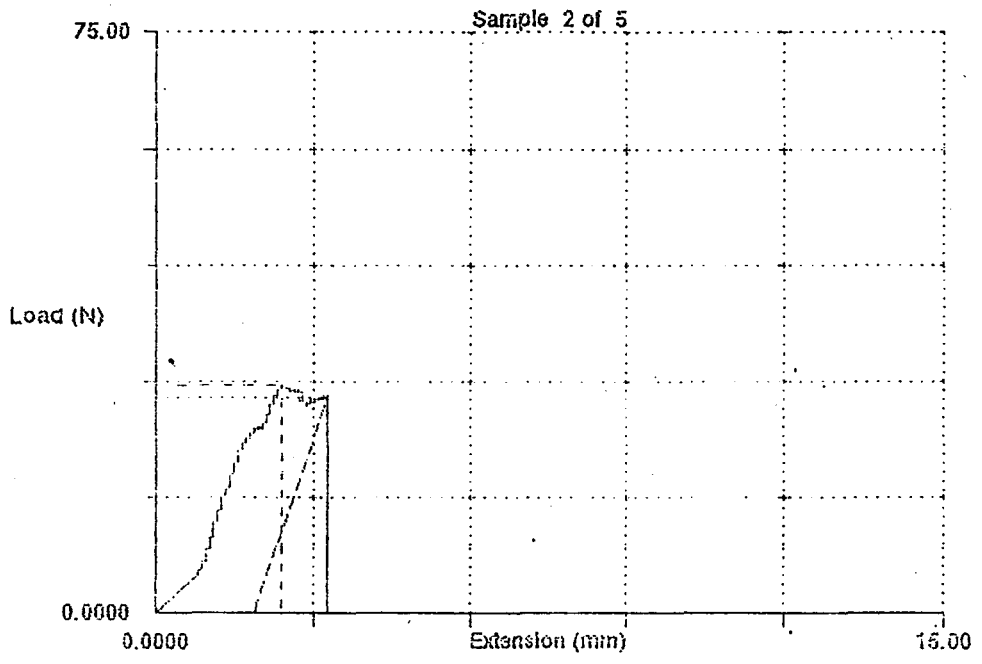
รูป ข-4

แสดงผลการทดสอบความแข็งแรงดึงของเส้นใยพอลิ(เมทิล เมธาคริเลต) ก่อนการเลื่อนรางรับเส้นใยเข้ามาชิดหัวฉีด (กำลังดึงเบอร์ 3)



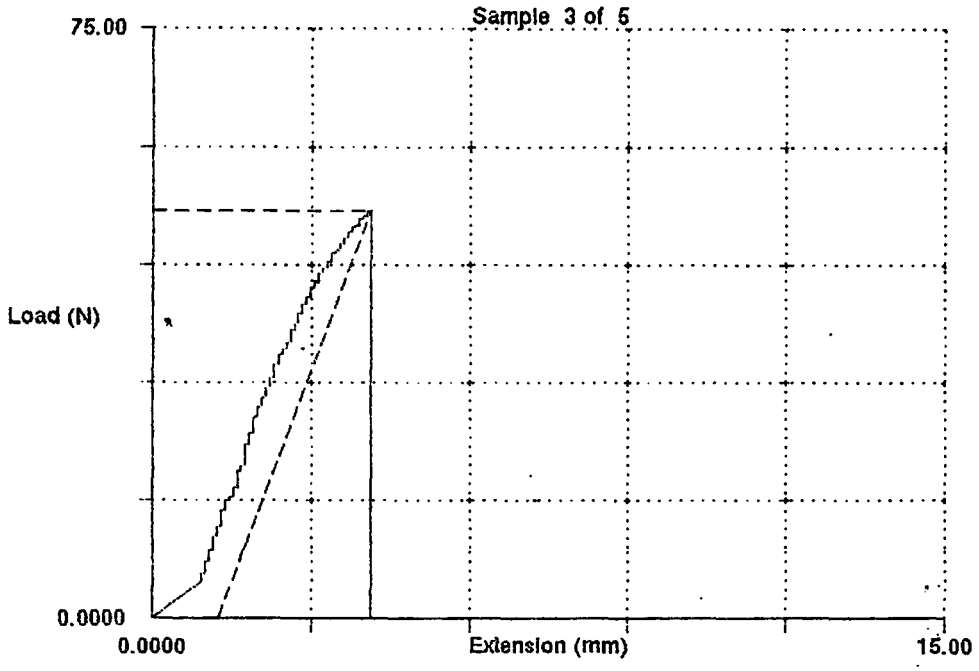
Maximum Load (N)	Maximum Stress (N/mm2)	Stress @ Break (N/mm2)	Ext @ Break (mm)	Strain @ Break (%)	Fixed Strain (%)	Modulus of Elast (N/mm2)	Sample Diameter (mm)
30.14	26.65	26.65	1.945	3.242	0.6768	1039	1.20000

NO3



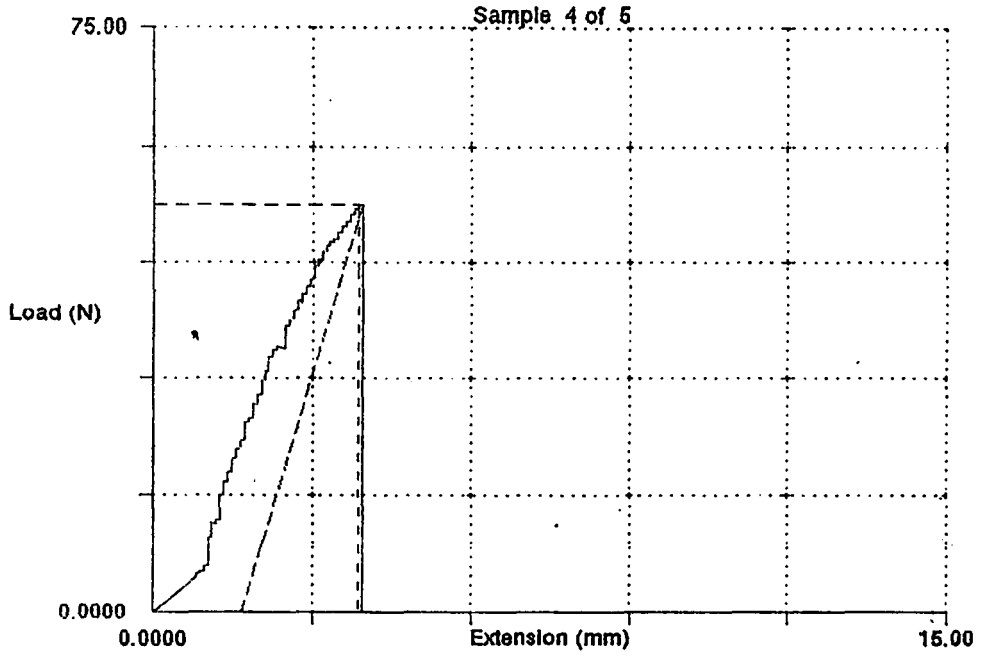
Maximum Load (N)	Maximum Stress (N/mm2)	Stress @ Break (N/mm2)	Ext @ Break (mm)	Strain @ Break (%)	Fixed Strain (%)	Modulus of Elast (N/mm2)	Sample Diameter (mm)
29.56	20.06	19.02	3.242	5.404	3.145	842.1	1.37000

NO3



Maximum Load (N)	Maximum Stress (N/mm2)	Stress @ Break (N/mm2)	Ext @ Break (mm)	Strain @ Break (%)	Fixed Strain (%)	Modulus of Elast (N/mm2)	Sample Diamete (mm)
52.07	50.13	50.13	4.120	6.866	2.103	1052	1.150(

NO3

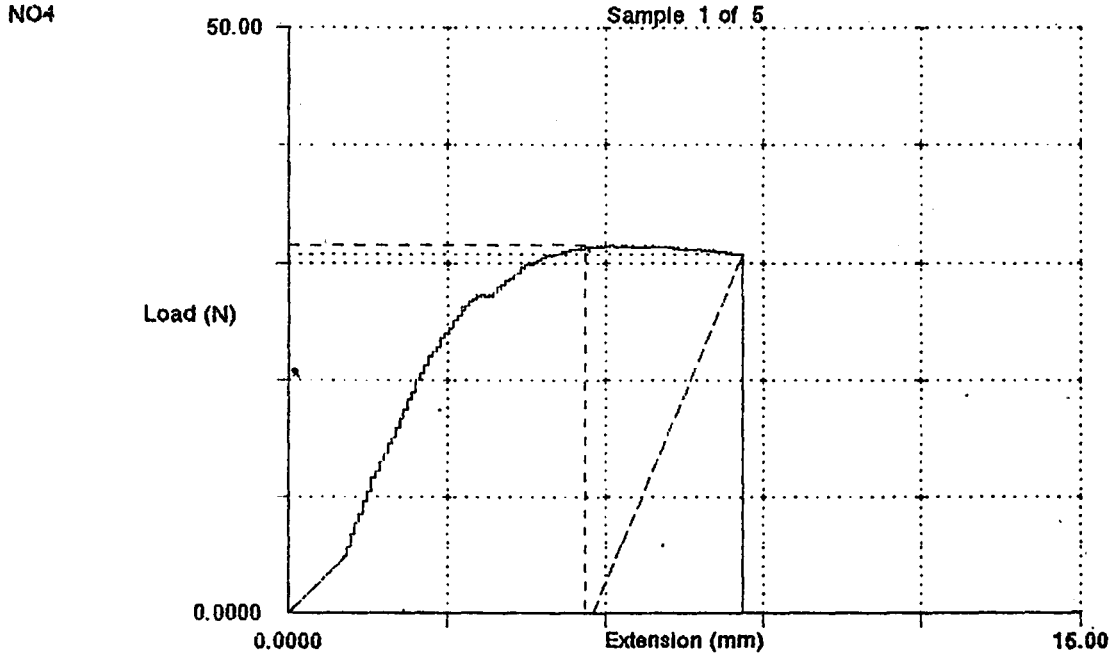


Maximum Load (N)	Maximum Stress (N/mm2)	Stress @ Break (N/mm2)	Ext @ Break (mm)	Strain @ Break (%)	Fixed Strain (%)	Modulus of Elast (N/mm2)	Sample Diameter (mm)
52.64	50.68	50.68	3.929	6.549	2.772	1342	1.1500

รูป ข-5

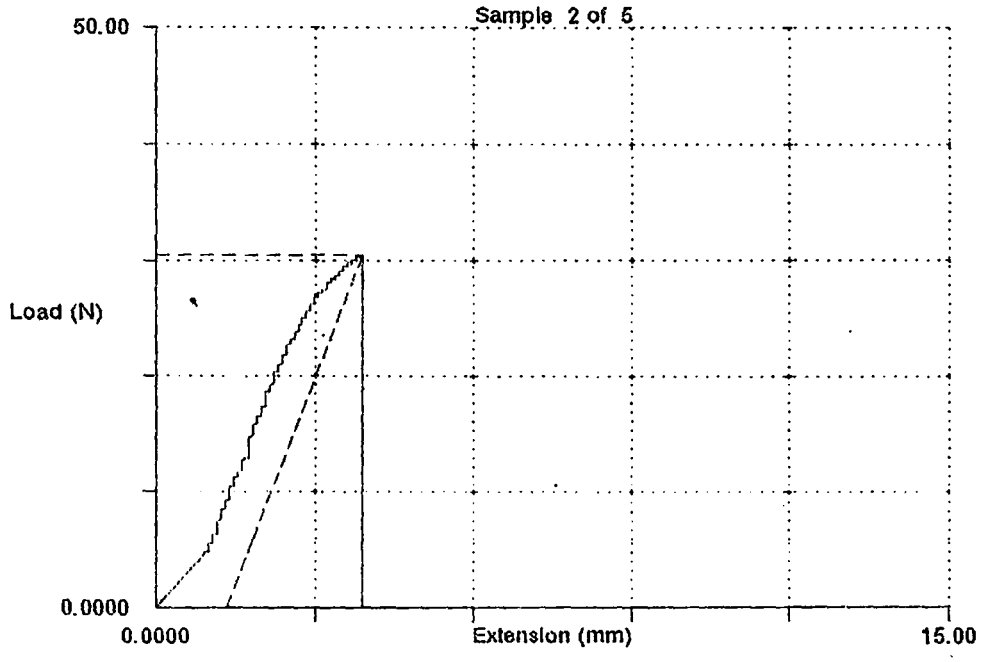
แสดงผลการทดสอบความแข็งแรงดึงของเส้นใยพอลิ(เมทิล เมธาคริเลต) ก่อนการเลื่อนรางรับ

เส้นใยเข้ามาชิดหัวฉีด (กำลังดึงเบอร์ 4)



Maximum Load (N)	Maximum Stress (N/mm2)	Stress @ Break (N/mm2)	Ext @ Break (mm)	Strain @ Break (%)	Fixed Strain (%)	Modulus of Elast (N/mm2)	Sample Diamete (mm)
31.66	53.26	51.98	8.583	14.31	9.601	1105	0.87000

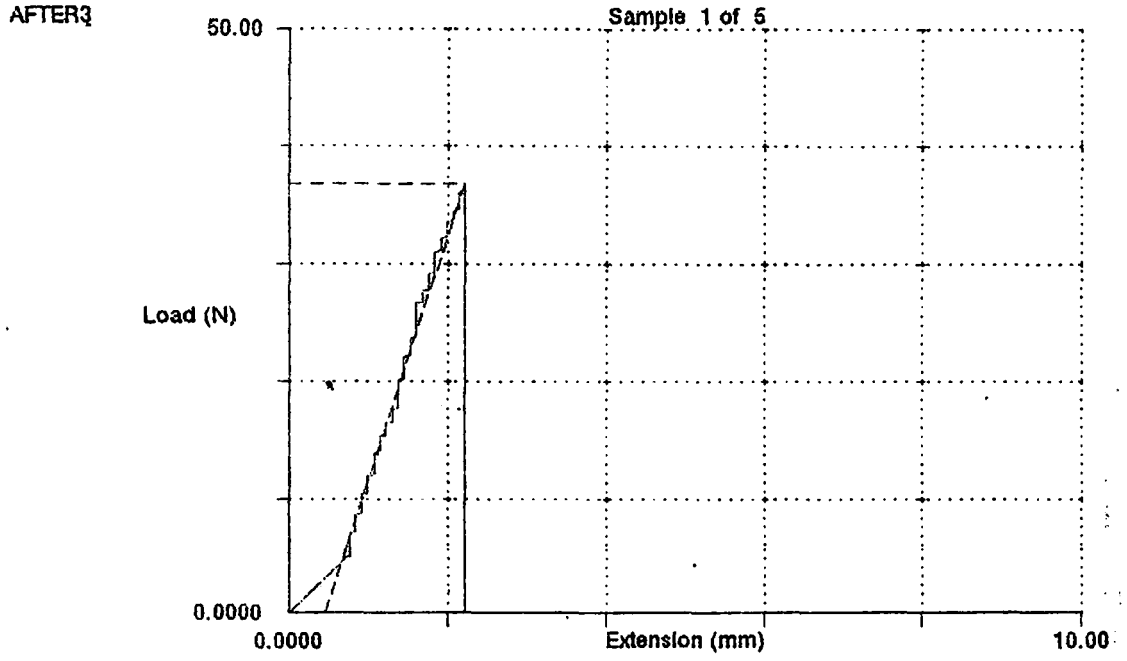
NO4



Maximum Load (N)	Maximum Stress (N/mm2)	Stress @ Break (N/mm2)	Ext @ Break (mm)	Strain @ Break (%)	Fixed Strain (%)	Modulus of Elast (N/mm2)	Sample Diameter (mm)
30.52	45.91	45.91	3.891	6.485	2.213	1075	0.920000

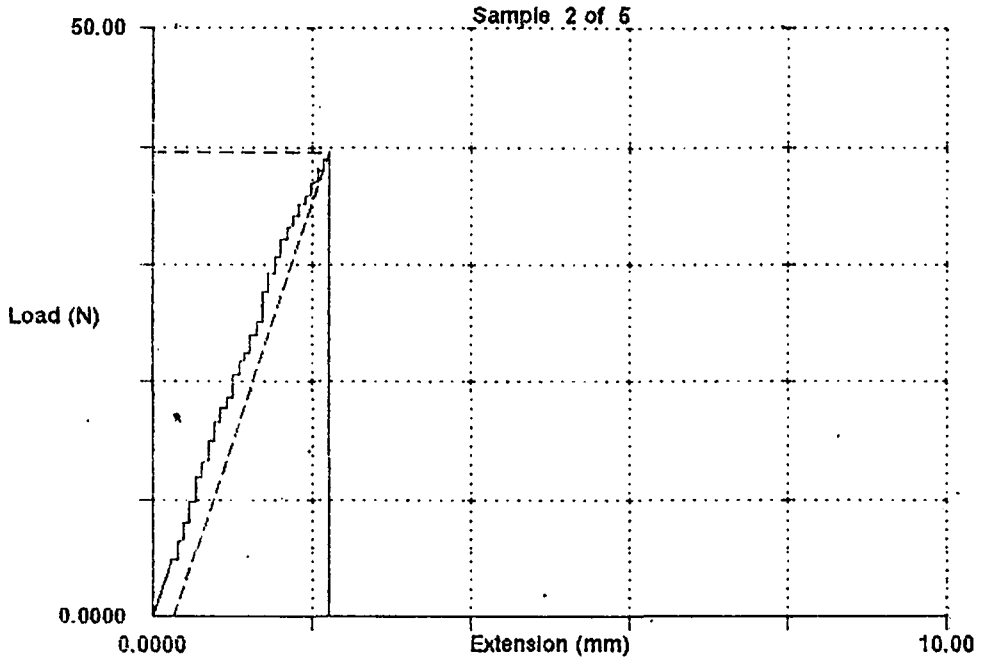
รูป ข-6

แสดงผลการทดสอบความแข็งแรงดึงของเส้นใยพอลิ(เมทิล เมธาคริเลต) หลังการเลื่อนรางรับเส้นใยเข้ามาชิดหัวฉีด (กำลังดึงเบอร์ 3)



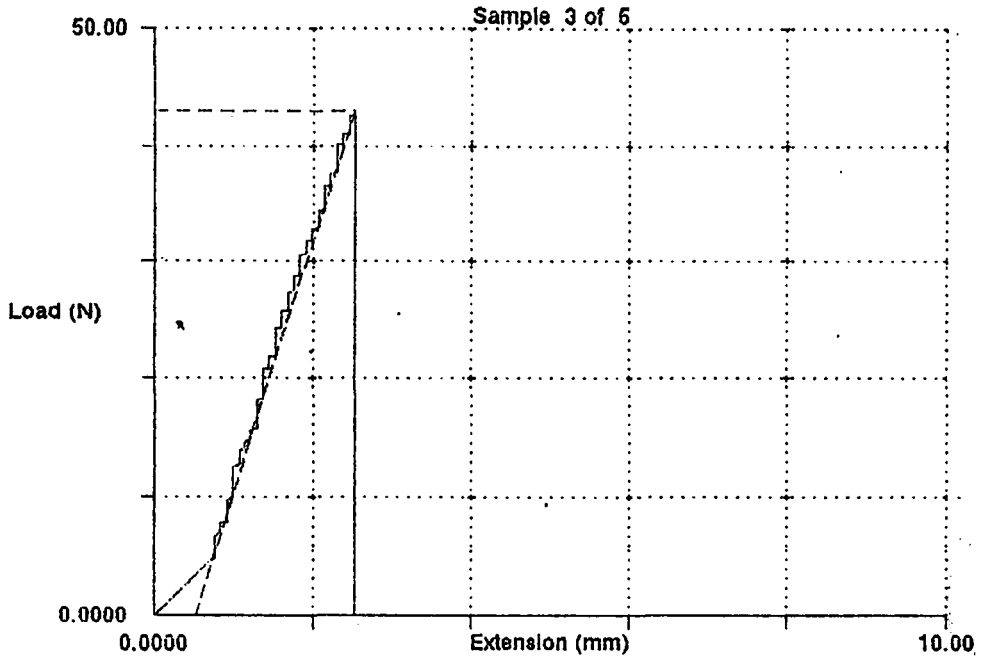
Maximum Load (N)	Maximum Stress (N/mm2)	Stress @ Break (N/mm2)	Ext @ Break (mm)	Strain @ Break (%)	Fixed Strain (%)	Modulus of Elast (N/mm2)	Sample Diameter (mm)
36.81	32.01	32.01	2.213	3.688	0.7516	1090	1.21000

AFTER3



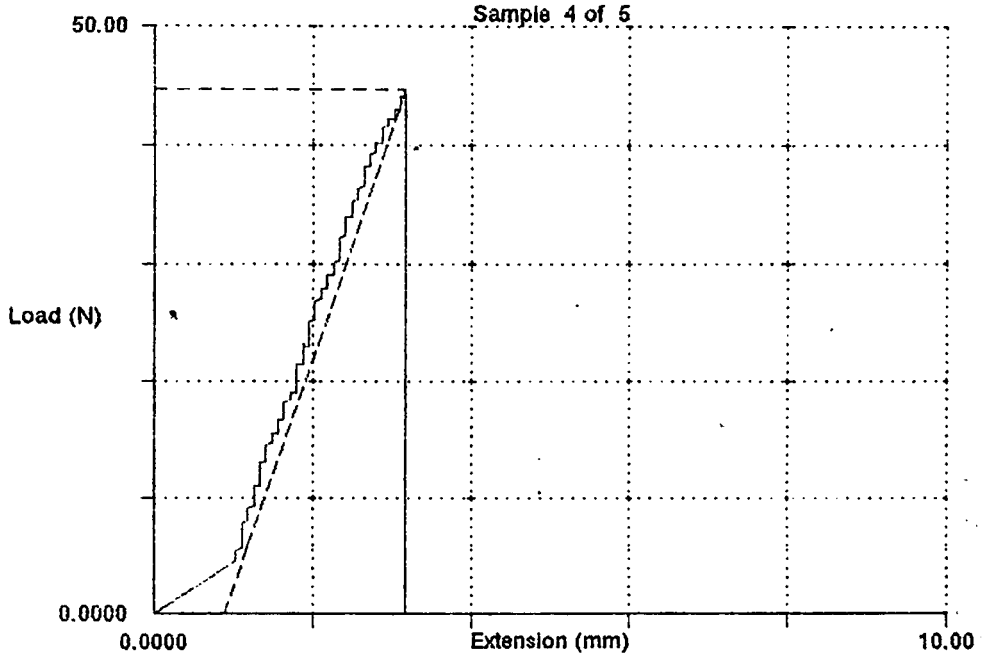
Maximum Load (N)	Maximum Stress (N/mm2)	Stress @ Break (N/mm2)	Ext @ Break (mm)	Strain @ Break (%)	Fixed Strain (%)	Modulus of Elast (N/mm2)	Sample Diameter (mm)
39.67	34.50	34.50	2.213	3.688	0.4203	1056	1.21000

AFTER3



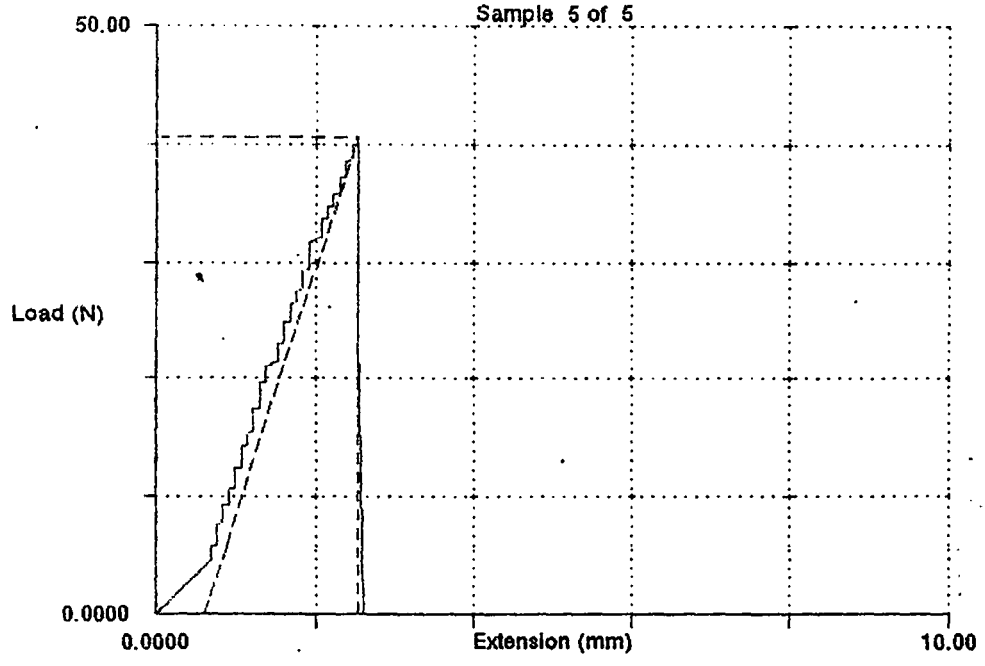
Maximum Load (N)	Maximum Stress (N/mm2)	Stress @ Break (N/mm2)	Ext @ Break (mm)	Strain @ Break (%)	Fixed Strain (%)	Modulus of Elast (N/mm2)	Sample Diameter (mm)
48.11	35.69	35.69	2.518	4.196	0.8708	1073	1.24000

AFTER3



Maximum Load (N)	Maximum Stress (N/mm2)	Stress @ Break (N/mm2)	Ext @ Break (mm)	Strain @ Break (%)	Fixed Strain (%)	Modulus of Elast (N/mm2)	Sample Diameter (mm)
44.82	38.34	38.34	3.166	5.277	1.472	1008	1.22000

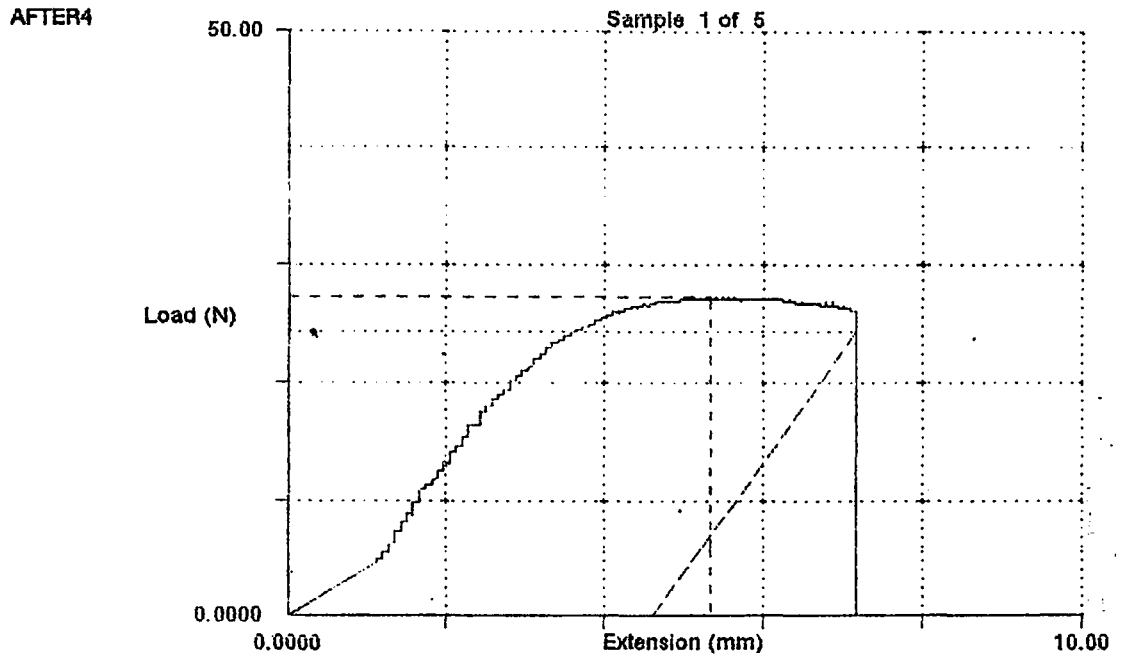
AFTER3



Maximum Load (N)	Maximum Stress (N/mm2)	Stress @ Break (N/mm2)	Ext @ Break (mm)	Strain @ Break (%)	Fixed Strain (%)	Modulus of Elast (N/mm2)	Sample Diameter (mm)
40.82	37.32	37.32	2.518	4.196	1.014	1173	1.18000

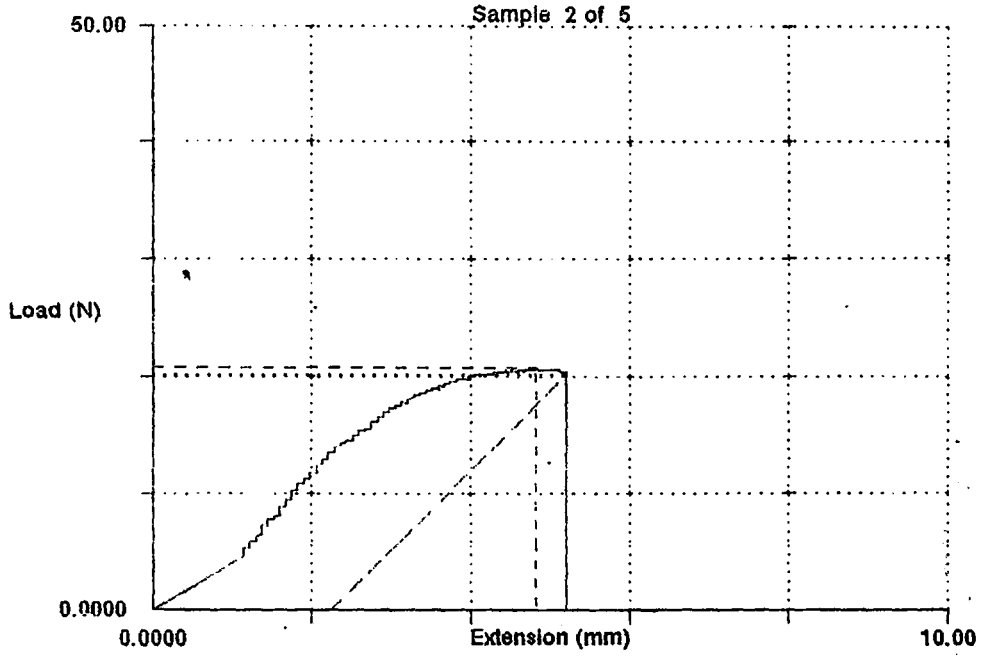
รูป ข-7

แสดงผลการทดสอบความแข็งแรงดึงของเส้นใยพอลิ(เมทิล เมธาคริเลต) หลังการเลื่อนรางรับเส้นใยเข้ามาชิดหัวฉีด (กำลังดึงเบอร์ 4)



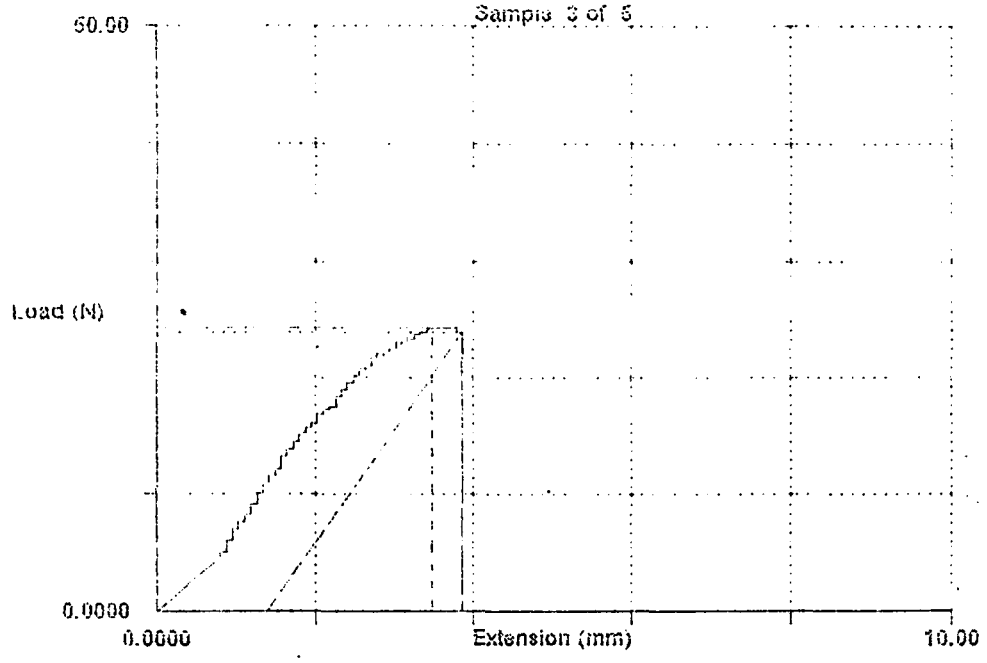
Maximum Load (N)	Maximum Stress (N/mm2)	Strain @ Max Load (%)	Stress @ Break (N/mm2)	Strain @ Break (%)	Fixed Strain (%)	Modulus of Elast (N/mm2)	Sample Diameter (mm)
27.28	51.02	8.875	45.67	11.93	7.671	1073	0.825000

AFTER4



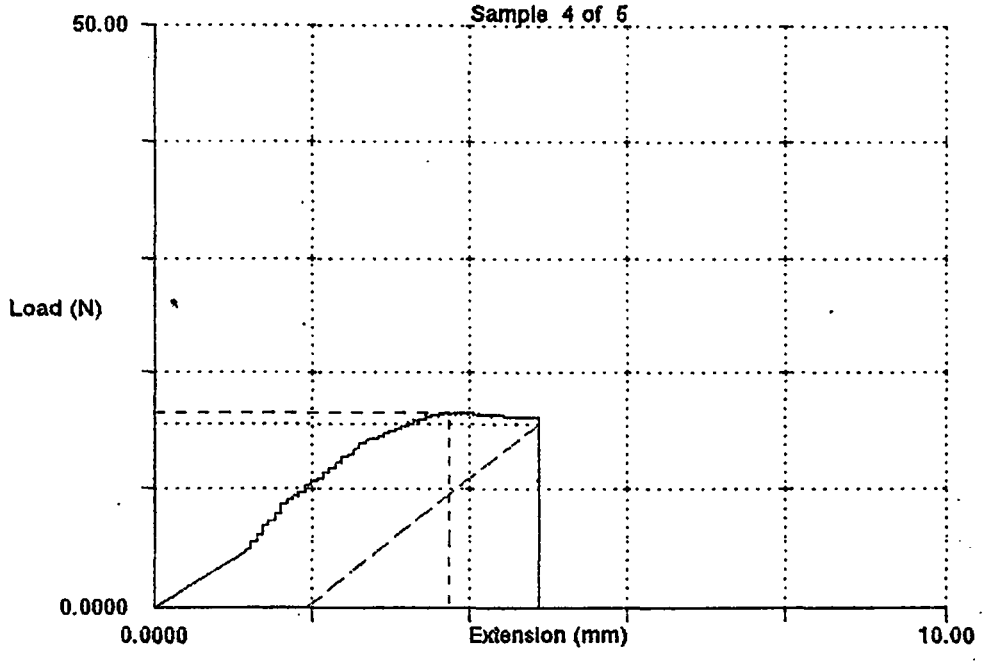
Maximum Load (N)	Maximum Stress (N/mm2)	Strain @ Max Load (%)	Stress @ Break (N/mm2)	Strain @ Break (%)	Fixed Strain (%)	Modulus of Elast (N/mm2)	Sample Diameter (mm)
20.79	47.06	8.011	45.76	8.647	3.728	930.4	0.750000

AFTER4



Maximum Load (N)	Maximum Stress (N/mm2)	Strain @ Max Load (%)	Stress @ Break (N/mm2)	Strain @ Break (%)	Fixed Strain (%)	Modulus of Elast (N/mm2)	Sample Diameter (mm)
24.22	42.69	5.786	42.62	6.421	2.322	1029	0.850000

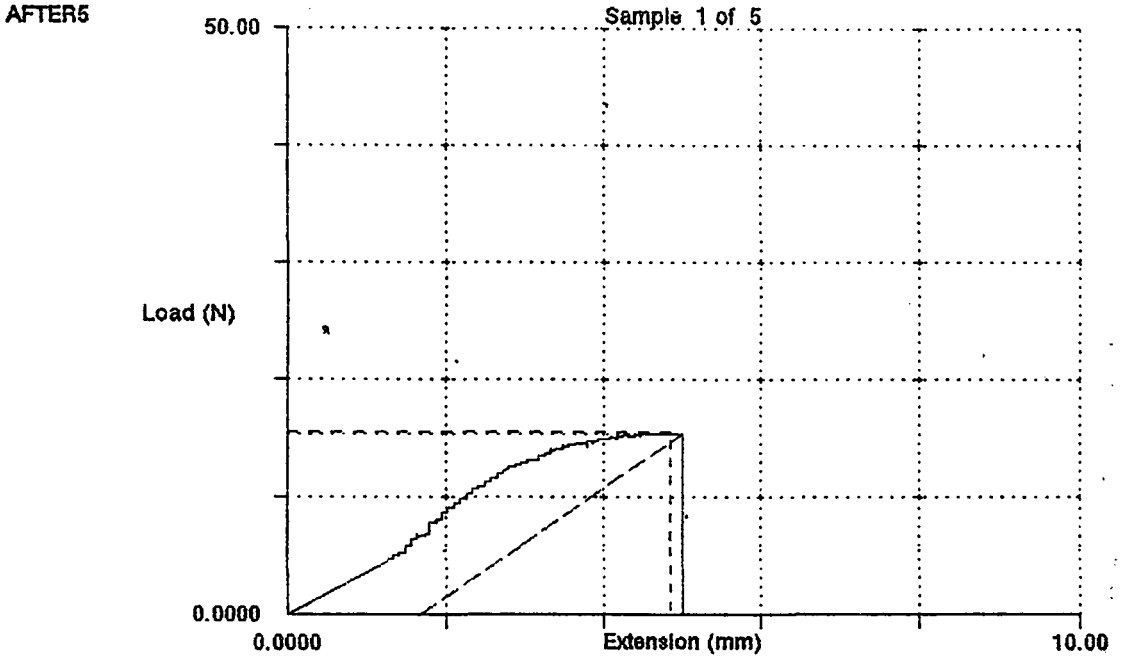
AFTER4



Maximum Load (N)	Maximum Stress (N/mm2)	Strain @ Max Load (%)	Stress @ Break (N/mm2)	Strain @ Break (%)	Fixed Strain (%)	Modulus of Elast (N/mm2)	Sample Diameter (mm)
16.59	40.76	6.231	38.41	8.138	3.208	779.2	0.720000

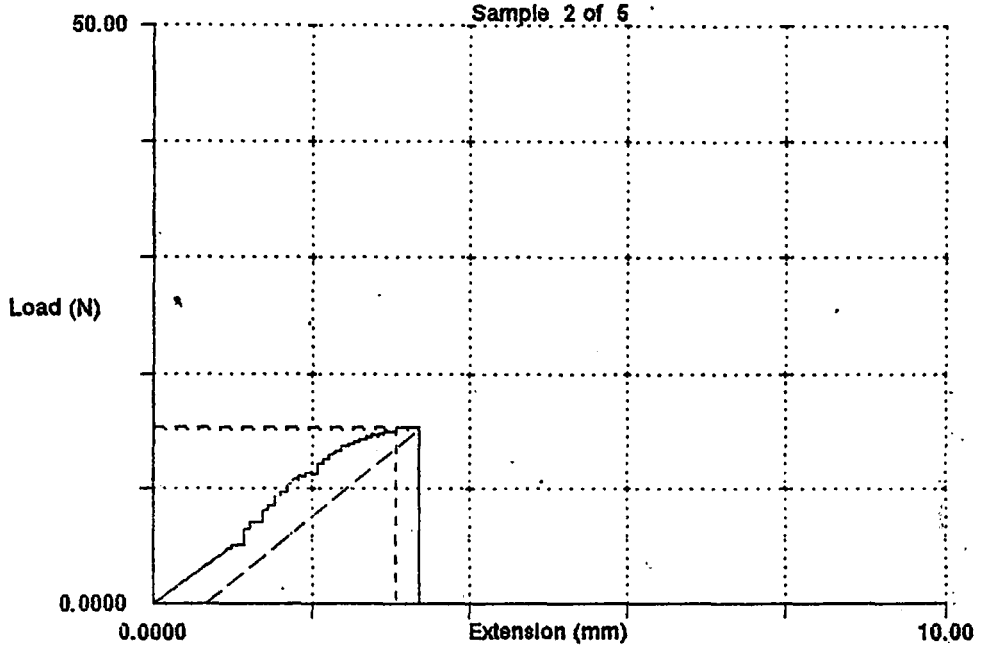
รูป ข-8

แสดงผลการทดสอบความแข็งแรงดึงของเส้นใยพอลิ(เมทิล เมธาคริเลต) หลังการเลื่อนรางรับเส้นใยเข้ามาชิดหัวฉีด (กำลังดึงเบอร์ 5)



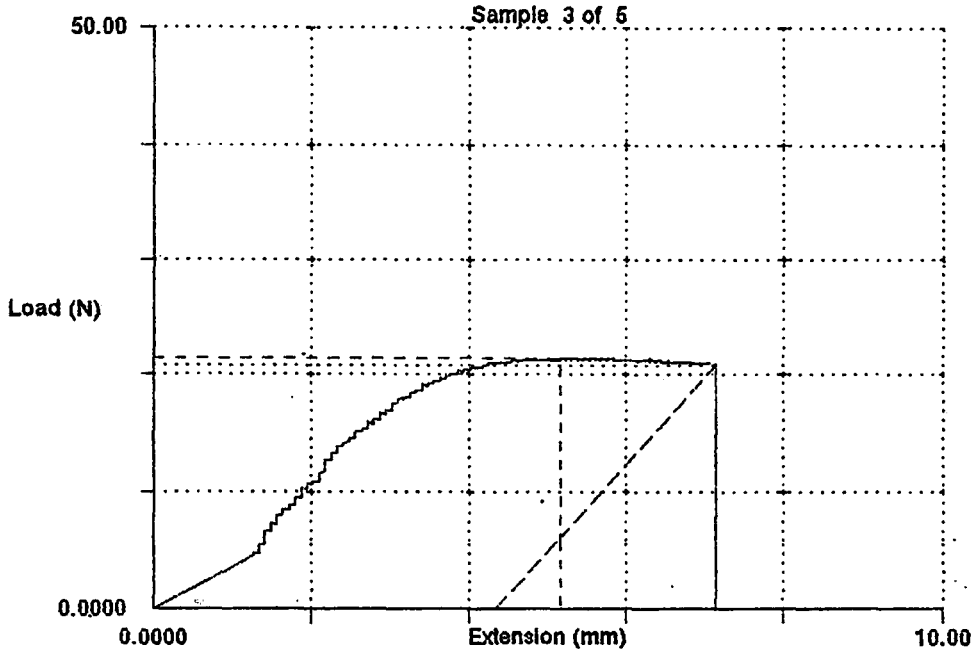
Maximum Load (N)	Maximum Stress (N/mm2)	Stress @ Break (N/mm2)	Ext @ Break (mm)	Strain @ Break (%)	Fixed Strain (%)	Modulus of Elast (N/mm2)	Sample Diameter (mm)
15.64	55.32	54.64	4.997	8.329	2.776	984.0	0.600000

AFTER5



Maximum Load (N)	Maximum Stress (N/mm2)	Stress @ Break (N/mm2)	Ext @ Break (mm)	Strain @ Break (%)	Fixed Strain (%)	Modulus of Elast (N/mm2)	Sample Diameter (mm)
15.45	46.56	45.98	3.357	5.595	1.111	1025	0.650000

AFTER5



Maximum Load (N)	Maximum Stress (N/mm2)	Stress @ Break (N/mm2)	Ext @ Break (mm)	Strain @ Break (%)	Fixed Strain (%)	Modulus of Elast (N/mm2)	Sample Diameter (mm)
21.55	59.35	57.25	7.133	11.89	7.192	1219	0.680000

เอกสารอ้างอิง

1. Dipl-Ing Hans. Domininghaus in Introduction to The Technology of plastic, Vol69 and70 , pp.65-67 , Hoechst Aktiengesellschaft , Frankfurt
2. J.A.Brydson in Plastic Material ,2nd ed., pp. 234-252 , London iliffe Books , London
3. J.W.Altman in Modern Plastic Encycopedia , Vol 63((104) , pp.13-16 , Mcgraw-Hill , 1986-1987
4. Yoshitaka Takezawa , "Analysis ofThermal Degradation for Plastic Optical Fibres" Journal of Applied Polymer Science 42(1991):2811-2817
5. Christopher Emslie ,"Review Polymer Optical Fibres" Journalof Material Science 23(1988) : 2281-2293
6. Salil K. Roy, Manas Chanda in Plastic Technology Handbook , 2nd ed. , pp. 166-177
7. Jean-Michel Charrier inPolymeric Materials and Processing , pp. 496-498 , Hanser , New York , 1991
8. Ronald J. Baird , David T. Baird in Industrial Plastics , 4th ed. , pp. 101-114 , The Goodheart-Willcox Company Inc. , Illinois , 1986
9. ถนัด ถิรจิต , "Optical Fibres With Power Transmission" การประชุมเชิงวิชาการระบบส่ง หน้า 1-7 การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย , 2530
10. แม้น อมรสิทธิ์ , อมร เพชรสม ใน หลักการและเทคนิคการวิเคราะห์เชิงเครื่องมือ , พิมพ์ครั้งที่ 1 หน้า 193-205 พ.ศ. 2535
11. จากกการสอบถามจากบริษัทไทยเทกซ์ลูมิเนชั่นไทยจำกัด