การทำวัสดุโพลีเอทีลีนหดตัวได้ด้วยความร้อนโดยการฉายรังสีแกมมา

นาย ธวัชชัย อิทธิพูนธนกร

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2539

ISBN 974-634-887-6

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I17424094

FABRICATION OF A POLYETHYLENE HEAT-SHRINKABLE MATERIAL BY GAMMA IRRADIATION

Mr Thawatchai Itthipoonthanakorn

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the degree of Master of Engineering
Department of Nuclear Technology
Chulalongkorn University
1996
ISBN 974-634-887-6

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การทำวัสดุโพลีเอทีลีนหดตัวได้ด้วยความร้อน
โดยการฉายรังสีแกมมา

โดย นาย ธวัชชัย อิทธิพูนธนกร

ภาควิชา นิวเคลียร์เทคโนโลยี

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ชยากริต ศิริอุปถัมภ์

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์ มานิตย์ ซ้อนสุข

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร. สันติ ถุงสุวรรณ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.... ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นเรศร์ จันทน์ขาว)

.... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ชยากริต ศิริอุปถัมภ์)

.... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(อาจารย์ มานิตย์ ซ้อนสุข)

.... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ศิริวัฒนา บัญชรเทวกุล)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ธวัชชัย อิทธิพูนธนกร:การทำวัสดุโพลีเอทีลีนหดตัวได้ด้วยความร้อนโดยการฉายรังสีแกมมา (FABRICATION OF A POLYETHYLENE HEAT-SHRINKABLE MATERIAL BY GAMMA IRRADIATION) อ.ที่ปรึกษา : ผศ.ชยากริต ศิริอุปถัมภ์, อ.ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์ มานิตย์ ซ้อนสุข, 135 หน้า. ISBN 974-634-887-6

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาและทดลองทำวัสดุโพลีเอทีลีนหดตัวได้ด้วยความร้อนโดยใช้รังสีแกมมาจากโคบอล์ต-60 ภายใต้เงื่อนไขของสภาวะการฉายรังสี ปริมาณรังสีแกมมาและความหนาของวัสดุ รวมทั้งทำการทดสอบคุณสมบัติเชิงกล การหาปริมาณเจล ซึ่งสามารถใช้อ้างอิงแทนปริมาณการเชื่อมโยงของโมเลกุลได้ และหาจุดหลอมเหลวของฟิล์มด้วย

วัสดุที่ใช้ทำการวิจัยนี้ใช้ฟิล์มโพลีเอทีลีนความหนาแน่นต่ำ การทดลองทำโดยเปรียบเทียบการหดของฟิล์ม ซึ่งทำให้ทราบว่าการเพิ่มปริมาณรังสีแกมมา (ในช่วง 0 ถึง 400 kGy)หรือการเพิ่มความหนาของฟิล์ม(25-125 ไมโครเมตร) จะทำให้ความสามารถในการหดของฟิล์มลดลง นอกจากนี้การเพิ่มปริมาณรังสีแกมมายังมีผลต่อคุณสมบัติเชิงกลและจุดหลอมเหลวของฟิล์มคือมีแนวโน้มจะทำให้ฟิล์มมีความทนต่อแรงดึงได้มากขึ้นและทำให้ความสามารถในการยืดของฟิล์มลดลงด้วย และมีผลทำให้จุดหลอมเหลวของฟิล์มลดลง แต่การเพิ่มปริมาณรังสีแกมมาที่สูงเกินไป(300 ถึง 400 kGy) กลับมีผลเสียต่อฟิล์มคือทำให้มีคุณสมบัติเชิงกลต่ำ ดังนั้นการเลือกปริมาณรังสีและความหนาของฟิล์มที่เหมาะสมว่าจะเป็นเท่าไรนั้นจะขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการนำวัสดุโพลีเอทีลีนหดตัวได้ด้วยความร้อนไปใช้งาน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

C618794 :MAJOR NUCLEAR TECHNOLOGY
KEY WORD :RADIATION CROSSLINKING/GAMMA IRRADIATION

THAWATCHAI ITTHIPOONTHANAKORN:FABRICATION OF A POLYETHYLENE HEAT-SHRINKABLE MATERIAL BY GAMMA IRRADIATION. THESIS ADVISORS:ASST. PROF.CHYAGRIT SIRI-UPATHUM AND MANIT SONSUK,125pp. ISBN 974-634-887-6

The objective of this research was to study the fabrication of heat-shrinkable polyethylene by gamma irradiation. The studies included irradiation in an inert gas or vacuum,variation of doses and thickness of films. Testing for mechanical properties,gel content and melting point at various radiation dose of films were also conducted

Results from the experiment showed that increasing of radiation dose (100 to 400 kGy)and increasing of thickness of films(25 to 125 micrometers) resulted in decreasing in degree of shrinking. Tensile strength and elongation at break were found to be increased and decreased respectively at radiation dose from 100-400 kGy. Beyond 400 kGy the film properties became poorer than that from irradiation at lower doses.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของผู้ช่วยศาสตราจารย์ ชยากริต ศิริอุปถัมภ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และนาย มานิตย์ ช้อนสุข อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ ของการวิจัยมาด้วยดีตลอดมา ขอขอบพระคุณสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติที่ได้ให้ทุนการศึกษามาอย่างต่อเนื่อง และเนื่องจากทุนการวิจัยในครั้งนี้บางส่วนได้รับมาจากทุนอุดหนุนการวิจัยของ บัณฑิตวิทยาลัย จึงขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัยมา ณ ที่นี้ด้วย

ท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดา-มารดา ซึ่งสนับสนุนในด้านการเงินและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย .... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .... จ
กิตติกรรมประกาศ .... ฉ
สารบัญตาราง .... ญ
สารบัญภาพ .... ด

บทที่

1. บทนำ 1
   1.1 ความเป็นมาของปัญหา 1
   1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 1
   1.3 ขอบเขตของวิจัย 2
   1.4 ขั้นตอนการวิจัย 2
   1.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 2
   1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

2. การทำฟิล์มโพลีเอทีลีนหดตัวได้ด้วยความร้อน 4
   2.1 โพลีเอทีลีนความหนาแน่นต่ำ 4
   2.2 ผลของรังสีแกมมาที่มีต่อโพลีเอทีลีน 6
   2.3 ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเชื่อมโยงของโพลีเอทีลีนโดยรังสีแกมมา ... 9
      2.3.1 อุณหภูมิของการฉายรังสี 9
      2.3.2 ออกซิเจน 9
      2.3.3 Gas evolution 10
   2.4 รูปแบบการผลิตพลาสติกหดตัวได้ด้วยความร้อน 10
      2.4.1 การผลิต biaxially orienting polyethylene film
      โดย Cryovac TM Division of W.R.Grace 10
      2.4.2 การผลิตท่อและแผ่นหดตัวได้ด้วยความร้อน
      ในประเทศญี่ปุ่น 11
      2.4.3 การผลิตท่อโพลีเอทีลีนหดตัวได้ด้วยความร้อน
      ของ Joseph Silverman 14

2.5 สมบัติของฟิล์มหดตัวได้ด้วยความร้อน 15
2.5.1 องศาการหดตัว 17
2.5.2 Shrink tension 18
2.5.3 อุณหภูมิในการหด 19
2.5.4 กลไกในการหด 20
2.5.5 โพลีเมอร์อสัณฐาน 20
2.5.6 Crystallizable polymers 22
2.5.7 Orientation effects 24
2.5.8 สมบัติของฟิล์มหดตัวได้ด้วยความร้อนที่ทำจาก
โพลิเมอร์ที่สำคัญทางการค้าต่าง ๆ 24
2.6 การเปรียบเทียบการเชื่อมโยงโมเลกุลโดยวิธีการทางรังสีและเคมี 26
2.7 Differential scanning calorimeter (DSC) 27

3. วัสดุอุปกรณ์ สารเคมี และวิธีดำเนินการวิจัย 29
3.1 วัสดุอุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้
ในการเป่าฟิล์มโพลีเอทีลีนความหนาแน่นต่ำ 29
3.2 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการฉายรังสีแกมมา 30
3.3 วัสดุอุปกรณ์ในการทำฟิล์มหดตัวได้ด้วยความร้อน 32
3.4 วัสดุอุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการหาปริมาณเจล 33
3.5 อุปกรณ์ในการหาความต้านทานแรงดึง,elongation at break 34
3.6 วิธีการเป่าฟิล์มโพลีเอทีลีนความหนาแน่นต่ำ .... .34
3.7 วิธีการฉายรังสีแกมมา 35
3.8 การหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการหดของ
ฟิล์มหดตัวได้ด้วยความร้อน 35
3.9 การทำและการหาปริมาณการหดของฟิล์มหดตัวได้ด้วยความร้อน ... 35
3.10 การหาปริมาณเจลในฟิล์ม 36
3.11 การหาค่าความต้านทานแรงดึง 36
3.12 การหาจุดหลอมเหลวของฟิล์มโพลีเอทีลีน 36

4. ผลการทดลอง 37
4.1 การหาปริมาณเจล 37
4.2 ผลของอุณหภูมิที่มีต่อการหดของฟิล์ม 41
4.3 การหาร้อยละการหดของฟิล์มโพลีเอทีลีน 43

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4 การทดสอบร้อยละการหดของ
ฟิล์มโพลีเอทีนหดตัวได้ด้วยความร้อนในแนวตั้งฉาก 70
4.5 การหาจุดหลอมเหลวของฟิล์มโพลีเอทีลีน 70
4.6 การทดสอบความต้านทานแรงดึงและ elongation at break
ของฟิล์มโพลีเอทีลีน 71
4.7 การทดสอบความต้านทานแรงดึงและ elongation at break ของ
ฟิล์มโพลีเอทีลีนหดตัวได้ด้วยความร้อน 74

5. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 77
5.1 การหาปริมาณการเชื่อมโยง 77
5.2 ความสัมพันธ์ระหว่างการดึงและการหดของ
ฟิล์มโพลีเอทีลีนหดตัวได้ด้วยความร้อน 77
5.2.1 เงื่อนไขของปริมาณรังสี 77
5.2.2 ความหนาของฟิล์ม 78
5.2.3 สภาวะในบรรยากาศของก๊าซเฉื่อยและสภาวะสุญญากาศ ... 78
5.3 ความสำคัญของ shrinking effect,E 78
5.3.1 ความสัมพันธ์ระหว่าง shrinking effect
กับความหนาของฟิล์ม 78
5.3.2 ความสัมพันธ์ระหว่าง shrinking effect
กับปริมาณรังสีแกมมา 78
5.3.3 ความสัมพันธ์ระหว่าง shrinking effect
กับปริมาณการดึง .... .79
5.4 ความสัมพันธ์ระหว่างจุดหลอมเหลวของฟิล์มกับปริมาณรังสี 79
5.5 การทดสอบคุณสมบัติเชิงกล 79

เอกสารอ้างอิง 81

ภาคผนวก ก 83
ภาคผนวก ข 123
ภาคผนวก ค 134

ประวัติผู้เขียน 135

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 ความสามารถในการเชื่อมโยงและการแตกพันธะหลัก เมื่อให้รังสีเพื่อทำให้เกิดการเชื่อมโยงเป็นโครงร่างแหสามมิติ ของโพลิเมอร์ชนิดต่าง ๆที่อุณหภูมิห้อง 8

2.2 ผลของ orientation ที่มีต่อสมบัติทางกายภาพของ PET และ PS 16

2.3 Glass-transition temperatures ของพลาสติกที่สำคัญทางการค้า 23

2.4 ข้อดีและข้อเสียของฟิล์มหดที่สำคัญทางการค้า 25

4.1 ปริมาณเจลของฟิล์มที่ฉายรังสีในปริมาณและสภาวะต่าง ๆกัน 37

4.2 ผลของอุณหภูมิที่มีต่อการหดของ ฟิล์มโพลีเอทีลีนหดตัวได้ด้วยความร้อน หนา 75 ไมโครเมตร ฉายรังสีแกมมา 200 kGy ในสุญญากาศ 41

4.3 การทดสอบร้อยละการหดของ ฟิล์มโพลีเอทีลีนหดตัวได้ด้วยความร้อนในแนวตั้งฉาก 70

4.4 เปรียบเทียบจุดหลอมเหลวของฟิล์มโพลีเอทีลีนที่ได้รับรังสีแกมมา ในปริมาณต่าง ๆ 71

4.5 ความต้านทานแรงดึงและ elongation at break ของฟิล์มโพลีเอทีลีน 72

4.6 ความต้านทานแรงดึงและ elongation at break ของฟิล์มโพลีเอทีลีนหดได้ด้วยความร้อน 74

1 ร้อยละการหดของฟิล์มโพลีเอทีลีนความหนา 25 ไมโครเมตร ฉายรังสีแกมมา 100 kGy ในบรรยากาศของก๊าซเฉื่อย 83

2 ร้อยละการหดของฟิล์มโพลีเอทีลีนความหนา 50 ไมโครเมตร ฉายรังสีแกมมา 100 kGy ในบรรยากาศของก๊าซเฉื่อย 84

3 ร้อยละการหดของฟิล์มโพลีเอทีลีนความหนา 75 ไมโครเมตร ฉายรังสีแกมมา 100 kGy ในบรรยากาศของก๊าซเฉื่อย 85

4 ร้อยละการหดของฟิล์มโพลีเอทีลีนความหนา 100 ไมโครเมตร ฉายรังสีแกมมา 100 kGy ในบรรยากาศของก๊าซเฉื่อย 86

5 ร้อยละการหดของฟิล์มโพลีเอทีลีนความหนา 125 ไมโครเมตร ฉายรังสีแกมมา 100 kGy ในบรรยากาศของก๊าซเฉื่อย 87

6 ร้อยละการหดของฟิล์มโพลีเอทีลีนความหนา 25 ไมโครเมตร ฉายรังสีแกมมา 200 kGy ในบรรยากาศของก๊าซเฉื่อย 88

7 ร้อยละการหดของฟิล์มโพลีเอทีลีนความหนา 50 ไมโครเมตร ฉายรังสีแกมมา 200 kGy ในบรรยากาศของก๊าซเฉื่อย 89

8 ร้อยละการหดของฟิล์มโพลีเอทีลีนความหนา 75 ไมโครเมตร ฉายรังสีแกมมา 200 kGy ในบรรยากาศของก๊าซเฉื่อย 90

9 ร้อยละการหดของฟิล์มโพลีเอทีลีนความหนา 100 ไมโครเมตร ฉายรังสีแกมมา 200 kGy ในบรรยากาศของก๊าซเฉื่อย 91

10 ร้อยละการหดของฟิล์มโพลีเอทีลีนความหนา 125 ไมโครเมตร ฉายรังสีแกมมา 200 kGy ในบรรยากาศของก๊าซเฉื่อย 92

11 ร้อยละการหดของฟิล์มโพลีเอทีลีนความหนา 25 ไมโครเมตร ฉายรังสีแกมมา 300 kGy ในบรรยากาศของก๊าซเฉื่อย 93

12 ร้อยละการหดของฟิล์มโพลีเอทีลีนความหนา 50 ไมโครเมตร ฉายรังสีแกมมา 300 kGy ในบรรยากาศของก๊าซเฉื่อย 94

13 ร้อยละการหดของฟิล์มโพลีเอทีลีนความหนา 75 ไมโครเมตร ฉายรังสีแกมมา 300 kGy ในบรรยากาศของก๊าซเฉื่อย 95

14 ร้อยละการหดของฟิล์มโพลีเอทีลีนความหนา 100 ไมโครเมตร ฉายรังสีแกมมา 300 kGy ในบรรยากาศของก๊าซเฉื่อย 96

15 ร้อยละการหดของฟิล์มโพลีเอทีลีนความหนา 125 ไมโครเมตร ฉายรังสีแกมมา 300 kGy ในบรรยากาศของก๊าซเฉื่อย 97

16 ร้อยละการหดของฟิล์มโพลีเอทีลีนความหนา 25 ไมโครเมตร ฉายรังสีแกมมา 400 kGy ในบรรยากาศของก๊าซเฉื่อย 98

17 ร้อยละการหดของฟิล์มโพลีเอทีลีนความหนา 50 ไมโครเมตร ฉายรังสีแกมมา 400 kGy ในบรรยากาศของก๊าซเฉื่อย 99

18 ร้อยละการหดของฟิล์มโพลีเอทีลีนความหนา 75 ไมโครเมตร ฉายรังสีแกมมา 400 kGy ในบรรยากาศของก๊าซเฉื่อย 100

19 ร้อยละการหดของฟิล์มโพลีเอทีลีนความหนา 100 ไมโครเมตร ฉายรังสีแกมมา 400 kGy ในบรรยากาศของก๊าซเฉื่อย 101

20 ร้อยละการหดของฟิล์มโพลีเอทีลีนความหนา 125 ไมโครเมตร ฉายรังสีแกมมา 400 kGy ในบรรยากาศของก๊าซเฉื่อย 102

21 ร้อยละการหดของฟิล์มโพลีเอทีลีนความหนา 25 ไมโครเมตร ฉายรังสีแกมมา 100 kGy ในสุญญากาศ 103

22 ร้อยละการหดของฟิล์มโพลีเอทีลีนความหนา 50 ไมโครเมตร ฉายรังสีแกมมา 100 kGy ใน สุญญากาศ 104

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

23 ร้อยละการหดของฟิล์มโพลีเอทีลีนความหนา 75 ไมโครเมตร
ฉายรังสีแกมมา 100 kGy ในสุญญากาศ 105
24 ร้อยละการหดของฟิล์มโพลีเอทีลีนความหนา 100 ไมโครเมตร
ฉายรังสีแกมมา 100 kGy ในสุญญากาศ 106
25 ร้อยละการหดของฟิล์มโพลีเอทีลีนความหนา 125 ไมโครเมตร
ฉายรังสีแกมมา 100 kGy ในสุญญากาศ 107
26 ร้อยละการหดของฟิล์มโพลีเอทีลีนความหนา 25 ไมโครเมตร
ฉายรังสีแกมมา 200 kGy ในสุญญากาศ 108
27 ร้อยละการหดของฟิล์มโพลีเอทีลีนความหนา 50 ไมโครเมตร
ฉายรังสีแกมมา 200 kGy ในสุญญากาศ 109
28 ร้อยละการหดของฟิล์มโพลีเอทีลีนความหนา 75 ไมโครเมตร
ฉายรังสีแกมมา 200 kGy ในสุญญากาศ 110
29 ร้อยละการหดของฟิล์มโพลีเอทีลีนความหนา 100 ไมโครเมตร
ฉายรังสีแกมมา 200 kGy ในสุญญากาศ 111
30 ร้อยละการหดของฟิล์มโพลีเอทีลีนความหนา 125 ไมโครเมตร
ฉายรังสีแกมมา 200 kGy ในสุญญากาศ 112
31 ร้อยละการหดของฟิล์มโพลีเอทีลีนความหนา 25 ไมโครเมตร
ฉายรังสีแกมมา 300 kGy ในสุญญากาศ 113
32 ร้อยละการหดของฟิล์มโพลีเอทีลีนความหนา 50 ไมโครเมตร
ฉายรังสีแกมมา 300 kGy ในสุญญากาศ 114
33 ร้อยละการหดของฟิล์มโพลีเอทีลีนความหนา 75 ไมโครเมตร
ฉายรังสีแกมมา 300 kGy ในสุญญากาศ 115
34 ร้อยละการหดของฟิล์มโพลีเอทีลีนความหนา 100 ไมโครเมตร
ฉายรังสีแกมมา 300 kGy ในสุญญากาศ 116
35 ร้อยละการหดของฟิล์มโพลีเอทีลีนความหนา 125 ไมโครเมตร
ฉายรังสีแกมมา 300 kGy ในสุญญากาศ 117
36 ร้อยละการหดของฟิล์มโพลีเอทีลีนความหนา 25 ไมโครเมตร
ฉายรังสีแกมมา 400 kGy ในสุญญากาศ 118
37 ร้อยละการหดของฟิล์มโพลีเอทีลีนความหนา 50 ไมโครเมตร
ฉายรังสีแกมมา 400 kGy ในสุญญากาศ 119
38 ร้อยละการหดของฟิล์มโพลีเอทีลีนความหนา 75 ไมโครเมตร
ฉายรังสีแกมมา 400 kGy ในสุญญากาศ 120

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

39 ร้อยละการหดของฟิล์มโพลีเอทีลีนความหนา 100 ไมโครเมตร
ฉายรังสีแกมมา 400 kGy ในสุญญากาศ 121
40 ร้อยละการหดของฟิล์มโพลีเอทีลีนความหนา 125 ไมโครเมตร
ฉายรังสีแกมมา 400 kGy ในสุญญากาศ 122
41 คุณลักษณะทางฟิสิกส์ของฟิล์มหดตัวได้ด้วยความร้อน
ตาม มอก.1311-2538 134

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

รูปที่ หน้า

2.1 กระบวนการผลิต biaxially orienting polyethylene film โดย Cryovac ^{TM} Division of W.R.Grace 11

2.2 Differential pressure method 12

2.3 Mechanical expansion แบบที่ 1 12

2.4 Mechanical expansion แบบที่ 2 13

2.5 วิธี Sheet wrapping 13

2.6 การผลิตและการใช้งานของท่อหด ที่ได้จากการผลิตของJoseph Silverman 15

2.7 Impact strength และ Secant Modulusของฟิล์มหดแบบต่างๆ 17

2.8 ลักษณะการหดที่อุณหภูมิต่างๆ 18

2.9 shrink energy(tension) ของ oriented polypropylene,polyethylene, polybutene และ polyvinyl chloride 19

2.10 อัตราการหดตัวของOPS เปรียบเทียบกับorientation temperature 20

2.11 การคลายของความเค้นการหดที่สูญเสียไป 21

2.12 ผลของ orientation temperature ที่มีต่อความแข็งแรงดึงของโพลีสไตรีน 22

2.13 ความสัมพันธ์ของ heat of fusion ของโพลีเอทีลีนความหนาแน่นต่ำ ในการหลอมเหลว 2 ครั้ง กับปริมาณรังสี(โคบอล์ต-60) 26

2.14 รูปแบบการวิเคราะห์ของ Differential scanning calorimetry 28

3.1 เครื่องเป่าฟิล์ม 29

3.2 เครื่องฉายรังสีแกมมา(Gamma cell 220) 30

3.3 ภาชนะสำหรับใส่ฟิล์มเพื่อฉายรังสีแกมมาในก๊าซเฉื่อย 31

3.4 ภาชนะสำหรับใส่ฟิล์มเพื่อฉายรังสีแกมมาในสุญญากาศ 31

3.5 เครื่องดึงฟิล์มโพลีเอทีลีน 32

3.6 ชุดอุปกรณ์สำหรับหาปริมาณเจล 33

3.7 เครื่องวัดความต้านทานแรงดึง 34

4.1 ปริมาณเจลของฟิล์มโพลีเอทีลีนที่ฉายรังสีแกมมาในปริมาณต่างๆ 40

4.2 การดึงและการหดของฟิล์มโพลีเอทีลีน ที่ได้รับรังสีแกมมา 100 kGy ในก๊าซเฉื่อย 44

ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3 การดึงและการหดของฟิล์มโพลีเอทีลีน
ที่ได้รับรังสีแกมมา 200 kGy ในก๊าซเฉื่อย 45
4.4 การดึงและการหดของฟิล์มโพลีเอทีลีน
ที่ได้รับรังสีแกมมา 300 kGy ในก๊าซเฉื่อย 46
4.5 การดึงและการหดของฟิล์มโพลีเอทีลีน
ที่ได้รับรังสีแกมมา 400 kGy ในก๊าซเฉื่อย 47
4.6 การดึงและการหดของฟิล์มโพลีเอทีลีน
ที่ได้รับรังสีแกมมา 100 kGy ในสุญญากาศ 48
4.7 การดึงและการหดของฟิล์มโพลีเอทีลีน
ที่ได้รับรังสีแกมมา 200 kGy ในสุญญากาศ 49
4.8 การดึงและการหดของฟิล์มโพลีเอทีลีน
ที่ได้รับรังสีแกมมา 300 kGy ในสุญญากาศ 50
4.9 การดึงและการหดของฟิล์มโพลีเอทีลีน
ที่ได้รับรังสีแกมมา 400 kGy ในสุญญากาศ 51
4.10 การดึงและ shrinking effect ของฟิล์มโพลีเอทีลีน
ที่ได้รับรังสีแกมมา 100 kGy ในก๊าซเฉื่อย 52
4.11 การดึงและ shrinking effect ของฟิล์มโพลีเอทีลีน
ที่ได้รับรังสีแกมมา 200 kGy ในก๊าซเฉื่อย 53
4.12 การดึงและ shrinking effect ของฟิล์มโพลีเอทีลีน
ที่ได้รับรังสีแกมมา 300 kGy ในก๊าซเฉื่อย 54
4.13 การดึงและ shrinking effect ของฟิล์มโพลีเอทีลีน
ที่ได้รับรังสีแกมมา 400 kGy ในก๊าซเฉื่อย 55
4.14 การดึงและ shrinking effect ของฟิล์มโพลีเอทีลีน
ที่ได้รับรังสีแกมมา 100 kGy ในสุญญากาศ 56
4.15 การดึงและ shrinking effect ของฟิล์มโพลีเอทีลีน
ที่ได้รับรังสีแกมมา 200 kGy ในสุญญากาศ 57
4.16 การดึงและ shrinking effect ของฟิล์มโพลีเอทีลีน
ที่ได้รับรังสีแกมมา 300 kGy ในสุญญากาศ 58
4.17 การดึงและ shrinking effect ของฟิล์มโพลีเอทีลีน
ที่ได้รับรังสีแกมมา 400 kGy ในสุญญากาศ 59
4.18 การดึงและการหดของฟิล์มโพลีเอทีลีนหนา 25 ไมโครเมตร
ในรังสีแกมมา ปริมาณต่าง ๆ ในก๊าซเฉื่อย 60

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.19 การดึงและการหดของฟิล์มโพลีเอทีลีนหนา 50 ไมโครเมตร
ในรังสีแกมมา ปริมาณต่าง ๆ ในก๊าซเฉื่อย 61
4.20 การดึงและการหดของฟิล์มโพลีเอทีลีนหนา 75 ไมโครเมตร
ในรังสีแกมมา ปริมาณต่าง ๆ ในก๊าซเฉื่อย 62
4.21 การดึงและการหดของฟิล์มโพลีเอทีลีนหนา 100 ไมโครเมตร
ในรังสีแกมมา ปริมาณต่าง ๆ ในก๊าซเฉื่อย 63
4.22 การดึงและการหดของฟิล์มโพลีเอทีลีนหนา 125 ไมโครเมตร
ในรังสีแกมมา ปริมาณต่าง ๆ ในก๊าซเฉื่อย 64
4.23 การดึงและการหดของฟิล์มโพลีเอทีลีนหนา 25 ไมโครเมตร
ในรังสีแกมมา ปริมาณต่าง ๆ ในสุญญากาศ 65
4.24 การดึงและการหดของฟิล์มโพลีเอทีลีนหนา 50 ไมโครเมตร
ในรังสีแกมมา ปริมาณต่าง ๆ ในสุญญากาศ 66
4.25 การดึงและการหดของฟิล์มโพลีเอทีลีนหนา 75 ไมโครเมตร
ในรังสีแกมมา ปริมาณต่าง ๆ ในสุญญากาศ 67
4.26 การดึงและการหดของฟิล์มโพลีเอทีลีนหนา 100 ไมโครเมตร
ในรังสีแกมมา ปริมาณต่าง ๆ ในสุญญากาศ 68
4.27 การดึงและการหดของฟิล์มโพลีเอทีลีนหนา 125 ไมโครเมตร
ในรังสีแกมมา ปริมาณต่าง ๆ ในสุญญากาศ 69
1 ผลการหาจุดหลอมเหลวของฟิล์มโพลีเอทีลีนที่ไม่ได้รับรังสีแกมมา
โดยใช้DSC 124
2 ผลการหาจุดหลอมเหลวของฟิล์มโพลีเอทีลีน
ที่ได้รับรังสีแกมมา 100 kGy ในก๊าซเฉื่อย โดยใช้DSC 125
3 ผลการหาจุดหลอมเหลวของฟิล์มโพลีเอทีลีน
ที่ได้รับรังสีแกมมา 200 kGy ในก๊าซเฉื่อย โดยใช้DSC 126
4 ผลการหาจุดหลอมเหลวของฟิล์มโพลีเอทีลีน
ที่ได้รับรังสีแกมมา 300 kGy ในก๊าซเฉื่อย โดยใช้DSC 127
5 ผลการหาจุดหลอมเหลวของฟิล์มโพลีเอทีลีน
ที่ได้รับรังสีแกมมา 400 kGy ในก๊าซเฉื่อย โดยใช้DSC 128
6 ผลการหาจุดหลอมเหลวของฟิล์มโพลีเอทีลีน
ที่ได้รับรังสีแกมมา 100 kGy ในสุญญากาศ โดยใช้DSC 129
7 ผลการหาจุดหลอมเหลวของฟิล์มโพลีเอทีลีน
ที่ได้รับรังสีแกมมา 200 kGy ในสุญญากาศ โดยใช้DSC 130

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

8 ผลการหาจุดหลอมเหลวของฟิล์มโพลีเอทีลีน
ที่ได้รับรังสีแกมมา 300 kGy ในสุญญากาศ โดยใช้DSC 131

9 ผลการหาจุดหลอมเหลวของฟิล์มโพลีเอทีลีน
ที่ได้รับรังสีแกมมา 400 kGy ในสุญญากาศ โดยใช้DSC 132

10 ผลการหาจุดหลอมเหลวของฟิล์มโพลีเอทีลีนที่ทำขึ้นเพื่อการค้า 133

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย