รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

วราภรณ์ ขจรไชยกุล . กระบวนการผลิตภัณฑ์ยาง . เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 135 , กลุ่มอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์จากยาง ศูนย์วิจัยยางสงขลา กรมวิชาการเกษตร , 2530

กฤษฎา สุชีวะ . ประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ยาง . การประชุมทางวิชาการ เทคโนโลยียางไทย - ฝรั่งเศส ครั้งที่ 1 (2531) , กรุงเทพ ฯ , หน้า 95 - 106

ปรีชา ป้องภัย . เกณฑ์การเท . การประชุมวิชาการเทคโนโลยียางไทย - ฝรั่งเศส ครั้งที่ 1 (2531) , กรุงเทพ ฯ , หน้า 187 - 207

กฤษณา คงศิลป์ . ห้องทดสอบมาตรฐานยางแท่งที.ที.อาร์ . เอกสารฉบับที่ 113 . งานอุตสาหกรรมยาง ศูนย์วิจัยยาง หาดใหญ่ , 2525

ดร. บุญธรรม นิธิอุทัย , รศ. พรพรรณ นิธิอุทัย และ ปรีชา ป้องภัย . สารเคมีสำหรับยาง และ เทคนิคในการออกสูตรยาง . คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ , 1987

รศ.อ. ชูศรี วงศ์รัตนะ . เทคนิคการใช้สถิติเพื่อการวิจัย (พิมพ์ครั้งที่ 5) . ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , กรุงเทพ ฯ , 2534

วีรพงษ์ เฉลิมจิระรัตน์ . วิธีการทางสถิติเพื่อการพิจารณาคุณภาพ . สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย - ญี่ปุ่น) , กรุงเทพ ฯ , 2535

ดร. บุญธรรม นิธิอุทัย . ยางธรรมชาติ ยางสังเคราะห์ และ คุณสมบัติ . แผนกวิชาเทคโนโลยีโพลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์และ เทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี , พ.ศ. 2530

ภาษาอังกฤษ

Blow , C.M. , ed. **Rubber Technology and Manufacture** (2 nd ed.) . Butterworth Scientific : LONDON , 1982

Shaw David . Development in Mixing . **European Rubber Journal**., July / August , P. 20 - 22 , 1989

Dr. Funt John M . **Mixing of Rubber** . Rubber and Plastics Research Association of Great Britain , Chapter 5 , 1977

Kirk - Othmer . **Rubber Compound**. Encyclopedia of Chemical Technology., Vol.20, 3rd ed., John Wiley & Sons ., P.438 - 441 , 1982

Cheremisinoff Nicholas P. **Practical Statistic For Engineers and Scientists**. A Technomic Publishing Company Co., Inc . Chapter 5 , 1987

Mc. Carty J.R. , **The ABC's of Banbury Mixing or How to Double Uniformity in One Easy Step** . 1964 (Unpublished Manuscript)

ASTM Test Method D-1646-89 , **Standard Test Method for Rubber - Viscosity and Vulcanization Characteristics (Mooney Viscometer)** , American Society for Testing of Materials , 1984

Farrel , Company . **Understanding the Banbury Mixer A Self - Instruction Training Program** , Connecticut : 1968 (Mimeographed)

ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก. การทดสอบค่าความอ่อนตัวเริ่มแรกของยาง TTR 20

ค่าความอ่อนตัวเริ่มแรก (P_o) คือ การวัดความยาวของลายโมเลกุล ของยางธรรมชาติ ขีดจำกัดของยางแท่ง TTR ค่าความอ่อนตัวเริ่มแรกไม่ควรจะต่ำกว่า 30

เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

1. เครื่อง WALLACE RAPID PLASTIMETER ดังแสดงในรูป ก.1
2. เครื่องบด 2 ลูกกลิ้ง ขนาดเล็ก
3. แผ่นตะกั่วใช้วัดความหนาของช่องว่างระหว่างเครื่องบดยางแบบ 2 ลูกกลิ้ง
4. เครื่องวัดความหนา (DIAL GUAGE)

วิธีการทดสอบ

1. ตัดยางธรรมชาติ (TTR 20) จากแต่ละก้อน จำนวน 5 ก้อน ให้ได้น้ำหนักประมาณ 360 กรัม

2. ปรับชุดควบคุมความร้อนที่เครื่องบด 2 ลูกกลิ้ง ที่ค่าประมาณ 70 ± 5 องศาเซลเซียส

3. ปรับระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งทั้ง 2 ให้มีค่าประมาณ 1.65 มิลลิเมตร โดยใช้แผ่นตะกั่วผ่านเครื่องบด 2 ลูกกลิ้ง ใช้เครื่องวัดความหนาของแผ่นตะกั่วที่ผ่านออกมา ทำการปรับจนกว่าจะได้ค่าความหนาที่ 1.65 มิลลิเมตร

4.นำยาง TTR 20 ผ่านเครื่องบด 2 ลูกกลิ้ง จำนวน 10 ครั้งดังนี้ ผ่านครั้งที่หนึ่งเมื่อได้แผ่นยางออกมา ให้ม้วนแล้วใส่ผ่านเครื่องใหม่เป็นครั้งที่สอง ทำในลักษณะเช่นนี้ จนผ่านเครื่องบด 2 ลูกกลิ้ง เป็นครั้งที่ 6 เมื่อจะผ่านเครื่องบด 2 ลูกกลิ้งเป็นครั้งที่ 7 ให้พับแผ่นยางแทนและผ่านเครื่องบด 2 ลูกกลิ้ง จนครบ 10 ครั้ง (นับรวม 6 ครั้งแรกด้วย)

5. ปรับระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งทั้ง 2 ใหม่ ให้มีค่าประมาณ 1.6 มิลลิเมตร โดยใช้วิธีการวัดระยะตามวิธีในข้อ 3 ทำการปรับระยะ

6. นำยางที่ได้จากข้อ 4 มาตัวอย่างละ 30 กรัม ผ่านเครื่องบด 2 ลูกกลิ้ง 3 ครั้ง ที่อุณหภูมิของลูกกลิ้งที่ประมาณ 25 องศาเซลเซียส เมื่อยางผ่านเครื่องบด 2 ลูกกลิ้ง ครั้งแรกให้พับยางก่อน แล้วจึงทำการผ่านเป็นครั้งที่สอง พับ และ ผ่านเป็นครั้งที่สาม

7. ตัดยางเป็นชิ้นเล็ก ๆ ลักษณะเป็นวงกลม มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 13 มิลลิเมตร ประมาณ 3 ชิ้น ให้ตัวอย่างกระจายทั่วทั้งแผ่นยาง

8. ทิ้งตัวอย่างให้เย็นจนมีค่าถึงอุณหภูมิห้อง

9. นำยางที่ได้มาวัดค่าด้วยเครื่อง Wallace Rapid Plastimeter ค่าที่ได้จะเป็นค่าความอ่อนตัวเริ่มแรก (P_o)

รูป ก.1 เครื่อง Wallace Rapid Plastimeter

ภาคผนวก ข. การคำนวณเวลาในการผสมจากกระดาษบันทึกทั้งหมด

จากตัวอย่างการบันทึกผล อ่านค่าเวลาจากการผสมโดยวัดค่าเป็นระยะทางจากกระดาษบันทึกผลโดยที่ ระยะทาง 12.5 มม. ใช้เวลา 5 นาที

การวัดค่าเวลาในการผสม เริ่มต้นนับจากจุดที่ หัวแรม (Ram or Plunger Weight) ของเครื่องกดลงสู่ห้องผสมจนสุด ณ จุดนี้ การบันทึกค่ากำลังงานของการผสมจะเกิดรอยยักขึ้นเป็นรอยแรก และ จุดสิ้นสุดการผสมอยู่ที่จุดที่ ค่ากำลังของการผสมตกลงจนถึงเส้นฐาน ดังแสดงในรูปที่ ข.1

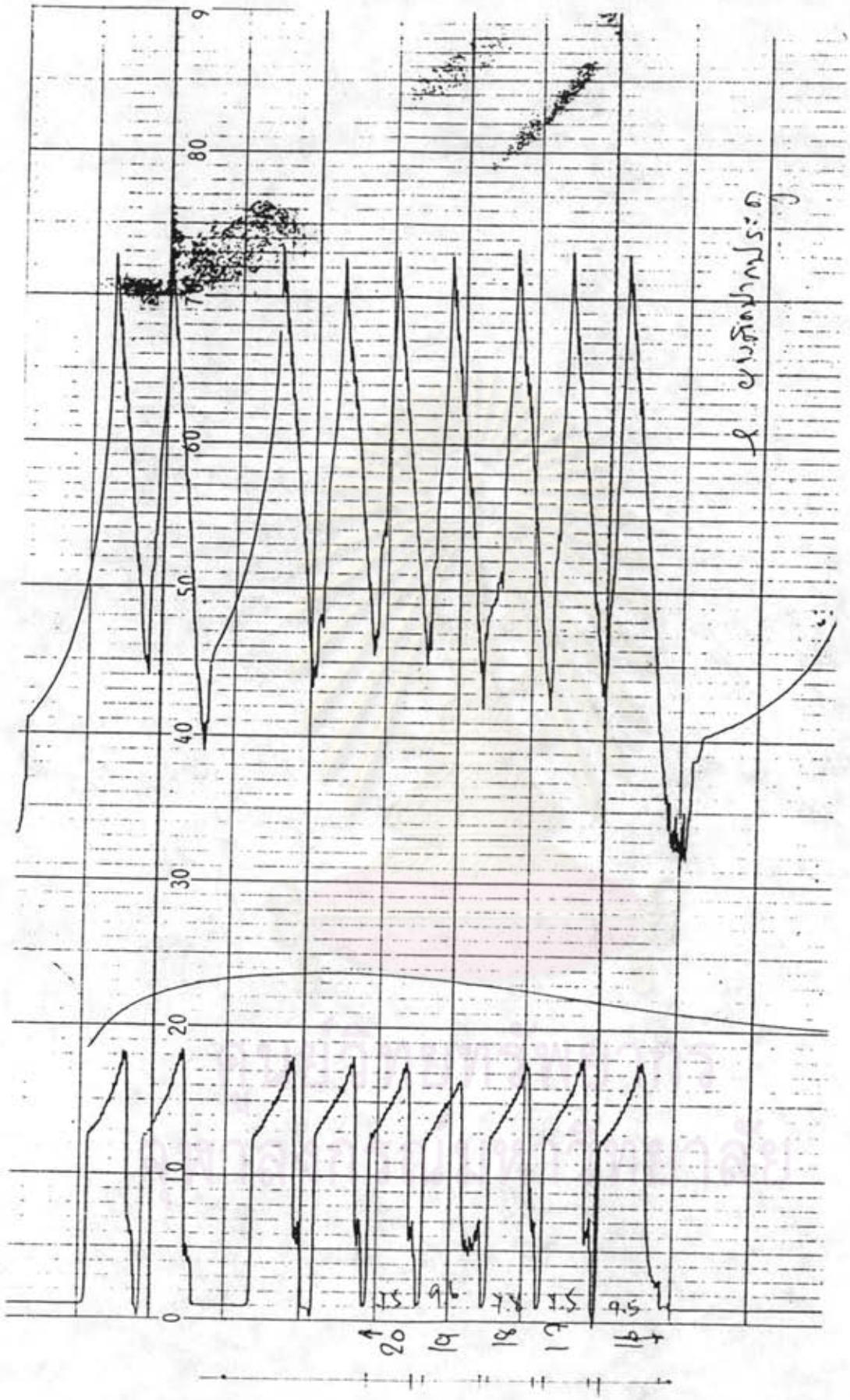
รูปที่ ข. 1 แสดงลักษณะการบันทึกค่ากำลังงานในการผสมยาง MR 2

สมมติวัดค่าระยะทางได้ 7.2 มม.

ดังนั้น เวลาในการผสม = $\frac{5}{12.5}$ X 7.2 = 2.88 นาที

ในรูปที่ ข. 2 เป็นรูปแสดงตัวอย่างของกระดาษบันทึกผลการผสมยาง MR 2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ข.2 แสดงตัวอย่างของกระดาษบันทึกผลการผสมยาง MR 2

ภาคผนวก ค. การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient ; r *)

การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ จะใช้วิธีการคำนวณของเพียร์สัน (Pearson Product - Moment Correlation Coefficient)

1. การคำนวณหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังงานที่จุดผสมกับค่า ML1+4 ของยาง MR2

จากข้อมูลในตารางที่ 4.15 พิจารณาเฉพาะค่ากำลังงานที่จุดยุติการผสม (x) และ ค่า ML1+4 ของยาง MR 2 (y) ดังแสดงค่าในตารางที่ ค.1

การคำนวณ r *

$$r^* = S_{xy} / \sqrt{S_{xy} \cdot S_{yy}}$$

โดยที่

เมื่อ

$S_{xx} = \Sigma x^2 - (\Sigma x)^2 / n$

n = จำนวนข้อมูล

$S_{yy} = \Sigma y^2 - (\Sigma y)^2 / n$

$S_{xy} = \Sigma xy - [(\Sigma x)(\Sigma y)] / n$

จากข้อมูลในตาราง ค.1

คำนวณค่า Sxx :

$$S_{xx} = 0.872163 - (5.439)^2 / 34$$
$$= 2.082970589 \times 10^{-3}$$

Syy :

$$S_{yy} = 172475.6 - (2417.7)^2 / 34$$
$$= 555.797353$$

Sxy :

$$S_{xy} = 387.3958 - (5.439 \times 2417.7) / 34$$
$$= 0.634908824$$

$$r^* = 0.634908824 / \sqrt{2.082970589 \times 10^{-3} \times 555.797353}$$
$$= 0.59008$$

การทดสอบค่านัยสำคัญของ r *

จากตารางที่ 5.2 เลือกค่า α = 0.01 หรือที่ความเชื่อมั่น 99 %

ที่ n = 30 ที่ α = 0.01 ค่า r จากตาราง = 0.463

n = 40 ที่ α = 0.01 ค่า r จากตาราง = 0.402

n เพิ่มขึ้น 10 ค่า r จะลดลง = 0.061

n เพิ่มขึ้น 4 ค่า r จะลดลง = 0.061 x (4/10) = 0.0244

ดังนั้น ที่ n = 34 ค่า r = 0.463 - 0.0244 = 0.43866 $\approx$ 0.439

เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับ ค่าสัมบูรณ์ของ r * พบว่า

$|r^*| > r$

ซึ่งแปลงความหมายได้ว่าค่าทั้งสองที่นำมาพิจารณามีความสัมพันธ์กันจริงที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

การแปลความหมายเชิงปริมาณ

คำนวณจาก $(100 \times r^{*2}) = 100 \times 0.59008^2$

$= 34.819$ %

การหาสมการสหสัมพันธ์ ด้วยวิธี Method of least squares

$Y = b_{yx} X + a_{yx}$

$b_{yx} = (n \Sigma xy - \Sigma x \Sigma y) / (n \Sigma x^2 - (\Sigma x)^2)$

$= ((34 \times 387.3958 - (5.439 \times 2417.7) / (34 \times 0.872163 - (5.439)^2)$

$= 304.8093$

$a_{yx} = (\Sigma y - b_{yx} \Sigma x) / n$

$= (2417.7 - (304.8093 \times 5.439)) / 34$

$= 22.3483$

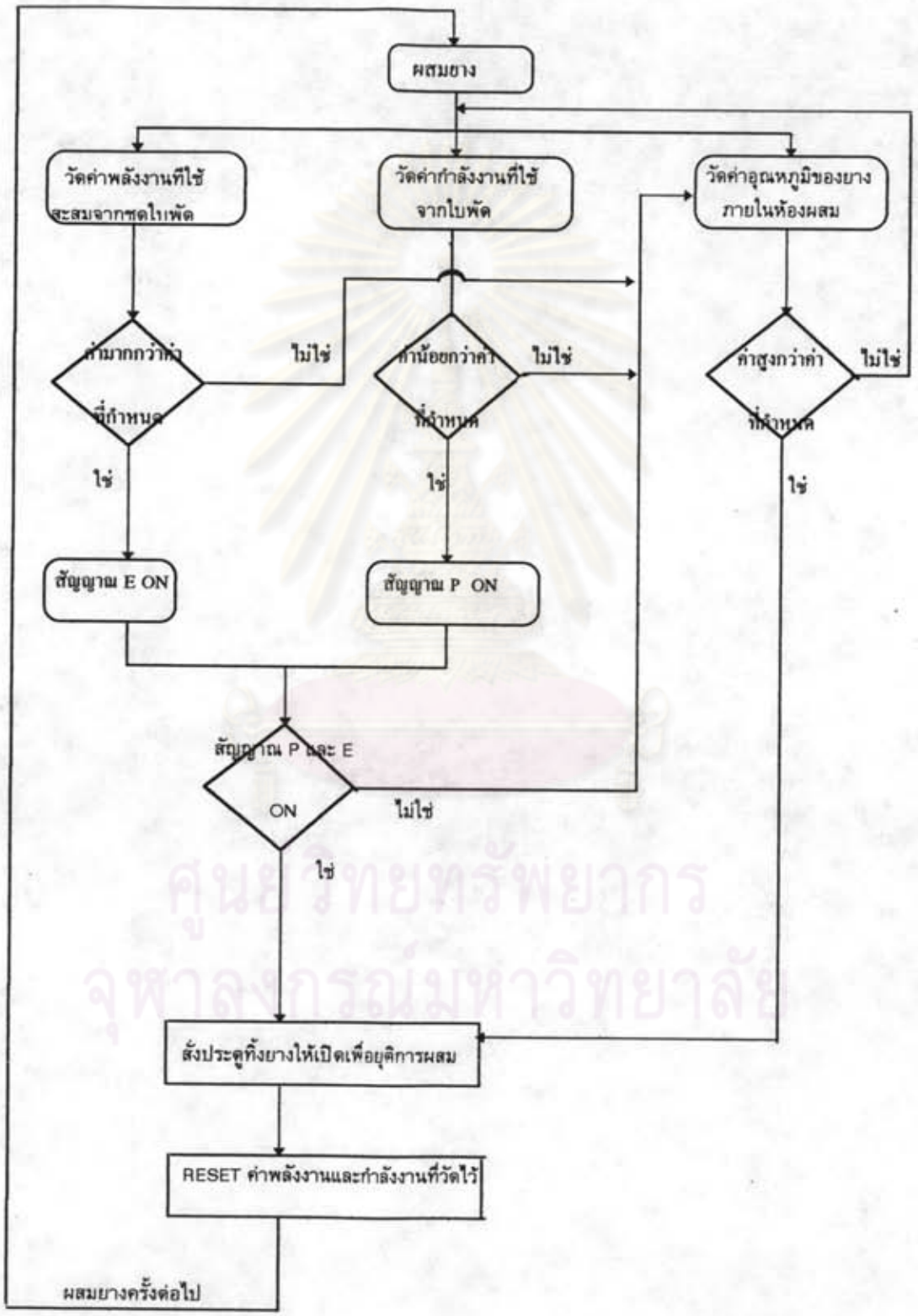
$Y = 304.8093 X + 22.3483$

ตาราง ค. 1 แสดงค่าที่ใช้ในการคำนวณ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

ตัวอย่างที่	x	y	x2	y2	xy
1	0.145	62.5	0.021025	3906.25	9.0625
2	0.148	64.2	0.021904	4121.64	9.5016
3	0.15	62	0.0225	3844	9.3
4	0.151	79.9	0.022801	6384.01	12.0649
5	0.151	68	0.022801	4624	10.268
6	0.153	67	0.023409	4489	10.251
7	0.153	67	0.023409	4489	10.251
8	0.154	68	0.023716	4624	10.472
9	0.154	68	0.023716	4624	10.472
10	0.157	71.1	0.024649	5055.21	11.1627
11	0.158	71	0.024964	5041	11.218
12	0.158	70.9	0.024964	5026.81	11.2022
13	0.158	72	0.024964	5184	11.376
14	0.159	70.6	0.025281	4984.36	11.2254
15	0.16	78.1	0.0256	6099.61	12.496
16	0.161	68.1	0.025921	4637.61	10.9641
17	0.161	69	0.025921	4761	11.109
18	0.161	74	0.025921	5476	11.914
19	0.163	77	0.026569	5929	12.551
20	0.163	74.1	0.026569	5490.81	12.0783
21	0.163	74.1	0.026569	5490.81	12.0783
22	0.169	72	0.028561	5184	12.168
23	0.169	73	0.028561	5329	12.337
24	0.17	74	0.0289	5476	12.58
25	0.172	74.6	0.029584	5565.6	12.8312
27	0.173	70	0.029929	4900	12.11
28	0.174	73	0.030276	5329	12.702
29	0.174	77.5	0.030276	6006.25	13.485
30	0.156	69.5	0.024336	4830.25	10.842
31	0.159	70.4	0.025281	4956.16	11.1936
32	0.159	70.7	0.025281	4998.49	11.2413
33	0.161	71.7	0.025921	5140.89	11.5437
34	0.15	70.2	0.0225	4928.04	10.53
ผลรวม	5.439	2417.7	0.872163	172475.6	387.3958

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง. แผนภูมิแสดงการควบคุมการผสมยางด้วยพลังงาน และ กำลังงาน



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก จ. ความหมายของคำที่ใช้

Abrasion Resistance = ความต้านทานต่อการสึกหรอ

Accelerator = สารที่ช่วยเร่งการเกิดปฏิกริยา

Activator = สารกระตุ้นสารเร่งการเกิดปฏิกริยา

ADS = Air Dried Sheet = ยางแผ่นไม่รมควัน

Age Processing = สารป้องกันยางเสื่อมสภาพ

Ageing = การเสื่อมสภาพ

Ash = เถ้า

Banbury = Banbury Mixer = เครื่องที่ใช้ในการผสมยาง

Batch = กระบวนการแบบไม่ต่อเนื่อง หรือ หน่วยที่ใช้ในการเรียกครั้งที่ของการผสมยาง

Breakdown = การทำให้ยางนิ่มลงหรือการทำให้สายโมเลกุลของยางสั้นลง

Carbon Black = ผงเขม่าดำ

Chamber = ห้องผสมของเครื่องผสมยาง

Cis-form = การระบุถึงการเรียงตัวของโครงสร้างของโมเลกุล

Co-Polymer = โคพอลิเมอร์

Cold Rubber = ยางสไตรีนบิวทะไดอีนที่ทำการพอลิเมอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส

Continuous Process = กระบวนการแบบต่อเนื่อง

Crepe = Rubber = ยางเครพ

Cross Link = การเชื่อมโยง

Cure = การบ่ม หรือ การวัลคาไนซ์

Cycle Time = เวลาในการผสมยางครบ 1 แบทช์

Die Swell = ลักษณะการพองตัวของชิ้นงานหลังจากผ่านกระบวนการอัดรีด

Dirt = สิ่งสกปรก

Discharge = Dump = เทยางที่ผสมเสร็จออกจากเครื่องผสม

Dispersion = การกระจายตัวของสารเคมี

Double Bond = พันธะคู่

Dry Rubber = ยางแห้ง

Elongation = การยืดตัว

Extrude = การอัดรีด

Filler = สารเพิ่มเนื้อ

Final Compound = ยางรีมิล หรือ ยางมาสเตอร์แบทช์ที่นำมาผสมสารเคมีที่จะทำให้เกิดและเร่ง หรือกระตุ้นการบ่มให้ครบตามสูตร

Flexibility = คุณสมบัติด้านการโค้งงอ

Green Strength = ค่าการทนแรงดึงของยางขณะที่ยางยังไม่ผ่านการบ่ม

Heat History = เวลาที่ผ่านความร้อน

Homogeniety = ความเป็นเนื้อเดียวกัน

Hot Rubber = ยางสไตรีนบิวทะไดอีนที่ทำการพอลิเมอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส

Hysteresis = การสูญเสียพลังงานเมื่อมีการป้อนพลังงานเข้าไปในวัสดุ

Incoporation = การทำให้ส่วนผสมต่าง ๆ ผสมเข้ากับเนื้อยาง

Kneading = การนวด

Lateral Overlap = การซ้อนทับกันทางด้านข้าง

Longitudinal cut-back = การตัดกลับตามแนวยาว

Mass Rubber = การผสมยางธรรมชาติเพียงอย่างเดียวในเครื่องเพื่อลดค่าความหนืดของยางธรรมชาติลง

Masterbatch Compound = ยางที่ผสมสารเคมีต่าง ๆ ยกเว้น สารเคมีที่จะทำให้เกิดและเร่ง หรือ กระตุ้นการบ่มให้ครอบคลุมสูตร

Mastication = การบดยางให้มีลักษณะนิ่มตัวลง

Milling = การบด

Mixing Energy = ค่าพลังงานสะสมที่ใช้ในการผสม

Mixing Power = ค่ากำลังงานที่ใช้ในการผสม ณ ขณะใดขณะหนึ่ง

Mixing Time = ระยะเวลาที่ใช้ในการผสมยาง

Modulus = ค่ามอดูลัส

Mold = เบ้า , แม่พิมพ์

MR2 = ชื่อสูตรของยาง

Natural Rubber = ยางธรรมชาติ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

NIP = บริเวณช่องว่างระหว่างลูกกลิ้งทั้งสองของเครื่องบดสองลูกกลิ้ง

PHR = Part per Hundred of Rubber = ส่วนต่อยางร้อยส่วน

Po = ค่าความอ่อนตัวเริ่มแรก

Polymerise = ปฏิกริยาการเกิดพอลิเมอร์

Processing Aid = สารช่วยในการผลิต

Ram = ชุดแท่นโลหะที่ใช้ในการกดปิดที่ปากประตูเครื่องผสมยางเพื่อกันยางล้นออกจากเครื่อง

Rebound = การกระดอนตัว

Remill Compound = ยางมาสเตอร์แบทช์ที่นำมาผ่านเครื่องผสมอีกครั้งโดยไม่มีการเติมองค์ประกอบใด ๆ

Resilience = ความกระเด้งตัว

Rotor = ใบพัดภายในเครื่องผสม

RSS = Ribbed Smoke Sheet = ยางแผ่นรมควัน

SBR = Styrene Butadiene Rubber = ยางสไตรีนบิวทะไดอีน หรือ ยางเอสบีอาร์

Shear Stress = ความเค้นเฉือน

Shear Rate = อัตราการเฉือน

Single Bond = พันธะเดี่ยว

SMR = Standard Malasian Rubber = มาตรฐานยางแห่งประเทศมาเลเซีย

Synthesis Rubber = ยางสังเคราะห์

Tear Strength = ความต้านทานต่อการฉีกขาด

Tensile Strength = ความต้านทานต่อแรงดึง

Trans-form = การระบุถึงการเรียงตัวของโครงสร้างของโมเลกุล

Tread = หน้ายาง

TTR = Thai Test Rubber = มาตรฐานยางแห่งประเทศไทย

Two-Roll Mill = เครื่องบด 2 ลูกกลิ้ง

Uniformity = ความเหมือนกัน

Viscoelastic = คุณสมบัติของวัสดุที่สามารถยืดหรือหดตัวได้

Vulcanising Agent = สารที่ทำให้เกิดปฏิกริยาการวัลคาไนซ์หรือการบ่ม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียน

นายธารา เชิญชัยวชิรากุล เกิดวันที่ 8 เมษายน พ.ศ. 2510 ที่กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขา เคมีอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปีการศึกษา 2532 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตร วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ. 2533 ปัจจุบัน ทำงานอยู่ที่บริษัท ยางสยาม พระประแดง จำกัด ในตำแหน่ง วิศวกรประจำส่วนประกอบยาง ที่อำเภอ พระประแดง จังหวัด สมุทรปราการ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย