รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

ชัยวัฒน์ เจนวานิชย์. 2527. เคมีโพลิเมอร์พื้นฐาน. ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชำนาญ วิทูรปกรณ์. 2534. คุณสมบัติของยางแห้งและน้ำยางในกระบวนการผลิต. เอกสารประจำปี สมาคมอุตสาหกรรมยาง

บุญธรรม นิธิอุทัย. 2530. ยางธรรมชาติ ยางสังเคราะห์และคุณสมบัติ. ภาควิชาเทคโนโลยีการยาง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี

_____. 2531. น้ำยาง. ภาควิชาเทคโนโลยีการยาง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี

เพียรพรรค ทัศคร. 2534. หน่วยปฏิบัติการทั่วไป ภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พรฤดี มุ่งสมานกูล. 2535. การชะละลายเม็ดยางธรรมชาติด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหลว. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาเคมีเทคนิค บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แม้น อมรสิทธิ์ และ อมร เพชรสม. 2534. หลักการเครื่องมือวิเคราะห์เบื้องต้น. ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วราภรณ์ ขจรไชยกูล. 2524. การผลิตยางธรรมชาติ. เอกสารทางวิชาการ, เลขที่ 92 (กุมภาพันธ์). ศูนย์วิจัยการยางสงขลา อ.สงขลา จ.สงขลา

_____. 2534. เทคโนโลยียาง. เอกสารทางวิชาการ, สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร

สรวงสุดา ลิปิมงคล. 2531. การสกัดสารไฮโดรคาร์บอนด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหลว. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาเคมีเทคนิค บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อุตสาหกรรม, กระทรวง. 2527. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ถาวยาง. กรุงเทพ : สำนักพิมพ์มิราเคิลพริ้นท์

_____. 2535. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ถาวหลอมร้อนเอทิลีนไวนิลแอซีเทต. กรุงเทพ : สำนักพิมพ์ประชาชนจำกัด

ภาษาอังกฤษ

Angier, D.J. and Turner, D.T. 1958. J. Polym.Sci. 28;265

American Society for Testing and Materials-- D816 -- 55. 1970 Standard methods of testing rubber cements., Annual book of ASTM.

____. D816 -- 82.1988. Standard test methods for rubber cements., Annual book of ASTM.

Brown, P. 1979. Density and dimensions. Physical Testing of rubber. : 101 --106.

_____.1979. Adhesion,corrosion and staining. Physical Testing of rubber. : 305 -- 321.

Brunner, G. 1983. Fluid Phase Equilib. 10 : 289 -- 298

Campbell, D.S . 1988 . Graft copolymers from natural rubber. Natural rubber Science and Technology. : 679 -- 728.

_____., and Seow, P. K . 1990 . Graft copolymers of cis -- 1,4 -- polyisoprenes with Poly(methyl methacrylate). J. nat. Rubb. Res., 5(2) : 135 -- 143.

Ceresa, R.J. 1959 . Techniques of Polymer Characterization (Ed.P.W.Allen) : 231, Butterworth London

_____. 1962 . Block and graft copolymer : 11 -- 29 , 136 --156 , Butterworth , London

_____. 1973 . Synthesis and Characterization of Natural rubber Block and Graft copolymers. Block and Graft copolymerization (Ceresa,R.J.ed.), Vol.1, Chap. 3 . London : John Wiley and Sons.

Erbil, H.Y. 1986 . Graft copolymerization of some hydrophilic vinyl monomers in natural rubber. J. nat. Rubb. Res., 1 (4) : 234 -- 239.

Faznjevic, K , . 1976. Handbook of Thermodynamic Tables and Charts. : 202 -- 203 , 239 , Washington : Hemisphere Pub. Co.

Filippi, R.P. 1982. CO_2 as a solvent : application to fats and other materials. Chemistry and Industry. 12 : 385 -- 389.

Hayes, R.A. 1953. J.Polym.Sci. 11 , 531 ; 122nd Meeting American Chemical Society, 1952, Abstr.190

International Standard -- ISO -- 4587. 1979 . Adhesives -- Determination of tensile lap -- shear strength of high -- strength adhesive bonds. Annual book of ISO.

____. -- ISO -- 8510 -- 1. 1979 . Adhesives -- Peel test for a flexible -- bonded -- to -- rigid test specimen assembly. Annual book of ISO.

____. -- ISO -- 8510 -- 2. 1979 . Adhesives -- Peel test for a flexible -- bonded -- to -- rigid test specimen assembly. Annual book of ISO.

Knight, G.T., and Tan, A.S. 1975. Dynamic and related properties of natural rubber. Proc. Int. Rubb. Conf. (Kuala Lumpur). 4 : 115.

Maurice M. 1973. Rubber Technology. 2 nd. ed. : 153 -- 157, 275 --301, New York.

_____. 1988. Rubber Technology. 3 rd. ed., Chap. 6 : 179 -- 208.

Merrett, F.M. 1955. The Separation and Characterization of Graft copolymer from Natural rubber. B.R.P.R.A. Pub. No : 224.

Ong, C.O. 1974. High quality rubber from skim latex. Proc. Rubb. res. Inst. Malaya Plr's Conf. (Kuala Lumpur) : 243.

Pendle, T.D. 1973. Properties and Applications of Block and Graft copolymers of Natural rubber. Block and Graft copolymerization (Ceresa,R.J.ed.), Vol.1, Chap. 4 . London : John Wiley and Sons.

Petronio , M. 1977. Properties Testing Specification and Design of Adhesives. Handbook of adhesives. : 92 --114.

Razzak, M.T. , Yoshll, F. , Makuuchi, K. , and Ishigaki, I. 1991.Thermoplastic Elastomer by Radia tion grafting. I . Evalution of Processability of Natural Rubber Grafted Methyl Methacrylate. J.Appl. Polym. Sci. 43 (5) : 883 -- 890.

Sakurada, I. , Ikeda , Y . and Horii, F., 1970 , Makromol Chem. , 171 : 139

Schultz, W.G.,Schultz, T.H, Carlson, R.A., and Hudson, J.S. 1974 . Pilot -- Plant Extraction with liquide CO_2. Food Technology. 29 (6) : 32 -- 88.

_____ . and Randall, J.M., 1970 , Liquid Carbon Dioxide for Selective Aroma Extraction. Food Technology . 24 (11) : 94 -- 98

Wake, W.C. 1977. Natural Rubber and Reclaimed Rubber Adhesives. : 242 -- 254.

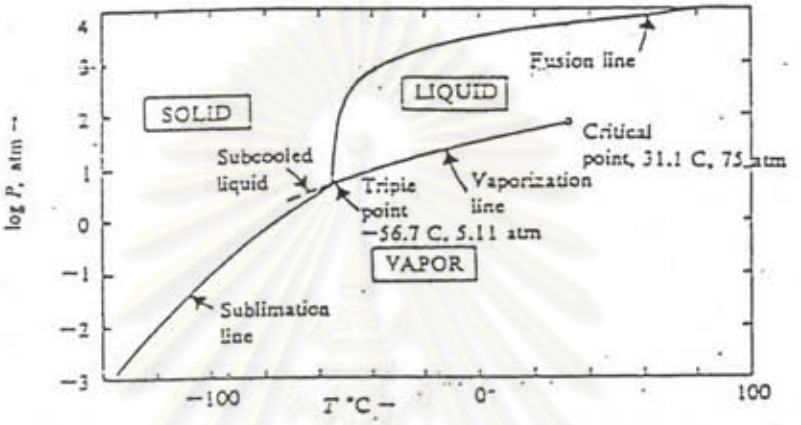
Wong A.K .,Campbell, D.S., and Tinker, A.J. 1987. Poly (isoprene -- g --alkyl methacrylate) copoly mers : 2. Graft copolymer formation from azodicarboxylate functional methyl methacrylate prepolymers. Polymer. 28 : 2161 -- 2165.

ภาคผนวก

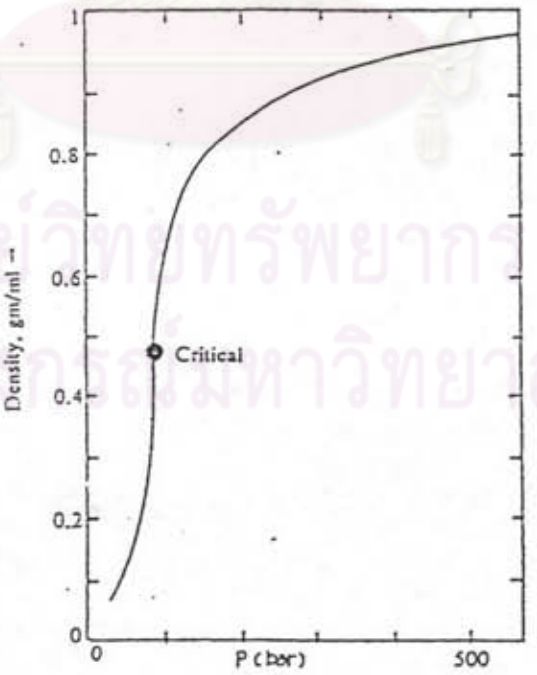
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

คุณสมบัติทางเทอร์โมไดนามิกส์ของคาร์บอนไดออกไซด์

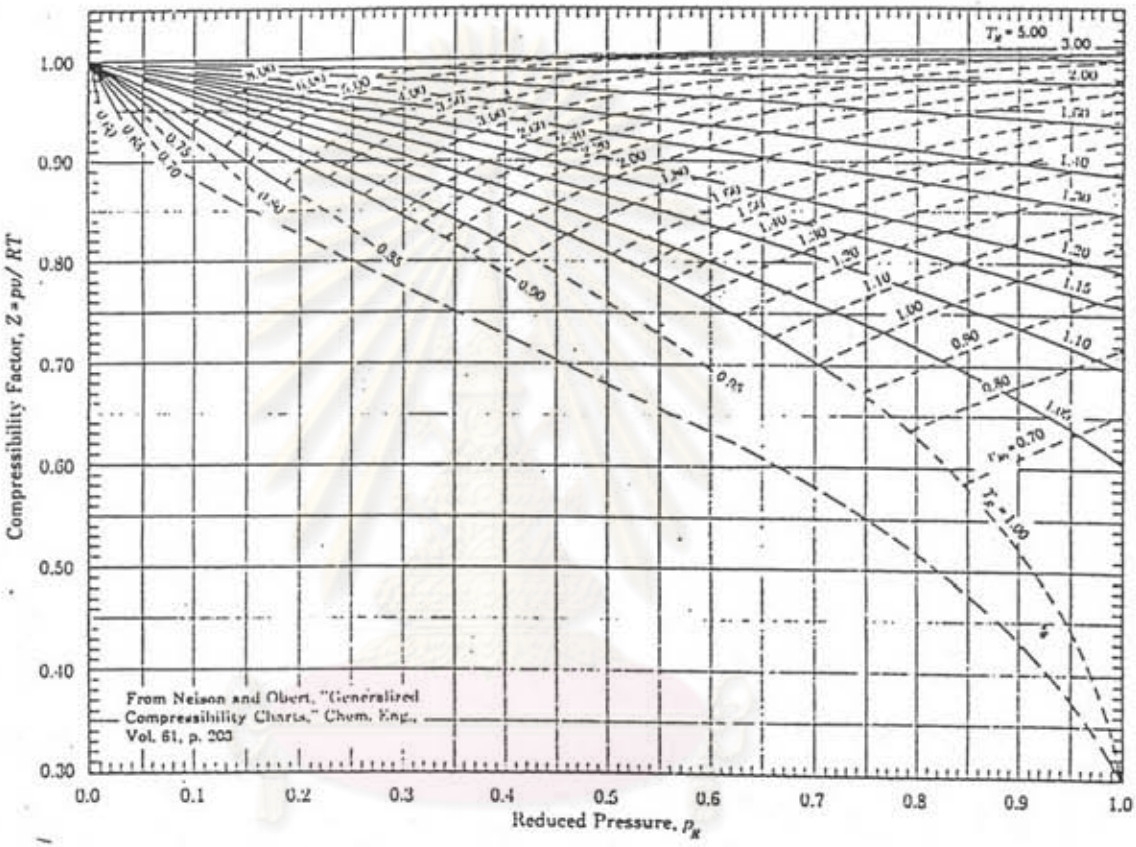


รูปที่ ก.1 แผนผังวัฏภาคของคาร์บอนไดออกไซด์



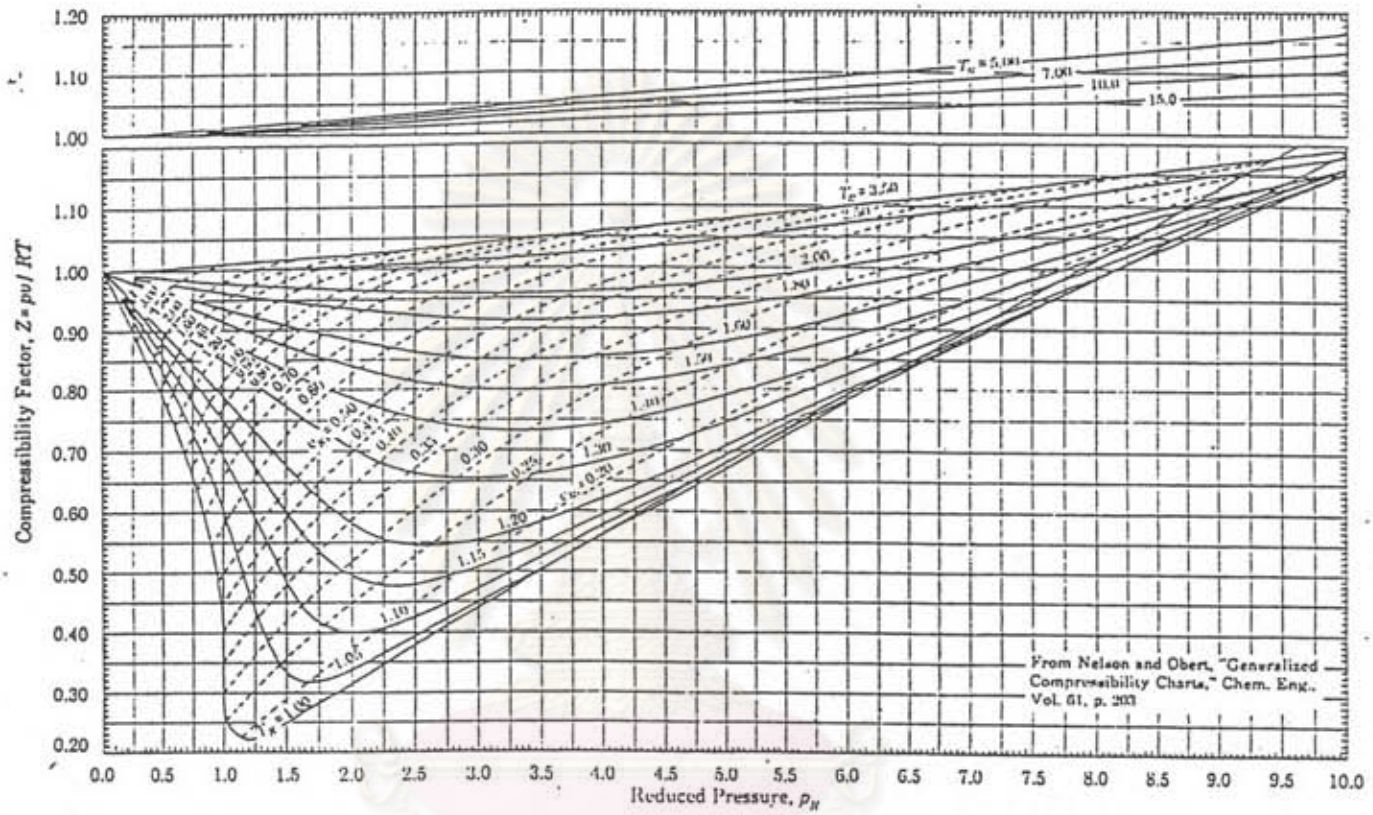
รูปที่ ก.2 แสดงผลของความดันที่มีต่อความหนาแน่นของคาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะวิกฤต

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



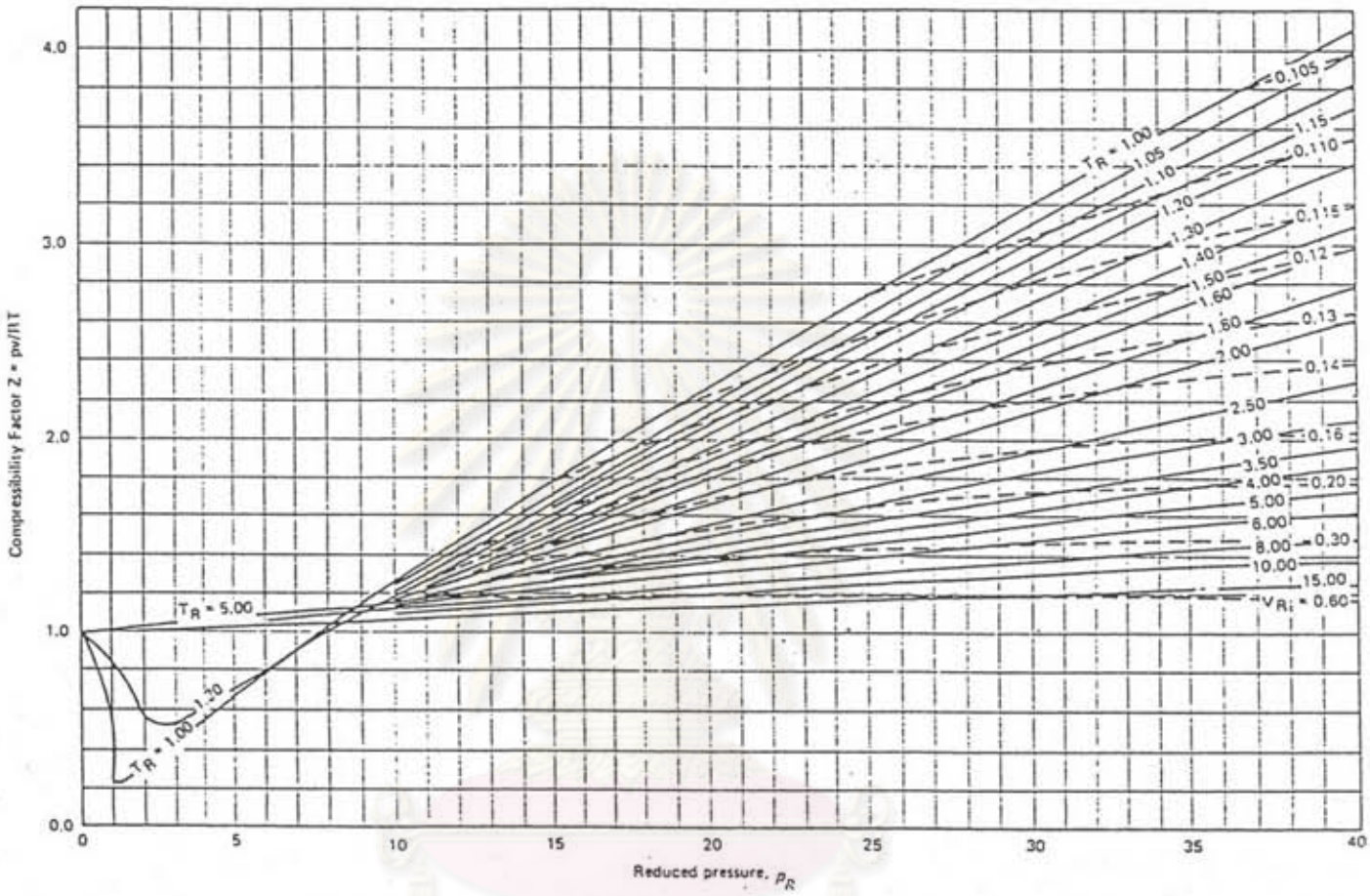
รูปที่ ก.3 แผนผัง compressibility ของคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีความดันต่ำ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ก.4 แผนผัง compressibility ของคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีความดันปานกลาง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ก.5 แผนผัง compressibility ของคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีความดันสูง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

การหาสมบัติทางฟิสิกส์ของยางเอ็มจีในรูปกาว

กาวยาง (rubber – based adhesive) หมายถึง กาวที่ได้จากยางธรรมชาติ หรือยางสังเคราะห์ ละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ หรือมีเรซินโมดิไฟเออร์ (resin modifier) เป็นส่วนผสมด้วย

1. เนื้อกาว

วิธีทดสอบ

ชั่งตัวอย่างที่กวนดีแล้วประมาณ 5 กรัมให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนถึง 0.001 กรัม ใส่ในภาชนะแบนและปากกว้าง นำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 105 ± 2 องศาเซลเซียส อย่างน้อย 2 ชั่วโมง จนน้ำหนักคงที่ ทำให้เย็นในเดสิกเคเตอร์ แล้วชั่งน้ำหนัก

วิธีคำนวณ

$$\text{เนื้อกาว ร้อยละ} = \frac{\text{น้ำหนักของตัวอย่างหลังอบ} \times 100}{\text{น้ำหนักของตัวอย่างก่อนอบ}}$$

2. ความหนาแน่น

เครื่องมือ

พิกโนมิเตอร์ ที่มีความจุระหว่าง 50 ถึง 110 ลบ.ซม.

วิธีทดสอบ

ชั่งพิกโนมิเตอร์ให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนถึง 0.001 กรัม เทตัวอย่างที่กวนจนเข้ากันได้ดีแล้วลงในพิกโนมิเตอร์จนเต็มแล้ว ชั่งน้ำหนักอีกครั้ง ควรระมัดระวังไม่ให้เกิดฟองอากาศขึ้นในเนื้อกาว

วิธีคำนวณ

$$\text{ความหนาแน่น (กรัมต่อ ลบ.ซม.)} = \frac{M_1 - M_2}{V}$$

เมื่อ M_1 คือ น้ำหนักของพิกโนมิเตอร์และตัวอย่าง เป็นกรัม

M_2 คือ น้ำหนักของพิกโนมิเตอร์ เป็นกรัม

V คือ ความจุของพิกโนมิเตอร์ที่อุณหภูมิกำหนด เป็น ลบ.ซม.

3. ความต้านแรงเฉือน

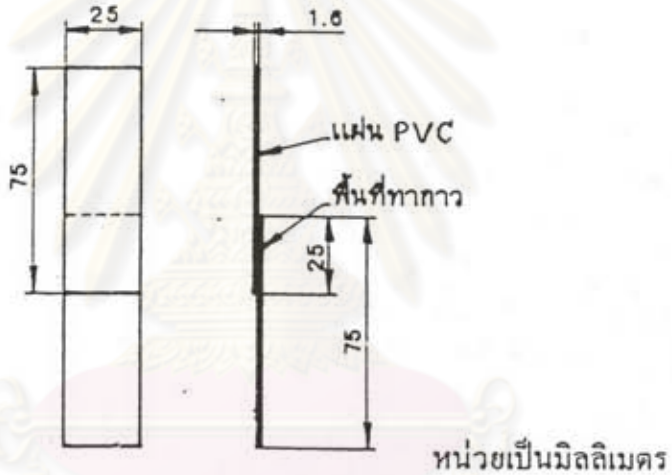
ความต้านแรงเฉือน (shear strength) หมายถึง แรงต่อหน่วยพื้นที่ ที่กระทำให้วัตถุ 2 แผ่น ซึ่งยึดติดกันด้วยกาวยางเลื่อนหลุดออกจากกัน ในทิศทางขนานกับพื้นที่ที่ยึดติดกัน

เครื่องมือ

เครื่องมือทดสอบแรงดึงชนิดอัตราการเคลื่อนที่ของปากจับคงที่แบบลูกตุ้ม (constant rate of traverse,pendulum type)

การเตรียมชิ้นทดสอบ

เตรียมชิ้นทดสอบคือแผ่นพีวีซี โดยให้ชิ้นทดสอบมีขนาดและลักษณะดังรูปที่ ข 1



รูปที่ ข.1 แสดงขนาดและลักษณะชิ้นทดสอบความต้านแรงเฉือน

วิธีทดสอบ

-- เตรียมชิ้นทดสอบ พร้อมทากาวบริเวณที่กำหนด แล้วให้ทดสอบต่อภายใน 24 ชั่วโมง

-- จับส่วนปลายของชิ้นทดสอบ ให้แน่น ด้วยปากจับในลักษณะที่ผิวทากาวยางของชิ้นทดสอบ อยู่ทิศทางเดียวกันกับแรงดึง ใช้แรงดึงโดยที่อัตราการแยกของปากจับเท่ากับ 50 มิลลิเมตร.ต่อนาที แล้วอ่านค่าแรงดึงสูงสุดเป็นกิโลปาสกาล

-- ให้ทดสอบชิ้นทดสอบจำนวน 5 ชิ้น แล้วหาค่าเฉลี่ย

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

ข้อมูลการทดลอง

ตารางที่ ค 1 แสดงคุณสมบัติเบื้องต้นของยางแผ่น (raw rubber)

คุณสมบัติ	พันธุ์ RRIM 600
ปริมาณไนโตรเจน (%)	0.578 ± 0.004
ปริมาณเถ้า (%)	0.477 ± 0.033
ปริมาณสิ่งสกปรก (%)	0.023 ± 0.002
ปริมาณสิ่งระเหย (%)	0.349 ± 0.014
ดัชนีสี	4.5 – 5

ตารางที่ ค 2 แสดงคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของยางเริ่มต้น, ยางควบคุม และยางผลิตภัณฑ์

Physical Properties	raw rubber	rubber control	rubber product
Specific gravity	0.97	1.00	0.98
Hardness (shore A)	29.0	46.7	50.9
Tear (N/mm)	21.06	33.27	31.54
Tensile strength (N/mm^2)	12.57	21.53	15.86
Elongation at break (mm)	191.82	163.86	140.14
100 % modulus (N/mm^2)	0.3581	0.8541	1.139
300 % modulus (N/mm^2)	0.8553	2.3442	2.856
500 % modulus (N/mm^2)	1.5517	8.1848	10.52

ตารางที่ ค 3 แสดงคุณสมบัติในด้านรูปกาวของยางเอ็มจี

ชนิด	เปอร์เซ็นต์เนื้อกาว	ความหนาแน่น (Kg/m^3)	ความต้านแรงเฉือน (N/mm^2)
กาวลาเท็กซ์	17.933	1033.3	0.2755
กาวยางน้ำ	6.4229	789.1	0.1439
rubber control (%GE = 10)	8.4285	786.0	0.0765
rubber control			
%GE = 12	9.4814	843.6	0.0638
%GE = 14	9.7462	861.8	0.0765
%GE = 16	10.5263	917.8	0.0978
%GE = 18	11.8907	929.0	0.1071
%GE = 20	12.4726	1082.0	0.1181

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค 4 แสดงข้อมูลการทดลองหาปริมาณการกราฟท์โคโพลิเมอร์

ความดัน (บาร์)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)	เปอร์เซนต์น้ำหนักยางที่ไม่เกิดการกราฟต์	เปอร์เซนต์น้ำหนักโพลิเมทิลเมทาคริเลตที่ไม่เกิดการกราฟต์	เปอร์เซนต์ปริมาณการกราฟต์โคโพลิเมอร์
40	35	60	83.21	4.09	12.7
50	35	60	82.91	3.33	13.75
60	35	60	82.06	3.26	14.67
70	35	60	81.45	3.19	15.36
80	35	15	83.6	4.07	12.33
		30	84.26	4.48	11.25
		60	80.01	2.9	17.09
		120	76.1	2.63	21.27
	45	15	81.1	5.98	12.92
		30	81.59	5.74	12.66
		60	78.83	5.7	15.46
		120	74.02	3.03	22.95
	55	15	80.1	5.55	14.35
		30	80.6	4.38	15.02
		60	79.67	4.39	15.93
		120	78.2	2.7	19
	65	15	77.81	5.08	17.11
		30	78.73	4.62	16.65
		60	77.89	4.75	17.35
		120	76.66	3.72	19.61
	75	15	78.06	3.65	18.28
		30	79.1	3.53	17.36
		60	78	3.33	18.67
		120	77.62	3.09	19.28
90	35	60	78.18	2.63	19.19

ตารางที่ ค 5 แสดงปริมาตรก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่วัดได้ จากแผ่นยาง

การทดลองที่	1	2	3	4	5	6	7
ความดัน (บาร์)	40	50	60	70	80	90	80
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	35	35	35	35	35	35	35
เวลา (นาที)	60	60	60	60	60	60	15
น.น.ยางก่อนทดลอง(กรัม)	7.536	7.5561	7.494	7.5165	7.599	7.5797	7.547
น.น.ยางหลังทดลอง(กรัม)	8.7305	8.0923	8.1166	9.833	8.339	8.344	8.7933
นาทีที่	ปริมาตรก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่วัดได้ (ลบ.ซม.)						
5	950	1400	2200	2600	3020	3400	740
10	470	860	1800	2100	2820	3000	440
15	290	640	1300	1500	2100	2760	270
20	200	540	720	1200	1620	2700	200
25	90	300	430	850	820	2100	180
30	70	230	200	400	740	1650	80
35	30	100	60	290	650	1200	50
40	12	50	40	100	410	630	30
45	6	50	10	24	230	300	20
50	7	22	12	10	100	140	15
55	2	10	2	10	80	90	5
60	0	2	2	10	40	80	3
65	0	0	4	4	10	60	2
70	0	0	0	0	10	40	0
75	0	0	0	0	2	30	0
80	0	0	0	0	0	14	0
85	0	0	0	0	0	4	0
90	0	0	0	0	0	2	0
รวม	2127	4204	6780	9098	12652	18200	2035

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การทดลองที่	8	9	10	11	12	13	14
ความดัน (บาร์)	80	80	80	80	80	80	80
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	35	35	35	45	45	45	45
เวลา (นาที)	30	60	120	15	30	60	120
น.น.ยางก่อนทดลอง(กรัม)	7.5045	7.599	7.5303	7.5615	7.559	7.49	7.5986
น.น.ยางหลังทดลอง(กรัม)	8.2815	8.339	8.1235	8.54	8.63	8.1355	8.45
นาทีที่	ปริมาตรก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่วัดได้ (ลบ.ซม.)						
5	2800	3020	4000	1100	3600	4200	4500
10	1900	2820	3500	740	2100	3200	4600
15	1740	2100	2800	660	2100	2300	3800
20	1600	1620	2600	560	1300	1600	3600
25	1100	820	2000	320	1200	850	2100
30	830	740	1800	210	1000	740	1100
35	630	650	1400	120	880	450	1100
40	450	410	1500	50	820	320	1000
45	320	230	1400	20	620	210	860
50	210	100	800	20	360	180	750
55	120	80	500	10	220	100	650
60	70	40	350	4	100	80	550
65	60	10	300	2	60	40	310
70	40	10	100	2	40	10	200
75	20	2	50	0	20	10	140
80	5	0	10	0	10	4	90
85	2	0	10	0	5	0	40
90	0	0	6	0	0	0	13
รวม	11897	12652	23126	3818	14435	14294	25403

การทดลองที่	15	16	17	18	19	20	21
ความดัน (บาร์)	80	80	80	80	80	80	80
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	55	55	55	55	65	65	65
เวลา (นาที)	15	30	60	120	15	30	60
น.น.ยางก่อนทดลอง(กรัม)	7.5782	7.5192	7.5489	7.574	7.5517	7.5153	7.4826
น.น.ยางหลังทดลอง(กรัม)	8.215	8.1935	8.5972	8.39	8.746	8.0861	8.744
นาทีที่	ปริมาตรก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่วัดได้ (ลบ.ซม.)						
5	2500	3000	3500	3700	3000	3100	3200
10	1700	1700	2300	2400	1800	2300	2200
15	1200	1500	1500	1600	1440	1800	2000
20	900	1200	1400	1420	1560	1600	1900
25	780	850	920	840	800	1400	1600
30	700	760	600	780	200	1100	1140
35	650	500	540	650	40	800	1000
40	430	410	400	520	20	600	700
45	380	340	300	340	10	500	420
50	200	280	160	270	5	300	220
55	160	170	130	220	2	130	200
60	100	120	80	180	0	50	150
65	70	60	30	100	0	30	60
70	50	30	15	60	0	20	40
75	30	30	10	20	0	10	15
80	20	6	6	10	0	4	2
85	8	6	0	10	0	0	0
90	0	0	0	6	0	0	0
รวม	9878	10962	11891	13126	8877	13744	14847

การทดลองที่	22	23	24	25	26		
ความดัน	80	80	80	80	80		
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	65	75	75	75	75		
เวลา (นาที)	120	15	30	60	120		
น.น.ยางก่อนทดลอง(กรัม)	7.5656	7.5599	7.5093	7.5926	7.543		
น.น.ยางหลังทดลอง(กรัม)	8.574	8.193	8.057	8.158	7.964		
นาทีที่	ปริมาตรก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่วัดได้ (ลบ.ซม.)						
5	4100	3800	4100	3700	3800		
10	3680	2500	2500	2400	3200		
15	2400	1700	1650	1860	2200		
20	1800	1100	1150	950	1890		
25	1200	940	820	520	1180		
30	750	620	530	300	1000		
35	550	430	370	200	780		
40	460	350	240	120	590		
45	460	230	120	40	640		
50	300	110	110	20	450		
55	160	60	90	5	300		
60	140	30	50	4	270		
65	50	10	15	0	180		
70	20	5	10	0	60		
75	10	6	5	0	30		
80	2	0	0	0	20		
85	0	0	0	0	11		
90	0	0	0	0	0		
รวม	16082	11891	11760	10119	16601		

ตารางที่ ค 6 แสดงผลการคำนวณข้อมูลต่างๆ ในการทดลอง

Run no.	1	2	3	4	5	6	7
Pr	0.54	0.68	0.81	0.95	1.08	1.22	1.08
Tr	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01
Z	0.8	0.72	0.64	0.5	0.34	0.27	0.34
gR	8.7305	8.0923	8.1166	9.833	8.339	8.344	8.7933
vol.of CO_2 (cc)	2127	4204	6780	9098	12652	18200	2035
vol.of CO_2 NTP(lit)	1.91643	3.7878	6.10878	8.1973	11.3995	16.3982	1.83354
g.mol CO_2 NTP	0.08555	0.1691	0.27271	0.36595	0.5089	0.73206	0.08185
wt.of CO_2 NTP(gm)	3.76441	7.44033	11.9994	16.1018	22.3918	32.2108	3.60159
density of CO_2 (g/cc)	0.08704	0.12089	0.1632	0.24372	0.40962	0.58029	0.40962
vol.of CO_2 (cc)/gR	219.509	468.075	752.628	833.652	1367	1965.27	208.515
g.mol CO_2 (NTP)/gR	0.0098	0.0209	0.0336	0.03722	0.06103	0.08774	0.00931
wt.CO_2 (NTP)g/gR	0.43118	0.91943	1.47838	1.63753	2.68519	3.86035	0.40958
Run no.	8	9	10	11	12	13	14
Pr	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08
Tr	1.01	1.01	1.01	1.05	1.05	1.05	1.05
Z	0.34	0.34	0.34	0.57	0.57	0.57	0.57
gR	8.2815	8.339	8.1235	8.54	8.63	8.1355	8.45
vol.of CO_2 (cc)	11897	12652	23126	3818	14435	14294	25403
vol.of CO_2 NTP(lit)	10.7192	11.3995	20.8365	3.44002	13.0059	12.8789	22.8881
g.mol CO_2 NTP	0.47854	0.5089	0.9302	0.15357	0.58062	0.57495	1.02179
wt.of CO_2 NTP(gm)	21.0556	22.3918	40.9289	6.75718	25.5474	25.2978	44.9588
density of CO_2 (g/cc)	0.40962	0.40962	0.40962	0.23665	0.23665	0.23665	0.23665
vol.of CO_2 (cc)/gR	1294.35	1367	2564.97	402.812	1507.06	1583.05	2708.65
g.mol CO_2 (NTP)/gR	0.05778	0.06103	0.11451	0.01798	0.06728	0.07067	0.12092
wt.CO_2 (NTP)g/gR	2.54248	2.68519	5.03833	0.79124	2.9603	3.10956	5.32056

Run no.	15	16	17	18	19	20	21
Pr	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08
Tr	1.08	1.08	1.08	1.08	1.11	1.11	1.11
Z	0.65	0.65	0.65	0.65	0.7	0.7	0.7
gR	8.215	8.1935	8.5972	8.39	8.746	8.0861	8.744
vol.of CO_2(cc)	9878	10962	11891	13126	8877	13744	14847
vol.of CO_2NTP(lit)	8.90008	9.87676	10.7138	11.8265	7.99818	12.3833	13.3771
g.mol CO_2NTP	0.39732	0.44093	0.47829	0.52797	0.35706	0.55283	0.59719
wt.of CO_2NTP(gm)	17.4823	19.4008	21.0449	23.2307	15.7107	24.3244	26.2765
density of CO_2(g/cc)	0.20119	0.20119	0.20119	0.20119	0.18129	0.18129	0.18129
vol.of CO_2(cc)/gR	1083.39	1205.44	1246.2	1409.6	914.495	1531.44	1529.87
g.mol CO_2(NTP)/gR	0.04837	0.05381	0.05563	0.06293	0.04083	0.06837	0.0683
wt.CO_2(NTP)g/gR	2.12809	2.36783	2.44788	2.76885	1.79633	3.00818	3.00509
Run no.	22	23	24	25	26		
Pr	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08		
Tr	1.11	1.14	1.14	1.14	1.14		
Z	0.7	0.72	0.72	0.72	0.72		
gR	8.574	8.193	8.057	8.158	7.964		
vol.of CO_2(cc)	16082	11891	11760	10119	16601		
vol.of CO_2NTP(lit)	14.4899	10.7138	10.5958	9.11722	14.9575		
g.mol CO_2NTP	0.64687	0.47829	0.47303	0.40702	0.66775		
wt.of CO_2NTP(gm)	28.4623	21.0449	20.8131	17.9088	29.3808		
density of CO_2(g/cc)	0.18129	0.17119	0.17119	0.17119	0.17119		
vol.of CO_2(cc)/gR	1689.98	1307.68	1315.1	1117.58	1878.14		
g.mol CO_2(NTP)/gR	0.07545	0.05838	0.05871	0.04989	0.08385		
wt.CO_2(NTP)g/gR	3.3196	2.56865	2.58323	2.19525	3.6892		

ภาคผนวก ง

ตัวอย่างการคำนวณ

1 การคำนวณหาน้ำหนักคาร์บอนไดออกไซด์ต่อน้ำหนักยาง

ปริมาตรของคาร์บอนไดออกไซด์ที่ NTP คือปริมาตรของคาร์บอนไดออกไซด์ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส ความดัน 1 บรรยากาศ (V_{NTP})

ปริมาตรของคาร์บอนไดออกไซด์ที่วัดได้ คือ ปริมาตรของคาร์บอนไดออกไซด์ที่แผ่นยางปล่อยออกมาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ความดัน 1 บรรยากาศ (V_{atm})

สูตรที่ใช้คำนวณ คือ

$$(P V/T)_{NTP} = (P V/T)_{atm}$$

$$(1 \text{ atm})(V_{NTP}) / (273 \text{ K}) = (1 \text{ atm})(V_{atm}) / (273 + 30 \text{ K})$$

$$V_{NTP} = (273 \text{ K})(V_{atm}) / (273 + 30 \text{ K})$$

$$V_{NTP} = (0.901)\, V_{atm}$$

ปริมาตรของคาร์บอนไดออกไซด์ที่ NTP , ลบ.ซม. = 0.901 x ปริมาตรคาร์บอนไดออกไซด์ที่วัดได้

ตัวอย่างการคำนวณ

จากข้อมูลการทดลองที่ 9 ทำการกราฟต์โคโพลิเมอร์ที่ความดัน 80 บาร์ อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส และใช้เวลา 60 นาที

น้ำหนักแผ่นยางหลังการกราฟต์โคโพลิเมอร์ = 8.3390 กรัม

ปริมาตรก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่แผ่นยางปล่อยออกมา = 12652 ลบ.ซม.

ดังนั้น

ปริมาตรของคาร์บอนไดออกไซด์ที่ NTP = 0.901 x 12652

= 11399.5 ลบ.ซม.

จาก ($w = nM$) จะได้

น้ำหนักคาร์บอนไดออกไซด์ที่ NTP = (ปริมาตรก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ / 22.4) x 44

= [(11.3995 ลิตร) / (22.4 ลิตร / กรัมโมล)] x 44

= 22.3918 กรัม

ดังนั้น น้ำหนักของคาร์บอนไดออกไซด์ต่อน้ำหนักยาง, กรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อกรัมยาง

= 22.3918 / 8.3390

= 2.68519 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อกรัมยาง

2 การคำนวณหาความหนาแน่นของคาร์บอนไดออกไซด์

สูตรที่ใช้ในการคำนวณ

ความหนาแน่นของคาร์บอนไดออกไซด์, กรัมต่อลบ.ซม. = PM / ZRT

โดย P, M, T และ Z คือ ความดัน (บาร์) น้ำหนักโมเลกุล (กรัมต่อกรัมโมล) ซึ่งในการนี้เท่ากับ 44 กรัมต่อกรัมโมล อุณหภูมิ (องศาเคลวิน) และค่า compressibility factor ของคาร์บอนไดออกไซด์ ขณะทำการทดลอง

R คือ ค่าคงที่ของก๊าซ ในที่นี้ใช้ 82.06 ลบ.ซม. บาร์ กรัมโมล องศาเคลวิน

ตัวอย่างการคำนวณ

จากข้อมูลการทดลองที่ 9 ทำการกราฟต์โคโพลิเมอร์ที่ความดัน 80 บาร์ อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส และใช้เวลา 60 นาที

ความดันลดทอน , $P_r = P / P_c = 80 / 73.8$

$= 1.0840$

อุณหภูมิลดทอน , $T_r = T / T_c = (273+35) / (273+31.1)$

$= 1.0128$

จากกราฟรูปที่ ก ในภาคผนวก ก อ่านค่า compressibility factor, Z ได้ 0.34

ดังนั้น ความหนาแน่นของคาร์บอนไดออกไซด์, กรัมต่อลบ.ซม. (P V = m RT/ M)

= (80 x 44) / (0.34 x 82.06 x (273+35))

= 0.40962

ประวัติผู้เขียน

นาย ชาญศักดิ์ คำมาตร เกิดวันที่ 8 เมษายน พ.ศ. 2509 ที่ตำบลวังชมภู อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเคมี จากคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ บางแสน ในปีการศึกษา 2531 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ. 2533

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย