



เอกสารอ้างอิง

1. สมาคมอุตสาหกรรมพลาสติกไทย, "คลีนีคพลาสติก," วารสารพลาสติก. 3, 74, 2532.
2. Schlumpf, P. H., E. Ammann, "Minerals as Filler and Reinforceing Materials in Plastic and Rubber," International Conference and Exhibition on Polymer Technology, 5-9 July 1989, Central Plaza Hotel, Bangkok, pp. (2-3), 1-7.
3. มะเหมือย, "ประดิษฐ์คิดค้น," วารสารพลาสติก. 4, 54-58, 2532.
4. _____. "ประดิษฐ์คิดค้น," วารสารพลาสติก. 3, 45, 2532.
5. _____. "ประดิษฐ์คิดค้น," วารสารพลาสติก. 5, 23-24, 2532.
6. Holtgrewe, D. A., "Polypropylene," Modern Plastics Encyclopedia, 59 (10A), 94-98, 1982.
7. Brydson, J. A., Plastics Materials, pp. 225-243, Butterworth Scientific, London, 4th ed., 1985.
8. Boenig, V. Herman, Polyolefins: Structure and Properties, pp. 294, Elsevier Publishing Company, Amsterdam, Netherlands, 1966.
9. Neilsen, Lawrence E., Mechanical Properties of Polymers and Composite, pp. 379, Marcel Dekker Inc., New York, 1974.
10. Encyclopedia of Polymer Science and Technology, Plastic, Resins, Rubbers, Fibers, pp. 751, John Wiley & Sons Inc., New York, 1967.
11. Nederveen C. J., H. W. Bree, "U.S. Dept. of Commerce Rept," AD 655634, 1967.
12. Neilsen, L. E., J. Appl. Polymer Sci., 10, 97, 1966.
13. Smith, T. L., Trans. Soc. Pheol., 3, 113, 1959.

14. Takayanagi, M., Proc 4th Internal Congr. Pheol, pp. 161, Wiley, New York, 1965.
15. Neilsen, L. E., J. Composite Mater., 1, 100, 1967.
16. Ziemianski, L. P., C. A. Pagano, M. W. Ranney, Rubber World., 163(1) 53, 1970.
17. Schwarzl, F. R., H. W. Bree, C. J. Nederveen, Proc 4th Internal Congr. Pheol, pp. 241, Interscience, New York, 1965.
18. Gachter R., H. Muller, Plastics Additives Handbook : Stabilizers, processing Aids, Plasticizers, fillers, Reinforcements, Colorants for Thermoplastics, pp. 397-423, Hanser Publishers, Munich, 1987.
19. Handbook of Filler and Reinf., pp. 167-169.
20. Busigin, C., R. Lahtinen, G. M. Martinex, G. Thomas and R. T. Woodhams, "The Properties of Mica-Filled Polypropylene," Polymer Engineering and Science. 24 (3), 169-174, 1984.
21. Woodhams, R. T., G. Thomas, and D. K. Rodgers, "Wood Fibers as Reinforcing Fillers for Polyolefins," Polymer Engineering and Science. 24 (15), 1166-1171, 1984.
22. Khahn, T. Vu., "Fracture of mica - and glass - flakes - reinforced polypropylene," Plastics Engineering. 3, 35, 1987.
23. Eise, Kurt, John Curry, and John Farrell, "Processing of Reinforced Plastics Using Multi - Screw Compounders," Polymer Engineering and Science. 25 (8), 497-501, 1985.
24. Union Carbild Co., Ltd., "Mica plus siland acts as reinforcement," Plastic & Rubber Internatinal. 11 (5), 10, 1986.

25. Ashok, M., Adur and Stephen R. Flynn, "New Coupling agent for talc-filled polypropylene," Plastics Engineering, 4, 41-57, 1987.
26. Elias, H. G., Makromolekule, Hiithig and Wepf, pp. 360, Basel/Ch, 1971.
27. Hornsby, P. R., J. W. Ess, "Dispersive Mixing Phenomena in a Co-rotating Twin Screw Compounding Extruder," Polytech'89, Intenational Conference and Exhibition on Polymer Technology, 5-9 July 1989, Central Plaza Hotel, Bangkok, pp. (2-1),1-16.
28. Duval, Cle'ment, Inorganic Thermogravimetric Analysis, pp. 221, London, 2nd ed., 1963.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

คำคงที่และสมบัติของ โพลีโพรพิลีน



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.1 แสดงค่าคงที่ทางฟิสิกส์ของ โพลีโพรพิลีน

S. L. Aggarwal
Research and Development Division
The General Tire & Rubber Company
Akron, Ohio

Property	Value	Ref.
Coefficient of Thermal Expansion (D 696), [K ⁻¹]	6.8×10^{-5}	49
<u>Crystallinity</u>		40, 47
	Sample Description and Conditions	Crystalline Weight Fraction
	1. Heptane extract of crude polypropylene; "amorphous;" highly atactic	0.14
	2. Isotactic, water quenched	0.31
	3. Same as 2 above, followed by annealing at 105°C for 1 hr	0.43
	4. Same as 2 above, followed by annealing at 160°C for 1/2 hr.	0.65
<u>Crystallization Kinetic Parameters</u>	see table "Rate of Crystallization of Polymers" and Ref.	10, 13, 15
<u>Crystallographic Data and Crystallographic Modifications</u>		

Stereoisomeric Form	Crystal System	Space Group	Unit Cell Parameters (Å)				Monomers Per Unit	Calculated Density [g cm ⁻³]	Chain Conformation	
			a	b	c	α, β or γ (deg.)				
Isotactic I	Monoclinic	C _{2R} ⁶ -C2/c	6.65	20.96	6.50	β = 99.3	12	0.936	3 ₁ helix	33, 3
			6.67	20.27	6.49	β = 98.2	12	0.937		
			6.64	20.58	6.51	β = 98.7	12	0.940		
		C _{2h} ⁵ -P21/c	6.69	20.78	6.504	β = 99.5	12	0.9322		
			P21/c	6.60	20.78	6.495	β = 99.62	12		
Isotactic II	Triclinic Hexagonal	C ₁ ¹ -P1	13.36	6.50	10.99	87, 108, 99	12	0.934		2
			12.74	-	6.35	-		0.939		
			D ₃ ⁴ -P3 ₁ ²¹ or D ₃ ⁵ -P3 ₂ ²¹	6.38	-	6.33	-			
Syndiotactic I	Orthorhombic	D ₂ ⁵ -C22c ₁	14.50	5.60	7.40		8	0.930		

Density at 25°C, [Mg m⁻³] ≡ [g cm⁻³]

(see also Table II)

isotactic, crystalline	0.932 - 0.943
isotactic, amorphous (from extrapolation of data above melting point)	0.850 - 0.954
smectic form	0.916
syndiotactic, crystalline	0.929 - 0.91
syndiotactic, amorphous (from extrapolation of data above melting point)	0.856

Dielectric constant

see Table II

Property	Value	Ref.
----------	-------	------

Dimensions of Polypropylene Molecules (unperturbed)

see also corresponding table in this Handbook

Radius of gyration, root mean square Z-average,

 $\langle S^2 \rangle_Z^{1/2}$ in tetralin at 135°C from light scattering measurements

36

$M_w \times 10^{-3}$	$[\eta], \text{ (ml/g)}$	$\langle S^2 \rangle_Z^{1/2} \text{ (nm)}$
123	91.	53.4
280	171.	66.6
369	206.	100.8
631	348.	118.1

Electrical Properties

(see Table II)

Elongation at Break, (Percent)

(see Table II)

G-values for Radiation Crosslinking, G(c.l.), and Chain Scission, G(breaks)

Maximum and Minimum Values

atactic
isotactic film
isotactic flake

	G(breaks)		G(c.l.)	
	Maximum	Minimum	Maximum	Minimum
atactic	0.24	0.10	0.27	0.115
isotactic film	0.21	0.10	0.14	0.069
isotactic flake	0.27	0.10	0.18	0.068

at room temperature and in vacuo

atactic
isotactic

	G(c.l.)		G(breaks)
	Solubility Method	Elasticity Method	Solubility or Viscosity Method
atactic	0.12 - 0.27	0.6 - 1.3	0.10 - 0.24
isotactic	0.07 - 0.25		0.10 - 0.24
	0.6		0.9
			5.0

G-values in terms of radiolytic gas yieldsatactic
isotactic

	Gas	Irradiation	G(Gas)
		T [°C]	
atactic	H ₂	25	2.34
	CH ₄	25	0.095
isotactic	H ₂	-196	2.55
	CH ₄	-196	0.058
	H ₂	25	2.78
	CH ₄	25	0.072

Glass Transition Temperature, T_g (°C)

-15

26

Hardness, Shore D

(see Table II)

Heat of Fusionat T_m on Crystallizationisotactic, Form I, [kJ kg⁻¹]
[kJ mol⁻¹]
syndiotactic, [kJ kg⁻¹]
[kJ mol⁻¹]209
8.79
50.2
2.09

47

Property	Value	Ref.
----------	-------	------

Heat Capacity C_p , ($\text{W kg}^{-1} \text{K}^{-1}$)

Isotactic	1.8 - 1.92	
atactic	2.34	
Isotactic <100° room temperature	4.187 (0.3669 + 0.00242 T), where T is temperature in [°C]	46 45

Temperature [K]	C_p [$\text{J mol}^{-1} \text{K}^{-1}$]
100	26.9
150	38.0
200	47.9
250	58.6
300	(72.6) *
350	(90.0) *
400	(113.) *

* Values in parentheses are either experimentally uncertain or were estimated.

Impact Strength, Izod

(see Table II)

Infrared Absorption Bands

Assignment in infrared spectrum
Used for crystallinity measurements

see Ref.

14, 16, 37, 21, 24, 42
47

Form	Crystalline Phase Wave Numbers [cm^{-1}]	Amorphous Phase Wave Numbers [cm^{-1}]
Isotactic	809	790
	842	1158
	894	
	997	
syndiotactic	866	1131
	977	1199
		1230

Used for tacticity measurements - ratio of absorption at 997 cm^{-1} to that at 975 cm^{-1} .

17, 23

Low Temperature Brittleness

(see Table II)

Melt Index (ASTM Method D1238-57T)

Molecular Weight $M_w \times 10^{-3}$	Melt Index (230°C, 2.16 kg)
142	22.8
180	7.3
220	3.5
292	1.2
355	0.39

13

Melting Temperature, [°C]

typical highly isotactic	171	
isotactic crystalline Form I	156	12
syndiotactic	136	47 47

Property	Value	Ref.
----------	-------	------

Molecular Properties of Typical Poly(propylene)

number of double bonds per 1000 carbon atoms	< 1
type of unsaturation	vinylidene
M_w	220,000 - 700,000
M_n	38,000 - 60,000
M_w/M_n	5 - 12

Permeability and Diffusion Coefficients

see corresponding Table in this Handbook and Ref.

18, 41

Properties of Typical Poly(propylene)

(see Table II)

Refractive Index

1.49

49

Refractive Index Increment (dn/dc)

36

Temperature [°C]	Wavelength [nm]	dn/dc [$\text{cm}^3 \text{g}^{-1}$]
145	436	0.228
145	546	0.216

Sound Velocity, (m s^{-1})Unoriented; at 25°C
at 125°C 2.5×10^3
 125×10^3

2, 25, 38

Specific Heat

see Heat Capacity

Specific Volume, (kg^{-1}) ($\text{cm}^3 \text{g}^{-1}$)

Form	\bar{v}_a (amorphous)	\bar{v}_c (crystalline)
isotactic	1.176 - 1.172	1.073 - 1.060
smectic	-	1.092
syndiotactic	1.165	1.114 - 1.10

Softening Temperature, Vicat

(see Table II)

Tensile Modulus

(see Table II)

Tensile Strength

(see Table II)

Transition and Relaxation Temperatures

The transition and relaxation temperatures associated with peaks in dynamic loss are designated as α , β , γ , etc. in the order of descending temperatures.

Transition	Temperature, [°C]	Assignment and Remarks
α	Between 30 - 80	Difficult to resolve
β (at 0.2 Hz)	0	Insensitive to changes in crystallinity; long chain motion in amorphous portion
γ	-80	In atactic polypropylene; hindered movement of C-CH ₃ units
δ	< 200	Hindered rotation of CH ₃ groups

16

Viscosity - Molecular Weight Relationships

see corresponding table in this Handbook

Table II: PROPERTIES OF TYPICAL MAINLY ISOTACTIC POLY(PROPYLENES) (49)^x

Property	Value
<u>Brittleness</u> (D 746), [°C]	25
<u>Deflection Temperature</u> (D 648), [°C]	
at 66 lb/in ² (4.64 kg/cm ²)	96 - 110
at 264 lb/in ² (18.6 kg/cm ²)	57 - 63
<u>Density</u> (D 792), [Mg m ⁻³] ≡ [g cm ⁻³]	0.90 - 0.91
<u>Dielectric Constant</u>	
at 1 kHz (D 150)	2.2 - 2.3
<u>Dielectric Strength</u> (D 149), [V ml ⁻¹] [V cm ⁻¹] x 10 ⁻³	610 (430 at 120°C) 240 (170 at 120°C)
<u>Dissipation Factor</u>	
(60 Hz - 100 MHz) (D 510)	3 x 10 ⁻⁴ - 1 x 10 ⁻³
<u>Elongation at Break</u> (D 638), [%]	500 - 900 (30 at -40°C)
<u>Environment Stress Cracking or F₅₀ Time</u> (D 1693)	Does not stress crack
<u>Flexural Modulus</u> (D 790), [MPa] ≡ [N mm ⁻²]	1172
<u>Hardness, Shore D</u> (D 1706)	70 - 80
<u>Heat Capacity</u> , [W kg ⁻¹ K ⁻¹]	1.926 (see also Table I)
<u>Izod Impact Strength</u> (D 256), [ft lb/in of notch] [cm kg/cm notch]	0.4 - 6.0 (0.1 - 0.7 at -20°C) 2.2 - 12 (0.55 - 3.9 at -20°C)
<u>Power Factor</u>	
at 1 kHz	< 0.001 - 0.001
<u>Solvent Resistance to Hydrocarbons and Chlorinated Hydrocarbons</u>	Resistant Below about 80°C
<u>Stiffness in Flexure</u> (D 747), [MPa] ≡ [N mm ⁻²]	1172
<u>Tensile Modulus</u> (D 638), [MPa] ≡ [N mm ⁻²]	1032 - 1720
<u>Tensile Strength</u> (D 638), [MPa] ≡ [N mm ⁻²]	29.3 - 38.6
<u>Tensile Yield Elongation</u> (D 638), [%]	11 - 15 (11% at -40°C)
<u>Thermal Conductivity</u> (C 177), [W m ⁻¹ K ⁻¹]	11.7
<u>Vicat Softening Temperature</u> (D 1525), [°C]	138 - 155
<u>Volume Resistivity</u> (D 257), [Ω cm]	10 ¹⁶ - 10 ¹⁷

^x Properties at ambient room temperature, unless denoted otherwise.

The numbers in parentheses refer to the ASTM Standards, American Society for Testing Materials, 1916 Race Street, Philadelphia, Pa., 19103.

REFERENCES

1. E. J. Addink, J. Beintema, *Polymer* **2**, 185 (1961).
2. N. M. Bikales, Editor, "Encyclopedia of Polymer Science and Technology," Interscience, New York, **12**, p. 702.
3. F. A. Bovey, "High Resolution NMR of Macromolecules," Academic Press, New York, 1972, pp. 132-42.
4. R. Chiang, *J. Polymer Sci.* **28**, 235 (1958).
5. G. Ciampi, *Chim. Ind. (Milan)* **38**, 298 (1956).
6. F. Vorradini, G. Natta, P. Ganis, P. A. Temurd, *J. Polymer Sci. C* **16**, 2477 (1967).
7. F. Danusso, G. Moraglio, *J. Polymer Sci.* **24**, 161 (1957).
8. M. Dole, "Mechanism of Chemical Effects in Irradiated Polymers" in "Crystalline Olefin Polymers," R. A. V. Raff, K. W. Doak, Editors, Interscience, New York, 1965, p. 907.
9. V. L. Erlich, "Olefin Fibers," in "Encyclopedia of Polymer Science and Technology," Volume **9**, pp. 403-40, Interscience Publishers, New York, 1968.
10. B. Falkal, *Makromol. Chem.* **41**, 86 (1960).
11. H. A. Flocke, *Kolloid-Z.* **180**, 118 (1962).
12. L. R. Fortune, G. N. Malcolm, *J. Phys. Chem.* **64**, 934 (1960).
13. H. P. Frank, "Polypropylene," Macdonald Technical and Scientific, London, 1968.
14. G. Gramberg, *Kolloid-Z.* **175**, 119 (1961).
15. J. H. Griffith, B. G. Ranby, *J. Polymer Sci.* **38**, 107 (1959).
16. M. P. Groenewege, J. Schnuzer, J. Smidt, C. A. F. Tuijnman, in R. A. V. Raff, K. W. Doak, Eds. "Crystalline Olefin Polymers," Part II, p. 798, Interscience, New York, 1965.
17. R. H. Hughes, *Am. Chem. Soc., Meeting September 1963, Polymer Division Preprints*, **4/2**, 697 (1963).
18. D. Jeschke, H. A. Stuart, *Z. Naturforsch.* **16a**, 37 (1961).
19. H. D. Keith, F. J. Padden, Jr., N. M. Walter, H. W. Wyckoff, *J. Applied Phys.* **30**, 1485 (1959).
20. J. B. Kinsinger, R. E. Hughes, *J. Phys. Chem.* **63**, 2002 (1959).
21. C. Y. Liang, M. R. Lytton, C. J. Boone, *J. Polymer Sci.* **47**, 139 (1960); **54**, 523 (1961).
22. C. Y. Liang, F. G. Pearson, *J. Mol. Spectroscopy* **5**, 290 (1960).
23. J. P. Luongo, *J. Appl. Polymer Sci.* **3**, 302 (1960).
24. M. P. Macdonald, I. M. Ward, *Polymer* **2**, 341 (1961).
25. T. H. Mallin, *Iron Age* **197**, 88 (1966).
26. P. Manaresi, V. Gannella, *J. Appl. Polymer Sci.* **4**, 251 (1960).
27. L. Mandelkern, in R. H. Doremus, B. W. Roberts, D. Turnbull, Eds., "Growth and Perfection of Crystals," John Wiley and Sons, New York, 1958, p. 467; also L. Mandelkern, *Chem. Rev.* **56**, 903 (1956).
28. Z. Mencik, *Chem. Prumysl.* **10**, 377 (1960).
29. R. L. Miller, in R. A. V. Raff, K. W. Doak, Eds., "Crystalline Olefin Polymers," Part I, p. 685, Interscience, New York, 1965.
30. R. L. Miller, "Crystallographic Data for Various Polymers," in this Handbook.
31. R. L. Miller, L. E. Nielsen, *J. Polymer Sci.* **44**, 391 (1960); **55**, 643 (1961); also Appendix I in P. H. Geil, "Polymer Single Crystals," Interscience, New York, 1963.
32. G. Natta, *Makromol. Chem.* **35**, 93 (1960).
33. G. Natta, P. Corradini, *Nuovo Cimento, Suppl.* **15**, 40 (1960).
34. G. Natta, P. Corradini, M. Cesari, *Atti Accad. Nazl. Lincei, Rend. Classe Sci. Fis. Mat. Nat.* **21**, 365 (1956).
35. G. Natta, I. Pasquon, P. Corradini, M. Peraldo, M. Pegoraro, A. Zembelli, *Atti. Accad. Nazl. Lincei, Rend. Classe Sci. Fis. Mat. Nat.* **28**, 539 (1960).
36. P. Parrini, F. Sabastiano, G. Messina, *Makromol. Chem.* **38**, 27 (1960).
37. M. Peraldo, M. Farina, *Chim. Ind. (Milan)* **42**, 1349 (1960).
38. H. L. Price, *SPE J.* **24**, 54 (1968).
39. O. Redlich, A. L. Jacobson, M. H. McFadden, *J. Polymer Sci. A1*, 393 (1963).
40. W. Ruland, *Acta Cryst.* **14**, 1180 (1961).
41. V. Stannett, H. Yasuda, in "Crystalline Olefin Polymers," Part II, pp. 139, 144, 147, K. W. Doak, Editor, Interscience, New York, 1964.
42. M. C. Tobin, *J. Phys. Chem.* **64**, 216 (1960).
43. A. Turner-Jones, J. M. Aizlewood, D. R. Beckett, *Macromol. Chem.* **75**, 134 (1964).
44. Z. W. Wilchinski, *J. Appl. Phys.* **31**, 1969 (1960).
45. R. W. Wilkinson, M. Dole, *J. Polymer Sci.* **58**, 1089 (1962).
46. H. Wilski, T. Grever, *J. Polymer Sci.* **66**, 33 (1964).
47. S. Wunderlich, "Macromolecular Physics," Academic Press, New York, 1973.
48. B. Wunderlich, H. Baur, *Fortschr. Hochpolymer Forsch.* **7**, 2, 309 (1970).
49. P. D. Ritchie, Editor, "Vinyl and Allied Polymers," Vol. 1, Int'l. London 1968, p. 143; and from trade literature of various manufacturers of polypropylene in USA.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.2 แสดงสมบัติของโพลีโพรพิลีนประเภทต่าง ๆ

Plastics properties chart
(Cont'd)

Polypropylenes

	ASTM test method	Unmodified	Copolymer	Inert filled	Glass reinforced	Impact (rubber modified)
Processing	1. Molding qualities	Excellent	Excellent	Excellent	Excellent	Excellent
	2. Compression molding temp., °F.	340-450	340-550	340-550	340-550	340-450
	3. Comp. molding pressure, p.s.i.	500-1000	500-1000	500-1000	500-1000	500-1000
	4. Injection molding temp., °F.	400-550	400-550	375-550	400-550	400-550
	5. Injection molding pressure, p.s.i.	10000-20000	10000-20000	10000-20000	10000-20000	15000
	6. Compression ratio	2.0-2.4	2.0-2.4	-	-	2.0-2.4
	7. Mold (linear) shrinkage, in./in.	0.010-0.025	0.010-0.025	0.005-0.015	0.002-0.008	0.01-0.025
	8. Specific gravity (density)	0.902-0.910	0.890-0.905	1.0-1.3	1.05-1.24	0.890-0.91
	9. Specific volume, cu. in./lb.	30.8-30.4	31.2-30.5	26.0	24.5	30.8-30.5
	10. Machining qualities	Good	Good	Fair-good	Fair	Good
Mechanical	11. Tensile strength, p.s.i.	4300-5500	2900-4500	4500-8200	6000-14500	2800-4400
	12. Elongation, %	200-700.0	200-700 (at break)	3.0-20.0 (at break)	2.0-3.8	250.0-500.0
	13. Tensile elastic modulus, 10 ⁴ p.s.i.	1.60-2.25	1.0-1.7	4.0-8.0	4.5-9.0	1.0-1.7
	14. Compressive strength, p.s.i.	5500-8000	<3700-8000	-	5500-7000	4000-6500
	15. Flexural yield strength, p.s.i.	6000-8000	8000-7000	8000-9000	7000-11000	-
	16. Impact strength, ft. lb./in. of notch (½ x ¼ in. notched bar, Izod test)	0.5-2.2 @ 73°F. (¼ x ¼ in. bars)	1.1-20.0 @ 73°F. (¼ x ¼ in. bars)	0.4-3.0 @ 73°F. (¼ x ¼ in. bars)	1.0-5.0 @ 73°F. (¼ x ¼ in. bars)	1.0-15.0 @ 73°F. (¼ x ¼ in. bars)
	17. Hardness, Rockwell	RA0-110	R50-96	R94-100	R110	R50-95
	18. Flexural elastic modulus, p.s.i. x 10 ⁴	1.7-2.5	1.3-2.0	3.0-6.3	3.8-6.3	1.2-1.8
	19. Compressive modulus, p.s.i. x 10 ⁴	1.5-2.0	-	2.4	-	-
Thermal	20. Thermal conductivity, 10 ⁻⁴ cal/sec./sq.cm./11°C/cm.	2.8	2.0-4.0	-	-	3.0-4.0
	21. Specific heat, cal./C/gm.	0.46	0.5	-	-	0.5
	22. Thermal expansion, 10 ⁻⁴ in./in./°C.	5.8-10.2	6.0-9.5	2.9	-	6.0-8.5
	23. Resistance to heat, °F. (continuous)	225-260	190-240	250-280	270-290	200-250
	24. Deflection temp., °F. in 264 p.s.i. fiber stress (R 66 p.s.i. fiber stress)	125-140 200-250	115-140 185-235	140-200 210-290	230-300 305-310	120-135 160-210
	25. Volume resistivity, ohm-cm. (50% RH and 23°C)	> 10 ¹⁴	10 ¹⁴	1.5-2.8 x 10 ¹⁴	-	> 10 ¹⁴
	26. Dielectric strength, short-time, %-in. thickness, volts mil	500-660	500-660	450-650	-	500-650
	27. Dielectric strength, step-by-step, 7/8-in. thickness, volt/mil	450-650	450-600	-	-	450-600
Electrical	28. Dielectric constant, 60 cyc.	2.2-2.8	2.25-2.30	2.50-2.75	2.37	2.3
	29. Dielectric constant, 10 ⁴ cyc.	2.2-2.8	2.24-2.30	2.30-2.45	2.26	2.3
	30. Dielectric constant, 10 ⁶ cyc.	2.2-2.8	2.24-2.30	2.30-2.60	2.34	2.3
	31. Dissipation (power) factor, 60 cyc.	< 0.0005	< 0.0001-0.0005	0.0015-0.0020	0.0022	< 0.001
	32. Dissipation (power) factor, 10 ⁴ cyc.	< 0.0005-0.0018	< 0.0001-0.0008	0.0026-0.0030	0.0017	< 0.001
	33. Dissipation (power) factor, 10 ⁶ cyc.	< 0.0005-0.0018	< 0.0001-0.0018	0.0021	0.0035	> 0.0003
	34. Arc resistance, sec.	136-183	136	121	74	-
	35. Refractive index, n _D	1.49	-	-	-	-
Optical	36. Clarity	-	Transp., transl., op.	Opaque	Opaque	Translucent
	37. Transmittance, %	55-90	-	-	-	-
	38. Haze, %	1.0-3.5	-	-	-	-
Resistance characteristics	39. Water absorp., 24 hr., ¼-in. thick., %	< 0.01-0.03	< 0.01-0.03	0.02-0.10	0.01-0.05	< 0.01-0.03
	40. Flammability 9 Burning rate, in./min. AEB, in./ATB, sec. C	0.75-0.83 0.2-0.8/4-16 (FR gr.)	-	1.5-2.5	0.75-0.83	-
	41. Effect of sunlight	-	Unprotected material crazes rapidly; requires block for complete protection, but weather-resistant grades available in natural and colors			
	42. Effect of weak acids	D543	None			
	43. Effect of strong acids	D543	Attacked slowly by oxidizing acids			
	44. Effect of weak alkalies	D543	None	None	None	None
	45. Effect of strong alkalies	D543	Very resistant		Very resistant	Resistant
	46. Effect of organic solvents	D543	Resistant below 80°C.			
			Attacked by hydrocarbons and chlorinated hydrocarbons			

^a Determined on ¼-in. thick specimens.
^b This numerical flame spread rating is not intended to reflect hazards presented by this or any other material under actual fire conditions.
^c AEB = Avg. extent of burning in inches; ATB = Avg. time of burning in seconds.



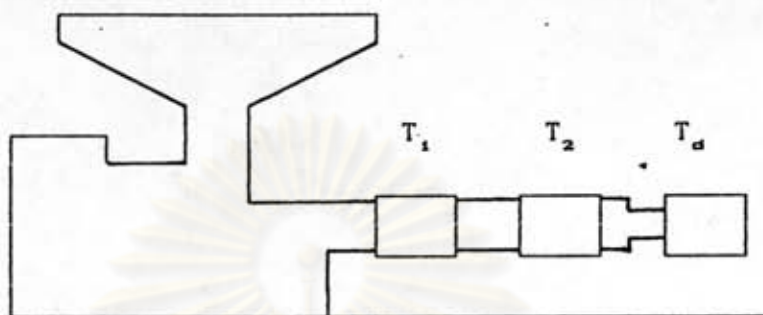
แสดงลักษณะปรากฏของ โพลีโพรพิลีนชนิด ไอโม โพลีเมอร์
และ โพลีโพรพิลีนผสมทัลค์ ที่ขึ้นรูปด้วยเครื่องรีดพลาสติกแบบสกรูเดี่ยว

ข.1 ลักษณะปรากฏของ โพลีโพรพิลีน ชนิด ไอโม โพลีเมอร์ ที่ขึ้นรูปด้วยเครื่องรีดพลาสติก
แบบสกรูเดี่ยว ที่สภาวะการผลิตต่างกัน

ทดลองทำการขึ้นรูปโพลีโพรพิลีนชนิด ไอโม โพลีเมอร์ ที่สภาวะการผลิตต่าง ๆ
กัน เพื่อหาสภาวะการผลิตที่เหมาะสมสำหรับการวิจัย คือ สภาวะที่เมื่อโพลีโพรพิลีนออก
จากตายน์แล้วหลอมละลายเป็นเนื้อเดียวกันหมด และเมื่อผ่านลงในรางน้ำให้เย็นตัวและ
ให้มีรูปร่างที่คงที่แล้ว ตัวอย่างมีขนาดเหมาะสมที่จะสามารถตัดเป็นตัวอย่าง สำหรับ
ทดสอบความต้านทานแรงดึงตามมาตรฐาน ASTM D 638M-81 ได้

ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.1 แสดงลักษณะปรากฏของโพลิโพรพิลีนที่ขึ้นรูป ด้วยเครื่องรีดพลาสติกแบบสกรูเดี่ยว ที่สภาวะการผลิตต่าง ๆ



แผนภูมิ แสดงตำแหน่งฮีตเตอร์ของเครื่องรีดพลาสติกแบบสกรูเดี่ยว

ลำดับ ที่	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)			ความเร็วรอบ ของสกรู (รอบ/นาที)	ลักษณะปรากฏ
	สกรู (T_1)	สกรู (T_2)	ดายน์ (T_3)		
1	180	180	180	500	ตัวอย่างมีโพลิโพรพิลีนบางส่วนที่ไม่ หลอมละลายป่นออกมา
2	180	200	200	400	เช่นเดียวกับลำดับที่ 1
3	200	220	220	400	ตัวอย่าง เมื่อเย็นตัวแล้วมีความใส แต่มีผิวหยาบ
4	250	250	250	400	โพลิโพรพิลีนที่ออกจากดายน์มี ความหนืดต่ำเกินไป
5	250	250	250	300	เช่นเดียวกับลำดับที่ 4 แต่มีขนาดเล็ก กว่าลำดับที่ 4
6	230	230	230	500	โพลิโพรพิลีนที่ออกจากดายน์หลอม ละลายหมด

ตารางที่ ข.1 (ต่อ)

ลำดับ ที่	อุณหภูมิสกรู (องศาเซลเซียส)			ความเร็วรอบ ของสกรู (รอบ/นาที)	ลักษณะปรากฏ
	สกรู (T_1)	สกรู (T_2)	คายน์ (T_3)		
7	230	230	230	800	เช่นเดียวกับลำดับที่ 6 และเมื่อผ่าน รางน้ำให้โพลีโพรพิลีนเย็นตัวแล้ว จะได้ตัวอย่างที่มีขนาดเหมาะสมที่จะ ใช้ตัดทำชิ้นทดสอบตามมาตรฐาน ASTM มีอัตราการผลิตประมาณ 11.6 กิโลกรัม/ชั่วโมง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข.2 ลักษณะปรากฏของโพลีโพรพิลีนผสมทัลค์ 3 แหล่ง ให้มีปริมาณทัลค์ร้อยละ 1, 2, 3, 4 และ 5 โดยน้ำหนัก ขึ้นรูปด้วยเครื่องรีดพลาสติกแบบสกรูเดี่ยว โดยไม่ใส่ตะแกรงระหว่างสกรูกับดายน์

ทดลองขึ้นรูปโพลีโพรพิลีนชนิดโอบีโมโพลีเมอร์ ผสมกับทัลค์จากประเทศจีน ประเทศญี่ปุ่น และประเทศไทย ให้มีปริมาณทัลค์ร้อยละ 1, 2, 3, 4 และ 5 โดยน้ำหนัก ด้วยเครื่องรีดพลาสติกแบบสกรูเดี่ยว โดยไม่ใส่ตะแกรงระหว่างสกรูกับดายน์ สภาวะการขึ้นรูป คือ อุณหภูมิสกรู 230 องศาเซลเซียส อุณหภูมิดายน์ 230 องศาเซลเซียส และความเร็วรอบของสกรู 800 รอบ/นาที



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.2 แสดงลักษณะปรากฏของโพลิโพรพิลีน ผสมทัลค์ 3 แห่ง ให้มีปริมาณทัลค์ร้อยละ 1, 2, 3, 4, 5, 7 และ 10 โดยน้ำหนัก ขึ้นรูปด้วยเครื่องรีดพลาสติกแบบสกรูเดี่ยว โดยไม่ใส่ตะแกรงระหว่างสกรูกับดายน์

ลำดับ ที่	แหล่ง ที่มา ของ ทัลค์	ค่าร้อยละของ อัตราส่วนประกอบ		ลักษณะปรากฏ
		โพลิโพรพิลีน	ทัลค์	
1	-	100	0	ตัวอย่างที่ขึ้นรูปได้มีลักษณะโปร่งแสง มีรอยขีดตามยาวเนื่องจากดายน์เกิดการสึกกร่อน
2	จีน	99	1	ตัวอย่างมีความโปร่งแสงแต่ความทึบแสงมากกว่าลำดับที่ 1 ไม่สังเกตเห็นทัลค์ (รูปที่ ข.1ก)
3	จีน	98	2	ทัลค์มีการรวมตัวเป็นกลุ่มใหญ่ขนาดประมาณ 0.5-1.5 มิลลิเมตร ผิวเป็นรอยหยาบเล็กน้อย (รูปที่ ข.1ข)
4	จีน	97	3	ตัวอย่างมีความทึบแสงเพิ่มขึ้น ทัลค์รวมตัวเป็นกลุ่มใหญ่ขึ้น ขนาดประมาณ 0.5-2.0 มิลลิเมตร ผิวหยาบกว่าลำดับที่ 3 เล็กน้อย (รูปที่ ข.1ค)
5	จีน	96	4	ตัวอย่างมีผิวหยาบมากขึ้น ทัลค์รวมตัวเป็นกลุ่มใหญ่จำนวนมาก มีขนาดประมาณ 0.5-2.0 มิลลิเมตร (รูปที่ ข.1ง)
6	จีน	95	5	ตัวอย่างมีผิวหยาบกว่าลำดับที่ 5 ทัลค์มีการรวมตัวมากขึ้น สีเหลืองนวล (รูปที่ ข.1จ)
7	จีน	93	7	ตัวอย่างมีผิวหยาบขึ้น ทัลค์รวมตัวเป็นกลุ่มมากขึ้น (รูปที่ ข.1ฉ)

ตารางที่ ข.2 (ต่อ)

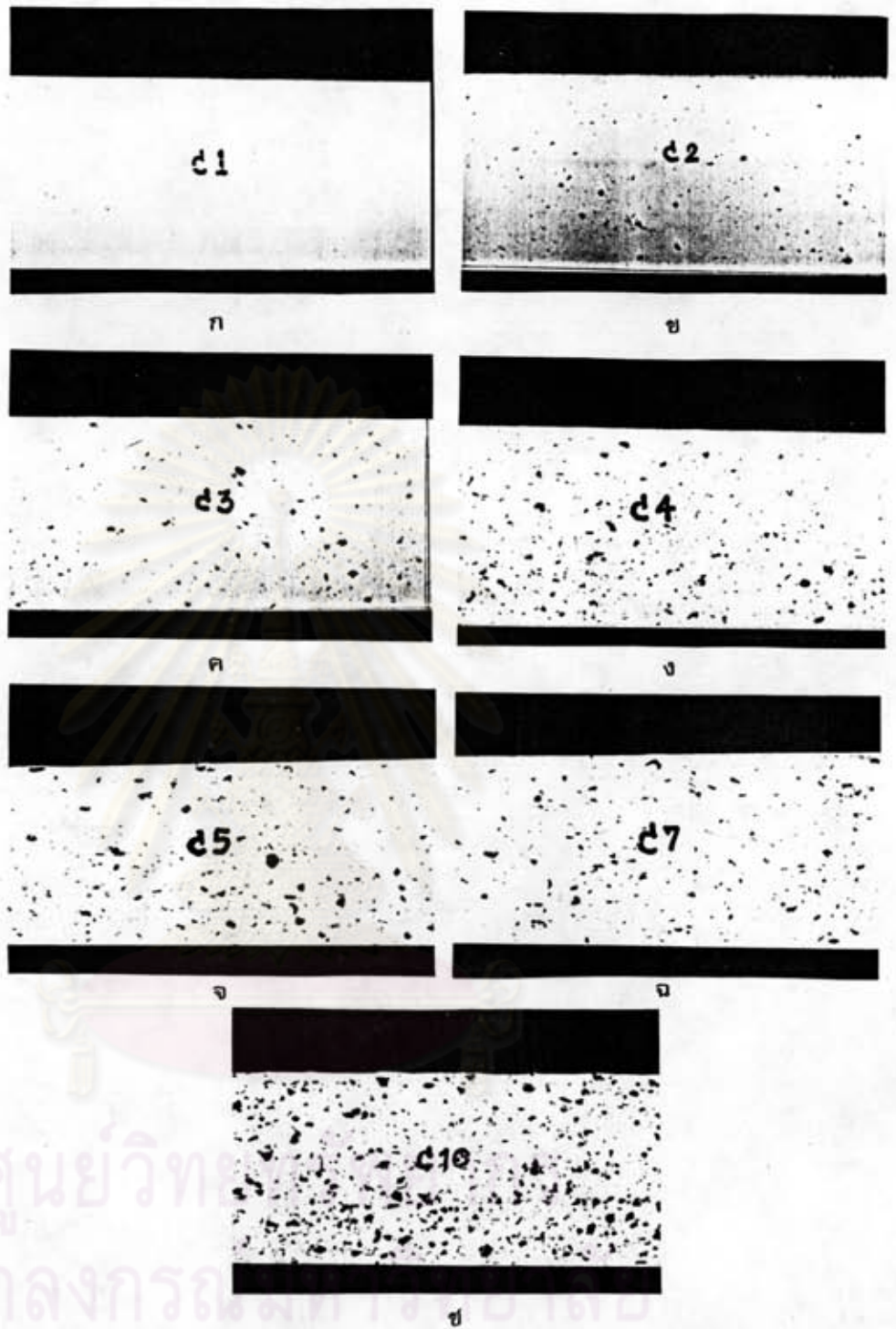
ลำดับ ที่	แหล่ง ที่มา ของ ทัลค์	ค่าร้อยละของ อัตราส่วนประกอบ		ลักษณะปรากฏ
		โพลีโพรพิลีน	ทัลค์	
8	จีน	90	10	ตัวอย่างมีผิวหยาบ ทัลค์รวมตัวเป็นกลุ่มใหญ่ จำนวนมาก (รูปที่ ข.1ข)
9	ญี่ปุ่น	99	1	ตัวอย่างมีผิวเรียบ ไม่สามารถสังเกตเห็นทัลค์ (รูปที่ ข.2ก)
10	ญี่ปุ่น	98	2	ตัวอย่างมีผิวหยาบขึ้นเล็กน้อย มีทัลค์กระจายอยู่ทั่ว ไปขนาดประมาณ 0.5-1.5 มิลลิเมตร (รูปที่ ข.2ข)
11	ญี่ปุ่น	97	3	ตัวอย่างมีผิวหยาบขึ้นกว่าลำดับที่ 10 ทัลค์รวม ตัวเป็นกลุ่มใหญ่ขึ้นขนาดประมาณ 0.5-2.0 มิลลิเมตร (รูปที่ ข.2ค)
12	ไทย	99	1	ตัวอย่างมีผิวเรียบสีเทาดำ ทัลค์กระจายอยู่ทั่วไป (รูปที่ ข.3ก)
13	ไทย	98	2	ตัวอย่างมีผิวหยาบมากลักษณะเป็นฟองอากาศ ทัลค์กระจายตัวทั่วไป รวมตัวเป็นกลุ่มเล็กน้อย ขนาดประมาณ 0.5-1.0 มิลลิเมตร สีคล้ำ มากขึ้น (รูปที่ ข.3ข)
14	ไทย	97	3	ตัวอย่างมีผิวหยาบมากขึ้น ทัลค์รวมตัวเป็นกลุ่ม ใหญ่ขึ้นขนาดประมาณ 0.5-1.5 มิลลิเมตร สีคล้ำกว่า ลำดับที่ 13 (รูปที่ ข.3ค)



ตารางที่ ข.2 (ต่อ)

ลำดับ ที่	แหล่ง ที่มา ของ ทัลค์	ค่าร้อยละของ อัตราส่วนประกอบ		ลักษณะปรากฏ
		โพลีโพรพิลีน	ทัลค์	
15	ไทย	96	4	ตัวอย่างมีผิวหยาบมากขึ้น สีคล้ำมากขึ้น ทัลค์รวม ตัวเป็นกลุ่มจำนวนมาก ขนาดประมาณ 0.5-1.5 มิลลิเมตร (รูปที่ ข.3ง)
16	ไทย	95	5	ตัวอย่างมีผิวหยาบเกิดฟอง และขยายขนาดขึ้น เล็กน้อย ทัลค์มีการรวมตัวเป็นกลุ่มทั่วไปจำนวน มากขนาดประมาณ 0.5-2.0 มิลลิเมตร (รูปที่ ข.3จ)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ข.1 แสดงลักษณะปรากฏของ โพลีโพรพิลีน ผสมทัลค์จากประเทศจีน
 ขึ้นรูปด้วยเครื่องรีดพลาสติกแบบสกรูเดี่ยว โดยไม่ใส่ตะแกรง
 ระหว่างสกรูกับดายน์ โดยผสมทัลค์ในอัตราส่วนต่าง ๆ เป็นร้อยละ
 โดยน้ำหนัก

(ก) ร้อยละ 1	(ข) ร้อยละ 2	(ค) ร้อยละ 3
(ง) ร้อยละ 4	(จ) ร้อยละ 5	(ฉ) ร้อยละ 7
(ช) ร้อยละ 10		



J1



ก



J2



ข



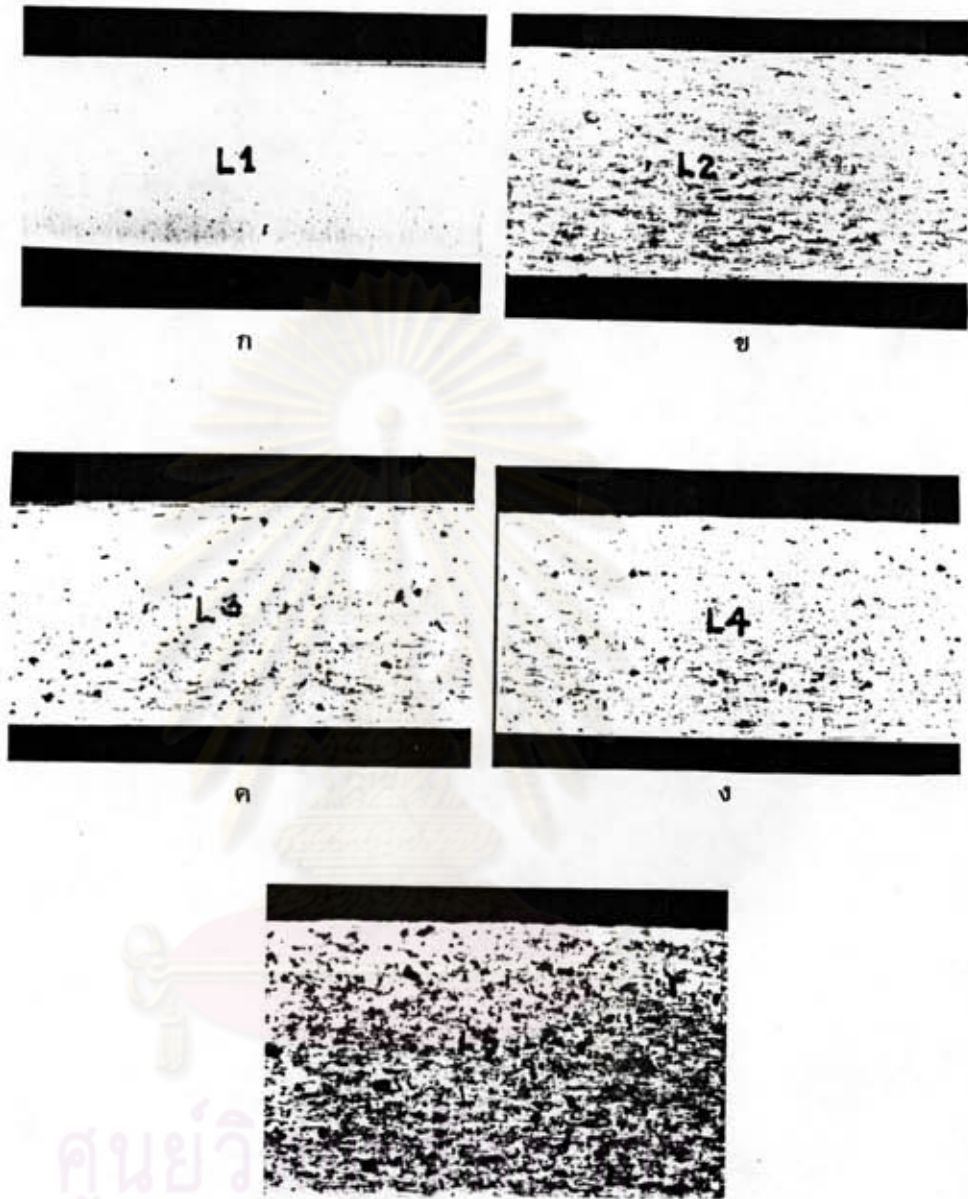
J3



ค

รูปที่ ข.2 แสดงลักษณะปรากฏของ โพลีโพรพิลีน ผสมทัลค์จากประเทศญี่ปุ่น
 ขึ้นรูปด้วยเครื่องรีดพลาสติกแบบสกรูเดี่ยว โดยไม่ใส่ตะแกรง
 ระหว่างสกรูกับคายนั้ โดยผสมทัลค์ในอัตราส่วนต่าง ๆ เป็นร้อยละ
 โดยน้ำหนัก

(ก) ร้อยละ 1 (ข) ร้อยละ 2 (ค) ร้อยละ 3 .



ศูนย์วิจัย
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ ๓.๓ แสดงลักษณะปรากฏของตัวอย่าง โพลีโพรพิลีน ผสมทัลค์จากประเทศไทย ขึ้นรูปด้วยเครื่องรีดพลาสติกแบบสกรูเดี่ยว โดยไม่ใส่ตะแกรงระหว่างสกรูกับดายน์ โดยผสมทัลค์ในอัตราส่วนต่าง ๆ เป็นร้อยละโดยน้ำหนัก

- (ก) ร้อยละ 1 (ข) ร้อยละ 2 (ค) ร้อยละ 3
(ง) ร้อยละ 4 (จ) ร้อยละ 5

ข.3 ลักษณะปรากฏของโพลิไพโรฟอสเฟต ผสมโพลิไพโรฟอสเฟตซึ่งผสมทึบสำเร็จรูป ให้มีปริมาณ
ทึบร้อยละ 5, 10, 20, 30 และ 40 โดยน้ำหนัก ขึ้นรูปด้วยเครื่องรีดพลาสติก
แบบสกรูเดี่ยว โดยไม่ใส่ตะแกรงระหว่างสกรูกับคายน

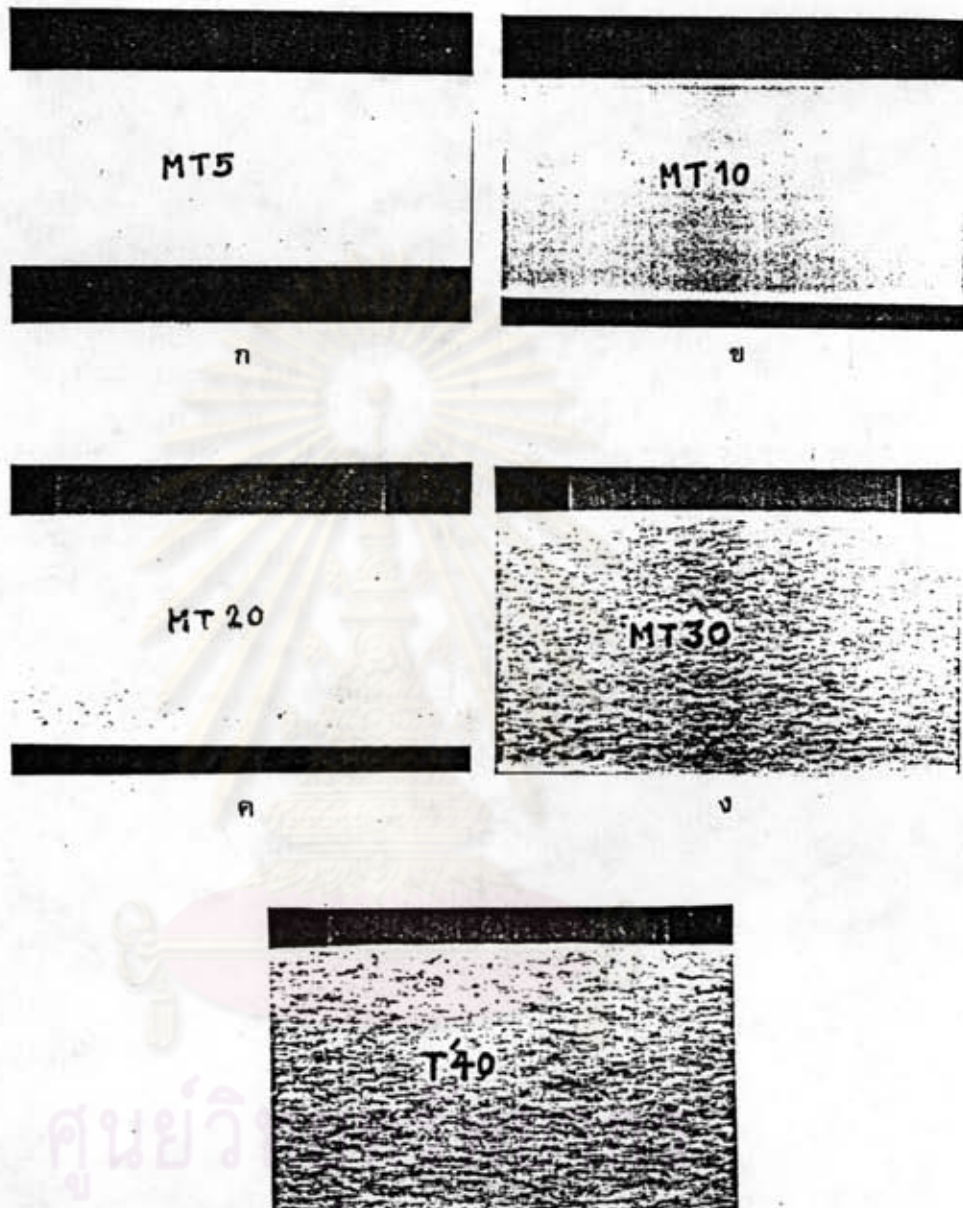
ทดลองขึ้นรูปโพลิไพโรฟอสเฟตชนิดโอโมโพลิเมอร์ ผสมกับโพลิไพโรฟอสเฟตซึ่งผสมทึบ
สำเร็จรูป โดยผสมให้มีปริมาณทึบในตัวอย่างร้อยละ 5, 10, 20, 30 และ 40
โดยน้ำหนัก ทำการขึ้นรูปด้วยเครื่องรีดพลาสติกแบบสกรูเดี่ยว โดยไม่ใส่ตะแกรง
ระหว่างสกรูกับคายน สภาวะการขึ้นรูป คือ อุณหภูมิสกรู 230 องศาเซลเซียส อุณหภูมิ
คายน 230 องศาเซลเซียส และความเร็วรอบของสกรู 800 รอบ/นาที



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.3 แสดงลักษณะปรากฏของโพลิโพรพิลีน ผสมเม็ดโพลิโพรพิลีนซึ่งผสมทลค์สำเร็จรูป ให้มีปริมาณทลค์ร้อยละ 5, 10, 20, 30 และ 40 โดยน้ำหนัก ขึ้นรูปด้วยเครื่องรีดพลาสติกแบบสกรูเดี่ยวโดยไม่ใส่ตะแกรงระหว่างสกรูกับดายน

ลำดับ ที่	ค่าร้อยละของ อัตราส่วนประกอบ		ลักษณะปรากฏ
	โพลิโพรพิลีน	ทลค์	
1	100	0	ตัวอย่างที่ได้มีความโปร่งแสง
2	95	5	ตัวอย่างมีความทึบแสงมากขึ้น สีขาวเหลืองนวล ไม่สังเกตเห็นการรวมตัวของทลค์ (รูปที่ ข.4ก)
3	90	10	ตัวอย่างมีความทึบแสงเพิ่มขึ้น ผิวหยาบขึ้นเล็กน้อย มีขนาดเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ไม่ปรากฏการรวมตัวของทลค์ (รูปที่ ข.4ข)
4	80	20	ตัวอย่างมีขนาดเพิ่มขึ้นกว่าลำดับที่ 3 เล็กน้อย ความทึบแสงเพิ่มขึ้น ผิวหยาบเพิ่มขึ้นเล็กน้อย (รูปที่ ข.4ค)
5	70	30	ตัวอย่างมีขนาดเพิ่มขึ้น ผิวหยาบคล้ายเกิดฟองอากาศขึ้นมาก (รูปที่ ข.4ง)
6	60	40	ตัวอย่างมีผิวหยาบขึ้น เช่นเดียวกับลำดับที่ 5 (รูปที่ ข.4จ)



รูปที่ ๔.๔ แสดงลักษณะปรากฏของโพลีโพรพิลีน ที่ทำการขึ้นรูปโดยผสม โพลีโพรพิลีนชนิดไอโซโพลีเมอร์ กับ โพลีโพรพิลีนซึ่งผสม ทัลดสำเร็จรูป ผสมให้ได้ตัวอย่างที่มีปริมาณทัลด์ต่าง ๆ กัน เป็นร้อยละโดยน้ำหนัก ขึ้นรูปด้วยเครื่องรีดพลาสติกแบบสกรูเดียว โดยไม่ใส่ตะแกรงระหว่างสกรูกับดายน์

(ก) ร้อยละ 5 (ข) ร้อยละ 10 (ค) ร้อยละ 20
 (ง) ร้อยละ 30 (จ) ร้อยละ 40

๓.๔ ลักษณะปรากฏของโพลิไพโรฟิลิน ผสมทัลค์จากประเทศจีน ให้มีปริมาณทัลค์ร้อยละ ร้อยละ 1, 2, 3, 4 และ 5 โดยน้ำหนัก ขึ้นรูปด้วยเครื่องรีดพลาสติกแบบ สกรูเดี่ยวโดยใส่ตะแกรงระหว่างสกรูกับดายน์

ทดลองขึ้นรูปโพลิไพโรฟิลินชนิดโฮโมโพลิเมอร์ ผสมกับทัลค์จากประเทศจีน ให้มี ปริมาณทัลค์ร้อยละ 1, 2, 3, 4 และ 5 โดยน้ำหนัก ด้วยเครื่องรีดพลาสติก แบบสกรูเดี่ยว และมีตะแกรงขนาด 100 เมช ใส่อยู่ระหว่างสกรูกับดายน์ สภาวะ การขึ้นรูป คือ อุณหภูมิสกรู 230 องศาเซลเซียส อุณหภูมิดายน์ 230 องศาเซลเซียส และความเร็วยรอบของสกรู 800 รอบ/นาที



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.4 แสดงลักษณะปรากฏของโพลิโพรพิลีน ผสมทัลค์จากประเทศจีน
ขึ้นรูปด้วยเครื่องรีดพลาสติกแบบสกรูเดี่ยว และมีตะแกรงใส่อยู่
ระหว่างสกรูกับตายน์

ลำดับ ที่	ร้อยละของ อัตราส่วนประกอบ		ลักษณะปรากฏ
	โพลิโพรพิลีน	ทัลค์ จากจีน	
1	99	1	ตัวอย่างมีสีขาวขุ่นและมีความทึบแสงเพิ่มขึ้นกว่าลำดับที่ 1 เล็กน้อย ไม่สามารถสังเกตเห็นการรวมตัวเป็นกลุ่ม ของทัลค์ในเนื้อพลาสติก (รูปที่ ข.5ก)
2	98	2	ตัวอย่างมีความทึบแสงมากกว่าลำดับที่ 2 สังเกตเห็นทัลค์เป็นเม็ดสีขาวกระจายตัวอยู่ทั่วไป แต่ไม่รวมตัวเป็นก้อนใหญ่ (รูปที่ ข.5ข)
3	97	3	ตัวอย่างมีความทึบแสงมากกว่าลำดับที่ 3 สังเกตเห็นทัลค์กระจายอยู่ทั่วไปชัดเจนขึ้น ผิวเป็นรอยหยาบเล็กน้อย (รูปที่ ข.5ค)
4	96	4	ตัวอย่างมีความทึบแสงเพิ่มขึ้น สีเหลืองนวล และผิวเป็นรอยหยาบมากขึ้นกว่าลำดับที่ 4 สังเกตเห็นทัลค์รวมตัวเป็นกลุ่มเล็ก ๆ (รูปที่ ข.5ง)
5	95	5	ตัวอย่างมีขนาดเล็กลงเหลือประมาณ 2/3 ของตัวอย่างลำดับที่ 1 ผิวหยาบมาก สังเกตเห็นทัลค์รวมตัวเป็นกลุ่มใหญ่ขึ้นเป็นจำนวนมาก (รูปที่ ข.5จ)



CS1

CS2

ก

ข



CS3

CS4

ค

ง



CS5

ศูนย์วิจัย
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ ข.5 แสดงลักษณะปรากฏของโพลิโพรพิลีนผสมทัลค์จากประเทศจีน ขึ้นรูปด้วยเครื่องรีดพลาสติกแบบสกรูเดี่ยว และมีตะแกรงใส่อยู่ระหว่างสกรูกับตายน์ โดยผสมทัลค์ในอัตราส่วนต่าง ๆ เป็นร้อยละ โดยน้ำหนัก

(ก) ร้อยละ 1

(ข) ร้อยละ 2

(ค) ร้อยละ 3

(ง) ร้อยละ 4

(จ) ร้อยละ 5

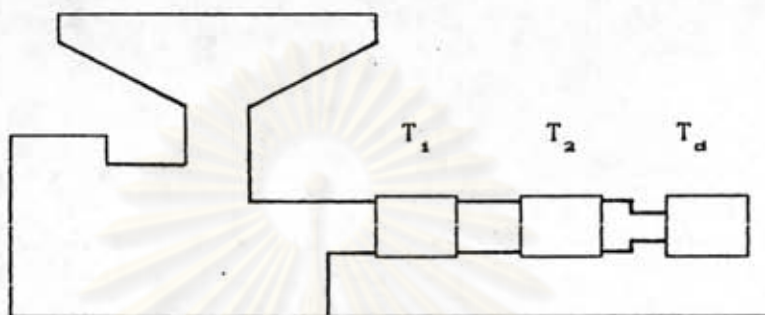
ข.5 ลักษณะปรากฏของโพลิไพโรนีสีน ผสมทัลค์จากประเทศจีนและไทย ให้มีปริมาณทัลค์ ร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก ขึ้นรูปด้วยเครื่องรีดพลาสติกแบบสกรูเดี่ยว ที่ความเร็วรอบของ สกรูต่าง ๆ

ทดลองขึ้นรูปโพลิไพโรนีสีนชนิดโอโมโพลิเมอร์ ผสมกับทัลค์จากประเทศจีน และ ประเทศไทย ให้มีปริมาณทัลค์ร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก ขึ้นรูปด้วยเครื่องรีดพลาสติกแบบ สกรูเดี่ยว โดยไม่ใส่ตะแกรงระหว่างสกรูกับดายน์ สภาวะการขึ้นรูป คือ อุณหภูมิสกรู 230 องศาเซลเซียส อุณหภูมิดายน์ 230 องศาเซลเซียส และความเร็วรอบของสกรูอยู่ ระหว่าง 300-800 รอบ/นาที



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.5 แสดงลักษณะปรากฏของโพลีโพรพิลีน ผสมทัลค์ร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก ทำการขึ้นรูปด้วยเครื่องรีดพลาสติกแบบสกรูเดี่ยว ที่ความเร็วรอบของสกรูต่าง ๆ



แผนภูมิ แสดงตำแหน่งฮีตเตอร์ของเครื่องรีดพลาสติกแบบสกรูเดี่ยว

ลำดับ ที่	แหล่ง ที่มา ของ ทัลค์	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)			ความเร็วรอบ ของสกรู (รอบ/นาที)	ลักษณะปรากฏ
		สกรู (T_1)	สกรู (T_2)	ดายน์ (T_d)		
1	จีน	240	240	240	300	ตัวอย่างมีความโปร่งแสง ไม่สามารถสังเกตเห็นการรวมตัวของทัลค์ ตัวอย่างมีขนาดกว้างประมาณ 14-15 มิลลิเมตร มีสีขาวอมเหลือง
2	จีน	230	230	230	800	ตัวอย่างมีขนาดประมาณ 24-25 มิลลิเมตร ลักษณะโดยทั่วไปเหมือนลำดับที่ 1

ตารางที่ ข.5 (ต่อ)

ลำดับ ที่	แหล่ง ที่มา ของ ทัลค์	อนุหภูมิ (องศาเซลเซียส)			ความเร็วรอบ ของสกรู (รอบ/นาที)	ลักษณะปรากฏ
		สกรู (T_1)	สกรู (T_2)	ดาเยน (T_3)		
3	ไทย	240	240	240	300	ตัวอย่างมีสีเทา ลักษณะโปร่งแสง ขนาดประมาณ 14-15 มิลลิเมตร มีทัลค์กระจายเป็นจุดสีดำทั่วไป ขนาดประมาณ 0.5 มิลลิเมตร
4	ไทย	240	240	240	900	ตัวอย่างมีขนาดประมาณ 24-25 มิลลิเมตร สีเทาดำเข้มขึ้นกว่า ลำดับที่ 2 ทัลค์มีการรวมตัวเป็น กลุ่มมากขึ้น ขนาดประมาณ 0.5 มิลลิเมตร
5	ไทย	230	230	230	800	ตัวอย่างมีขนาดเล็กกว่าลำดับที่ 4 เล็กน้อยลักษณะทั่วไปเหมือนกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข.6 ลักษณะปรากฏของโพลีโพรพิลีน ผสมทัลค์จากประเทศจีน ให้มีปริมาณทัลค์ร้อยละ 3 โดยน้ำหนัก และผสมพาราฟินเหลว ปริมาณ 0.5, 2 และ 5 ซ่อนใต้ ขึ้นรูปด้วยเครื่องรีดพลาสติกแบบสกรูเดี่ยว

พาราฟินเหลวเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ที่ประกอบด้วยสารอัลเคน (alkane) ที่มีจำนวนคาร์บอนอะตอมในโมเลกุลอยู่ในช่วง 5-17 อะตอม ในสภาวะบรรยากาศปกติจะอยู่ในสภาพที่เป็นของเหลว และมีจุดเดือดแตกต่างกัน ตามชนิดของสารอัลเคนที่ประกอบอยู่ โดยมีจุดเดือดอยู่ในช่วง 36-292 องศาเซลเซียส คาดว่าจะสามารถเคลือบผิวของอนุภาคตัวเติม และทำให้ตัวเติมกระจายตัวไม่รวมกันเป็นกลุ่ม

ทดลองขึ้นรูปโพลีโพรพิลีนชนิดโฮโมโพลีเมอร์ ผสมกับทัลค์จากประเทศจีน ร้อยละ 3 โดยน้ำหนัก และผสมพาราฟินเหลวในปริมาณ 0.5, 2 และ 5 ซ่อนใต้ ขึ้นรูปด้วยเครื่องรีดพลาสติกแบบสกรูเดี่ยว โดยไม่ใส่ตะแกรงระหว่างสกรูกับดายน์ สภาวะการขึ้นรูป คือ อุณหภูมิสกรู 230 องศาเซลเซียส อุณหภูมิดายน์ 230 องศาเซลเซียส และความเร็วรอบของสกรู 800 รอบ/นาที

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.6 แสดงลักษณะปรากฏของโพลิโพรพิลีน เมื่อผสมทัลค์จากประเทศจีน และพาราฟินเหลวในปริมาณต่าง ๆ ขึ้นรูปด้วยเครื่องรีดพลาสติกแบบสกรูเดี่ยว โดยไม่ใส่ตะแกรงระหว่างสกรูกับดายน์

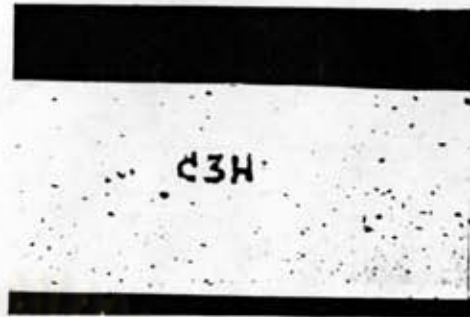
ลำดับ ที่	ค่าร้อยละของ อัตราส่วนประกอบ		ปริมาณ พาราฟิน เหลว (ช้อนโต๊ะ)	ลักษณะปรากฏ
	โพลิโพรพิลีน	ทัลค์ จากจีน		
1	97	3	0	พลาสติกที่รีดได้มีความทึบแสง ทัลค์รวมตัวเป็นกลุ่ม ขนาดประมาณ 0.5-1.5 มิลลิเมตร
2	97	3	0.5	สังเกตเห็นทัลค์รวมตัวเป็นกลุ่ม เช่นเดียวกับเมื่อไม่ได้ผสมพาราฟินเหลว มีสีเหลืองเล็กน้อย
3	97	3	2	เช่นเดียวกับลำดับที่ 2 แต่ผิวมีน้ำมันลื่นกว่า
4	97	3	5	เช่นเดียวกับลำดับที่ 2 แต่ผิวมีน้ำมันลื่นกว่า

ข.7 ลักษณะปรากฏของโพลิโพรพิลีนผสมทัลค์ ภายหลังจากการอบที่อุณหภูมิ 230 องศาเซลเซียส ขึ้นรูปด้วยเครื่องรีดพลาสติกแบบสกรูเดี่ยว

ทดลองขึ้นรูปโพลิโพรพิลีนชนิดโฮโมโพลิเมอร์ ผสมกับทัลค์จากประเทศจีน ประเทศญี่ปุ่น และประเทศไทย ในปริมาณร้อยละ 3 โดยน้ำหนัก โดยทำการอบทัลค์ที่อุณหภูมิ 230 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วจึงนำมาทำการขึ้นรูปด้วยเครื่องรีดพลาสติกแบบสกรูเดี่ยว โดยไม่ใส่ตะแกรงระหว่างสกรูกับดาบั้น สภาวะการขึ้นรูป คือ อุณหภูมิสกรู 230 องศาเซลเซียส อุณหภูมิดาบั้น 230 องศาเซลเซียส และความเร็วรอบของสกรู 800 รอบ/นาที

ตารางที่ ข.7 แสดงลักษณะปรากฏของโพลิโพรพิลีน ที่ผสมทัลค์ปริมาณร้อยละ 3 โดยน้ำหนัก ที่ได้ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 230 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ทำการขึ้นรูปด้วยเครื่องรีดพลาสติกแบบสกรูเดี่ยว ที่อุณหภูมิ 230 องศาเซลเซียส ความเร็วรอบของสกรู 800 รอบ/นาที

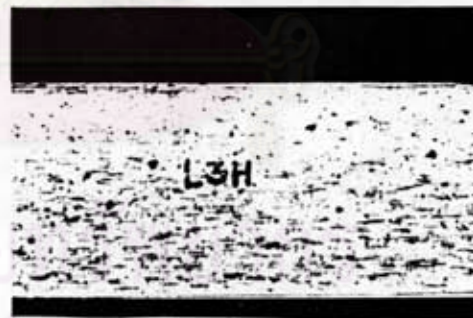
ลำดับที่	แหล่งที่มาของทัลค์	ค่าร้อยละของอัตราส่วนประกอบ		ลักษณะปรากฏ
		โพลิโพรพิลีน	ทัลค์	
1	-	100	0	พลาสติกที่ขึ้นรูปได้โปร่งแสง ผิวเรียบ
2	จีน	97	3	ลักษณะเช่นเดียวกับเมื่อทำการผสมด้วยทัลค์ที่มีได้ผ่านการอบ แต่สีเหลืองมากขึ้น (รูปที่ ข.6ก)
3	ญี่ปุ่น	97	3	ลักษณะเช่นเดียวกับเมื่อทำการผสมด้วยทัลค์ที่มีได้ผ่านการอบ แต่สีเหลืองมากขึ้น (รูปที่ ข.6ข)
4	ไทย	97	3	ลักษณะเช่นเดียวกับเมื่อทำการผสมด้วยทัลค์ที่มีได้ผ่านการอบ แต่สีคล้ำมากขึ้น (รูปที่ ข.6ค)



ก



ข



ค

ศูนย์วิจัย
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ ข.6 แสดงลักษณะปรากฏของโพลีโพรพิลีน ผสมทัลค์ร้อยละ 3 โดยน้ำหนัก ทัลค์ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 230 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ทำการขึ้นรูปด้วยเครื่องรีดพลาสติกแบบสกรูเดียว โดยไม่มีตะแกรงระหว่างสกรูกับดายน

- (ก) โพลีโพรพิลีนผสมทัลค์จากประเทศจีน
- (ข) โพลีโพรพิลีนผสมทัลค์จากประเทศญี่ปุ่น
- (ค) โพลีโพรพิลีนผสมทัลค์จากประเทศไทย

ข.8 ลักษณะปรากฏของโพลิโพรพิลีนผสมทัลค์และไมกา ขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดขึ้นรูปพลาสติกแบบไฮโดรลิก

ทดลองขึ้นรูปโพลิโพรพิลีนชนิดโฮโมโพลีเมอร์ ผสมกับทัลค์จากประเทศจีน ญี่ปุ่น ไทย ทัลค์ในโพลิโพรพิลีนซึ่งผสมทัลค์สำเร็จรูป และไมกา โดยผสมให้มีปริมาณตัวเติม ร้อยละ 1, 2, 3, 4, 5, 10, 20, 30 และ 40 โดยน้ำหนัก ทำการ ขึ้นรูปโดยผสมโพลิโพรพิลีนกับตัวเติมให้เป็นเนื้อเดียวกัน ด้วยเครื่องผสมพลาสติกแบบ ลูกกลิ้ง แล้วอัดด้วยเครื่องอัดขึ้นรูปพลาสติกแบบไฮโดรลิก



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.8 แสดงลักษณะปรากฏของโพลีโพรพิลีนผสมตัวเติม ทัลค์และไมกา โดยผสมให้มีปริมาณตัวเติมร้อยละ 1, 2, 3, 4, 5, 10, 20, 30 และ 40 โดยน้ำหนัก ขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดขึ้นรูปพลาสติกแบบไฮโดรลิก

ลำดับ ที่	ชนิดตัวอย่าง	ลักษณะปรากฏ
1	โพลีโพรพิลีน (PP)	ตัวอย่างมีความโปร่งแสง
2	PP + ทัลค์จากจีน ปริมาณร้อยละ 1,2,3,4, 5,10,20,30,40 โดยน้ำหนัก	ตัวอย่างมีสีเทาดำ และมีความทึบแสงเพิ่มขึ้นเมื่อ ปริมาณทัลค์เพิ่มขึ้น ไม่สังเกตเห็นการรวมตัว เป็นกลุ่มของทัลค์
3	PP + ทัลค์จากญี่ปุ่นปริมาณ ร้อยละ 1,2,3,4,5,10 20,30,40 โดยน้ำหนัก	ตัวอย่างมีสีน้ำตาลเทา และมีความทึบแสงเพิ่ม ขึ้น เมื่อปริมาณทัลค์เพิ่มขึ้น ไม่สังเกตเห็นการ การรวมตัวเป็นกลุ่มของทัลค์
4	PP + ทัลค์จากไทยปริมาณ ร้อยละ 1,2,3,4,5,10 20,30,40, โดยน้ำหนัก	ตัวอย่างสีดำน้อยกว่ามีความทึบแสงเพิ่มขึ้น เมื่อ ปริมาณทัลค์เพิ่มขึ้น ไม่สังเกตเห็นการรวมตัว เป็นกลุ่มของทัลค์
5	PP + ทัลค์ในโพลีโพรพิลีน ซึ่งผสมทัลค์สำเร็จรูป โดย ให้มีปริมาณทัลค์ร้อยละ 1, 2,3,4,5,10,20,30,40 โดยน้ำหนัก	ตัวอย่างมีสีเทาอ่อน สีเข้มขึ้นและความทึบแสง เพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณทัลค์เพิ่มขึ้น ไม่สังเกตเห็น การรวมตัวของทัลค์ด้วยตาเปล่า
6	PP + ไมกาปริมาณร้อยละ 1,2,3,4,5,10,20, 30,40 โดยน้ำหนัก	ตัวอย่างมีสีน้ำตาลเข้ม มีความทึบแสงเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณทัลค์เพิ่มขึ้น ไม่สังเกตเห็นการรวมตัว เป็นกลุ่มของไมกาด้วยตาเปล่า

ภาคผนวก ค

โปรแกรมโพลีโนเมียล ฟิลิตติ้ง
(Polynomial Fitting Program)

ในการวิเคราะห์ข้อมูลความต้านทานแรงดึง ร้อยละการยืดตัวเมื่อขาด และความแข็ง ที่ได้จากการทดลอง ได้ใช้โปรแกรมโพลีโนเมียล ฟิลิตติ้ง ในการหาสมการโพลีโนเมียลที่ใกล้เคียง มีความน่าเชื่อถือมากที่สุด เพื่อใช้ในการเขียนกราฟด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปโลตัส

ตัวอย่าง สมการ โพลีโนเมียลที่สอดคล้องกับข้อมูลความต้านทานแรงดึง ณ จุดคราก ของโพลีโพรพิลีนผสมทัลค์จากประเทศจีน ขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดขึ้นรูปพลาสติกแบบไฮโดรลิก

ค่า X คือ ปริมาณทัลค์

ค่า Y คือ ความต้านทานแรงดึง ณ จุดคราก

$$\text{สมการ } Y = 334.7717 + 1.558716 X + (-0.1769104 X^2) \\ + (1.920223E-03 X^3)$$

ศูนย์วิจัยพลาสติก
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

THE BEST FITTING POLYNOMIAL EQUATION IS : $Y=A_0+A_1X + A_2X^2 + A_3X^3$

$A_0 = 334.7717$

$A_1 = 1.538716$

$A_2 = -.1769104$

$A_3 = 1.920223E-03$

THE COEFFICIENT OF DETERM. R^2 IS : .993

THE CORRELATION COEFFICIENT IS: .996

REAL X REAL Y MODEL Y RESIDUAL

REAL X	REAL Y	MODEL Y	RESIDUAL
0	335	334.771	.228
1	339	336.155	2.844
2	332	337.196	-5.197
3	338	337.907	.092
4	337	338.298	-1.299
5	343	338.382	4.617
10	333	334.588	-1.589
20	311	310.543	.456
30	274	274.159	-.16
40	237	236.958	.041

THE RESIDUAL SUM OF SQUARES IS: 60.924

THE RESIDUAL MEAN SQUARE IS: 10.154

THE STANDARD ERROR OF THE REGRESSION ESTIMATE: 3.1863

THE VALUE OF F IS : 1034.37

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```

10 * *****
20 *      POLYNOMIAL FITTING PROGRAM      *
30 * *****
40 *      developed by Orapin Chutivanichayakul      *
50 * *****
60 *

100 CLS:LOCATE 3,31:PRINT "POLYNOMIAL-FITTING"
110 LOCATE 5,9:PRINT "A PROGRAM FOR FITTING VARIOUS POLYNOMIAL EQUATIONS TO REAL DATA"
127 LOCATE 10,22:INPUT "FOR INTRODUCTION...PRESS <RETURN>";Q$:CLS
130 LOCATE 5,1:PRINT "THE PROGRAM ALLOWS THE USER TO ENTER A NUMBER OF X,Y DATA POINTS WHICH MAY BE
    FITTED BY LEAST SQUARES TO DIFFERENT POLYNOMIALS."
140 LOCATE 8,1:PRINT "THE COEFFICIENTS ARE PROVIDED ALONG WITH STATISTICS NECESSARY TO JUDGE HOW WELL
    THE EQUATION FITS THE DATA."
150 LOCATE 12,22:INPUT "PRESS RETURN TO CONTINUE";A$
161 DIM A(6,12),S(9),Z(12),C(6)
162 DIM X(100),Y(100)
163 CLS:LOCATE 3,1:PRINT "YOU MAY ENTER DATA IN EITHER OF THE FOLLOWING WAYS : "
164 LOCATE 4,5:PRINT "1. FROM THE KEYBOARD.":LOCATE 5,5:PRINT "2. FROM A PREVIOUSLY SAVED DISK FILE."

165 PRINT:PRINT:INPUT "WHICH MODE OF DATA ENTRY (1 OR 2) ";A$:A$=LEFT$(A$,1)
166 IF A$="1" OR A$="K" THEN GOTO 190
168 IF A$ <> "2" THEN PRINT:PRINT:PLEASE TYPE EITHER (1) OR (2) ":INPUT A$:GOTO 166
170 PRINT:INPUT "NAME OF TEXT FILE TO BE USED ";N$
172 OPEN N$ AS #1 LEN=20
173 FIELD #1,10 AS A$,10 AS B$
174 FOR I=1 TO LOF(1)/20
175 GET #1,I:X(I)=CVD(A$):Y(I)=CVD(B$):NEXT I
176 CLOSE #1:N=N-1
177 XM=0:YM=0:FOR T=1 TO N:IF X(T)>XM THEN XM=X(T)
178 IF Y(T)>YM THEN YM=Y(T)
179 NEXT
180 GOTO 292
190 CLS
200 INPUT "HOW MANY DATA POINTS ARE YOU GOING TO ENTER (AT LEAST 7 PLEASE) ";N
220 CLS : PRINT "IF YOU MAKE AN ERROR TYPE IN 'E' AND PRESS <RETURN>"
223 PRINT
225 PRINT "BECAUSE OF THE EXPONENTIATION REQUIRED IN THIS PROGRAM, ALL DATA SHOULD BE NORMALIZED
    TO NUMBERS BETWEEN -100 AND +100. PARTICULARLY IF YOU ARE FITTING HIGHER POLYNOMIALS."
226 PRINT :PRINT "NOTE... THERE IS NO LIMITATION AGAINST ZERO OR NEGATIVE NUMBERS IN THIS PROGRAM"
227 PRINT
230 FOR C=1 TO N      "ENTERING N DATA POINTS
240 PRINT "ENTER (X,Y) DATA POINT NUMBER 'C' ";:INPUT " ";X$,Y$
242 IF LEFT$(X$,1)="E" OR LEFT$(Y$,1)="E" THEN C=C-1:PRINT " ":GOTO 240
250 X=VAL(X$)
260 Y=VAL(Y$)
270 "---- if X or Y is to be transformed, put transform equations here ----
280 X(C)=X:Y(C)=Y
283 IF X>XM THEN XM=X
285 IF Y>YM THEN YM=Y
290 NEXT C
292 PRINT :INPUT "DO YOU NEED TO CORRECT ANY OF THE DATA (Y/N) ";Q$
294 IF LEFT$(Q$,1)="Y" THEN GOSUB 8000
300 CLS:PRINT "CALCULATING THE SUMS OF SQUARES FOR DATA...PLEASE STAND BY"
310 FOR C=1 TO N
320 Z(1)=Z(1)+X(C)
330 Z(2)=Z(2)+X(C)^2
340 Z(3)=Z(3)+X(C)^3

```



```

350 Z(4)=Z(4)+X(C)^4
360 Z(5)=Z(5)+X(C)^5
370 Z(6)=Z(6)+X(C)^6
380 Z(7)=Z(7)+X(C)^7
390 Z(8)=Z(8)+X(C)^8
400 Z(9)=Z(9)+X(C)^9
410 Z(10)=Z(10)+X(C)^10
420 S(1)=S(1)+Y(C)
430 S(2)=S(2)+X(C)*Y(C)
440 S(3)=S(3)+Y(C)*X(C)^2
450 S(4)=S(4)+Y(C)*X(C)^3
460 S(5)=S(5)+Y(C)*X(C)^4
470 S(6)=S(6)+Y(C)*X(C)^5
480 S(9)=S(9)+Y(C)^2
490 NEXT C
500 CLS:PRINT "THE FOLLOWING HOLYNOMIAL EQUATIOS MAY BY FITTED TO THE DATA : "
502 PRINT
503 PRINT "1. STRAIGHT LINE   Y = AO + A1*X"
504 PRINT
505 PRINT "2. QUADRATIC       Y = AO + A1*X + A2*X^2"
507 PRINT
510 PRINT "3. CUBIC              Y = AO + A1*X + A2*X^2 + A3*X^3"
515 PRINT
517 PRINT "4. QUARTIC            Y = AO + A1*X + A2*X^2 + A3*X^3 + A4*X^4"
-520 PRINT
525 PRINT "5. QUINTIC           Y = AO + A1*X + A2*X^2 + A3*X^3 + A4*X^4 + A5*X^5"
530 PRINT :INPUT "ENTER THE NUMBER OF THE EQUATION TO BE FITTED. ";R
540 IF R<2>M OR R>5 THEN PRINT "SORRY...THE ";R;" ORDER POLYNOMIAL CANNOT BE FITTED TO .....";N;"
    DATA POINTS ! ":GOTO 530
550 '---- setting matrix to zero ----
560 FOR I=1 TO 6
570 FOR J=1 TO 12
580 A(I,J)=0
590 NEXT J
600 NEXT I
610 '---- loading the matrix with the sums of squares ----
620 A(1,1)=M:A(1,2)=Z(1):A(2,1)=Z(1):A(2,2)=Z(2)
630 IF R=1 THEN GOTO 730
640 A(3,1)=Z(2):A(1,3)=Z(2):A(2,3)=Z(3):A(3,2)=Z(3):A(3,3)=Z(4)
650 IF R=2 THEN GOTO 730
660 A(4,1)=Z(3):A(1,4)=Z(3):A(2,4)=Z(4):A(4,2)=Z(4):A(3,4)=Z(5):A(4,3)=Z(5):A(4,4)=Z(6)
670 IF R=3 THEN GOTO 730
680 A(5,1)=Z(4):A(1,5)=Z(4):A(2,5)=Z(5):A(5,2)=Z(5):A(3,5)=Z(6):A(5,3)=Z(6):A(4,5)=Z(7):A(5,4)=Z(7):
A(5,5)=Z(8)
690 IF R=4 THEN GOTO 730
700 A(6,1)=Z(5):A(1,6)=Z(5):A(2,6)=Z(6):A(6,2)=Z(6):A(3,6)=Z(7):A(6,3)=Z(7):A(4,6)=Z(8):A(6,4)=Z(8)
710 A(5,6)=Z(9):A(6,5)=Z(9):A(6,6)=Z(10)
720 '---- setting up the identity matrix needed for inversion ----
730 M=R+1
740 FOR I=1 TO M
750 A(I,I+M)=1
760 NEXT I
770 IF PF=0 THEN PRINT:PRINT:PRINT "CURVE FITTING CALCULATIONS IN PROGRESS."
780 '---- inversion of matrix..... ----
790 FOR T=1 TO M
800 FOR B=1 TO M
810 F(B)=A(B,T)
820 NEXT B
830 FOR J=T TO 2*M
840 A(I,J)=A(I,J)/F(T)

```

```

850 NEXT J
860 IF T=M THEN GOTO 930
870 C=T+1
880 FOR I=C TO M
890 FOR J=1 TO 2*M
900 A(I,J)=A(I,J)-A(T,J)*F(I)
910 NEXT J
920 NEXT I
930 NEXT T
940 FOR I=M TO 2 STEP -1
950 FOR B=M TO 1 STEP -1
960 F(B)=A(I-1,B)
970 NEXT B
980 FOR B=M TO 1 STEP -1
990 FOR J=1 TO 2*M
1000 A(I-1,J)=A(I-1,J)-A(B,J)*F(B)
1010 NEXT J
1020 NEXT B
1030 NEXT I
1040 FOR I=1 TO M
1050 FOR J=M+1 TO 2*M
1060 K=J-M
1070 A(I,K)=A(I,J)
1080 NEXT J
1090 NEXT I
1100 '---- multiplication of mat c=a*s ----
1110 FOR I=1 TO 6
1120 C(I)=0
1130 NEXT I
1140 FOR I=1 TO M
1150 FOR J=1 TO M
1160 C(I)=C(I)+A(I,J)*S(J)
1170 NEXT J
1180 NEXT I
1182 IF PF=0 THEN GOTO 1187
1183 PRINT :PRINT "THE BEST FITTING POLYNOMIAL EQUATION IS:"
1184 PRINT " Y=A0+A1*X ";:IF R>1 THEN PRINT "+ A2*X^2 ";:IF R>2 THEN PRINT "+ A3*X^3 ";:IF R>3 THEN
PRINT "+ A4*X^4 ";:IF R>4 THEN PRINT "+ A5*X^5";
1185 PRINT " :GOTO 1200
1187 CLS
1190 PRINT "FOLLOWING ARE THE COEFFICIENTS OF THE POLYNOMIAL OF ORDER ";R
1195 PRINT
1200 PRINT "A0 = ";C(1):A0(R)=INT(C(1)*10000)/10000
1205 PRINT
1210 PRINT "A1 = ";C(2):A1(R)=INT(C(2)*10000)/10000
1215 PRINT
1220 IF R >1.5 THEN PRINT "A2 = ";C(3):A2(R)=INT(C(3)*10000)/10000
1225 PRINT
1230 IF R >2.5 THEN PRINT "A3 = ";C(4):A3(R)=INT(C(4)*10000)/10000
1235 PRINT
1240 IF R >3.5 THEN PRINT "A4 = ";C(5):A4(R)=INT(C(5)*10000)/10000
1245 PRINT
1250 IF R >4.5 THEN PRINT "A5 = ";C(6):A5(R)=INT(C(6)*10000)/10000
1255 PRINT
1260 R2=C(1)*S(1)+C(2)*S(2)+C(3)*S(3)+C(4)*S(4)+C(5)*S(5)+C(6)*S(6)-(S(1)^2)/N
1270 R2=R2/(S(7)-(S(1)^2)/N)
1280 IF R2<0 THEN CR=0 ELSE CR=SQR(R2)
1290 PRINT "THE COEFFICIENT OF DETERM., R^2 IS ";INT (R2*1000)/1000
1295 PRINT
1300 PRINT "THE CORRELLATION COEFFICIENT IS:";INT (CR*1000)/1000
1310 CR(R)=INT(CR*1000)/1000

```

```

1312 IF PF=1 THEN GOTO 1330
1315 PRINT
1320 INPUT "TO COMPARE REAL DATA WITH MODEL DATA ....PRESS <RETURN>";Q$:CLS
1330 PRINT :PRINT "REAL X REAL Y MODEL Y -RESIDUAL":PRINT
1340 D2=0
1350 FOR C=1 TO N
1360 Y1=C(1)+C(2)*X(C)+C(3)*X(C)^2+C(4)*X(C)^3+C(5)*X(C)^4+C(6)*X(C)^5
1370 D=Y(C)-Y1
1380 D2=D2+D^2
1390 PRINT X(C);:PRINT TAB(8) Y(C);:PRINT TAB(18) INT(Y1*1000)/1000;:PRINT TAB(32) INT(D*1000)/1000
1400 NEXT C
1405 PRINT :PRINT
1407 IF PF=1 THEN GOTO 1420
1410 INPUT "FOR ADDITIONAL STATISTICS..PRESS RETURN";Q$
1415 CLS
1420 PRINT "THE RESIDUAL SUM OF SQUARES IS:";INT(D2*1000)/1000
1430 RM(R)=INT(D2*1000/(N-M))/1000
1435 PRINT
1440 PRINT :PRINT "THE RESIDUAL MEAN SQUARE IS:";RM(R)
1450 PRINT :PRINT "THE STANDARD ERROR OF THE REGRESSION ESTIMATE:";INT(SQR(RM(R))*10000)/10000
1455 PRINT
1460 F=R2*(S(9)-(S(1)^2)/N)/(D2/(N-M))
1470 PRINT :PRINT "THE VALUE OF F IS:";INT(F*100)/100
1480 VF(R)=INT(F*100)/100
1485 PRINT:PRINT:INPUT "DO YOU WANT HARD-COPY OF THE STATISTICS ON THE BEST FITTING MODEL (Y/N) ";Q$
1487 IF LEFT$(Q$,1)="Y" THEN GOSUB 8000
1490 PRINT:INPUT "DO YOU WANT TO FIT ADDITIONAL EQUATIONS (Y OR N) ";Q$
1500 IF LEFT$(Q$,1)="Y" THEN GOTO 500
1545 CLS
1550 PRINT "SUMMARY OF CURVE FITTING RESULTS"
1560 PRINT :PRINT "EQUATION F VALUE"
1570 PRINT :PRINT "1. STR.LINE "; INT(VF(1))
1575 PRINT :PRINT "2. QUADRATIC "; INT(VF(2))
1580 PRINT :PRINT "3. CUBIC "; INT(VF(3))
1585 PRINT :PRINT "4. QUARTIC "; INT(VF(4))
1590 PRINT :PRINT "5. QUINTIC "; INT(VF(5))
1630 PRINT:PRINT "SUMMARY OF RESULTS OF FITTING POLYNOMIAL EQUATIONS TO A SET OF DATA:"
1640 PRINT :PRINT TAB(10);"LINE";TAB(25);"QUADRATIC";TAB(40);"CUBIC";TAB(55);"QUARTIC";TAB(70);"QUIN-
TIC"
1645 PRINT :PRINT "A0";TAB(10);A0(1);TAB(25);A0(2);TAB(40);A0(3);TAB(55);A0(4);TAB(70);A0(5)
1650 PRINT "A1";TAB(10);A1(1);TAB(25);A1(2);TAB(40);A1(3);TAB(55);A1(4);TAB(70);A1(5)
1655 PRINT "A2";TAB(25);A2(2);TAB(40);A2(3);TAB(55);A2(4);TAB(70);A2(5)
1660 PRINT "A3";TAB(40);A3(3);TAB(55);A3(4);TAB(70);A3(5)
1665 PRINT "A4";TAB(55);A4(4);TAB(70);A4(5)
1670 PRINT "A5";TAB(70);A5(5)
1675 PRINT
1680 PRINT "R";TAB(10);RC(1);TAB(25);RC(2);TAB(40);RC(3);TAB(55);RC(4);TAB(70);RC(5)
1685 PRINT
1690 PRINT "F";TAB(10);VF(1);TAB(25);VF(2);TAB(40);VF(3);TAB(55);VF(4);TAB(70);VF(5)
1695 PRINT
1700 PRINT "RMS";TAB(10);RM(1);TAB(25);RM(2);TAB(40);RM(3);TAB(55);RM(4);TAB(70);RM(5)
1715 PRINT:PRINT:INPUT "DO YOU WANT HARD-COPY OF THE SUMMARY EQUATION THAT FITTING MODEL (Y/N) ";Q$
1720 IF LEFT$(Q$,1)="Y" THEN GOSUB 9000
1725 PRINT:INPUT "DO YOU WANT TO SAVE YOUR DATA IN A TEXT FILE (Y/N) ";Q$
1726 IF LEFT$(Q$,1)="Y" THEN GOSUB 7000
1728 PRINT:PRINT :INPUT "DO YOU WANT TO FIT ANOTHER SET OF DATA (Y/N) ";Q$:IF LEFT$(Q$,1)="Y" THEN C
LS:RUN 161
1729 PRINT :PRINT "HOPE FOLYFIT WAS USEFUL.....PROGRAM START POINTER RESET TO STANDARD LOCATION.";EN
D

```

```

5999 '---- correct routine ----
6000 PRINT:INPUT "WHICH DATA POINT NUMBER DO YOU WANT TO CHANGES ";AN
6005 IF (AN > N) OR (AN < 0) THEN PRINT ";;PRINT " THAT NUMBER DOESN'T EXIST IN YOUR FILE. TRY AGAI
N.":GOTO 6000
6007 PRINT:PRINT "CURRENT VALUES FOR DATA POINT NUMBER "AN" ARE "X(AN)", "Y(AN)".
6010 PRINT "ENTER NEW X AND Y VALUES FOR DATA POINT NUMBER ";AN;:INPUT X(AN),Y(AN)
6020 PRINT:INPUT "MORE CORRECTIONS ? (Y/N) ";AN$
6030 IF LEFT$(AN$,1)="Y" THEN 6000
6040 RETURN
6999 '---- save data in text file ----
7000 CLS:LOCATE 2,5:INPUT "ENTER NAME OF NEW FILE ";N$
7015 OPEN N$ AS #2 LEN=20
7020 FIELD #2,10 AS A$,10 AS B$
7030 FOR I = 1 TO N
7040 LSET A$=MKD$(X(I))
7050 LSET B$=MKD$(Y(I))
7060 PUT #2,1
7070 NEXT I
7080 CLOSE #2
7090 RETURN
8000 '---- print report ----
8010 WIDTH "LPT1:",240:LPRINT CHR$(15):LPRINT :LPRINT "THE BEST FITTING POLYNOMIAL EQUATION IS : ";
8020 LPRINT " Y=A0+A1*X ";:IF R>1 THEN LPRINT "+ A2*X^2 ";:IF R>2 THEN LPRINT "+ A3*X^3 ";:IF R>3 TH
EN LPRINT "+ A4*X^4 ";:IF R>4 THEN LPRINT "+ A5*X^5"
8030 LPRINT:LPRINT:LPRINT "A0 = ";C(1)
8040 LPRINT
8050 LPRINT "A1 = ";C(2)
8060 LPRINT
8070 IF R >1.5 THEN LPRINT "A2 = ";C(3)
8080 LPRINT
8090 IF R >2.5 THEN LPRINT "A3 = ";C(4)
8100 LPRINT
8110 IF R >3.5 THEN LPRINT "A4 = ";C(5)
8120 LPRINT
8130 IF R >4.5 THEN LPRINT "A5 = ";C(6)
8140 LPRINT "THE COEFFICIENT OF DETERM.,R^2 IS :";INT (R2*1000)/1000
8150 LPRINT
8160 LPRINT "THE CORRELLATION COEFFICIENT IS:";INT (CR*1000)/1000
8170 LPRINT :LPRINT "REAL X REAL Y MODEL Y RESIDUAL":LPRINT
8180 D2=0
8190 FOR C=1 TO N
8200 Y1=C(1)+C(2)*X(C)+C(3)*X(C)^2+C(4)*X(C)^3+C(5)*X(C)^4+C(6)*X(C)^5
8210 D=Y(C)-Y1
8220 D2=D2+D^2
8230 LPRINT X(C);:LPRINT TAB(8) Y(C);:LPRINT TAB(18) INT(Y1*1000)/1000;:LPRINT TAB(32) INT(D*1000)/1
000
8240 NEXT C
8250 LPRINT :LPRINT
8260 LPRINT "THE RESIDUAL SUM OF SQUARES IS:";INT(D2*1000)/1000
8270 RM(R)=INT(D2*1000/(N-M))/1000
8280 LPRINT :LPRINT "THE RESIDUAL MEAN SQUARE IS:";RM(R)
8290 LPRINT :LPRINT "THE STANDARD ERROR OF THE REGRESSION ESTIMATE:";INT(SQR(RM(R))*10000)/10000
8300 LPRINT
8310 F=R2*(S(9)-(S(1))^2/N)/(D2/(N-M))
8320 LPRINT :LPRINT "THE VALUE OF F IS :";INT(F*100)/100
8330 LPRINT CHR$(12):RETURN
9000 '---- print summary report ----
9010 WIDTH "LPT1:",240:LPRINT CHR$(15):LPRINT "SUMMARY OF CURVE FITTING RESULTS"
9020 LPRINT :LPRINT "EQUATION F VALUE"
9030 LPRINT :LPRINT "1. SER.LINE "; INT(VF(1))

```

```

9040 LPRINT :LPRINT *2. QUADRATIC      *; INT(VF(2))
9050 LPRINT :LPRINT *3. CUBIC          *; INT(VF(3))
9060 LPRINT :LPRINT *4. QUARTIC       *; INT(VF(4))
9070 LPRINT :LPRINT *5. QUINTIC      *; INT(VF(5))
9080 LPRINT:LPRINT *SUMMARY OF RESULTS OF FITTING POLYNOMIAL EQUATIONS TO A SET OF DATA:*
9090 LPRINT :LPRINT TAB(10);"LINE";TAB(25);"QUADRATIC";TAB(40);"CUBIC";TAB(55);"QUARTIC";TAB(70);"QU
INTIC"
9100 LPRINT :LPRINT "A0";TAB(10);A0(1);TAB(25);A0(2);TAB(40);A0(3);TAB(55);A0(4);TAB(70);A0(5)
9110 LPRINT "A1";TAB(10);A1(1);TAB(25);A1(2);TAB(40);A1(3);TAB(55);A1(4);TAB(70);A1(5)
9120 LPRINT "A2";TAB(25);A2(2);TAB(40);A2(3);TAB(55);A2(4);TAB(70);A2(5)
9130 LPRINT "A3";TAB(40);A3(3);TAB(55);A3(4);TAB(70);A3(5)
9140 LPRINT "A4";TAB(55);A4(4);TAB(70);A4(5)
9150 LPRINT "A5";TAB(70);A5(5)
9160 LPRINT
9170 LPRINT "R";TAB(10);RC(1);TAB(25);RC(2);TAB(40);RC(3);TAB(55);RC(4);TAB(70);RC(5)
9180 LPRINT
9190 LPRINT "F";TAB(10);VF(1);TAB(25);VF(2);TAB(40);VF(3);TAB(55);VF(4);TAB(70);VF(5)
9200 LPRINT
9210 LPRINT "RMS";TAB(10);RM(1);TAB(25);RM(2);TAB(40);RM(3);TAB(55);RM(4);TAB(70);RM(5)
9220 LPRINT CHR$(12):RETURN

```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง

สมบัติของทัลค์ที่ใช้ในการวิจัย

ทัลค์ที่ใช้ในการวิจัยได้เลือกมาจากในท้องตลาด และนำมาใช้โดยไม่มี การ ตกแต่ง เช่น การเคลือบผิว การฟอก ฯลฯ สมบัติของทัลค์ทั้ง 3 แหล่ง คือ ทัลค์จาก ประเทศจีน ญี่ปุ่น และไทย จึงแตกต่างกัน ดังรายละเอียดการวิเคราะห์ คือ

ง.1 ความขาวสว่าง

ทัลค์จากประเทศจีน มีความขาวสว่างสูงที่สุด คือ 83.83 รองลงมาคือทัลค์ จากประเทศญี่ปุ่น มีความขาวสว่าง 81.83 ในขณะที่ทัลค์จากประเทศไทยมีความขาว สว่างเพียง 50.0 เท่านั้น (ตารางที่ 3.2) ทั้งนี้เนื่องจากองค์ประกอบทางเคมีที่ ต่างกัน คือ ทัลค์จากประเทศจีนมีปริมาณเฟอร์รัสไทรออกไซด์ (Fe_2O_3) ประกอบด้วย ร้อยละ 0.20 ซึ่งต่ำที่สุด รองลงมา คือ ทัลค์จากประเทศญี่ปุ่น ซึ่งมีปริมาณเฟอร์รัส ไทรออกไซด์ประกอบด้วยร้อยละ 0.73 ในขณะที่ทัลค์จากประเทศไทยมีปริมาณเฟอร์รัส ไทรออกไซด์อยู่สูงถึง ร้อยละ 8.19 จึงทำให้ทัลค์จากประเทศไทยมีสีคล้ำกว่าทัลค์อีก 2 แหล่ง และทำให้ตัวอย่างที่ทำการขึ้นรูปโดยการผสมตัวเติมเหล่านี้มีสีคล้ำแตกต่างกันด้วย

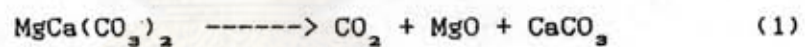
ง.2 สารเจือปนในทัลค์

พิจารณาโดยการวิเคราะห์ 2 วิธี คือการวิเคราะห์ด้วยเครื่องเอกซเรย์ ดิฟแฟรกชัน และวิเคราะห์สมบัติทางความร้อน ด้วยเครื่องวิเคราะห์เทอร์มัล ดิฟเฟอเรนเชียล และเครื่องวิเคราะห์เทอร์มัลกราฟิเมตริก

ง.2.1 วิเคราะห์ด้วยเครื่องเอกซเรย์ดิฟแฟรกชัน

เมื่อทำการเปรียบเทียบกราฟเอกซเรย์ดิฟแฟรกชัน ของทัลค์ทั้ง 3 ชนิด (รูปที่ 3.11-3.13) ปรากฏว่า ทัลค์ทั้ง 3 ชนิดมี ส่วนประกอบหลักเป็นทัลค์ โดยมีสูตรเคมี คือ $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$ มีชื่อทางเคมี คือ ทัลค์ (Talc) โดยมีชื่อทั่วไปว่า แมกนีเซียม ซิลิเกต ไฮดรอกไซด์ (Magnesium Silicate Hydroxide) และมีสารเจือปน ซึ่งได้แก่ โดโลไมต์ (dolomite: $MgCa(CO_3)_2$) และแคลไซต์ (calcite: $CaCO_3$) ประกอบอยู่ โดยที่ทัลค์จากประเทศไทยมีสารเจือปนอยู่มากที่สุดในขณะที่ทัลค์จากประเทศจีนมีสารเจือปนต่ำที่สุด

โดโลไมต์จะเกิดการสลายตัว ที่อุณหภูมิประมาณ 450-900 องศาเซลเซียส เกิดเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และแคลไซต์ โดยปฏิกิริยาจะเกิดอย่างช้า ๆ ในช่วงอุณหภูมิประมาณ 450-620 องศาเซลเซียส แล้วจะเกิดอย่างรวดเร็วต่อไปจนถึง 900 องศาเซลเซียส ดังปฏิกิริยา คือ (21)



แคลไซต์จะทำปฏิกิริยากับแมกนีเซียมออกไซด์ต่อไป ได้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ดังปฏิกิริยา คือ



ง.2.2 สมบัติทางความร้อน

เมื่อพิจารณากราฟแสดงสมบัติทางความร้อน ของทัลค์ทั้ง 3 แห่ง (รูปที่ 3.5-3.10) ซึ่งวิเคราะห์ด้วยเครื่องวิเคราะห์เทอร์มัลดิฟเฟอเรนเชียล และเครื่องวิเคราะห์เทอร์มัลกราวิเมตริก ปรากฏว่ากราฟของทัลค์จากประเทศจีนและประเทศญี่ปุ่นมีลักษณะคล้ายคลึงกัน แต่ทัลค์จากประเทศไทยมีลักษณะที่แตกต่างออกไป คือ ทัลค์จากประเทศไทยมีการดูดกลืนความร้อน และน้ำหนักลดลง 2 ช่วง คือในช่วงอุณหภูมิ

ประมาณ อุณหภูมิห้อง-100 องศาเซลเซียส ซึ่งโมเลกุลของน้ำแยกตัวออกไป และที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส ขึ้นไป ซึ่งเป็นช่วงอุณหภูมิที่กลุ่มไฮดรอกซิล (hydroxyl group) ในโครงสร้างได้แยกตัวออกไป และเป็นช่วงอุณหภูมิที่ทำให้ โดโลไมต์ และ แคลไซต์ เกิดการสลายตัว ได้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ดังสมการ (1) และ (2) ส่วนที่ลค์จากประเทศจีนและประเทศญี่ปุ่น มีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักที่อุณหภูมิประมาณ 500 องศาเซลเซียส ขึ้นไป (22)



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก จ

การคำนวณความต้านทานแรงดึง σ จุดคราก และการยึดตัวเมื่อขาด

จ.1 คำนวณความต้านทานแรงดึง σ จุดคราก ของโพลิโพรพิลีนผสมตัวเติมทัลค์และไมกา

ความต้านทานแรงดึง σ จุดคราก สามารถคำนวณได้จากสมการ (2.2)

$$\sigma_y = \sigma_{y0} \left[1 - (\phi_2 / \phi_m)^{2/3} \right] \quad (2.2)$$

เมื่อ σ_y คือ ความเค้น ณ จุดครากของโพลิเมอร์ผสมตัวเติมชนิดแข็ง

σ_{y0} คือ ความเค้น ณ จุดครากของโพลิเมอร์

ϕ_2 คือ สัดส่วนของตัวเติมโดยปริมาตร

ϕ_m คือ สัดส่วนการรวมตัวสูงสุด (maximum packing fraction) ของอนุภาคตัวเติม โดยเปรียบเทียบระหว่างปริมาตรที่แท้จริงของตัวเติม กับปริมาตรปรากฏของตัวเติมที่อัดแน่น เมื่อน้ำหนักเท่ากัน

ตารางที่ จ.1 การคำนวณค่าสัดส่วนการรวมตัวสูงสุดของทัลค์และไมกาที่ใช้ในการทดลอง

EXPERIMENTAL FOR MAXIMUM VOLUME FRACTION OF FILLER

FILLER	DENSITY	CYLINDER WT. (1)	CYLINDER+FILLER (2)	FILLER WT. (3)=(1)-(2)	FILLER VOL. (cu.cm)=(4)	V=M/D V=(3)/D=(5)	MAX.VOL.FRACT. $\phi_m=(5)/(4)$
TALC:CHINA	2.7500	28.1513	29.4250	1.2737	1.4500	0.4632	0.3194
TALC:JAPAN	2.7400	27.3312	28.6589	1.3277	1.4000	0.4846	0.3461
TALC:THAI	2.6700	27.3264	29.1545	1.8281	1.6000	0.6847	0.4279
MICA	2.9400	27.3325	28.2726	0.9401	1.4900	0.3198	0.2146

ตารางที่ ๑.๒ ความต้านทานแรงดึง ณ จุดคราก ของโพลิโพรพิลีนผสมทัลค์
ขึ้นรูปด้วยเครื่องรีดพลาสติกแบบสกรูเดี่ยว

PP + TALC FROM CHINA

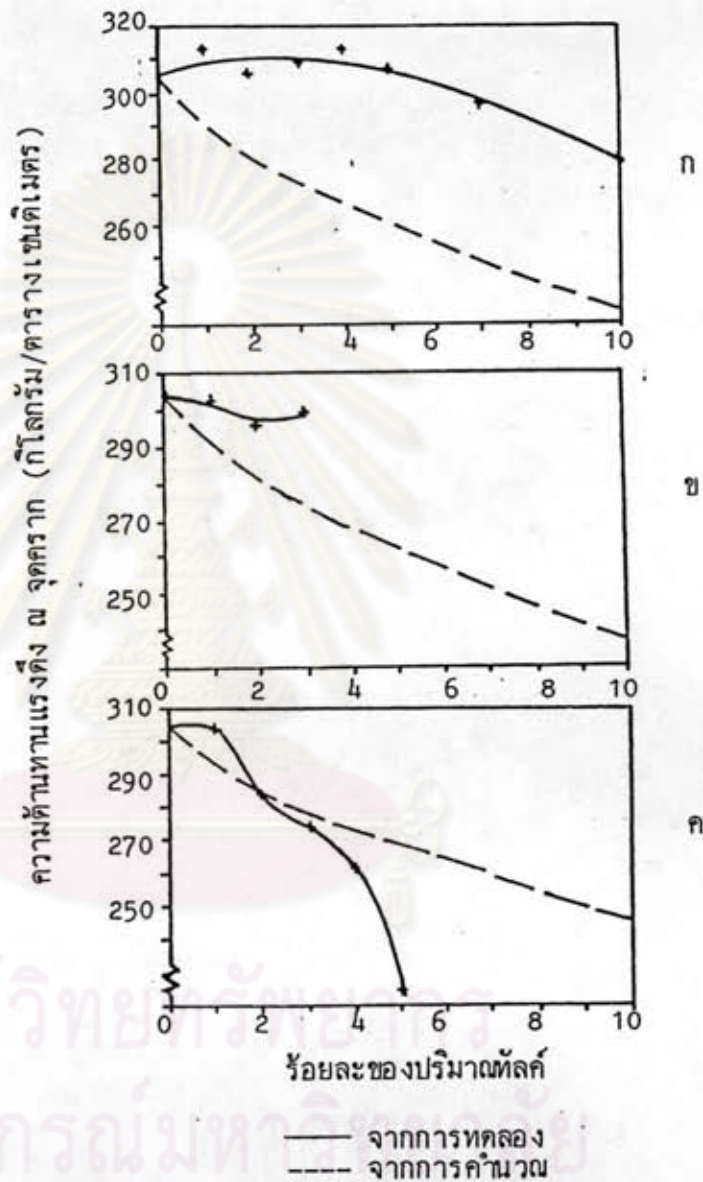
(Z BY WT.)		VOL.=M/D		V=V1+V2	$\phi_2=V2/V$	$(\phi_2/\phi_M)E+2/3$	TENSILE ST. AT YIELD
PP (M1)	CT (M2)	PP (V1=M1/0.91)	CT (V2=M2/2.75)				(TSY0=304)
100.0000	0.0000	109.8901	0.0000	109.8901	0.0000	0.0000	304.0000
99.0000	1.0000	108.7912	0.3636	109.1548	0.0033	0.0477	289.4878
98.0000	2.0000	107.6923	0.7273	108.4196	0.0067	0.0761	280.8593
97.0000	3.0000	106.5934	1.0909	107.6843	0.0101	0.1002	273.5392
96.0000	4.0000	105.4945	1.4545	106.9491	0.0136	0.1219	266.9305
95.0000	5.0000	104.3956	1.8182	106.2138	0.0171	0.1422	260.7863
93.0000	7.0000	102.1978	2.5455	104.7433	0.0243	0.1796	249.4146
90.0000	10.0000	98.9011	3.6364	102.5375	0.0355	0.2310	233.7726

PP + TALC FROM JAPAN

(Z BY WT.)		VOL.=M/D		V=V1+V2	$\phi_2=V2/V$	$(\phi_2/\phi_M)E+2/3$	TENSILE ST. AT YIELD
PP (M1)	JT (M2)	PP (V1=M1/0.91)	JT (V2=M2/2.75)				(TSY0=304)
100.0000	0.0000	109.8901	0.0000	109.8901	0.0000	0.0000	304.0000
99.0000	1.0000	108.7912	0.3650	109.1562	0.0033	0.0454	290.2108
98.0000	2.0000	107.6923	0.7299	108.4222	0.0067	0.0723	282.0123
97.0000	3.0000	106.5934	1.0949	107.6883	0.0102	0.0952	275.0572

PP + TALC FROM THAI

(Z BY WT.)		VOL.=M/D		V=V1+V2	$\phi_2=V2/V$	$(\phi_2/\phi_M)E+2/3$	TENSILE ST. AT YIELD
PP (M1)	LT (M2)	PP (V1=M1/0.91)	LT (V2=M2/2.75)				(TSY0=304)
100.0000	0.0000	109.8901	0.0000	109.8901	0.0000	0.0000	304.0000
99.0000	1.0000	108.7912	0.3745	109.1657	0.0034	0.0401	291.8219
98.0000	2.0000	107.6923	0.7491	108.4414	0.0069	0.0639	284.5824
97.0000	3.0000	106.5934	1.1236	107.7170	0.0104	0.0841	278.4419
96.0000	4.0000	105.4945	1.4981	106.9926	0.0140	0.1023	272.8989
95.0000	5.0000	104.3956	1.8727	106.2683	0.0176	0.1193	267.7466



รูปที่ จ.1 กราฟเปรียบเทียบความต้านทานแรงดึง ณ จุดคราก ของโพลิโพรพิลีนผสมท่อนจากประเทศจีน ญี่ปุ่น และไทย ซึ่งรูปด้วยเครื่องรีดพลาสติกแบบสกรูเดียว กับค่าจากการคำนวณ

(ก) โพลิโพรพิลีนผสมท่อนจากจีน

(ข) โพลิโพรพิลีนผสมท่อนจากญี่ปุ่น

(ค) โพลิโพรพิลีนผสมท่อนจากไทย



ตารางที่ จ.3 ความต้านทานแรงดึง ณ จุดคราก ของโพลีโพรพิลีนผสมทัลค์ และไมกา ขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดขึ้นรูปพลาสติกแบบไฮโดรลิก

PP + TALC FROM CHINA

(X BY WT.)		VOL.=M/D		V=V1+V2	$\phi_2=V2/V$	$(\phi_2/\phi_1)E+2/3$	TENSILE ST. AT YIELD
PP (M1)	CT (M2)	PP (V1=M1/0.91)CT (V2=M2/2.75)					(TSY0=335)
100.0000	0.0000	109.8901	0.0000	109.8901	0.0000	0.0000	335.0000
99.0000	1.0000	108.7912	0.3636	109.1548	0.0033	0.0477	319.0079
98.0000	2.0000	107.6923	0.7273	108.4196	0.0067	0.0761	309.4995
97.0000	3.0000	106.5934	1.0909	107.6843	0.0101	0.1002	301.4330
96.0000	4.0000	105.4945	1.4545	106.9491	0.0136	0.1219	294.1503
95.0000	5.0000	104.3956	1.8182	106.2138	0.0171	0.1422	287.3797
90.0000	10.0000	98.9011	3.6364	102.5375	0.0355	0.2310	257.6112
80.0000	20.0000	87.9121	7.2727	95.1848	0.0764	0.3854	205.9054
70.0000	30.0000	76.9231	10.9091	87.8322	0.1242	0.5328	156.5247
60.0000	40.0000	65.9341	14.5455	80.4795	0.1807	0.6841	105.8168

PP + TALC FROM JAPAN

(X BY WT.)		VOL.=M/D		V=V1+V2	$\phi_2=V2/V$	$(\phi_2/\phi_1)E+2/3$	TENSILE ST. AT YIELD
PP (M1)	JT (M2)	PP (V1=M1/0.91)JT (V2=M2/2.75)					(TSY0=335)
100.0000	0.0000	109.8901	0.0000	109.8901	0.0000	0.0000	335.0000
99.0000	1.0000	108.7912	0.3650	109.1562	0.0033	0.0454	319.8046
98.0000	2.0000	107.6923	0.7299	108.4222	0.0067	0.0723	310.7701
97.0000	3.0000	106.5934	1.0949	107.6883	0.0102	0.0952	303.1058
96.0000	4.0000	105.4945	1.4599	106.9544	0.0136	0.1159	296.1864
95.0000	5.0000	104.3956	1.8248	106.2204	0.0172	0.1351	289.7535
90.0000	10.0000	98.9011	3.6496	102.5507	0.0356	0.2195	261.4723
80.0000	20.0000	87.9121	7.2993	95.2114	0.0767	0.3661	212.3585
70.0000	30.0000	76.9231	10.9489	87.8720	0.1246	0.5061	165.4658
60.0000	40.0000	65.9341	14.5985	80.5326	0.1813	0.6498	117.3282

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ๖.๓ (ต่อ)

PP + TALC FROM THAI

(X BY WT.)		VOL.=M/D		V=V1+V2	$\phi_2=V2/V$	$\phi_2/(\phi_1)E+2/3$	TENSILE ST. AT YIELD
PP (M1)	LT (M2)	PP (V1=M1/0.91)LT (V2=M2/2.75)					(TSY0=335)
100.0000	0.0000	109.8901	0.0000	109.8901	0.0000	0.0000	335.0000
99.0000	1.0000	108.7912	0.3745	109.1657	0.0034	0.0401	321.5800
98.0000	2.0000	107.6923	0.7491	108.4414	0.0069	0.0639	313.6024
97.0000	3.0000	106.5934	1.1236	107.7170	0.0104	0.0841	306.8356
96.0000	4.0000	105.4945	1.4981	106.9926	0.0140	0.1023	300.7274
95.0000	5.0000	104.3956	1.8727	106.2683	0.0176	0.1193	295.0497
90.0000	10.0000	98.9011	3.7453	102.6464	0.0365	0.1937	270.0997
80.0000	20.0000	87.9121	7.4906	95.4027	0.0785	0.3229	226.8262
70.0000	30.0000	76.9231	11.2360	88.1590	0.1275	0.4460	185.5903
60.0000	40.0000	65.9341	14.9813	80.9153	0.1851	0.5721	143.3560

PP + MICA

(X BY WT.)		VOL.=M/D		V=V1+V2	$\phi_2=V2/V$	$\phi_2/(\phi_1)E+2/3$	TENSILE ST. AT YIELD
PP (M1)	MICA (M2)	PP (V1=M1/0.91)MC (V2=M2/2.75)					(TSY0=335)
100.0000	0.0000	109.8901	0.0000	109.8901	0.0000	0.0000	335.0000
99.0000	1.0000	108.7912	0.3401	109.1313	0.0031	0.0595	315.0584
98.0000	2.0000	107.6923	0.6803	108.3726	0.0063	0.0949	303.1971
97.0000	3.0000	106.5934	1.0204	107.6138	0.0095	0.1250	293.1307
96.0000	4.0000	105.4945	1.3605	106.8550	0.0127	0.1521	284.0391
95.0000	5.0000	104.3956	1.7007	106.0963	0.0160	0.1774	275.5836
90.0000	10.0000	98.9011	3.4014	102.3025	0.0332	0.2885	238.3646
80.0000	20.0000	87.9121	6.8027	94.7148	0.0718	0.4820	173.5140
70.0000	30.0000	76.9231	10.2041	87.1272	0.1171	0.6678	111.2798
60.0000	40.0000	65.9341	13.6054	79.5395	0.1711	0.8597	47.0095

๖.๒ ค่าแนวการยึดตัวเมื่อขาด ของโพลิโพรพิลีนผสมตัวเติม ทัลค์ และไมกา

การยึดตัวเมื่อขาดของ โพลิโพรพิลีนผสมตัวเติม คำนวณได้จากสมการ (2.1)

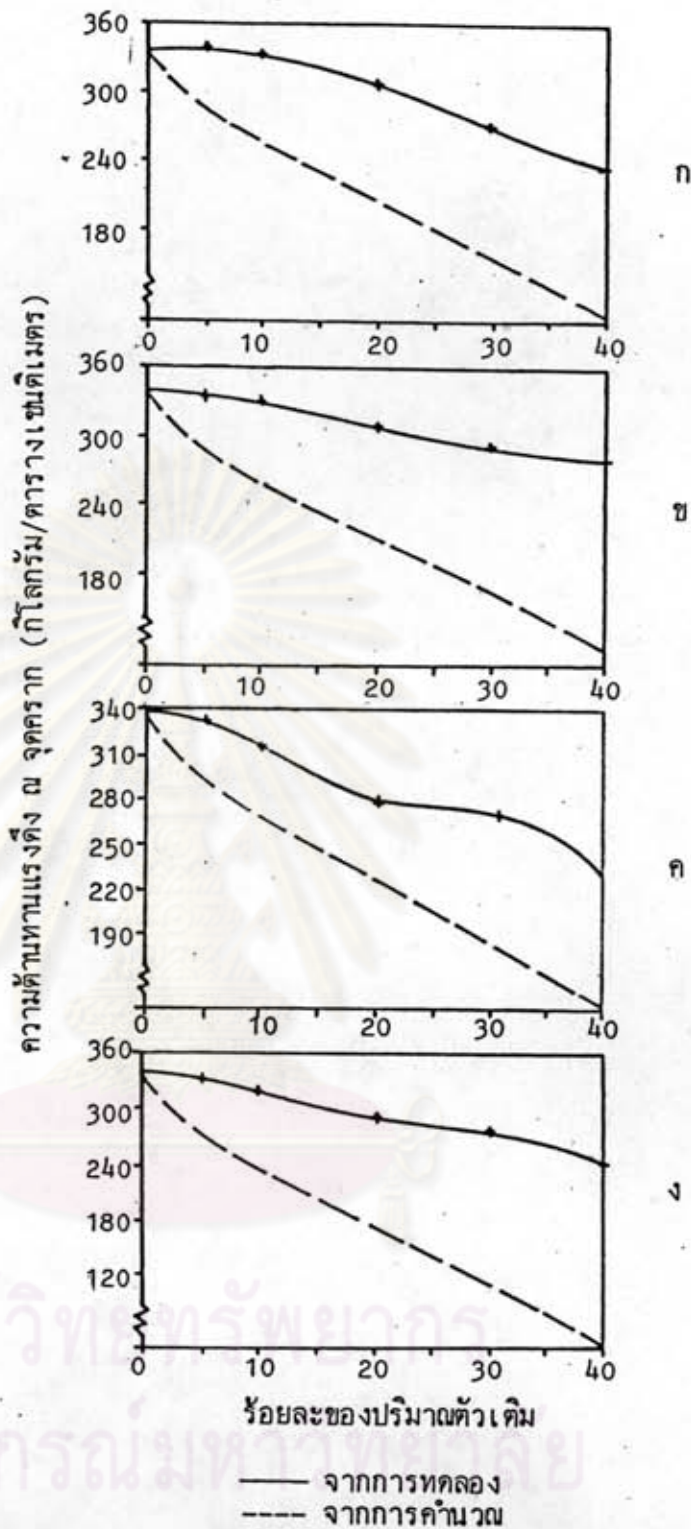
$$\epsilon_b = \epsilon_b^0 (1 - \phi_2^{1/3}) \quad (2.1)$$

เมื่อ ϵ_b คือ ค่าการยึดตัวเมื่อขาดของ โพลิเมอร์ผสมตัวเติมชนิดแข็ง

ϵ_b^0 คือ ค่าการยึดตัวเมื่อขาดของ โพลิเมอร์

ϕ_2 คือ สัดส่วนของตัวเติมโดยปริมาตร

(volume fraction of filler)



รูปที่ ๒.๒ กราฟเปรียบเทียบความต้านทานแรงดึง ณ จุดคราก ของ โพลีโพรพิลีนผสมทัลค์จากประเทศจีน ญี่ปุ่น ไทย และโพลีโพรพิลีนผสมไมกา ขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดขึ้นรูปพลาสติกแบบไฮดรอลิก กับ ค่าจากการคำนวณ

- (ก) โพลีโพรพิลีนผสมทัลค์จากจีน
- (ข) โพลีโพรพิลีนผสมทัลค์จากญี่ปุ่น
- (ค) โพลีโพรพิลีนผสมทัลค์จากไทย
- (ง) โพลีโพรพิลีนผสมไมกา

ตารางที่ ๑.๔ การยืดตัวเมื่อขาดของโพลิโพรพิลีนผสมทัลค์ ขึ้นรูปด้วยเครื่อง
รีดพลาสติกแบบสกรูเดี่ยว

ELONGATION AT BREAK OF POLYMER = 28.77

PP + TALC FROM CHINA

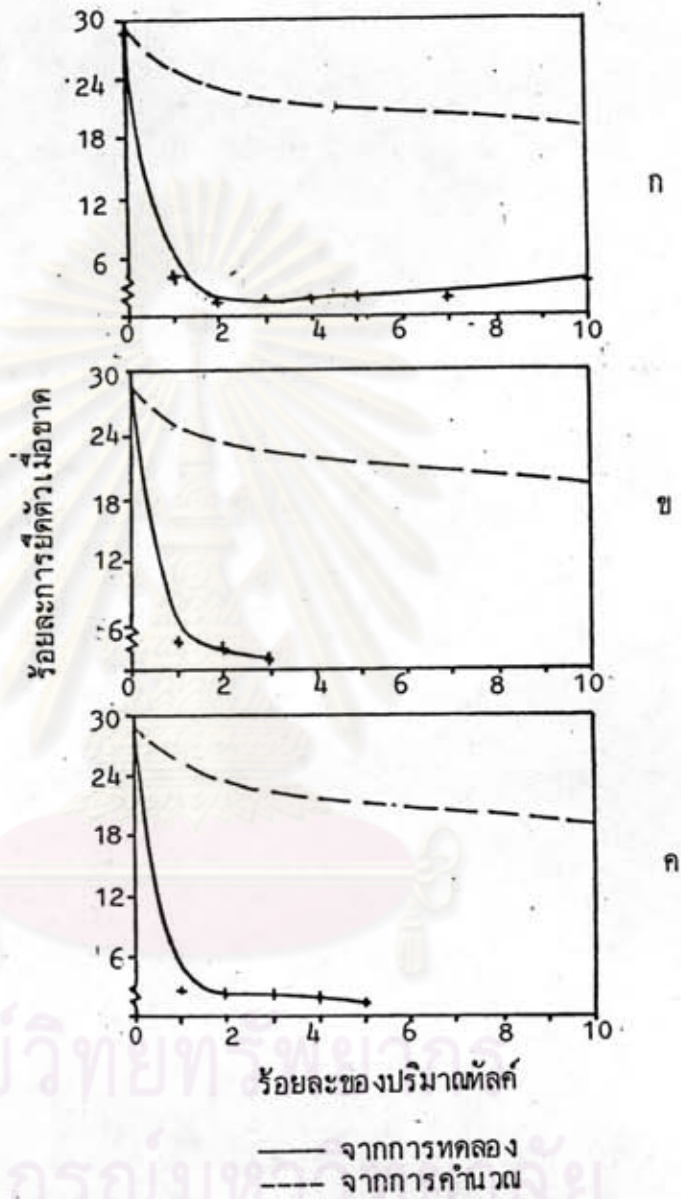
(Z BY WT.)		VOL.=M/D		V=V1+V2	$\phi 2=V2/V$	$(\phi 2)E-3$	ELONG. AT BREAK
PP (M1)	CT (M2)	PP (V1=M1/0.91)CT (V2=M2/2.75)					
100.0000	0.0000	109.8901	0.0000	109.8901	0.0000	0.0000	28.7700
99.0000	1.0000	108.7912	0.3636	109.1548	0.0033	0.1494	24.4732
98.0000	2.0000	107.6923	0.7273	108.4196	0.0067	0.1886	23.3441
97.0000	3.0000	106.5934	1.0909	107.6843	0.0101	0.2164	22.5448
96.0000	4.0000	105.4945	1.4545	106.9491	0.0136	0.2387	21.9026
95.0000	5.0000	104.3956	1.8182	106.2138	0.0171	0.2577	21.3553
93.0000	7.0000	102.1978	2.5455	104.7433	0.0243	0.2897	20.4367
90.0000	10.0000	98.9011	3.6364	102.5375	0.0355	0.3285	19.3178

PP + TALC FROM JAPAN

(Z BY WT.)		VOL.=M/D		V=V1+V2	$\phi 2=V2/V$	$(\phi 2)E-3$	ELONG. AT BREAK
PP (M1)	JT (M2)	PP (V1=M1/0.91)JT (V2=M2/2.75)					
100.0000	0.0000	109.8901	0.0000	109.8901	0.0000	0.0000	28.7700
99.0000	1.0000	108.7912	0.3650	109.1562	0.0033	0.1495	24.4680
98.0000	2.0000	107.6923	0.7299	108.4222	0.0067	0.1888	23.3376
97.0000	3.0000	106.5934	1.0949	107.6883	0.0102	0.2166	22.5373

PP + TALC FROM THAI

(Z BY WT.)		VOL.=M/D		V=V1+V2	$\phi 2=V2/V$	$(\phi 2)E-3$	ELONG. AT BREAK
PP (M1)	LT (M2)	PP (V1=M1/0.91)LT (V2=M2/2.75)					
100.0000	0.0000	109.8901	0.0000	109.8901	0.0000	0.0000	28.7700
99.0000	1.0000	108.7912	0.3745	109.1657	0.0034	0.1508	24.4308
98.0000	2.0000	107.6923	0.7491	108.4414	0.0069	0.1904	23.2908
97.0000	3.0000	106.5934	1.1236	107.7170	0.0104	0.2185	22.4839
96.0000	4.0000	105.4945	1.4981	106.9926	0.0140	0.2410	21.8357
95.0000	5.0000	104.3956	1.8727	106.2683	0.0176	0.2602	21.2833



รูปที่ ๓.๓ กราฟเปรียบเทียบร้อยละการยึดตัวเมื่อขาดของโพลิโพรพิลีน ผสม
ทลค์จากประเทศจีน ญี่ปุ่น และไทย ขึ้นรูปด้วยเครื่องรีดพลาสติก
แบบสกรูเดี่ยว กับค่าจากการคำนวณ
(ก) โพลิโพรพิลีนผสมทลค์จากจีน
(ข) โพลิโพรพิลีนผสมทลค์จากญี่ปุ่น
(ค) โพลิโพรพิลีนผสมทลค์จากไทย

ตารางที่ ๑.๕ การยืดตัวเมื่อขาดของโพลิโพรพิลีนผสมทัลค์และไมกา ขึ้นรูป
ด้วยเครื่องอัดขึ้นรูปพลาสติกแบบไฮดรอลิก

ELONGATION OF BREAK OF POLYMER = 16.71

PP + TALC FROM CHINA

(X BY WT.)		VOL.=M/D		V=V1+V2	$\phi^2=V2/V$	$(\phi^2)E^{-3}$	ELONG. AT BREAK
PP (M1)	CT (M2)	PP (V1=M1/0.91)	CT (V2=M2/2.75)				
100.0000	0.0000	109.8901	0.0000	109.8901	0.0000	0.0000	16.7100
99.0000	1.0000	108.7912	0.3636	109.1548	0.0033	0.1494	14.2143
98.0000	2.0000	107.6923	0.7273	108.4196	0.0067	0.1886	13.5586
97.0000	3.0000	106.5934	1.0909	107.6843	0.0101	0.2164	13.0943
96.0000	4.0000	105.4945	1.4545	106.9491	0.0136	0.2387	12.7213
95.0000	5.0000	104.3956	1.8182	106.2138	0.0171	0.2577	12.4035
90.0000	10.0000	98.9011	3.6364	102.5375	0.0355	0.3285	11.2200
80.0000	20.0000	87.9121	7.2727	95.1848	0.0764	0.4243	9.6193
70.0000	30.0000	76.9231	10.9091	87.8322	0.1242	0.4989	8.3728
60.0000	40.0000	65.9341	14.5455	80.4795	0.1807	0.5654	7.2624

PP + TALC FROM JAPAN

(X BY WT.)		VOL.=M/D		V=V1+V2	$\phi^2=V2/V$	$(\phi^2)E^{-3}$	ELONG. AT BREAK
PP (M1)	JT (M2)	PP (V1=M1/0.91)	JT (V2=M2/2.75)				
100.0000	0.0000	109.8901	0.0000	109.8901	0.0000	0.0000	16.7100
99.0000	1.0000	108.7912	0.3650	109.1562	0.0033	0.1495	14.2113
98.0000	2.0000	107.6923	0.7299	108.4222	0.0067	0.1888	13.5548
97.0000	3.0000	106.5934	1.0949	107.6883	0.0102	0.2166	13.0900
96.0000	4.0000	105.4945	1.4599	106.9544	0.0136	0.2390	12.7166
95.0000	5.0000	104.3956	1.8248	106.2204	0.0172	0.2580	12.3983
90.0000	10.0000	98.9011	3.6496	102.5507	0.0356	0.3289	11.2136
80.0000	20.0000	87.9121	7.2993	95.2114	0.0767	0.4248	9.6114
70.0000	30.0000	76.9231	10.9489	87.8720	0.1246	0.4995	8.3639
60.0000	40.0000	65.9341	14.5985	80.5326	0.1813	0.5660	7.2530

ตารางที่ ๖.๕ (ต่อ)

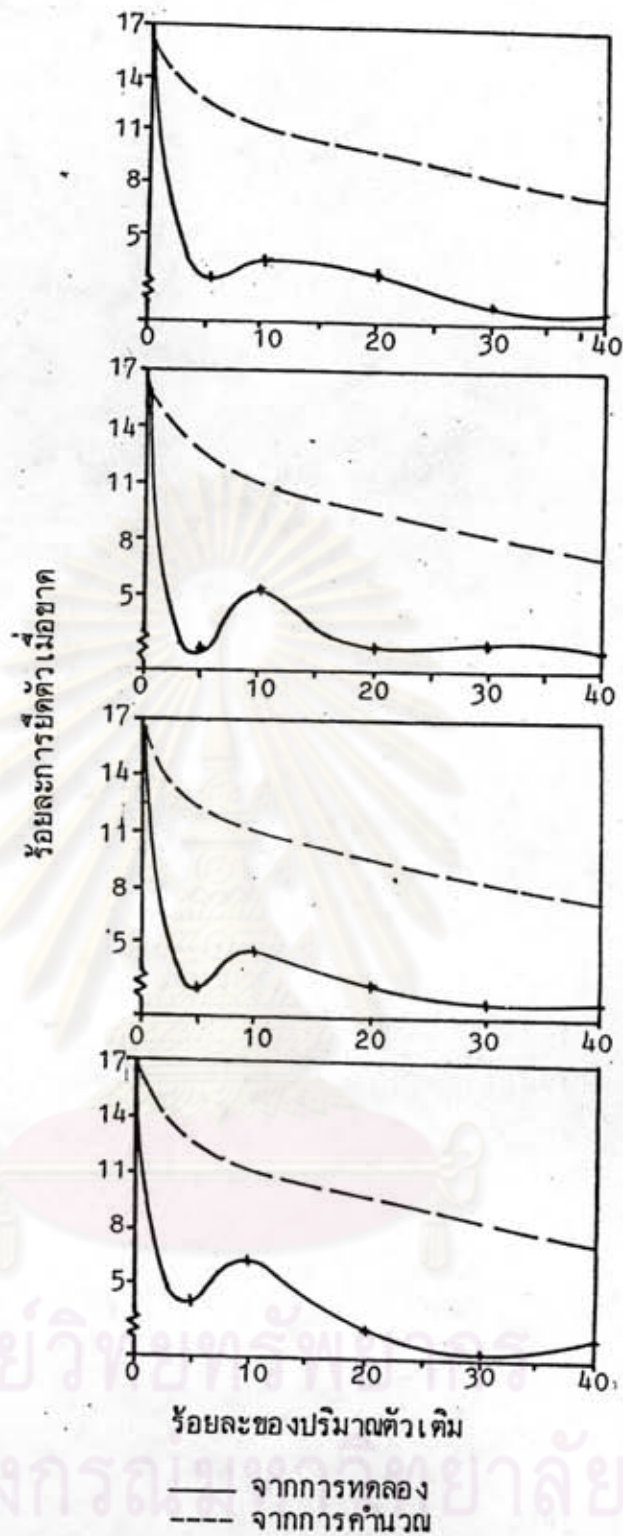
PP + TALC FROM TALC

(Z BY WT.)		VOL.=M/D		V=V1+V2	$\phi 2=V2/V$	($\phi 2$)E-3	ELONG. AT BREA
PP (M1)	LT (M2)	PP (V1=M1/0.91)	LT (V2=M2/2.75)				
100.0000	0.0000	109.8901	0.0000	109.8901	0.0000	0.0000	16.7100
99.0000	1.0000	108.7912	0.3745	109.1657	0.0034	0.1508	14.1897
98.0000	2.0000	107.6923	0.7491	108.4414	0.0069	0.1904	13.5276
97.0000	3.0000	106.5934	1.1236	107.7170	0.0104	0.2185	13.0589
96.0000	4.0000	105.4945	1.4981	106.9926	0.0140	0.2410	12.6824
95.0000	5.0000	104.3956	1.8727	106.2683	0.0176	0.2602	12.3616
90.0000	10.0000	98.9011	3.7453	102.6464	0.0365	0.3317	11.1677
80.0000	20.0000	87.9121	7.4906	95.4027	0.0785	0.4282	9.5547
70.0000	30.0000	76.9231	11.2360	88.1590	0.1275	0.5032	8.3007
60.0000	40.0000	65.9341	14.9813	80.9153	0.1851	0.5700	7.1861

PP + MICA

(Z BY WT.)		VOL.=M/D		V=V1+V2	$\phi 2=V2/V$	($\phi 2$)E-3	ELONG. AT BREA
PP (M1)	MICA (M2)	PP (V1=M1/0.91)	MC (V2=M2/2.75)				
100.0000	0.0000	109.8901	0.0000	109.8901	0.0000	0.0000	16.7100
99.0000	1.0000	108.7912	0.3401	109.1313	0.0031	0.1461	14.2691
98.0000	2.0000	107.6923	0.6803	108.3726	0.0063	0.1845	13.6275
97.0000	3.0000	106.5934	1.0204	107.6138	0.0095	0.2117	13.1732
96.0000	4.0000	105.4945	1.3605	106.8550	0.0127	0.2335	12.8080
95.0000	5.0000	104.3956	1.7007	106.0963	0.0160	0.2521	12.4967
90.0000	10.0000	98.9011	3.4014	102.3025	0.0332	0.3216	11.3368
80.0000	20.0000	87.9121	6.8027	94.7148	0.0718	0.4157	9.7641
70.0000	30.0000	76.9231	10.2041	87.1272	0.1171	0.4893	8.5345
60.0000	40.0000	65.9341	13.6054	79.5395	0.1711	0.5551	7.4342

ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ จ.4 กราฟเปรียบเทียบร้อยละการยึดตัวเมื่อขาดของโพลีโพรพิลีน ผสม
ทลค์จากประเทศจีน ญี่ปุ่น และไทย และโพลีโพรพิลีนผสมไมกา
ขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดขึ้นรูปพลาสติกแบบไฮโดรลิก กับค่าจากการ
คำนวณ

- (ก) โพลีโพรพิลีนผสมทลค์จากจีน
- (ข) โพลีโพรพิลีนผสมทลค์จากญี่ปุ่น
- (ค) โพลีโพรพิลีนผสมทลค์จากไทย
- (ง) โพลีโพรพิลีนผสมไมกา



ประวัติผู้เขียน

นางสาวนางเยาว์ ชุตินิซกุล สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวัสดุศาสตร์ (โพลีเมอร์และสิ่งทอ) จากภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ภายหลังจบการศึกษาได้เข้าทำงานในตำแหน่งนักวิชาการ ณ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2527 จนถึง ปัจจุบัน ปี พ.ศ. 2527 เข้าศึกษาต่อระดับปริญญาโท สาขาวิชาปิโตรเคมี-โพลีเมอร์ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์โพลีเมอร์ ณ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ศูนย์วิทยพัชการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย