รายการอ้างอิง

1. Leblanc, R. The history of flammability and flame resistance. AATCC Review 1 (2001): 27-31.
2. U.S. Fire Administration. 2006. Fire statistics. Department of Homeland Security Preparedness Directorate.[online]. Available from : http://usfa.dhs.gov/statistics/ [2006, August 1]
3. สิรีรัตน์ จารุจินดา. สิ่งทอทนไฟ. การพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอด้วยกลยุทธ์การวิจัย. ศูนย์วิจัยและทดสอบสิ่งทอ ภาควิชาวัสดุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544.
4. กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย กรุงเทพมหานคร. 2549. สถิติการเกิดเพลิงไหม้ในเขตกรุงเทพมหานคร.[online]. แหล่งที่มา: http://www.fire.police.go.th/stat.html. [2549, 1 สิงหาคม]
5. อรวิภา ไชยรัตนตรัย. การตกแต่งหน่วงไฟผ้าฝ้ายด้วยแอมโมเนียมพอลิฟอสเฟตในระบบอินทูเมสเซนต์. ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2547.
6. วีระศักดิ์ อุดมกิจเดชา. วิทยาศาสตร์เส้นใย. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543.
7. งานวิเคราะห์วิจัยเคมีสิ่งทอ. การผลิตและสมบัติของเส้นฝ้ายและวิสโคส. กองอุตสาหกรรมสิ่งทอ, กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2540.
8. นันทยา ยานุเมศ. การตกแต่งสิ่งทอ. กองอุตสาหกรรมสิ่งทอ, กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2540.
9. Carty, P.; and Byrne, M. The Chemical and Mechanical Finishing of Textile Materials. England, 1987.
10. Kandola, B.; Horrocks, R.; and Culeman, G. Journal of Macro Molecular Science, Reviews in Macro Molecular Chemistry and Physics 36 (1996): 742-778.
11. Carr, C. Chemistry of the Textiles Industry. New York: Champman&Hall, 1997.
12. Troitzsh, J. Methods for The Fire Protection of Plastics and Coatings by Flame Retardant and Intumescent Systems. Progress in Organic Coatings 11 (1983): 41-69.
13. Gachter, R.; and Muller, H. Plastic Additives Handbook. New York: Hanser, 1997.
14. Cotton Technical Brief. Flame Resistant Cotton Fabrics. New York, 1982.

15. Kandola, B.; and Horrocks, R. Complex Char Formation in Flame Retarded Fibre-Intumescent Combinations II. Thermal Analytical Studies. Polymer Degradation and Stability 54 (1996): 289-303.

16. Tomasino, C. Chemistry and Technology of Fabrics Preparation and Finishing. USA, 1992.

17. Wikie, C. Fire Properties of Future Material Candidates. Available from :http://book.nap.edu/books/0309053366/gifmid/115-128 [2006, August 1]

18. Aenishanslin, R.; Guth, C.; Hofmann, P.; Maeder A.; and Nachbur, H. A New Chemical Approach to Durable Flame-Retardant Cotton Fabrics. Textile Research Journal 39 (1969): 375-381.

19. Horrocks, R. Flame-retardant finishing of textiles. Review of Progress in Coloration 16 (1986): 62-76.

20. ชุติมา อนัฆพัชรินทร์, ศิริพร พาหา และจงกล ชี้รัตน์. การตกแต่งหน่วงไฟฝ้าฝ้ายด้วยสารพอลิฟอสเฟตในระบบอินทูเมสเซนต์. โครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์ ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.

21. Duquesne, S.; Magnet, S.; Jama, C.; and Delobel, R. Intumescent Paints: Fire Protective Coatings for Metallic Substrates. Surface and Coatings Technology 180-181 (2004): 302-307.

22. Vandersall, H. L. Intumescent Coating System, Their Development and Chemistry. Journal Fire and Flammability 2 (1971): 97-139.

23. Grand, A; and Wilkie,C. Fire Retardancy of Polymeric Materials. New York: Marcel Dekker, Inc., 2000.

24. วิจิตร ศรีพาลี และยอดยิ่ง ลีลาปัญญาภรณ์. การเตรียมสีทนไฟระบบอินทูเมสเซนต์. โครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์ ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544.

25. Horrocks, R.; Subhash, C.; and Diane, S. Complex Char Formation in Flame Retarded Fibre-Intumescent Combinations: 1. Scanning Electron Microscopic Studies. Polymer 37 (1996): 3197-3206.

26. Horrocks, R.; Dennis, P; and Mehmet, A. FTIR Analysis of Gases Evolved from Cotton and Flame Retarded Cotton Fabrics Pyrolysed in Air. Polymer Degradation and Stability 52 (1996): 205-213.

27. Horrocks, R. Developments in Flame Retardants for Heat and Fire Resistant Textiles-The Role of Char Formation and Intumescence. Polymer Degradation and Stability 54 (1996): 143-154.

28. Horacek, H.; and Grabner, R. Advantages of Flame Retardants Based on Nitrogen Compounds. Polymer Degradation and Stability 54 (1996): 205-215.

29. Hastings, O. Intumescent Fire-Retardant Coating Material. Canada Patents Database CA 2049031 (1997).

30. Kandola, B.; Horrocks, S.; and Horrocks, R. Evidence of Interaction in Flame-Retardant Fibre-Intumescent Combinations by Thermal Analytical Techniques. Thermochimita acta 294 (1997): 113-125.

31. Horacek, H.; and Pieh, S. The Importance of Intumescent Systems for Fire Protection of Plastic Materials. Polymer International 49 (2000): 1106-1114.

32. Horrocks, R.; and Sheng, Z. Enhancing Polymer Char Formation by Reaction with Phosphorylated Polyols. 1. Cellulose. Polymer 42 (2001): 8025-8033.

33. เสริมรัฐ เหล่าธรรมทัศน์ และศานติ กุลสิริสวัสดิ์. การศึกษาพฤติกรรมการลุกไหม้ของไฟบนผ้าฝ้ายที่ตกแต่งหน่วงไฟด้วยกรดฟอสฟอริก. โครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์ ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544.

34. Duquesne, S.; Magnet, S.; Jama, C.; and Delobel, R. Thermoplastic Resins for Thin Film Intumescent Coatings-towards a Better Understanding of Their Effect on Intumescent efficiency. Polymer Degradation and Stability 88 (2005): 63-69.

35. Drevelle, C.; Lefebvre, J.; Duquesne, S.; Le Bras, M.; Poutch, F.; Vouters, M.; and Magniez, C. Thermal and Fire Behaviour of Ammonium Polyphosphate/ Acrylic Coated Cotton/PESFR Fabric. Polymer Degradation and Stability 88 (2005): 130-137.

36. Giraud, S.; Bourbigot, S.; Rochery, M.; Vroman, I.; Tighzert, L.; Delobel, R.; and Poutch, F. Flame Retarded Polyurea with Microencapsulated Ammonium Phosphate for Textile Coating. Polymer Degradation and Stability 88 (2005): 106-113.

37. Balabanovich, A. Thermal Decomposition Study of Intumescent Additives: Pentaerythritol Phosphate and its Blend with Melamine Phosphate. Thermochimita acta 435 (2005): 188-196.

38. Charuchinda, S.; Srikulkit, K.; and Mowattana, T. Co-application of Sodium Polyphosphate and Chitosan to Improve Flame Retardancy of Cotton Fabric. Journal of Science Chulalongkorn University 30 (2005): 97-107.

39. Atikler, U.; Demir, H.; Tokath, F.; Tihminlioglu, F.; Balkose, D.; and Ulku, S. Optimisation of the Effect of Colemanite As a New Synergistic Agent in an Intumescent System. Polymer Degradation and Stability 91 (2006): 1563-1570.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

สมบัติทางกายภาพและสมบัติทางเคมีของสารเคมีที่ใช้ในการเตรียมสารเคลือบผิวระบบอินทูเมสเซนต์

1. กรดเมตาฟอสฟอริก (meta-phosphoric acid) ของบริษัท Merck จำกัด

molecular formula		$(HPO_3)_n$

2. กรดพอลิฟอสฟอริก (polyphosphoric acid) ของบริษัท Aldrich จำกัด

assay (%)	min	84
boiling point		550
density		2.050

3. แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ (ammonium hydroxide) 30% ของบริษัท Carlo erba and Acros organic จำกัด

molecular formula	NH_4OH
molecular weight	35.046
density ($20^o/4^o$)	0.892 ± 0.006

4. เพนตะเอริไทรทอล (pentaerythritol) ได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัทสยามเคมีคอลอินดัสตรี้ จำกัด

appearance		white powder
monopentaerythritol content (%)	min	98
hydroxyl content (%)	min	49.2
equivalent weight	max	34.6
ash content (as sodium formate,%)	max	0.005
melting point (final, ^oC)		260-265
bulk density (kg/dm^3)		0.75-0.80

5. ไดเพนตะเอริไทรทอล (dipentaerythritol) ของบริษัท Aldrich จำกัด

appearance	yellow
molecular formula	$(HOCH_2)_3CCH_2OCH_2C(CH_2OH)_3$
molecular weight	294.28

6. ผงเมลามีน (melamine powder) ได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัทสยามเคมีคอลอินดัสตรี้ จำกัด

appearance		white crystalline powder
molecular formula		$C_3H_5N_5$
molecular weight		126.13
particle size		typical 98% below 300 micron
melamine content (%)	min	99.8
water (%)	max	0.1
ash (%)	max	0.01
iron	max	1 mg/kg
solubility (water at 20 ^{o}C)		0.3 /100 mL
pH		8.4-8.9
melting point		354 ^{o}C (decompose)
bulk density		700-900 kg/m^3
specific density		1570 kg/m^3

7. เมลามีนฟอร์มัลดีไฮด์เรซิน (melamine formaldehyde resin) มีชื่อทางการค้าคือ BECKAMINE MA ได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัทสยามเคมีคอลอินดัสตรี้ จำกัด

appearance		clear
colour (Hazen)	max	30
diluent		water
pH		8-10
viscosity (Gardner)		S-W

8. 100% acrylic emulsion มีชื่อทางการค้าคือ PRIMAL™ PR-1088 ได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัทสีโจตันไทย จำกัด

appearance	milky white emulsion
non volatile solids (% by weight)	45-46
pH	6.0-8.0
specific gravity	1.06
Brookfield viscosity LVT, spindle 2 at 60 rpm	200 cP max
stabilization	surfactant (anionic)
minimum film formation temperature (MFFT)	32 ^{o}C

9. all acrylic copolymer มีชื่อทางการค้าคือ UCAR LATEX R-7030 ได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัทสีโจตันไทย จำกัด

appearance	milky white emulsion
total solids (%)	49±1
particle size	0.2-0.4 micron
pH	8.5-9.5
specific gravity	8.60-8.90 lb/gal
Brookfield viscosity LVT, spindle 1 at 60 rpm	100 cP max
minimum film formation temperature (MFFT)	approx. 2 ^{o}C
mechanical stability	excellent
storage life	6 months maximum under sealed cover from date of delivery

10. เอทิลีน-ไวนิลอะซิเตตโคพอลิเมอร์ (ethylene-vinyl acetate copolymer) ได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัท Dairen จำกัด

appearance		milky white emulsion
solid content (weight %)	min	55
pH		4.5-6.5
viscosity (cP at 25 ^{o}C, 60 rpm)		1500-2500
free monomer (weight %)	max	0.5

ภาคผนวก ข

อัตราเร็วในการลุกลามของเปลวไฟแนว 45 องศา

ตารางที่ 1 อัตราเร็วในการลุกลามของเปลวไฟแนว 45 องศาของผ้าฝ้ายที่เคลือบด้วยสารเคลือบผิวระบบอินทูเมสเซนต์

สูตรสารเคลือบผิว	Flame spread rate (เซนติเมตรต่อวินาที)	
	ก่อนซัก	หลังซัก
UN	0.84	0.76
UNE740	0.81	0.78
A1	n.d.[a]	0.37
A2	n.d.[a]	0.27
B1	n.d.[a]	n.d.[a]
B2	n.d.[a]	n.d.[a]
B3	n.d.[a]	n.d.[a]
B4	n.d.[a]	0.25
C1	n.d.[a]	0.24
C2	n.d.[a]	0.23
C3	n.d.[a]	0.11[b]
C4	n.d.[a]	n.d.[a]

n.d.: not detectable (เปลวไฟต่ำมากจนไม่สามารถวัดได้)

a: เมื่อนำแหล่งต้นไฟออก ไฟดับทันที

b: เปลวไฟของชิ้นตัวอย่างเคลื่อนที่ไม่ถึง stop cord แต่สามารถดับได้เอง

ภาคผนวก ค

ความยาวของชาร์

ตารางที่ 2 ความยาวของชาร์ของผ้าฝ้ายที่เคลือบด้วยสารเคลือบผิวระบบอินทูเมสเซนต์

สูตรสารเคลือบผิว	ความยาวของชาร์ (เซนติเมตร)	
	ก่อนซัก	หลังซัก
UN	BEL	BEL
UNE740	BEL	BEL
A1	1.8	13.5
A2	0.9	12.7
B1	0.8	0.9
B2	0.8	1.3
B3	0.8	1.2
B4	1.3	12.5
C1	0.7	13.0
C2	0.8	13.5
C3	0.8[b]	3.5[b]
C4	0.5	0.8

BEL: Burning entire length (ไฟไหม้ทั่วบริเวณผ้า)

b: เปลวไฟของชิ้นตัวอย่างเคลื่อนที่ไม่ถึง stop cord แต่สามารถดับได้เอง

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวดาววัน จาระเวชสาร เกิดเมื่อวันที่ 2 เมษายน พ.ศ. 2524 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิทยาศาสตรบัณฑิต จากภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ปีการศึกษา 2545 หลังจากนั้นเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ประยุกต์และเทคโนโลยีสิ่งทอ ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อภาคต้นในปีการศึกษา 2547 และสำเร็จการศึกษาในภาคต้นของปีการศึกษา 2549 รวมระยะเวลาในการศึกษา 2 ปี 6 เดือน