สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การผลิตหมวกความปลอดภัยโดยใช้พลาสติกเสริมแรง

นางสาวบุศริน ผลบุญ
นางสาวหฤทัย เนื่องฤทธิ์

ปพ.
บ118ก
2537

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....
วัน,เดือน,ปี.....

b12532154

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตร์
บัณฑิต
ภาควิชาเคมี
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2537

Manufacture of Glass Reinforced Plastics (GRP) helmet

Miss Bussarin Phonboon
Miss Haruthai Neongritti

A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement for the Degree of Bachelor of Science

Department of Chemistry
Faculty of Science
King Mongkut ' s Institute of Technology Ladkrabang

1994

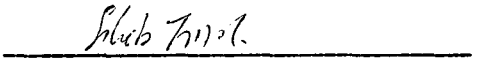
หัวข้อโครงงานพิเศษ	การผลิตหมวกความปลอดภัยโดยใช้พลาสติกเสริมแรง
โดย	นางสาวบุศริน ผลบุญ
	นางสาวหฤทัย เนื่องฤทธิ์
ภาควิชา	เคมี
อาจารย์ที่ปรึกษา	Mr. John Willium Ellis
	ผศ. ดร. มาลินี ชัยศุภกิจสินธ์

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อนุมัติให้นับโครงการพิเศษฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต

หัวหน้าภาควิชา

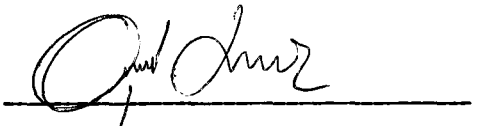
(ผศ. ดร. เผชิญชัย ไชยสิทธิ์)

คณะกรรมการโครงงานพิเศษ



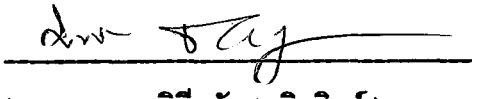
ประธานกรรมการ

(ผศ. ดร. ศักดา ไตรศักดิ์)



กรรมการ

(อ. อนุรักษ์ ปิติรักษ์สกุล)



กรรมการ

(ผศ. ดร. มาลินี ชัยศุภกิจสินธ์)

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

หัวข้อโครงงานพิเศษ การผลิตหมวกความปลอดภัยโดยใช้พลาสติกเสริมแรง

นักศึกษา นางสาวบุศริน ผลบุญ
นางสาวหฤทัย เนื่องฤทธิ์

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ จอหน์ วิลเลียม เอลลิส
ผศ.ดร. มาลินี ชัยศุภกิจสินธ์

ภาควิชา เคมี

ปีการศึกษา 2537

บทคัดย่อ

ปัจจุบันหมวกนิรภัยโดยทั่วไปทำจากพลาสติก เช่น พอลิพรอพิลีน พอลิเอทิลลีน ซึ่งพลาสติกเหล่านี้มีความแข็งแรงและความคงทนค่อนข้างต่ำ จึงได้มีการคิดค้นหาวัสดุที่มาใช้แทนพลาสติกนี้ เพื่อให้ได้หมวกนิรภัยที่มีความแข็งแรงทนทานมากขึ้น และจากคุณสมบัติที่ดีเด่นของพลาสติกเสริมแรงจึงได้มีการนำมาใช้ในการผลิตหมวกนิรภัย

พลาสติกเสริมแรงมีโครงสร้างภายในเป็นแบบโครงตาข่ายร่างแห ประกอบด้วย 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ ส่วนของพอลิเมอร์เรซิน และส่วนของเส้นใยแก้ว ทำให้มีคุณสมบัติที่แข็งแรง และทนทานต่อแรงกระแทกได้ดี อีกทั้งยังสามารถทำการขึ้นรูปได้หลายวิธี เช่น Hand lay-up, Spray up, Cold moulding และอื่นๆ

ในโครงงานพิเศษนี้ทำการผลิตหมวกความปลอดภัยโดยใช้เทคนิค Hand lay-up เนื่องจากเป็นวิธีที่ง่ายและหาอุปกรณ์ได้ไม่ยากนัก พร้อมกันนี้ได้ทำการทดสอบคุณสมบัติต่างๆ โดยใช้มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม หมวกนิรภัยสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมและงานสนาม (มอก. 368 - 2533) เป็นเอกสารอ้างอิงในการทดสอบคุณสมบัติต่างๆที่ทดสอบมี ระยะห่างระหว่างยอดด้านในหมวกกับรองในหมวก ความเป็นฉนวนไฟฟ้า ความต้านทานแรงกระแทก ความต้านทานการเจาะ น้ำหนักเปลือกหมวกรวมทั้งรองในหมวก สภาพติดไฟ และการดูดซึมน้ำ จากผลการทดสอบปรากฏ

ว่าหมวกความปลอดภัยที่ผลิตจากพลาสติกเสริมแรงผ่านการทดสอบ ยกเว้นน้ำหนัก เปลือกหมวกรวมทั้งรองในหมวกที่มีค่าเกินกว่าค่ามาตรฐาน แต่สามารถแก้ไขโดยลดการใช้เรซินขณะขึ้นรูป

จากการนำผลการทดสอบมาเปรียบเทียบกับผลการทดสอบของหมวกพลาสติกที่ผลิตจากอะคริโรไนตราย บิวทาไดอีน สไตรีน (ABS) พบว่ามีคุณสมบัติใกล้เคียงกันมากขณะที่ต้นทุนการผลิตของหมวกนิรภัยที่ผลิตจากไฟเบอร์กลาสมีค่าต่ำกว่า และเมื่อทำการทดสอบสภาพการติดไฟพบว่าหมวกพลาสติกโดยทั่วไปจะหลอมและหยดก่อนที่จะระเหยไปซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อผู้สวมใส่ได้ แต่หมวกที่ผลิตจากไฟเบอร์กลาสส่วนที่เป็นเรซินจะระเหยออกไปเหลือเพียงส่วนที่เป็นไฟเบอร์กลาส ดังนั้นไฟเบอร์กลาสจึงมีความเป็นไปได้ที่จะนำมาใช้ในการผลิตหมวกนิรภัย สำหรับโรงงานอุตสาหกรรมและงานสนาม

Special Project Title	Manufacture of Glass Reinforced Plastic (GRP) helmet
Name	Miss Bussarin Phonboon
	Miss Haruthai Neongritti
Special Project Adviser	Mr. John Willium Elliss
	Asst.Prof.Dr. Malinee Chaisupakijsin
Department	Chemistry
Acedamic	1994

Abstract

The general helmets are almost made from plastics, e.g. polypropylene, polyethylene. There is neccesary to find the new material according to these plastic show low strength. GRP was found to be a suitable material for this purpose.

GRP is consist of two parts; polymer resin and glass fibre. The internal structure of GRP provides a high impact strength. Moreover, we can use several techniques to produce GRP products e.g. hand lay-up, spray up, cold moulding.

In this project, we use Hand lay-up technique because it is a simple method and easy to find equipment. Properties of GRP helmets were tested by using the reference of Standard for Industrial Productive Helmets. The tests are consisted of Crown clearance, Insulation resistance, Impact resistance, Penetration resistance, Flammability, Water absorption and Weight of the helmet.

From the experimental results, GRP helmet passes every tests except weight of the helmet. Weight of the helmet is over the standard value, however, we can solve this problem by reducing the amount of resin. GRP

helmet and ABS helmet show the similar mechanical properties but GRP helmet is cheaper. Therefore GRP helmet is probably suitable to the Industrial Productive Helmets.

กิตติกรรมประกาศ

ในการทำโครงงานพิเศษเรื่อง การผลิตหมวกความปลอดภัย โดยใช้พลาสติกเสริมแรงนี้ สามารถสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ผู้เสนอได้รับคำแนะนำและความกรุณาจากบุคคลฝ่ายต่างๆ ดังนี้ ผศ.ดร. มาลินี ชัยศุภกิจสินธ์ อาจารย์จอห์น วิลเลียม เอลลิส อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน ผศ.ดร. ศักดา ไตรศักดิ์ ประธานกรรมการตรวจสอบโครงงาน อาจารย์อนุรักษ์ ปิติรักษ์กุล กรรมการตรวจสอบโครงงาน คุณอภินันท์ อุปการะกุล และเจ้าหน้าที่ของกรมวิทยาศาสตร์บริการทุกท่าน ดังนั้นจึงขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก - ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค - ง
กิตติกรรมประกาศ	จ
บทนำ	1
ทฤษฎีและหลักการ	
- GRP คืออะไร	4
- เส้นใยแก้ว	4
- ชนิดของเส้นใยแก้ว	5
- เปรียบเทียบคุณสมบัติของ GRP	6
- CSM (chopped strand mat)	7
- เรซิน	7
- เวลาในการเกิดเป็นเจล	9
- มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม	9
การวิจัยและการดำเนินการ	
- การทดลอง	15
- การทดสอบ	
* การหาระยะห่างระหว่างยอดหมวกด้านในกับรองในหมวก	22
* การทดสอบความเป็นฉนวนไฟฟ้า	23
* การทดสอบความต้านทานการกระแทก	24
* การทดสอบความต้านทานการเจาะ	27
* การทดสอบสภาพการติดไฟ	28
* การทดสอบการดูดซึมน้ำ	29

ผลการวิจัยและวิจารณ์ 32
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 36
บรรณานุกรม

สารบัญรูป

รูป	หน้า
รูปการทำกรอบไม้จับยึดแม่พิมพ์	20
รูปหมวกนิรภัยที่ผลิตได้	21
รูปเครื่องมือทดสอบความต้านทานการกระแทก	24
รูปแม่แบบที่มีขอบแต่ละด้านยาว 4 เซนติเมตร	34

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางแสดงผลิตภัณฑ์ไฟเบอร์กลาส	3
ตารางแสดงค่าแรงกระแทกที่ส่งผ่านหมวก	27
ตารางแสดงผลการหาระยะเวลาในการเกิดเป็นเจลของเจลโคต	32
ตารางแสดงผลการหาระยะเวลาในการเกิดเป็นเจลของพอลิเอสเตอร์	32
ตารางแสดงผลการหาระยะเวลาในการเกิดเป็นเจลของพอลิเอสเตอร์ เมื่อใช้โคบอลต์แนพทีเนตที่ทำการเจือจางแล้ว	33

บทที่ 1
บทนำ

พลาสติกซึ่งเมื่อไม่นานมานี้ยังเป็นรองวัสดุอื่นๆ เช่น ไม้ ยาง แก้ว ฯลฯ ได้เริ่มมีบทบาทต่อมวลมนุษย์มากขึ้นทุกวันดังจะสังเกตุได้จากสิ่งแวดล้อมในชีวิตประจำวันของเราที่มีพลาสติกจำนวนมากมายเข้ามาเกี่ยวพันด้วย ทั้งนี้เนื่องจากการที่ได้มีการปรับปรุงทางด้านเทคนิคและการนำไปใช้ให้เป็นประโยชน์ให้ถูกทางทำให้พลาสติกซึ่งเคยเป็นรองวัสดุพวกอื่นมาก่อนในด้านความแข็งแรง (โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อถูกความร้อน) กลับถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลาย เนื่องจากคุณสมบัติที่ดีกว่า เช่น ความคงทนต่อการผุกร่อนหรือเป็นสนิม น้ำหนักเบา สามารถออกแบบเพื่อไปใช้งานได้อย่างถูกต้องตามความต้องการได้ดีและสวยงาม อีกทั้งยังเป็นฉนวนไฟฟ้าและฉนวนกันความร้อนที่ดีอีกด้วย

การปรับปรุงทางด้านการเสริมความแข็งแรงของพลาสติกให้ใช้งานได้ทัดเทียมกับโลหะนั้น ทำได้โดยการใช้วัสดุซึ่งมีคุณสมบัติที่เรียกได้ว่าทั้ง " แข็ง" และ " เหนียว "มาเสริมเข้าเป็นเนื้อเดียวกัน พลาสติกที่ได้รับการปรับปรุงดังกล่าวเรียกว่า " **พลาสติกเสริมกำลัง** " (Reinforced Plastics) และวัสดุที่มีคุณสมบัติที่ดีและเหมาะสมที่สุดที่จะนำมาเสริมกำลังให้พลาสติกก็คือ " **ใยแก้ว** " (Glass Fiber) ซึ่งมีลักษณะอ่อนนุ่มแต่เหนียว ทั้งทนการผุกร่อนได้ดี ทนความร้อนได้สูง เป็นฉนวนไฟฟ้าและทนสารเคมี ส่วนพลาสติกที่จะนำมาใช้เป็นเนื้อต้องเป็นชนิดที่มีความแข็งมาก ซึ่งถ้าไม่มีการเสริมกำลังแล้ว จะเปราะ ดังนั้นเราจึงเลือกเอาพลาสติกประเภท " **เทอร์โมเซตติ้ง** " (Thermosetting) มาใช้งาน ได้แก่พวก " **พอลิเอสเตอร์** " (Polyester) และ " **อีพอกซี** " (Epoxy) เป็นต้น พลาสติกจำพวกนี้เป็นพลาสติกเหลว ซึ่งภายหลังจากผสมกับ " ตัวทำปฏิกิริยา " (Catalyst) แล้วจะเกิดปฏิกิริยาทางเคมีเรียกว่า Polymerisation ความร้อนเกิดขึ้นสูงเกือบ 100 องศาเซลเซียส แล้วจะเปลี่ยนสภาพเป็นพลาสติกแข็งและจะไม่คืนรูปอีก ดังนั้นการสร้างผลิตภัณฑ์ขึ้นมาโดยใช้วิธีการดังกล่าวจึงเรียกได้ว่าเป็น " **ผลิตภัณฑ์พลาสติกเสริมกำลังด้วยใยแก้ว** "

หรือ FRP หรือ GRP (Glass Fiber reinforced plastics) ซึ่งเราเรียกง่ายๆ ว่า **ผลิตภัณฑ์ไฟเบอร์กลาส**

ไฟเบอร์กลาสสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ ได้อย่างกว้างขวาง เช่น เรือ ถังบรรจุของเหลว ท่อไซโลเก็บเมล็ดพืชวัตถุดิบในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ แผ่นหลังคาแผงกันแดด ตุ๊กตาเด็กเล่นในสวนสนุก ฯลฯ

อุตสาหกรรมการทำผลิตภัณฑ์ไฟเบอร์กลาสเพิ่งเจริญในประเทศไทยเมื่อไม่นานมานี้โดยในระยะแรกนิยมนำไปทำเป็นเรือเร็วชนิดต่างๆ สกู๊ตเตอร์น้ำ ขณะนี้ผลิตภัณฑ์ไฟเบอร์กลาสกำลังเป็นที่สนใจเป็นอย่างมาก

ไฟเบอร์กลาสมีประโยชน์ต่อกิจการอุตสาหกรรมเกือบทุกประเภท ทั้งนี้เพราะไฟเบอร์กลาสมีความแข็งแรงสูง ราคาต้นทุนการผลิตต่ำเมื่อเทียบกับชิ้นส่วนหรือโครงสร้างที่เป็นเหล็กและที่สำคัญคือ เทคนิคในการทำไม่ยุ่งยากมากการลงทุนในเรื่องเครื่องมือและอุปกรณ์ เหมาะแก่การส่งเสริมให้เป็นอาชีพเสริมของประชาชนเพื่อเป็นการเพิ่มรายได้ต่อไป

ผลิตภัณฑ์ไฟเบอร์กลาสมีทั้งข้อดีและข้อเสีย

ข้อดี คือ

1. มีความแข็งแรงสูง
2. มีน้ำหนักเบา
3. สามารถออกแบบให้มีลักษณะต่างๆได้ตามความพึงพอใจ
4. มีความคงทนต่อสารเคมีและการกัดกร่อน
5. เป็นฉนวนความร้อนได้ดีมาก
6. ไม่ต้องทาสีเพราะสามารถผสมสีลงไปในขั้นตอนการผลิตได้เลย

ข้อเสีย คือ

1. มีค่ามอดูลัสต่ำ (หรือมีความแข็งต่ำ)
2. ความเหนียวต่อแรงเฉื่อยมีค่าต่ำ
3. มีกำลังในการผลิตต่ำ
4. คงทนต่อความร้อนและเปลวไฟได้ต่ำ
5. ทนต่อการขีดข่วนได้ต่ำ

ประเภท	ชนิด	การกำหนด	การใช้งาน
อาคารและสิ่งก่อสร้าง	แผ่นเรียบและลอน		แผ่นลอน, แผ่นโปร่งแสง
	สิ่งก่อสร้าง	ผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับการตกแต่งภายในและภายนอกของอาคารและสิ่งก่อสร้าง	โดม, แผ่น, ผนัง, บ่อ, หินอ่อน-เทียม, สัญญาณในการสัญจร
เครื่องใช้	อ่างเก็บน้ำ, ถังน้ำ	ผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับห้องน้ำและสุขภัณฑ์	อ่างอาบน้ำและส่วนประกอบ, ห้องอาบน้ำใช้ฝักบัว ฯลฯ
ผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับทะเล	เกี่ยวกับทะเล	เรือ, หรือผลิตภัณฑ์ที่ใช้ประโยชน์ในทะเล	เรือชูชีพ, กระดานโต้คลื่น, เรือแคนู, ผนังชั้นในและนอกของเรือ ฯลฯ
การขนส่ง	การขนส่ง	การขนส่งทางบก	ตัวถังรถยนต์และรถบรรทุก กันชนรถยนต์, สีโป๊ว ฯลฯ
แทงค์และภาชนะ	แทงค์และภาชนะอุปกรณ์ทนการสึกกร่อน	แทงค์และภาชนะสำหรับงานทั่วไปหรือชนิดทนการสึกกร่อน	แทงค์น้ำ, แทงค์สารเคมี, ตู้ขนสินค้า, พัดลม, ไซโล ฯลฯ
อุปกรณ์ทางอุตสาหกรรม	ท่อ	ท่อสำหรับอุปกรณ์ทางอุต-สาหกรรม	ท่อผลิตโดยวิธี Filament Winding, Pultrusion และ Roto molding
	อุปกรณ์หุ้มท่อ	อุปกรณ์หุ้มท่อและส่วนประกอบ	Cooling Tower, กรอบประตูหน้าต่าง, หีบ, กล่อง
	อุปกรณ์ไฟฟ้า	ผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับเครื่องไฟฟ้า	อุปกรณ์สัญญาณ, แผงฉนวน ปลอกแบตเตอรี่ ฯลฯ
ของใช้ทั่วไป	ผลิตภัณฑ์ใช้งานทั่วไป	ผลิตภัณฑ์ใช้งาน	ของเล่น, เครื่องกีฬา, หมวกกันน็อค หุ่นนางแบบ, กระดุม, ผลิตภัณฑ์พลาสติกหล่อ ฯลฯ

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

GRP คืออะไร

เทคนิคหลายๆอย่างที่ใช้ในการทำให้ polyester resin รวมกับเส้นใยแก้วนั้นเราจะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดใหญ่ และผลิตในโรงงานที่มีความเฉพาะเจาะจงอย่างสูง บางทีเราจะเรียกผลิตภัณฑ์นี้ว่า GRP (glass reinforced plastic) or FRP (fibre glass reinforced plastics)

GRP ประกอบไปด้วยเส้นใยแก้วและเรซิน โดยใยแก้วจะทำหน้าที่เป็นสารเสริมแรงในเรซิน

ความน่าสนใจในการใช้ polyester เป็นเรซินนั้นเนื่องจาก

1. ในระหว่างการสุกตัวจะไม่มีการระเหยของพวกสารระเหยออกมา ซึ่งหมายความว่าแรงดันภายนอกไม่จำเป็นสำหรับการขึ้นรูป (ถ้าใช้พวก PF เป็นเรซิน ในระหว่างการเกิดปฏิกิริยาเป็นโครงสร้างร่างแหนั้นจะให้น้ำออกมาซึ่งจำเป็นที่จะต้องใช้ความดันสูงๆ ประมาณ 100 psi เพื่อป้องกันการเกิดฟองอากาศในชิ้นงานอันเนื่องมาจากไอน้ำ) ดังนั้นความดันบรรยากาศก็เพียงพอในการทำ GRP laminate เรียกขบวนการทำลามิเนตภายใต้สภาวะนี้ว่า "the contact process"
2. การทำให้เรซินแข็งตัว ไม่จำเป็นต้องใช้ความร้อนเข้าไป แต่อย่างไรก็ตามขบวนการนี้ก็มีขีดจำกัด คือมีอัตราการผลิตที่ช้า

การประยุกต์ใช้ของ GRP เช่นนำไปทำเป็น car bodies , truck caps , boat hulls , seating , wall cladding , sports goods , roofing

เส้นใยแก้ว (Glass fibre)

ผลิตได้จากการหลอมเม็ดแก้วในถ้วยแพลตินั่ม ในเตาเผาที่อุณหภูมิ 1300-1400 องศาเซลเซียส เส้นใยแก้วจะไหลออกมาทางรูของก้นถ้วย และถูกยืดโดย

การดึงที่ความเร็วสูง หลังจากนั้นจะผ่านไปยังสารหล่อลื่น เพื่อป้องกันการเสียดสี เป็นผลให้ความแข็งแรงดึงของเส้นใยแก้วต่ำลง

ชนิดของเส้นใยแก้ว

1. E-GLASS (Electrical) เส้นใยแก้วชนิดนี้มีสมบัติทางไฟฟ้าที่ดี ต้านทานต่อสภาพภูมิอากาศ แต่การทนทานต่อสารเคมีต่ำ เส้นใยชนิดนี้เป็นเส้นใยที่มีอัลคาไลน์โบโรซิลิเกตต่ำ และสามารถนำเอาไปใช้ประโยชน์ได้โดยทั่วไป เพราะมีคุณสมบัติดีในหลายๆด้านและราคาถูก
2. A-GLASS (Alkali) เส้นใยแก้วชนิดนี้มีอัลคาไลน์ 10-15 เปอร์เซนต์ และใช้กับงานที่ต้องการความต้านทานสารเคมีได้ดี
3. S-GLASS (Strong) เส้นใยแก้วชนิดนี้ทำจากการผลิตที่อุณหภูมิสูงมาก ซึ่งจะทำให้มีความแข็งแรงมาก จึงเหมาะสำหรับการใช้งานที่ต้องการความแข็งแรงสูงๆ จะใช้เส้นใยชนิดนี้เคลือบด้วยเรซินอีพอกซี

เราสามารถแบ่งรูปแบบของกลาสไฟเบอร์ได้หลายแบบดังนี้

1. Continuous Strand Roving เป็นเส้นใยที่ไม่ได้ทำการบิดเป็นเกลียวบรรจุในรูปทรงกระบอก การม้วนเส้นใยนี้บางทีจะใช้การปรับปรุงผิวหน้า (surface treatment) เหมาะที่จะใช้กับเรซินที่ต่างชนิดกันและขบวนการต่างกัน เส้นใยชนิดนี้จะสามารถกระจายตัวในเรซินได้อย่างดี และได้คุณสมบัติเชิงกลที่ดีเยี่ยม
2. Woven Roving ทำจาก continuous strand roving และสามารถทำให้มีความกว้าง ความหนาและน้ำหนักที่แตกต่างกันไป รวมทั้งมีความแข็งแรงตามทิศทางที่แตกต่างกันด้วย ซึ่งเมื่อทำเป็นแม่แบบจะมีความแข็งแรงต่อขนาดที่สูง และมีราคาถูกกว่า convention woven fabrics
3. Woven Fabrics ทำจากเส้นใยไฟเบอร์กลาส ซึ่งจะทำให้มีคุณสมบัติในช่วงกว้าง รวมถึงความกว้าง ความยาว และความแข็งแรงตามทิศทางด้วย

4. Surfacing Mat or Veil ใช้ในการเชื่อม reinforcing mat กับ fabrics เพื่อให้มีพื้นผิวที่ดี และยังใช้เป็นชั้นภายในของผลิตภัณฑ์ที่ป้องกันการกัดกร่อนได้ ช่วยทำให้พื้นผิวหน้าของเรซินเรียบขึ้น

5. Reinforcing Mats ทำจาก shopped starnds or continuous strands ของเส้นใยแก้ว เชื่อมกันโดยใช้ resinous binders จะใช้สำหรับวัสดุที่ต้องการความแข็งแรงปานกลาง

6. Combination Mats ประกอบด้วย woven roving 1 ชั้นเชื่อมกันด้วยพันธะเคมีกับ chopped strand mat ทำให้มี orientation หลายทิศทาง เพราะ woven roving มี orientation 2 ทิศทาง ส่วน chopped strand mat มีหลาย orientation วิธีนี้จะช่วยย่นระยะเวลาในการทำ hand lay-up เพราะมี 2 ชั้นในการ operate เพียงครั้งเดียว และมีพื้นที่ผิวที่ดีพอๆกับ multi-layer reinforcement

7. Chopped Fibers มีความยาวอยู่ในช่วง 1/8 - 2 จะนำไปผสมกับเรซินและ additive เพื่อทำเป็นชิ้นงานโดยการ injection , compression พวก chopped strand ที่สั้นๆ เหมาะสำหรับใช้ผสมในระบบ thermoplatics resin เพื่อทำ injection ส่วนพวกที่ยาวๆนั้นใช้ในระบบ thermosetting resin เพื่อทำ compression และ tranfer mouding

8. Milled Fibers เส้นใยมีความยาวอยู่ในช่วง 1/32 - 1/8 ใช้สำหรับเรซินชนิด thermoplastics แต่ผลิตภัณฑ์จะมีความแข็งแรงไม่มากนัก ใช้เป็น filler และ adhesives

เปรียบเทียบคุณสมบัติของ GRP

	Tensile strength (psi)	Impact strength (ft.lb/in)
Cast polyester resin	9,000	0.4
Polyester + 30% CSM	15,000	15
Polyester + 55%glass cloth	50,000	20
Polyester + 70%glass roving	120,000	25

CSM (chopped strand mat)

เป็นเส้นใยแก้วที่มีความยาวประมาณ 50 มม. จัดวางเรียงตัวกันแบบสุ่ม มีลักษณะเป็นเส้นยึดติดกันโดยใช้กาว โดยการพ่นสเปรย์กาวในขบวนการผลิต เมื่อ CSM ถูกเคลือบด้วยเรซิน สารยึดเกาะจะละลายในเรซินเพื่อทำให้เส้นใยเคลื่อนที่เป็นอิสระได้โดยไม่ขาด ในขณะที่ตัวแบบนั้นมีลักษณะซับซ้อนหรือโค้งงอ

เรซิน

ระบบของเรซินที่ใช้ แบ่งเป็น 2 ระบบคือ

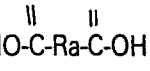
1. Thermoset เช่น Polyester , Epoxies , Phenolics , Silicones
2. Thermoplastic เช่น PS , PP , PE , Nylon , Vinyls

ตัวที่เรานิยมใช้มากที่สุดคือ Polyester เพราะง่ายในการทำ ทั้งยังมีคุณสมบัติที่ดี เช่น ต้านทานต่อสารเคมี โดยเฉพาะกรด มีคุณสมบัติทางไฟฟ้าที่ดี

Thermoset Polyester

เกิดจากปฏิกิริยา condensation ระหว่าง glycols และ dicarboxylic acid ซึ่งมีสูตรโครงสร้างคือ

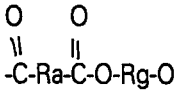
HO-Rg-OH สูตรโดยทั่วไปของ glycol



สูตรโดยทั่วไปของ dicarboxylic acid

Ra และ Rg แทนกลุ่มที่เหมือนกันหรือต่างกันก็ได้

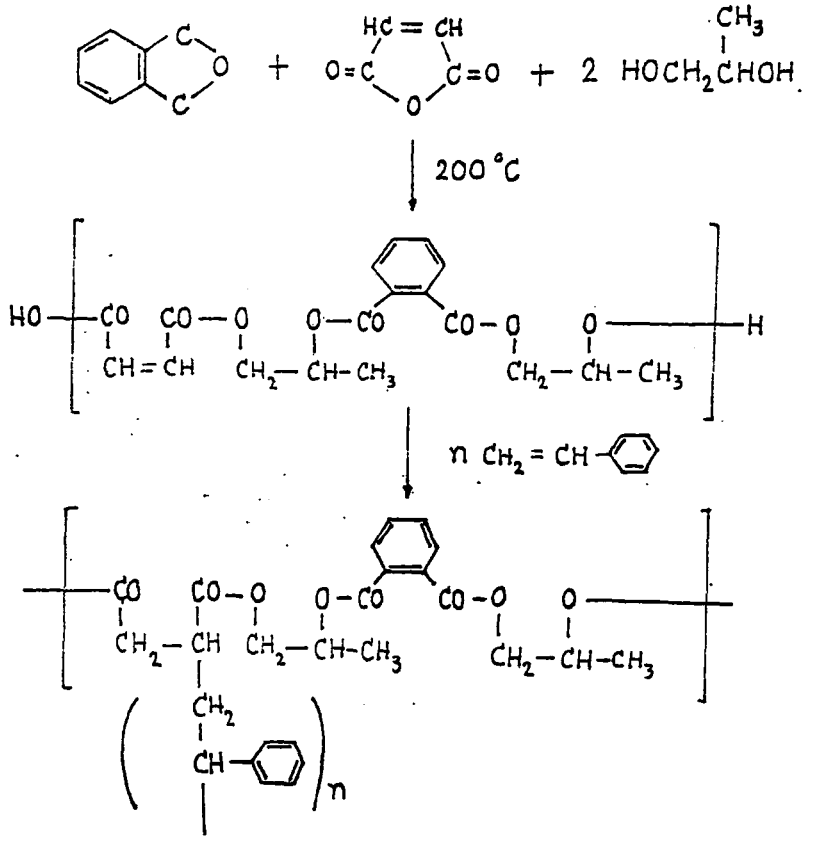
ดังนั้น polyester 1 หน่วยมอนอเมอร์จะมีโครงสร้างดังนี้



R บางตำแหน่งเป็นพันธะคู่ของคาร์บอน (C=C) ทำให้สามารถเกิด crosslinking ได้ ซึ่งเราเรียกว่า **unsaturated polyester**

Unsaturated Polyester Resin

เตรียมได้โดยใช้ Phthalic anhydride, Maleic anhydride และ Propylene glycol ผสมกันที่ 200 องศาเซลเซียส ภายใต้ ineart gas ดังสมการ



n = 1 to 6

จากปฏิกิริยา ในการเติมมอนอเมอร์ของสไตรีนเข้าไป เพื่อต้องการให้เกิด Crosslinking โดยผ่านขบวนการ Copolymerisation ซึ่งขบวนการนี้จะเกิดขึ้นได้นั้นเราจำเป็นต้องใช้ Initiator เช่น methyl ethyl ketone peroxide (MEKP) หรือ benzoylperoxide

การทำให้ปฏิกิริยานี้ว่องไวมากขึ้น สามารถกระทำได้โดยใช้ accelerator ซึ่งชนิดของตัวช่วยเร่งที่เราจะใช้นั้นขึ้นอยู่กับชนิดของ initiator ที่ใช้ เช่น ถ้าเราใช้ MEKP เราจะใช้ Cobalt naphthenate เป็นตัวช่วยเร่ง ซึ่งสามารถทำให้เกิดปฏิกิริยาที่อุณหภูมิห้องได้

เวลาในการเกิดเป็นเจล (gelation time)

คือ ช่วงเวลาตั้งแต่เริ่มเติมสารกระตุ้นตัวเร่งลงในเรซิน จนกระทั่งเรซินเริ่มแข็งตัว และมีลักษณะเป็นเจล (soft gel) เวลาที่ใช้ในการเกิดเป็นเจลนี้ขึ้นอยู่กับ

- ปริมาณของสารกระตุ้นตัวเร่งและเรซิน
- อุณหภูมิที่เหมาะสม
- การระเหยของมอนอเมอร์
- ชนิดของสีและสารตัวเติมอื่นๆ
- สารมลทินที่อาจหน่วงปฏิกิริยาได้

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
หมวกนิรภัยสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมและงานสนาม
มอก. 368 - 2533

1. ขอบข่าย

1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนด ประเภทและชั้นคุณภาพ ขนาด ส่วนประกอบ การทำความเรียบร้อย คุณลักษณะที่ต้องการ การทำเครื่องหมาย การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสินและการทดสอบหมวกนิรภัย สำหรับโรงงานอุตสาหกรรมและงานสนาม

1.2 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ครอบคลุมเฉพาะหมวกนิรภัยที่ใช้ป้องกันศีรษะจากอุบัติเหตุต่างๆ ในขณะกำลังปฏิบัติงานในโรงงานอุตสาหกรรมหรืองานสนามตลอดจนป้องกันอันตรายจากกระแสไฟฟ้าและความร้อน

2. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้มีดังต่อไปนี้

2.1 กะบังหมวก (peak) หมายถึง ส่วนของเปลือกหมวกที่ยื่นออกมาข้างหน้าเหนือตาของผู้ใส่

2.2 ขอบหมวก (brim) หมายถึง ส่วนที่ยื่นออกไปโดยรอบหมวกเพื่อป้องกันหน้าคอ และไหล่

2.3 แถบซับเหงื่อ (sweat band) หมายถึง ส่วนที่ประกอบด้วยสายรัดศีรษะที่สัมผัสกับหน้าผากของผู้ใส่ ส่วนนี้สามารถทำเป็นส่วนเดียวกันหรืออาจทำแยกส่วนกับสายรัดศีรษะก็ได้

2.4 แถบรองหมวก (crown strap) หมายถึง แถบที่โยงครอบคลุมเหนือศีรษะปลายหนึ่งของแถบจะโยงไปรวมกับแถบอื่น ๆ เหนือศีรษะ อีกปลายหนึ่งไปยึดติดกับเปลือกหมวกด้านใน

2.5 เปลือกหมวก (shell) หมายถึง ตัวหมวกนิรภัยที่ไม่รวมส่วนประกอบอื่น ๆ

2.6 รองในหมวก (suspention) หมายถึง ส่วนที่ประกอบด้วยสายรัดศีรษะและแถบรองในหมวก

2.7 สายรัดคาง (chin strap) หมายถึง สายที่ยึดหมวกนิรภัยให้แน่นกับศีรษะโดยยึดไว้ที่คาง สายนี้สามารถปรับให้แน่นหรือหย่อนได้ตามต้องการ

2.8 สายรัดศีรษะ (headband) หมายถึง แถบที่แนบไปกับเส้นรอบวงของศีรษะขนาดของศีรษะจะมีขนาดใกล้เคียงกับขนาดเส้นรอบวงของสายรัดศีรษะ

2.9 สายรัดหลังศีรษะ (nape strap) หมายถึง ส่วนของสายรัดศีรษะที่อยู่ด้านหลังศีรษะ สามารถที่จะปรับให้มีขนาดต่างๆกัน

3. ประเภทและชั้นคุณภาพ

หมวกนิรภัยแบ่งออกเป็น 2 ประเภท และ 4 ชั้นคุณภาพ

3.1 ประเภท

- ประเภท 1 คือ หมวกนิรภัยที่มีขอบเต็ม มี 4 ชั้นคุณภาพ คือ A, B, C และ D
- ประเภท 2 คือ หมวกนิรภัยที่ไม่มีขอบแต่มีกระบังหมวก มี 3 ชั้นคุณภาพ คือ A, B และ C

3.2 ชั้นคุณภาพ

- ชั้นคุณภาพ A คือ หมวกนิรภัยที่ป้องกันแรงดันไฟฟ้าจำกัด
- ชั้นคุณภาพ B คือ หมวกนิรภัยที่ป้องกันแรงดันไฟฟ้าสูง
- ชั้นคุณภาพ C คือ หมวกนิรภัยที่ไม่สามารถป้องกันแรงดันไฟฟ้าได้
- ชั้นคุณภาพ D คือ หมวกนิรภัยที่ป้องกันอัคคีภัยและแรงดันไฟฟ้าจำกัด

4. ขนาดและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน

หมวกนิรภัยส่วนใหญ่จะมีขนาดเดียว แต่มีสายรัดศีรษะซึ่งปรับให้เส้นรอบวงมีขนาดพอดีกับศีรษะได้

5. ส่วนประกอบ การทำและความเรียบร้อย

5.1 ส่วนประกอบและการทำ

- หมวกนิรภัยต้องประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ เปลือกหมวก และรองในหมวก และต้องมีระยะห่างพอสมควรระหว่างสายรัดศีรษะและผิวด้านในเปลือกหมวกเพื่อการระบายอากาศ

- เปลือกหมวก

ก. รูปร่างลักษณะของหมวกทุกประเภทต้องเป็นรูปโดม เป็นชิ้นเดียวกันโดยตลอด ไม่มีรอยต่อหรือรอยเชื่อมใดๆ

ข. เปลือกหมวกประเภท 1 ต้องมีขอบหมวกต่อเนื่องกันและมีความกว้างไม่น้อยกว่า 30 มม.

ค. เปลือกหมวกชั้นคุณภาพ A,C และ D อาจมีรูได้ถ้าหากรูนั้นมีไว้เพื่อยึดอุปกรณ์นิรภัย ยกเว้นชั้นคุณภาพ B ต้องไม่มีรูไม่ว่ากรณีใดๆ

จ. เปลือกหมวกชั้นคุณภาพ B ต้องทำด้วยวัสดุที่มีความต้านแรงดันไฟฟ้าสูง และมีการรั่วไหลของกระแสไฟฟ้าต่ำ ห้ามใช้วัสดุที่เป็นโลหะใดๆ ทำเครื่องหมายหรือเป็นส่วนประกอบอื่นๆบนเปลือกหมวก

- สายรัดศีรษะและแถบซับเหงื่อต้องทำจากหนังสัตว์ พลาสติก หรือวัสดุที่ให้ความสบายกับผู้สวมใส่

ก. บนแถบรัดศีรษะต้องมีตัวเลขแสดงขนาดไว้ เพื่อที่ผู้ใส่จะสามารถปรับให้ได้ขนาดต่างๆกันตามความต้องการ

ข. เมื่อปรับสายรัดศีรษะให้ได้ขนาดเส้นรอบวงใหญ่ที่สุดแล้วต้องมีช่องว่างเพียงพอระหว่างผิวเปลือกหมวกด้านใน และสายรัดศีรษะเพื่อระบายอากาศภายในหมวก

- วัสดุที่ใช้ทำหมวกนิรภัยต้องเป็นวัสดุที่ทนน้ำและทนไฟ และส่วนประกอบของหมวกนิรภัยที่ทำขึ้นต้องไม่เป็นพิษเมื่อสัมผัสกับผิวหนังของผู้ใช้

5.2 ความเรียบร้อย

ผิวของหมวกต้องเรียบเกลี้ยง ปราศจากเสี้ยน สันแหลมคม รอยแตกและรอยร้าว รอยเสี้ยนที่เกิดจากการเจาะรูหรือสัน ต้องทำให้เรียบเพื่อที่จะให้ผิวสัมผัสกันพอดี ส่วนที่เป็นโลหะทั้งหมดต้องเรียบและปราศจากสันขรุขระ

6. คุณลักษณะที่ต้องการ

6.1 ระยะห่างระหว่างหมวกด้านในกับรองในหมวก ค่าเฉลี่ยต้องไม่น้อยกว่า 30 มิลลิเมตร

6.2 ความเป็นฉนวนไฟฟ้า (insulation resistance)

- หมวกนิรภัยชั้นคุณภาพ A และ D ต้องสามารถต้านแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับได้ 2200 โวลต์ ความถี่ 50 เฮริตซ์ เป็นเวลานาน 1 นาที โดยมีกระแสไฟฟ้ารั่วไหลผ่านหมวกไม่เกิน 3 มิลลิแอมแปร์

- หมวกนิรภัยชั้นคุณภาพ B ต้องสามารถต้านแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 20000 โวลต์ ความถี่ 50 แฮริตซ์ เป็นเวลานาน 3 นาทีได้ โดยมีกระแสรั่วไหลไม่เกิน 9 มิลลิแอมแปร์ และแรงดันไฟฟ้าเสียสภาพฉับพลันไม่ต่ำกว่า 30000 โวลต์

6.3 ความต้านทานการกระแทก (impact resistance)

ค่าแรงกระแทกสูงสุดที่ส่งผ่านหมวกทุกชั้นคุณภาพแต่ละใบไม่เกิน 4448 นิวตัน และค่าเฉลี่ยแรงกระแทกที่ส่งผ่านหมวกไม่เกิน 3781 นิวตัน

6.4 ความต้านทานการเจาะ (penetration resistance)

รอยเจาะที่เกิดขึ้นบนหมวกนิรภัยชั้นคุณภาพ A, B และ D ต้องลึกไม่เกิน 10 มม. และชั้นคุณภาพ C ไม่เกิน 12 มม. โดยคิดรวมความหนาของหมวกด้วย

6.5 น้ำหนักเปลือกหมวกรวมทั้งรองในหมวก

- หมวกนิรภัยชั้นคุณภาพ A และ C ไม่เกิน 420 กรัม
- หมวกนิรภัยชั้นคุณภาพ B ไม่เกิน 435 กรัม
- หมวกนิรภัยชั้นคุณภาพ D ไม่เกิน 840 กรัม

6.6 สภาพติดไฟ (flammability)

ส่วนบางที่สุดของหมวกนิรภัยชั้นคุณภาพ A ต้องติดไฟด้วยความเร็วไม่เกิน 75 มิลลิแอมแปร์/นาที และชั้นคุณภาพ D ไฟต้องดับได้เอง

6.7 การดูดซึมน้ำ (water absorption)

- การดูดซึมน้ำของหมวกนิรภัยชั้นคุณภาพ A ,C และ D ไม่เกินร้อยละ 5 ของน้ำหนัก
- การดูดซึมน้ำของหมวกนิรภัยชั้นคุณภาพ B ไม่เกินร้อยละ 0.5 ของน้ำหนัก

บทที่ 3
การวิจัยและการดำเนินการ

ก. การทดลอง

3.1 สารเคมี

1. เรซินโพลีเอสเทอร์ชนิดไม่อิ่มตัว เกรดทั่วไป : บริษัท เลิศวัฒนกิจ จำกัด
2. เจลโคท (Gel coat) : บริษัท เลิศวัฒนกิจ จำกัด
3. โคบอลท์แนพทีเนต : บริษัท เลิศวัฒนกิจ จำกัด
4. เมทิลเอทิลคีโตนเปอร์ออกไซด์ (MEKP) : บริษัท เลิศวัฒนกิจ จำกัด
5. ขี้ผึ้ง (wax)
6. แอซีโตน
7. สารละลายโพลีไวนิลแอลกอฮอล์
8. สีชนิดสารละลาย: บริษัท เลิศวัฒนกิจ จำกัด
9. เส้นใยแก้วเสริมแรง : บริษัท เลิศวัฒนกิจ จำกัด
10. Chaina clay
11. ดินน้ำมัน
12. คลอโรฟอร์ม

3.2 วัสดุและอุปกรณ์

1. ไม้, ตะปู, ค้อน, เลื่อย
2. ก้อนหินขนาดใหญ่
3. แผ่นกระจกใสผิวเรียบ
4. แปรงทาสี 2 อัน

5. ขวดน้ำพลาสติกที่ตัดเอาเฉพาะส่วนล่างของขวดนำมาใช้แทนบีกเกอร์
6. เครื่องขัดผิวเรียบสายอ่อน
7. ปิเปตขนาด 1 มิลลิลิตร 1 อัน
8. ปิเปตขนาด 10 มิลลิลิตร 1 อัน
9. แผ่นพลาสติกโพลิโพรพิลลีน
10. เครื่องชั่งน้ำหนัก
11. ครีมทาผิว
12. ถุงมือยาง
13. เตาอบ
14. กระดาษหนังสือพิมพ์
15. แท่งแก้วคน
16. ลูกกลิ้ง (roller)

3.3 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

ก่อนทำการทดลองให้ปูกระดาษหนังสือพิมพ์บนโต๊ะที่ทำการทดลองทุกครั้ง

<u>ตอนที่ 1</u> การหาระยะเวลาของการเกิดเป็นเจล (Gel time) ของ Gel coat

ชั่ง Gel coat 100 กรัม เติมโคบอลท์แนพทีเนต ใช้แท่งแก้วคนให้ผสมกันอย่างทั่วถึง จากนั้นเติม MEKP ใช้แท่งแก้วคนให้ผสมกัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เริ่มจับเวลาจนกระทั่ง สารละลายเป็นเจล คือ เริ่มมีลักษณะหนืดพอสมควรแต่ไม่แข็ง บันทึกเวลา ซึ่งปริมาณโคบอลท์แนพทีเนต และ ปริมาณ MEKP ที่ใช้ หาได้โดยการเปลี่ยนแปลงปริมาณโคบอลท์แนพทีเนตที่ใช้ โดยที่ให้ปริมาณ MEKP คงที่ และเปลี่ยนแปลง MEKP โดยให้ปริมาณโคบอลท์แนพทีเนตคงที่ เพื่อหาระยะเวลาของการของการเกิดเป็นเจลซึ่งเวลาที่เหมาะสมคือประมาณ 15 นาที ทำการบันทึกปริมาณโคบอลท์แนพทีเนตและ MEKP ที่ใช้และระยะเวลาในการเกิดเป็นเจล

ตอนที่ 2 ***การหาระยะเวลาของการเป็นเจลของ unsaturated polystyrene (laminating resin)***

ชั่ง unsatutated polyester 300 กรัม แล้วทำการทดลองเช่นเดียวกับตอนที่ 1 แต่ทำการเปลี่ยนแปลงปริมาณโคบอลท์แนพทีเนต และ MEKP เพื่อหาเวลาในการเกิดเป็นเจลที่เหมาะสมคือประมาณ 20 - 30 นาที

ตอนที่ 3 ***การฝึกความชำนาญในการทำผลิตภัณฑ์ไฟเบอร์กลาสโดยใช้แผ่นกระจกใสผิวเรียบ***

ขั้นที่ 1 ตัดแผ่นเส้นใยแก้วเสริมแรง 3 แ ผ่นโดยให้มีขนาดใหญ่กว่าแผ่นกระจกด้านละประมาณ 2 เซนติเมตร

ขั้นที่ 2 *การเตรียมแม่พิมพ์ (mould)*

1. ทำความสะอาดแม่พิมพ์ซึ่งในขั้นตอนนี้คือ กระจกใสแผ่นเรียบ
2. เช็ดผิวหน้าของกระจกด้วยอาซิโตนหรือคลอโรฟอร์มเพื่อขจัดคราบไขมัน
3. ลงขี้ผึ้งบนผิวกระจกแล้วใช้ผ้าขนนุ่มขัดให้มันวาว ทำ 3 ครั้ง
4. ทาสารละลายของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ลงบนแม่พิมพ์ให้ทั่ว โดยพยายามอย่าให้มีฟองอากาศ ทิ้งให้แห้งสนิท

ขั้นที่ 3 *การเตรียม Gel coat*

ชั่งเจลโคท 100 กรัม ใส่สีเล็กน้อย คนให้ผสมกัน จากนั้นเติมโคบอลท์แนพทีเนต 0.5 ลูกบาศก์เซนติเมตร คนให้ผสมกัน แล้วเติม MEKP 1 ลูกบาศเซนติเมตร คนให้ผสมกันอีกครั้ง (ปริมาตรของโคบอลท์แนพทีเนตและMEKP หาได้จากตอนที่ 1)

ขั้นที่ 4 *การเตรียม laminating resin*

ชั่ง unsaturated polyester resin 300 กรัม ใส่สี (ของเหลว) เล็กน้อย คนให้ผสมกัน จากนั้นเติมโคบอลท์แนพทีเนต 0.5 ลูกบาศก์เซนติเมตร คนให้ผสมกัน แล้วเติม MEKP 3 ลูกบาศก์เซนติเมตร คนให้ผสมกัน

ขั้นที่ 5 วิธีการทำแม่พิมพ์

1. ทา gel coat (ที่เตรียมได้จากขั้นที่ 3) ลงบนผิวหน้าของแผ่นกระจก (จากขั้นที่ 2) รอจนกระทั่ง gel coat เพิ่งเริ่มแข็งตัวแต่ยังไม่แข็ง

2. ทา laminating resin (จากขั้นที่ 4) ทับลงบน gel coat ให้หนาพอประมาณ แล้วนำแผ่นเส้นใยแก้วเสริมแรงที่ตัดไว้มาวางทับลงบน laminating resin

3. ทา laminating resin ทับลงบนแผ่นเส้นใยแก้วเสริมแรงอีกทีหนึ่ง พยายามกดแปรงแรงๆ เพื่อเป็นการไล่ฟองอากาศ จากนั้นใช้ลูกกลิ้ง (roller) กลิ้งไปบนแผ่นเส้นใยแก้วเสริมแรงให้ทั่ว เพื่อไล่ฟองอากาศออกให้หมด

4. นำแผ่นเส้นใยแก้วเสริมแรง แผ่นที่ 2 วางทับลงไปอีกชั้น ทา laminating resin ทับลงไป และทำซ้ำข้อที่ 3

5. นำแผ่นเส้นใยแก้วแผ่นที่ 3 วางทับลงไปเป็นชั้นที่ 3 ทา laminating resin ทับลงไป และทำซ้ำข้อ 3

6. ทิ้งให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้ให้แห้งแต่ยังไม่แข็ง คือ มีความแข็งพอที่จะใช้มีดคัตเตอร์ตัดได้ จากนั้นใช้คัตเตอร์ตัดตกแต่งตามขอบแม่พิมพ์เพื่อตัดเอาแผ่นเส้นใยแก้วเสริมแรง ส่วนที่เกินพ้นออกมาจากแม่พิมพ์ออก

7. ทิ้งให้ผลิตภัณฑ์แข็งตัวที่อุณหภูมิห้องประมาณ 1 วัน จึงทำการแกะผลิตภัณฑ์ที่ได้ออกจากแม่พิมพ์

8. นำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปอบในตู้อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง เพื่อให้เกิดการสุกตัว (cure) อย่างสมบูรณ์

<u>ตอนที่ 4</u> การเตรียมแม่พิมพ์ (mould) เพื่อผลิตหมวกความปลอดภัย

ขั้นที่ 1 แบ่งผิวนอกของหมวกออกเป็นส่วนย่อย แล้วใช้กระดาษหนังสือพิมพ์ทาบลงบนแต่ละส่วน เพื่อใช้เป็นแบบในการตัดแผ่นเส้นใยแก้วเสริมแรง ทำการตัดแผ่นเส้นใยแก้วเสริมแรง ตามแบบ

ขั้นที่ 2 การเตรียมแม่พิมพ์ (mould)

ทำการปรับแต่งผิวภายนอกหมวกที่ได้จากตอนที่ 3 ให้เรียบ โดยใช้ china clay คว่ำหมวกลง แล้วทำเช่นเดียวกับขั้นที่ 2 ในตอนที่ 3 โดยแม่พิมพ์ ในขั้นตอนนี้คือ หมวกความปลอดภัยที่ทำจากพลาสติกพอลิพรอพิลีน

ขั้นที่ 3 การเตรียม Gel coat

ชั่ง Gel coat 300 กรัม ใส่สี (ของเหลว) เล็กน้อย (ในการทดลองใช้สีเหลือง) คนให้ผสมกัน เติมโคบอลท์แนพทีเลต 1.5 ลูกบาศก์เซนติเมตร คนให้ผสมกัน จากนั้นเติม MEKP 3 ลูกบาศก์เซนติเมตร คนให้ผสมกันอีกครั้ง

ขั้นที่ 4 การเตรียม laminating resin

ชั่ง unsaturated polyester resin ใส่สีเหลืองเล็กน้อย คนให้ผสมกัน เติมโคบอลท์แนพทีเนต 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร คนให้ผสมกัน จากนั้นเติม MEKP 6 ลูกบาศก์เซนติเมตร คนผสมให้ผสมกันอีกครั้ง

ขั้นที่ 5 วิธีการทำแม่พิมพ์

1. ทา gel coat (จากขั้นที่ 1) ลงบนผิวหมวกที่ใช้เป็นแม่พิมพ์ ทิ้งไว้จน gel coat เริ่มแข็งตัวแต่ยังไม่แข็ง คือยังมีลักษณะเหนียว

2. ทา laminating resin (จากขั้นที่ 4) ทับลงบน gel coat ให้ หนาพอประมาณนำแผ่นเส้นใยแก้วเสริมแรงที่ตัดไว้มาวางบนแต่ละส่วนของแม่พิมพ์

3. ทา laminating resin ทับลงบนแผ่นเส้นใยแก้วเสริมแรง พยายามกดแปรงแรงๆ เพื่อไล่ฟองอากาศออกให้หมด ทำเช่นนี้จนทั่วทั้งผิวหมวก โดยให้แน่ใจว่าไม่มีบริเวณใดที่ไม่มีแผ่น เส้นใยแก้วเสริมแรงวางทับ

4. ทิ้งให้ resin แข็งตัวประมาณ 2 วัน จึงทำการตกแต่งขอบแม่พิมพ์ โดยใช้มีดคัตเตอร์หรือเลื่อยตกแต่งขอบให้เรียบร้อยพอดีกับแม่พิมพ์โดยใช้เครื่องขัดผิวเรียบสายอ่อน

5. ทา laminating resin (จากขั้นตอนที่ 4) ลงบนแม่พิมพ์ที่ได้จากข้อ 4 ให้หนาพอประมาณ นำแผ่นเส้นใยแก้วเสริมแรงที่ตัดไว้มาวางบนแต่ละส่วนของแม่พิมพ์

6. ทำข้อ 3-4 ซ้ำ จะได้แม่พิมพ์ที่มีแผ่นเส้นใยแก้วเสริมแรง 2 ชั้น

7. ทา laminating resin (จากขั้นตอนที่ 4) ลงบนแม่พิมพ์ที่ได้จากข้อ 5 ให้หนาพอประมาณ นำแผ่นเส้นใยแก้วเสริมแรงที่ตัดไว้มาวางบนแต่ละส่วนของแม่พิมพ์

8. ทำซ้ำข้อ 3-4 จะได้แม่พิมพ์ที่มีแผ่นเส้นใยแก้วเสริมแรง 3 ชั้น

9. ทิ้งให้ resin แข็งตัวที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 วัน จากนั้นทำการแกะผลิตภัณฑ์ที่ได้ออกจากแม่พิมพ์ นำไปอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง

10. หมวกความปลอดภัยที่ผลิตจากไฟเบอร์กลาสที่ได้นี้ จะมีผิวด้านในของหมวกเรียบ และผิวด้านนอกขรุขระ ซึ่งจะนำไปใช้เป็นแม่พิมพ์ ในการผลิตหมวกความปลอดภัยใบอื่นๆ ที่มีผิวนอกเรียบ เพื่อนำไปใช้งานต่อไป

<u>ตอนที่ 5</u> การผลิตหมวกความปลอดภัยจากแม่พิมพ์ (mould)

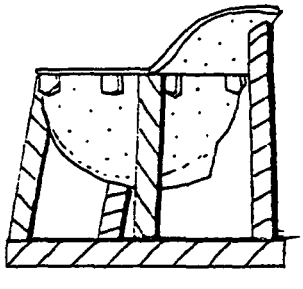
<u>ขั้นที่ 1</u> 1. คว่ำแม่พิมพ์ที่ได้จากตอนที่ 4 ลง

2. ตัดแผ่นเส้นใยแก้วเสริมแรง ขนาด 4 × 4 ตารางเซนติเมตร จำนวน 3 แผ่น

3. ทา laminating resin (จากขั้นที่ 4 ในตอนที่ 4) ลงบนส่วนกลางของหมวก นำแผ่นเส้นใยแก้วเสริมแรง วางทับลงไป แล้วท า resin ทับแผ่นเส้นใยแก้วเสริมแรง ทำจนครบ 3 ชั้น เพื่อเป็นการเพิ่มความแข็งแรงให้กับบริเวณนี้ ทิ้งให้แห้ง 1 คืน

4. เจาะรูบริเวณส่วนกลางของหมวก ให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพอดีกับขนาดหัวฉีดของเครื่องสูบอากาศ เพื่อที่จะใช้แรงดันอากาศช่วยในการถอดหมวกที่ผลิตได้ออกจากแม่พิมพ์ แล้วเอาเทปพลาสติกปิดรูนี้ไว้

<u>ขั้นที่ 2</u> หงายหมวกขึ้น ทำกรอบไม้จับยึดแม่พิมพ์ ดังรูป



ขั้นที่ 3 แบ่งพื้นที่ผิวในของหมวกออกเป็นส่วนย่อยๆ ใช้กระดาษหนังสือพิมพ์ทาบลงบนแต่ละส่วน เพื่อใช้เป็นแบบในการตัดแผ่นเส้นใยแก้วเสริมแรง ตามแบบ

ขั้นที่ 4 *การเตรียมแม่พิมพ์ (mould)*

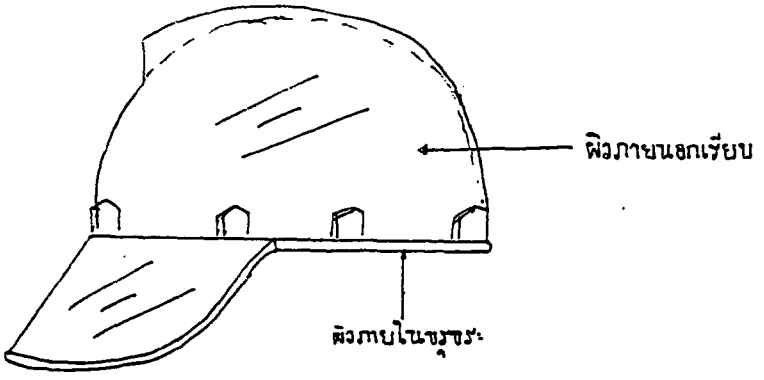
ทำเช่นเดียวกับขั้นที่ 2 ในตอนที่ 3

ขั้นที่ 5 *การเตรียม laminating resin*

ทำเช่นเดียวกับขั้นที่ 4 ในตอนที่ 4

ขั้นที่ 6 *วิธีการทำแม่พิมพ์*

ทำเช่นเดียวกับขั้นที่ 5 ในตอนที่ 4 แต่ในขั้นตอนนี้เมื่อได้หมวกที่มีแผ่นเส้นใยเสริมแรง 1 ชั้นแล้ว ให้ทำการถอดหมวกที่ได้ออกจากแม่พิมพ์ก่อนจึงค่อยทำชั้นที่ 2 และ 3 ต่อไปจะได้หมวกความปลอดภัยที่มีผิวภายนอกเรียบ ผิวภายในขรุขระที่มีความแข็งแรงและทนแรงกระแทกได้สูง



ข. การทดสอบ

การทดสอบนี้กำหนดขึ้นตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

มอก. 368 - 2533

1. การหาระยะห่างระหว่างยอดหมวกด้านในกับรองในหมวก

(ข้อ 6.1)

ก.1 เครื่องมือประกอบด้วย

ก.1.1 หุ่นรูปศีรษะขนาดมาตรฐาน (เส้นรอบวงหุ่นศีรษะ 560 มม.) ทำด้วยอลูมิเนียมหรือไม้ ซึ่งตั้งอยู่บนแท่นไม้หรือเหล็ก

ก.1.2 แท่งเหล็กรูปทรงกระบอกมีมวล 11.2 กิโลกรัม ผิวหน้าเรียบและเส้นผ่านศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 50 มม. มีเครื่องวัดระยะที่วัดได้ละเอียดเป็นมิลลิเมตรติดอยู่

ก.2 วิธีทดสอบ

นำหมวกที่มีรองในมาครอบ บนหุ่นรูปศีรษะ ปล่อยแท่งเหล็กให้กดบนยอดหมวก แล้วอ่านระยะจากเครื่องวัดระยะ หลังจากนั้นนำหมวกมาถอดรองในออก แล้วนำมาครอบบนหุ่นรูปศีรษะอีกครั้งหนึ่ง ปล่อยแท่งเหล็กให้กดบนยอดหมวก แล้วอ่านระยะจากเครื่องวัดระยะ ผลต่างของระยะที่อ่านได้บนเครื่องวัดระยะครั้งแรกและครั้งหลังจะเป็นระยะห่างระหว่างยอดหมวกด้านในกับรองในหมวก

ก.3 การรายงานผล

ให้นำผลต่างของค่าที่อ่านได้จากการวัดของหมวกแต่ละใบมาเฉลี่ย ถือเป็นค่าเฉลี่ยของหมวกรุ่นนั้นๆ

2. การทดสอบความเป็นฉนวนไฟฟ้า

(ข้อ 6.2)

ข.1 ภาวะทดสอบ

การทดสอบควรทำในห้องที่มีอุณหภูมิ 24 ± 1 องศาเซลเซียล ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ ± 5

ข.2 เครื่องมือประกอบด้วย

ข.2.1 ภาชนะสำหรับบรรจุน้ำจืด มีขนาดใหญ่และลึกพอที่จะแช่หมวกนิรภัยให้จมมิดได้

ข.2.2 ที่รองหรือที่ยึดหมวกเพื่อให้อยู่ในลักษณะที่ต้องการได้

ข.2.3 อุปกรณ์จ่ายกระแสไฟฟ้าสลับที่มีความถี่ 50 เฮริตซ์ แรงดันไฟฟ้า 2200 โวลต์ สำหรับการทดสอบหมวกนิรภัยชั้นคุณภาพ A และ D หรือแรงดันไฟฟ้า 30000 โวลต์ สำหรับการทดสอบหมวกนิรภัยชั้นคุณภาพ B

ข.2.4 สายไฟฟ้า ติดไว้ตรงยอดหมวกทั้งด้านในและด้านนอก

ข.2.5 โวลต์มิเตอร์

ข.2.6 มิลลิแอมมิเตอร์

ข.3 การเตรียมการทดสอบ

ข.3.1 ในกรณีที่หมวกมีวัสดุฉาบผิว ต้องขูดผิวหรือขัดผิวที่ฉาบออกให้ถึงเนื้อหมวกจริงๆ อาจใช้กระดาษทรายเบอร์ 60

ข.3.2 นำหมวกที่จะทำการทดสอบมาถอดรองในออกแล้วหงายขึ้น ใส่น้ำลงในหมวกให้ถึงระดับต่ำกว่าขอบหมวกประมาณ 12 มม. ถ้าหมวกมีรูใส่สำหรับรองในให้ระดับน้ำอยู่ต่ำกว่ารู 12 มม. นำวางลงในภาชนะบรรจุน้ำ จัดให้ขอบหมวกมีระยะระหว่างภาชนะเท่ากัน ใช้ที่รองหรือที่ยึดให้ระดับน้ำในหมวกเท่ากับในภาชนะ ต่ออุปกรณ์จ่ายกระแสไฟฟ้า มิลลิแอมมิเตอร์ โวลต์มิเตอร์ เข้ากับสายไฟฟ้าขั้วจ่ายและให้ครบวงจร

ข.4 วิธีทดสอบ

ระหว่างการทดสอบต้องให้หมวกส่วนที่พ้นผิวน้ำแห้ง และต้องระวังไม่ให้น้ำภายในหมวกสัมผัสกับน้ำภายนอก

ข.4.1 เปิดสวิตซ์ปล่อยกระแสไฟฟ้าแล้วค่อยๆ เพิ่มแรงดันไฟฟ้าจนถึง 2200 โวลต์ และคงค่าแรงดันไฟฟ้านี้ไว้ 1 นาที แล้วอ่านค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านหมวกจากมิลลิแอมมิเตอร์

ข.5 การรายงานผล

ให้อ่านและบันทึกค่ากระแสไฟฟ้าที่สามารถไหลผ่านหมวก รวมทั้งค่าของแรงดันไฟฟ้าเสียสภาพฉับพลันด้วย

3. การทดสอบความต้านทานการกระแทก

(ข้อ 6.3)

ค.1 เครื่องมือ ประกอบด้วย

ค.1.1 หุ่นรูปศีรษะ ขนาดมาตรฐาน (เส้นรอบวงหุ่นรูปศีรษะ 560 มิลลิเมตร) ทำด้วยอะลูมิเนียมหรือไม้ ถ้าทำด้วยไม้ส่วนบนของหุ่นรูปศีรษะควรจะเสริมด้วยเหล็กเพื่อกันบุบหรือแตก (ตามรูปที่ ค.1)

ค.1.2 แท่นทดสอบบริเนลล์ (Brinell hardness penetrator assembly) ตามรูปที่ ค.1 ประกอบด้วย

- แท่นรับแรงกด (impression bar) ทำด้วยอะลูมิเนียมมาตรฐานชั้นคุณภาพ 1100 - 0 ที่มีความแข็งแรงถึง 12 - 24 HB มีความกว้าง 38 มิลลิลิตร หนา 6 มิลลิเมตรหรือ 12 มิลลิเมตร หรือ 19 มิลลิเมตร แล้วแต่สภาพของแท่นทดสอบ ความแข็งนี้ทดสอบโดยมวล 500 กิโลกรัม โดยใช้ลูกเหล็กกลมเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร

- หัวกดบริเนลล์ (Brinell penetrator) เป็นลูกเหล็กกลมผิวชุบแข็ง และมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 12.7 มิลลิเมตร

ค.1.3 ตุ้มน้ำหนัก เป็นลูกเหล็กกลมเส้นผ่าศูนย์กลาง 95 มิลลิเมตร มีมวล 3.6 $\pm$ 0.1 กิโลกรัม

ค.1.4 กล้องจุลทัศน์ ที่สามารถวัดได้ละเอียดถึง 0.05 มิลลิเมตร

ค.1.5 ที่ยึด และกระบอกบังคับแนวตุ้มน้ำหนัก ซึ่งสามารถปรับระยะสูงต่ำได้

ค.2 การเตรียมการทดสอบ

ค.2.1 นำหุ่นรูปศรีษะมาประกอบกับแท่นทดสอบบริเนลล์ แล้วนำไปวางบนพื้นราบที่เรียบและแข็งแรง (ควรเป็นพื้นคอนกรีต) ภายใต้ที่ยึดกระบอกบังคับแนวตุ้มน้ำหนัก จัดให้ยอดของหุ่นรูปศรีษะตรงเป็นแนวดิ่งกับกระบอกบังคับแนวตุ้มน้ำหนัก

ค.2.2 จัดแท่งรับแรงกดให้เข้าที่ ซึ่งรอยกดแต่ละครั้งจะต้องห่างจากขอบของแท่งรับแรงกดไม่ต่ำกว่าสองเท่าครึ่งของเส้นผ่านศูนย์กลางของหัวกดบริเนลล์

ค.2.3 นำหมวกตัวอย่าง (โดยถอดส่วนประกอบอื่นๆ ยกเว้นรองในหมวกออกก่อน) มาจัดรองในหมวกให้ได้เส้นรอบวงสายรัดศีรษะ 580 มิลลิเมตร แล้วนำไปทดลองครอบบนหุ่นรูปศรีษะ โดยให้หน้าหมวกหันออกสู่หัวกดบริเนลล์ และจัดให้ยอดของหมวกตรงกับจุดที่ตุ้มน้ำหนักจะตกลงมาตามแนวดิ่ง ปรับระดับกระบอกบังคับแนวตุ้มน้ำหนักให้จุดล่างสุดของตุ้มน้ำหนักอยู่เหนือยอดของหมวก 1,524 มิลลิเมตร พอดี

ค.2.4 ก่อนทำการทดสอบ ต้องนำหมวกตัวอย่างนั้นไปไว้ที่อุณหภูมิ - 10 ± 2 องศาเซลเซียส และ 50 ± 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลาครั้งละไม่น้อยกว่า 2 ชั่วโมง จึงเริ่มทำการทดสอบ

ค.3 การทดสอบ

นำหมวกตัวอย่าง (ข้อ ค.2.4) ไปครอบลงบนหุ่นรูปศรีษะแล้วปล่อยตุ้มน้ำหนักลงบนหมวก การกระทำทั้งหมดนี้จะต้องให้เสร็จภายใน 15 วินาที เพื่อให้อุณหภูมิขณะกระทำการทดสอบเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด

- การปล่อยตุ้มน้ำหนักลงกระแทกหมวกในการทดสอบครั้งหนึ่งๆนั้นจะปล่อยตุ้มน้ำหนักลงกระแทกเกินกว่า 1 ครั้งไม่ได้ และรอยกดที่เกิดขึ้นบนแท่งรับแรงกดต้องมีลักษณะกลม ถ้ามีลักษณะเป็นวงรีเส้นผ่านศูนย์กลางด้านกว้างที่สุด และด้านแคบที่สุดต้องแตกต่างกันไม่เกิน 0.3 มิลลิเมตร หากเกินกว่าที่กำหนดไว้ให้ทดสอบใหม่

- ในการทดสอบใหม่หรือการทดสอบแต่ละครั้ง ต้องเลื่อนแท่งรับแรงกดให้รอยกดที่จะเกิดขึ้นใหม่ห่างจากรอยกดเดิม ไม่น้อยกว่าสองเท่าครึ่งของเส้นผ่านศูนย์กลางของหัวกดบริเนลล์

- การทดสอบหมวกชุดหนึ่งๆ ต้องทดสอบที่อุณหภูมิ -10 ± 2 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิ 50 ± 5 องศาเซลเซียส โดยใช้หมวกไม่น้อยกว่า 3 ใบในแต่ละอุณหภูมิ แล้ววัดเส้นผ่านศูนย์กลางของรอยกดที่เกิดขึ้นแต่ละครั้ง

ค.4 การรายงานผล

ค.4.1 จากเส้นผ่านศูนย์กลางของรอยกดแต่ละครั้ง จะอ่านค่าเป็นแรงกระแทกที่ส่งผ่านหมวกได้ ตามตารางที่ ค.1 หรือจากสูตรดังต่อไปนี้

$$F = 9.8 \times \frac{H\pi D}{2} \times \left(D - \sqrt{D^2 - d^2} \right)$$

เมื่อ F คือ แรงกระแทกที่ส่งผ่านหมวก เป็นนิวตัน

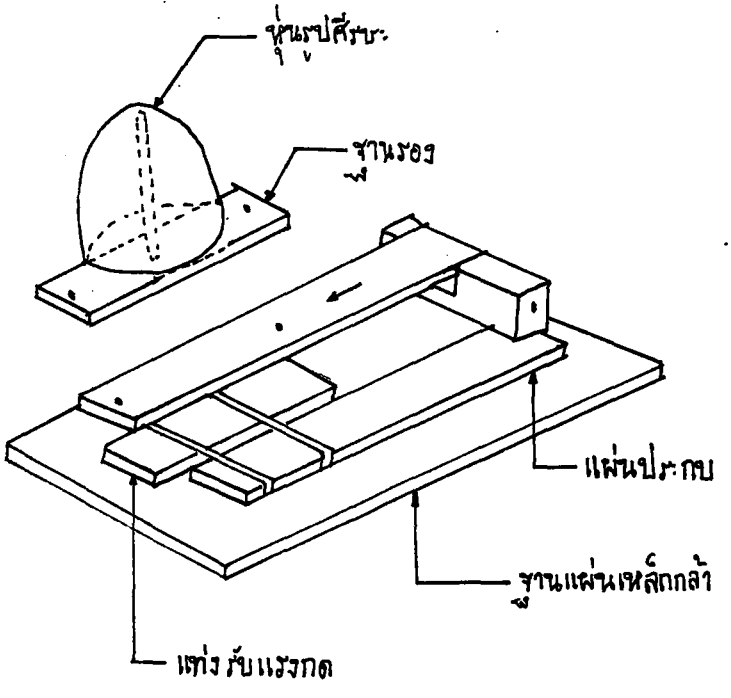
H คือ ค่าเฉลี่ยของความแข็งของแท่งรับแรงกด เป็น HB

D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของหัวกดบริเนลล์ เป็นมิลลิเมตร

d คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของรอยกดที่เกิดขึ้นบนแท่งรับแรงกด เป็นมิลลิเมตร

ค.4.2 นำค่าแรงกระแทกที่ส่งผ่านหมวกแต่ละใบมาหาค่าเฉลี่ยและให้รายงานค่าเฉลี่ยและค่าสูงสุดในการทดสอบแต่ละอุณหภูมิที่กำหนดไว้

การทดสอบด้านเชิงกลให้รายงานเพียงว่ามีรอยกระดาษคาร์บอนบนรองในหุ่นรูปศีรษะหรือไม่



รูปแสดงเครื่องมือทดสอบความต้านทานการกระแทก

ตารางที่ ค.1 แรงกระแทกที่ส่งผ่านหมวก

(ข้อ ค.4.1)

หน่วยเป็นนิวตัน

เส้นผ่านศูนย์กลางของรอยกด มิลลิเมตร	ความแข็ง HB												
	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
3.9	2 157	2 291	2 402	2 518	2 647	2 758	2 891	3 002	3 114	3 247	3 358	3 492	3 603 A
4.0	2 268	2 402	2 535	2 669	2 780	2 913	3 025	3 158	3 292	3 403	3 536	3 670	3 781
4.1	2 402	2 535	2 669	2 802	2 936	3 069	3 203	3 336	3 447	3 603	3 714	3 848	3 981
4.2	2 513	2 669	2 802	2 936	3 069	3 203	3 358	3 492	3 625	3 731	3 914	4 048	4 181
4.3	2 647	2 780	2 936	3 091	3 225	3 380	3 514	3 670	3 825	3 959	4 114	4 248	4 404 B
4.4	2 780	2 936	3 069	3 225	3 380	3 536	3 692	3 848	4 003	4 159	4 315	4 448	4 626
4.5	2 801	3 069	3 225	3 380	3 536	3 714	3 870	4 025	4 181	4 337	4 515	4 670	4 826
4.6	3 025	3 203	3 380	3 536	3 714	3 870	4 048	4 226	4 381	4 559	4 715	4 893	5 048
4.7	3 180	3 358	3 514	3 692	3 870	4 048	4 226	4 404	4 581	4 759	4 937	5 115	5 293
4.8	3 314	3 492	3 670	3 870	4 048	4 226	4 404	4 604	4 782	4 960	5 137	5 338	5 515
4.9	3 469	3 647	3 848	4 025	4 226	4 426	4 604	4 804	5 004	5 182	5 382	5 582	5 760
5.0	3 603	3 781	4 003	4 203	4 404	4 625	4 804	5 026	5 226	5 427	5 627	5 827	6 027
5.1	A 3 759	3 931	4 181	4 381	4 604	4 804	5 026	5 226	5 427	5 649	5 849	6 072	6 272
5.2	3 914	4 137	4 359	4 581	4 804	5 004	5 226	5 449	5 671	5 894	6 094	6 316	6 539
5.3	4 092	4 315	4 537	4 759	4 982	5 226	5 449	5 671	5 894	6 116	6 361	6 583	6 805
5.4	4 248	4 470	4 715	4 960	5 182	5 427	5 649	5 894	6 138	6 361	6 605	6 828	7 072
5.5	B 4 404	4 648	4 893	5 137	5 382	5 627	5 871	6 116	6 361	6 605	6 850	7 095	7 339
5.6	4 581	4 826	5 070	5 338	5 582	5 827	6 094	6 338	6 583	6 850	7 117	7 361	7 606

หมายเหตุ 1. ค่าที่อยู่ใต้เส้น A หมายถึง ค่าของแรงกระแทกที่มีค่าเกินหรือเท่ากับค่าแรงที่ส่งผ่านหมวกเฉลี่ยตามที่ระบุไว้

2. ค่าที่อยู่ใต้เส้น B หมายถึง ค่าของแรงกระแทกที่มีค่าเกินหรือเท่ากับค่าแรงที่ส่งผ่านหมวกแต่ละใบตามที่ระบุไว้

4. การสอบความต้านทานการเจาะ

(ข้อ 6.4)

ง.1 เครื่องมือ ประกอบด้วย

ง.1.1 หุ่นรูปศรีษะ ขนาดมาตรฐาน (เส้นรอบวงหุ่นรูปศรีษะ 560 มิลลิเมตร) ลักษณะเดียวกันกับเครื่องมือทดสอบความต้านทานการกระแทก

ง.1.2 ตุ้มน้ำหนักปลายแหลม (plumb bob) เป็นแท่งเหล็กกลมปลายเรียวมีมุมรองรับ (included angle) 35 ± 1 องศา ปลายแหลมสุดมนกลมมีรัศมีไม่เกิน 0.25 มิลลิเมตร และมีมวล 446 กรัม

ง.1.3 ที่ยึดและกระบอกบังคับตุ้มน้ำหนักปลายแหลม ซึ่งสามารถปรับระยะสูงต่ำได้

ง.2 การเตรียมการทดสอบ

นำหมวกตัวอย่าง (โดยถอดส่วนประกอบอื่นๆ ยกเว้นรองในหมวกออกเสียก่อน) มาจัดรองในให้ได้เส้นรอบวงสายรัดศรีษะ 580 มิลลิเมตร แล้วนำหุ่นรูปศรีษะนั้นไปวางบนพื้นราบที่เรียบและแข็งแรง (ควรเป็นพื้นคอนกรีต) และให้อยู่ใต้กระบอกบังคับแนวตุ้มน้ำหนัก จัดระดับปลายตุ้มน้ำหนักให้อยู่ห่างจากยอดหมวก 3.05 เมตร และจัดยอดหมวกให้อยู่ในแนวดิ่งที่ตุ้มน้ำหนักตกลงมาตรงยอดหมวกพอดี

ง.3 การทดสอบ

ให้ทดสอบที่อุณหภูมิห้องโดยปล่อยตุ้มน้ำหนักให้ตกลงบนหมวกตัวอย่างภายในวงกลมที่มีรัศมี 38 มิลลิเมตร ซึ่งวัดจากจุดยอดของหมวก และตุ้มน้ำหนักจะต้องไม่ตกลงบนสันหรือรอยจุดที่ฉีดวัสดุในการหล่อหมวก

การวัดความลึกของรอยเจาะ ให้วัดตามรอยเอียงตามรูปของปลายตุ้มน้ำหนักบวกกับความหนาของหมวก

ง.4 การรายงานผล

นำค่าความลึกของรอยเจาะของหมวกอย่างน้อย 3 ใบ มาเฉลี่ยเป็นค่าความต้านทานการเจาะของหมวก

5. การทดสอบสภาพการติดไฟ

(ข้อ 6.6)

จ.1 เครื่องมือ ประกอบด้วย

จ.1.1 ตะเกียงแอลกอฮอล์ หรือตะเกียงก๊าซ สำหรับใช้ในห้องปฏิบัติการ ที่สามารถจุดให้เกิดเปลวไฟสีน้ำเงินสูงไม่น้อยกว่า 20 มิลลิเมตร

จ.1.2 ที่ยึดสำหรับจับชิ้นส่วนของหมวก ซึ่งสามารถปรับระยะสูงต่ำและมุมได้

จ.1.3 นาฬิกาจับเวลา

จ.2 การเตรียมการทดสอบ

นำหมวกตัวอย่างที่ทำความสะอาดผิวแล้ว มาตัดเป็นแถบรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า มีขนาดกว้าง 13 มิลลิเมตร ยาวประมาณ 125 มิลลิเมตร โดยเลือกตัดส่วนใดส่วนหนึ่งของหมวกที่จะให้ได้ชิ้นส่วนมีลักษณะแบนมากที่สุดและบางมากที่สุด เลือกตัดให้ทั่วๆ ตัวหมวกจำนวน 3 ชิ้น นำมาขีดเครื่องหมายเป็นเส้นตามขวางโดยเริ่มจากปลายข้างใดข้างหนึ่งห่างกันเส้นละ 13 มิลลิเมตร ประมาณ 7 ถึง 8 เส้นทุกชิ้น นำชิ้นส่วนที่ทำเครื่องหมายไว้แล้วไปยึดกับที่ยึด ให้ด้านยาวขนานกับพื้นและด้านกว้างเอียงเป็นมุม 45 องศากับแนวราบ และให้ปลายชิ้นส่วนยื่นออกห่างจากที่ยึดให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ ปรับระดับให้ขอบล่างสุดของชิ้นส่วนอยู่ในระดับที่เมื่อเลื่อนตะเกียงซึ่งจุดไฟไว้แล้วเข้ามาใต้ชิ้นส่วนนั้น ยอดของเปลวไฟสีน้ำเงินจะสัมผัสกับขอบล่างสุดของชิ้นส่วนพอดี

จ.3 การทดสอบ

จุดตะเกียงแอลกอฮอล์ หรือตะเกียงก๊าซ ปรับเปลวไฟสีน้ำเงินให้ได้สูง 16 ± 3 มิลลิเมตร เลื่อนตะเกียงเข้าไปเผาปลายสุดของชิ้นส่วนประมาณ 30 วินาที แล้วเลื่อนตะเกียงออก ปล่อยให้ชิ้นส่วนติดไฟจนกระทั่งเริ่มลามไปถึงเครื่องหมายเส้นแรกให้เริ่มจับเวลา และจับเวลาไปจนกระทั่งเปลวไฟลามไปถึงเครื่องหมายเส้นที่ 7 (เป็นระยะ 91 มิลลิเมตร) แล้วหยุดจดเวลาที่ได้ไว้ ในกรณีที่วัสดุหรือชิ้นส่วนนั้นติดไฟได้ยากหรือเปลวไฟดับได้เอง ให้ทดสอบว่าเป็นวัสดุที่ไฟดับได้เอง โดยให้เลื่อนตะเกียงเข้าไป เผาอีกครั้งหนึ่งโดยใช้เวลา 30 วินาที เท่าเดิม แล้วเลื่อนตะเกียงออก ในกรณีนี้ให้เริ่มจับเวลาตั้งแต่เมื่อเลื่อนตะเกียงออก จนกว่าเปลวไฟบนชิ้นส่วนดับไปเองจดเวลาที่ได้ไว้

จ.4 การรายงานผล

จ.4.1 ในกรณีที่หมวกติดไฟจนถึงเครื่องหมายเส้นที่ 7 ให้คำนวณความเร็วของการติดไฟของชิ้นส่วนเป็นมิลลิเมตรต่อนาที นำผลที่ได้จากการทดสอบชิ้นส่วนแต่ละชิ้นมาหาค่าเฉลี่ย

จ.4.2 ในกรณีที่หมวกติดไฟได้ยาก หรือเปลวไฟดับได้เอง ให้รายงานเวลาที่บันทึกไว้

6. การทดสอบการดูดซึมน้ำ

(ข้อ 6.7)

ฉ.1 เครื่องมือ ประกอบด้วย

ฉ.1.1 เตาอบที่สามารถปรับอุณหภูมิได้และรักษาอุณหภูมิให้คงที่ 50 ± 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลาอย่างน้อย 4 ชั่วโมง

ฉ.1.2 ภาชนะบรรจุน้ำจืด (ที่ใช้ดื่ม) มีขนาดใหญ่และลึกพอที่จะแช่หมวกนิรภัยให้จมมิดได้หมดทั้งใบ

ฉ.1.3 เครื่องชั่งที่อ่านค่าได้ละเอียดถึง 1 กรัม

ฉ.2 การเตรียมการทดสอบ

ในกรณีที่หมวกมีวัสดุฉาบผิว ต้องขูดหรือขัดผิวที่ฉาบออกให้ถึงผิวเนื้อหมวกจริงๆ โดยการขัดด้วยกระดาษทรายละเอียดเบอร์ 60

ถอดส่วนประกอบต่างๆของหมวกออกให้หมด แล้วทำความสะอาดผิวของหมวกและเช็ดให้แห้ง แล้วนำหมวกไปอบไว้ในเตาอบที่อุณหภูมิ 50 ± 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลาอย่างน้อย 4 ชั่วโมง เติมน้ำลงในภาชนะให้มีระดับพอที่จะแช่หมวกให้จมมิดน้ำได้ทั้งใบ

ฉ.3 การทดสอบ

ให้ทดสอบที่อุณหภูมิห้อง นำหมวกภายหลังจากที่อบไว้ในอุณหภูมิ 50 ± 5 องศาเซลเซียส มาชั่งและจดน้ำหนักที่อ่านได้ไว้ แล้วนำไปแช่น้ำโดยให้หมวกจมอยู่ในน้ำทั้ง

ใบตลอดเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นเช็ดน้ำที่ผิวหมวกออก โดยใช้กระดาษหรือผ้าที่ซับน้ำได้ดี เช็ดเบาๆจนผิวทั้งด้านนอกและด้านในแห้งสนิทแล้ว นำหมวกไปชั่งใหม่อีกครั้งหนึ่งและจดน้ำหนักที่อ่านได้ไว้

ฉ.4 การรายงานผล

ฉ.4.1 การคำนวณ

การดูดซึมน้ำของหมวก ร้อยละ

$$= \frac{\text{น้ำหนักของหมวกที่ชั่งได้ครั้งที่ 2 - น้ำหนักของหมวกที่ชั่งได้ครั้งที่ 1}}{\text{น้ำหนักของหมวกที่ชั่งได้ในครั้งที่ 1}} \times 100$$

ฉ.4.2 ให้รายงานค่าเฉลี่ยของการดูดซึมน้ำของหมวกเป็นร้อยละ

บทที่ 4
ผลการวิจัยและวิจารณ์

ตารางแสดงผลการทดลองหาระยะเวลาในการเกิดเป็นเจลของ Gel coat

Gel coat (g)	MEKP (cm^3)	Co.Napth. (cm^3)	Gel time (min)
110	2	0.34	13
150	2	0.5	10
100	1	0.5	16
130	1.5	0.8	6

ตารางแสดงผลการทดลองหาระยะเวลาในการเป็นเจลของ unsaturated polyester

unsaturated polyester resin (g)	MEKP (%wt resin)	Co. Napth (%wt resin)	Gel time (min)
300	2	1.5	5
300	2	0.5	6
300	1	0.5	6
300	1	0.1	11
300	1.5	0.1	10
300	0.5	0.5	14

จากผลการทดลองพบว่า ไม่สามารถหาเวลาที่เหมาะสมคือประมาณ 20-30 นาที ในการการเกิดเป็นเจลของ unsaturated polyester ได้ ดังนั้นจึงทำการเจือจางตัวกระตุ้นตัวเร่ง (Cobolt Naphthanate) เนื่องจากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าระยะเวลาของการเกิดเป็นเจลจะแปรผันตามปริมาณของตัวกระตุ้นตัวเร่ง (accerelator) เมื่อปริมาณตัวเร่ง (MEKP) คงที่

ตารางแสดงผลการทดลองหาระยะเวลาในการเกิดเป็นเจลของ unsaturated polyester เมื่อใช้ accerelator ซึ่งในการวิจัยนี้ใช้ Cobalt Napthenate ที่ทำการเจือจางแล้ว

unsaturated polyester resin (g)	MEKP (%wt resin)	Co. Napth. (cm^3)	Gel time (min)
300	0.5	0.5	33
300	0.5	1	31
300	1	0.5	25
300	1	1	20

การเจือจางตัวกระตุ้นตัวเร่ง ซึ่งในการวิจัยนี้ใช้ Cobalt Naphthanate

ปิเปต Cobalt Naphthenate 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร เจือจางด้วย styrene 90 ลูกบาศก์เซนติเมตร

เหตุที่ใช้ styrene เป็นตัวเจือจางเนื่องจากใน unsaturated polyester มี styrene เป็น monomer อยู่แล้ว ดังนั้น styrene ที่เพิ่มเข้าไปนี้ ซึ่งเป็นจำนวนเล็กน้อยมาก จึงไม่มีผลกระทบใดๆ

จากการทดลองที่ผ่านมาพบว่า ในตอนที่ 5 ซึ่งเป็นการผลิตหมวกความปลอดภัยจากแม่พิมพ์ ในขั้นตอนสุดท้ายคือการถอดหมวกที่ผลิตได้ออกจากแม่พิมพ์นั้น ปรากฏว่าถอดออกได้ยากมาก ทำให้แม่พิมพ์เสียหายไปบางส่วน และเมื่อถอดออกได้แล้วพบว่าที่ผิวนอกของหมวกที่ผลิตได้มีชิ้นส่วนของแม่พิมพ์หลุดติดมาด้วย ทำให้แม่พิมพ์เสีย ใช้การไม่ได้อีกต่อไป และหมวกที่ผลิตได้ก็เสียหาย ขาด ชำรุด จนใช้การไม่ได้เช่นเดียวกัน ที่เป็นเช่นนี้เพราะ

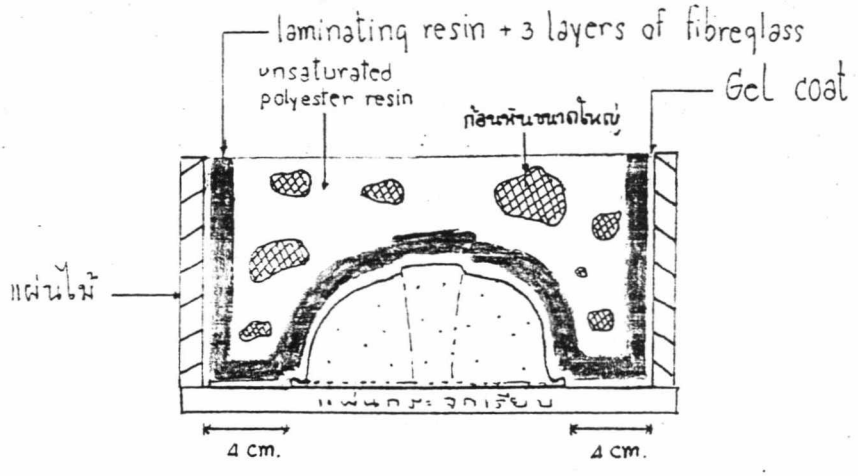
1. ด้วยเหตุที่หมวกความปลอดภัยที่ใช้เป็นแม่พิมพ์นั้นมีส่วนที่ เป็นมุม เป็นเหลี่ยมอยู่หลายแห่ง ทำให้การทำความสะอาด การขจัดคราบไขมัน การลงขี้ผึ้งและการทาโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ กระทำได้ไม่ทั่วถึง

2. ในขั้นที่ 4 ของตอนที่ 5 ก่อนที่จะทา Gel coat ไม่ได้รอจนโพลีไวนิล-แอลกอฮอล์ แห้งสนิท เมื่อทา Gel coat ลงไป จึงทำให้ Gel coat ซึมผ่านลงไปติดกับผิวแม่พิมพ์

<u>แนวทางการแก้ไข</u>

1. ใช้ดินน้ำมัน ปรับแต่งส่วนที่เป็นมุมเหลี่ยม ของหมวกความปลอดภัยที่ใช้เป็นแม่พิมพ์ในตอนแรกให้มีลักษณะโค้งมน

2. ออกแบบแม่แบบใหม่ให้มีส่วนขอบเลยออกมาแต่ละด้าน 4 ซม. เพื่อให้เป็นส่วนที่ใช้ดึงเวลาถอดแบบ ดังรูป



แต่จากการทดลองผลิตชิ้นงานหมวกด้วยแม่แบบวิธีนี้พบว่าไม่สามารถถอดชิ้นงานออกจากแม่แบบนี้ได้ อาจเนื่องจากว่าเมื่อออกแรงดึงชิ้นงานออกจากแม่แบบ แรงนี้ไม่สามารถส่งผ่านไปยังชิ้นงานได้อย่างทั่วถึง ทำให้ไม่สามารถถอดชิ้นงานออกจากแม่แบบได้ ดังนั้นจึงกลับมาทำแม่แบบในลักษณะโครงไม้เช่นเดิมแต่เพิ่มความยาวของส่วนขอบหมวกออกไปประมาณ 3 เซนติเมตร

จากหมวกนิรภัยที่ผลิตได้ ได้นำไปทดสอบคุณสมบัติต่างๆตาม มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เรื่อง หมวกนิรภัยสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมและงานสนาม ฉบับ 368 - 2533 ผลการทดสอบมีดังนี้

เรื่อง	**ผลการทดสอบ**
ระยะห่างระหว่างยอดหมวกด้านในกับรองในหมวก , มิลลิเมตร	32.0
ความเป็นฉนวนไฟฟ้าที่ 2200 VAC , 50 HZ , เป็นเวลานาน 1 นาที	ผ่าน
กระแสไฟฟ้ารั่วไหลผ่านหมวก , มิลลิแอมแปร์	12.6
ความต้านทานการกระแทก , นิวตัน	
ที่ - 10 องศาเซลเซียส	2,516.4
ที่ 50 องศาเซลเซียส	2,440.9
ความต้านทานการเจาะ , มิลลิเมตร	8.6
น้ำหนักของเปลือกหมวกรวมทั้งรองในหมวก , กรัม	449.4
สภาพติดไฟ , มิลลิเมตรต่อนาที	19.1
การดูดซึมน้ำ , ร้อยละ	1.3

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

1. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม หมวกนิรภัยสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมและงานสนาม มอก.368 - 2533 ระบุไว้ว่า

- ระยะห่างระหว่างยอดหมวกด้านในกับรอบในหมวก ค่าเฉลี่ยต้องไม่น้อยกว่า 30 มิลลิเมตร
- ความเป็นฉนวนไฟฟ้าที่ 2200 VAC, 50 HZ, เป็นเวลานาน 1 นาที กระแสรั่วผ่านหมวกไม่เกิน 3 มิลลิแอมแปร์
- ความต้านทานแรงกระแทกสูงสุดไม่เกิน 3781 นิวตัน
- ความต้านทานการเจาะ ลึกไม่เกิน 10 มิลลิเมตร
- น้ำหนักเปลือกหมวกรวมทั้งรองในหมวก ชั้นคุณภาพ A ไม่เกิน 420 กรัม
- สภาพการติดไฟ ส่วนที่บางที่สุดของหมวกนิรภัยชั้นคุณภาพ A ต้องติดไฟด้วยความเร็วไม่เกิน 75 มิลลิเมตรต่อนาที
- การดูดซึมน้ำ หมวกนิรภัยชั้นคุณภาพ A ไม่เกินร้อยละ 5 ของน้ำหนัก

จากผลการทดสอบพบว่า

- ระยะห่างระหว่างยอดหมวกด้านในกับรองในหมวก มีค่า 32 มิลลิเมตร ดังนั้นผ่านการทดสอบ
- ความเป็นฉนวนไฟฟ้า ที่ 2200 VAC, 50 HZ, เป็นเวลานาน 1 นาที ผ่าน แต่มีกระแสรั่วไหลผ่านหมวก 12.6 มิลลิแอมแปร์ ซึ่งเกินกว่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ว่าต้องมีกระแสรั่วไหลไม่เกิน 3 มิลลิแอมแปร์
- ความต้านทานการกระแทก

  ที่ -10 องศาเซลเซียส มีค่า 2516.4 นิวตัน

  ที่ 50 องศาเซลเซียส มีค่า 2440.9 นิวตัน

  ดังนั้นผ่านการทดสอบ
- ความต้านทานการเจาะ มีค่า 8.6 มิลลิเมตร ดังนั้นผ่านการทดสอบ

- น้ำหนักเปลือกหมวกรวมทั้งรองในหมวก มีค่า 449.4 กรัม ดังนั้นไม่ผ่านการทดสอบ
- สภาพติดไฟ มีค่า 19.1 มิลลิเมตรต่อนาที ดังนั้นผ่านการทดสอบ
- การดูดซึมน้ำ มีค่าร้อยละ 1.3 ของน้ำหนัก ดังนั้นผ่านการทดสอบ
- ต้นทุนต่อใบ 75.63 บาท

ดังนั้นคุณลักษณะของหมวกนิรภัยที่ผลิตจากไฟเบอร์กลาสด้วยวิธี Hand lay - up ผ่านการทดสอบ ยกเว้นเมื่อทดสอบความเป็นฉนวนไฟฟ้า ที่ 2200 VAC, 50 HZ, เป็นเวลานาน 1 นาที มีกระแสไฟฟ้ารั่วไหลผ่านหมวกเกินกว่ามาตรฐาน และน้ำหนักเปลือกหมวกรวมทั้งรองในหมวกมีค่าเกินกว่ามาตรฐาน ซึ่งแก้ไขโดยลดการใช้เรซิ่นในการทำ laminating ลงก็จะทำให้น้ำหนักหมวกที่ผลิตได้ลดลง

จากข้อมูลที่ได้จากกรมมาตรฐาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ฯ เกี่ยวกับการทดสอบหมวกนิรภัยที่ใช้ในงานสนามที่ผลิตจากอะคริโรไนไตร บิวทิล สไตรีน (Acrylonitrine buthyl styrene; ABS) มีดังนี้

หมวกนิรภัยที่ผลิตจาก ABS

- ระยะห่างระหว่างยอดหมวกด้านในกับรองในหมวก มีค่า 31.7 มิลลิเมตร
- ความเป็นฉนวนไฟฟ้า ที่ 2200 VAC, 50 HZ, เป็นเวลานาน 1 นาที กระแสรั่วไหลผ่านหมวก 1.10 แอมแปร์
- ความต้านทานการกระแทก
  - ที่ -10 องศาเซลเซียส มีค่า 2345 นิวตัน
  - ที่ 50 องศาเซลเซียส มีค่า 2756 นิวตัน
- ความต้านทานการเจาะ มีค่า 8.80 มิลลิเมตร
- น้ำหนักเปลือกหมวกรวมทั้งรองในหมวก มีค่า 399 กรัม
- สภาพติดไฟ มีค่า 27.3 มิลลิเมตรต่อนาที
- การดูดซึมน้ำ มีค่าร้อยละ 0.37 ของน้ำหนัก
- ต้นทุนต่อใบ 85.67 บาท

เมื่อนำข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบกัน พบว่า หมวกนิรภัยที่ผลิตจากไฟเบอร์กลาสมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับหมวกนิรภัยที่ผลิตจาก ABS ในราคาต้นทุนที่ต่ำกว่า

2. จากการทดสอบสภาพการติดไฟ พบว่า พลาสติกโดยทั่วไปจะหลอมและหยดก่อนที่จะระเหยไป แต่ไฟเบอร์กลาสเมื่อทดสอบการเผาไหม้ส่วนที่เป็นเรซินจะระเหยออกไป เหลือเพียงส่วนที่เป็นไฟเบอร์กลาส จึงเป็นอันตรายต่อผู้สวมใส่น้อยกว่าหากเกิดการติดไฟ

3. หมวกนิรภัยที่ผลิตจากไฟเบอร์กลาสอาจจะต้องมีวัสดุรองผิวด้านในหมวกอีกชั้นหนึ่ง เพื่อป้องกันการระคายเคืองขณะสวมใส่

ข้อผิดพลาดต่างๆที่จะเกิดขึ้นได้ในการทำผลิตภัณฑ์ไฟเบอร์กล๊าส

1. ข้อผิดพลาดในการเตรียมงานก่อนเริ่มลงมือทำงาน
2. ข้อผิดพลาดในขณะลงมือทำงาน
3. ข้อผิดพลาดในขณะที่รอให้เรซิ่นแข็งตัว
4. ข้อผิดพลาดในการถอดแบบ
5. ข้อผิดพลาดหลังจากถอดแบบแล้ว

1. เตรียมงานหรือก่อนจะเริ่มลงมือทำงาน

ในการเตรียมงานหรือก่อนจะเริ่มลงมือทำงานนั้น สิ่งที่เราจะต้องคำนึงถึง

1.1 *สภาพของสถานที่* เช่น ถ้าต้องทำงานภายนอก จะต้องคำนึงถึงอุณหภูมิของอากาศ ถ้าอุณหภูมิสูงมากเรซิ่นจะแข็งตัวเร็ว ถ้าอุณหภูมิต่ำเกินไปจะแข็งตัวช้า

1.2 *เครื่องมือ* จะต้องเตรียมไว้ให้ครบถ้วน และอยู่ใกล้มือสามารถนำมาใช้ได้ในทันที

1.3 *ใยแก้ว* จะต้องตัดขนาดของใยแก้วให้เหมาะสมกับขนาดของชิ้นส่วนที่เป็นต้นแบบแล้วเรียงหรือพับไว้ในที่ที่สามารถนำมาใช้ได้ทันที

1.4 *พอลิเอสเทอร์เรซิน* ควรเตรียมพอลิเอสเทอร์เรซินใส่ภาชนะที่เทสะดวกและผสมได้ง่าย และควรมีเครื่องตวงหรือวัดสำหรับตัวเร่งปฏิกิริยาเพื่อผสมให้ถูกส่วน และจะต้องเตรียมภาชนะสำหรับล้างมือและเครื่องมือไว้ให้พร้อม

1.5 *แม่แบบ* จะต้องอยู่ในสภาพที่สามารถใช้งานได้ ถ้าเสียหายจะต้องซ่อมแซมให้อยู่ในสภาพที่สมบูรณ์

2. ข้อผิดพลาดในขณะลงมือทำงาน

2.1 จะต้องคำนวณเวลาการทำงานของช่วงงานแต่ละช่วง ให้เหมาะสมกับระยะเวลาในการแข็งตัวของพอลิเอสเทอร์เรซิน

2.2 ควรทาพอลิเอสเตอร์เรซินจากที่สูงลงมาหาที่ต่ำ เพื่อไม่ให้พอลิเอสเทอร์เรซินไหลไปกองอยู่ด้านล่างมากเกินไป หรือทาพอลิเอสเตอร์เรซินจากด้านหนึ่งไปหาอีกด้านหนึ่งซึ่งจะสามารถกำจัดฟองอากาศได้สะดวก

2.3 ควรคำนวณส่วนผสมให้มีอัตราพอดีกับงานคือ มีเวลาทำงานได้ทันกับการแข็งตัวของพอลิเอสเตอร์เรซิน

2.4 ควรทำการกำจัดฟองอากาศออกจากส่วนผสมในเส้นใยแก้วทั้งหมด

2.5 ควรใส่เครื่องป้องกันไม่ให้พอลิเอสเตอร์เรซินและสารเคมีอื่น ๆ กระเด็นเข้าตา

2.6 ในการล้างมือและเครื่องมือ จะต้องทำให้สะอาดปราศจากความเหนียวของพอลิเอสเตอร์เรซินที่ติดอยู่ เพราะมิฉะนั้นแล้วพอลิเอสเตอร์เรซินจะแข็งตัวทำให้เครื่องมือเสียหาย

3. ข้อผิดพลาดในระหว่างรอให้พอลิเอสเตอร์เรซินแข็งตัว

ในระยะที่พอลิเอสเตอร์เรซินกำลังแข็งตัวนี้ เป็นระยะที่สำคัญที่สุดเพราะ

3.1 ถ้ามีการขยับแม่แบบหรือจะถอดชิ้นงานออกจากแม่แบบแล้วอาจจะทำให้พอลิเอสเตอร์เรซินไม่เกาะกับใยแก้ว ทำให้เกิดรอยย่นสีขาวและชิ้นงานนั้นจะเสียกำลัง

และจะไม่คงทนต่อดินฟ้าอากาศหรือสิ่งที่กัดกร่อนอื่นๆ เช่น แสงอุลตราไวโอเล็ต กรด และด่าง เป็นต้น

3.2 ในระยะนี้เมื่อพอลิเอสเตอร์เรซินเริ่มแข็งตัวได้ที่พอสมควรแล้ว จึงจะใช้มีดคมๆตัดขอบที่ยื่นออกไปจากแม่แบบ แต่ถ้าพอลิเอสเตอร์เรซินยังแข็งตัวไม่พอ จะทำให้เกิดการร่อนของชิ้นงานออกจากแม่แบบได้ ทำให้ชิ้นงานเบี้ยวหรือเสียรูปทรงได้

3.3 ในระยะที่พอลิเอสเตอร์เรซินยังไม่แข็งตัวดีนี้ถ้าวางแม่แบบไม่ดี เบี้ยวหรือเอียงหรือบิดแล้ว ชิ้นงานซึ่งจะแข็งตัวจะมีลักษณะเดียวกับแม่แบบที่ตั้งไว้

4. <u>ข้อผิดพลาดในการถอดแบบ</u>

4.1 ในระยะที่ชิ้นงานที่ได้ยังไม่แข็งตัวเต็มที่นั้น ถ้ารีบถอดออกจากแม่แบบแล้วชิ้นงานอาจเสียรูปทรงได้ ขึ้นอยู่กับว่าจะวางไว้ในลักษณะใดและเมื่อหมดปฏิกิริยาแล้วชิ้นงานจะไม่คืนรูปอีกต่อไป

4.2 ถ้าถอดชิ้นงานออกจากแม่แบบโดยไม่รอให้แข็งตัวเต็มที่แล้ว การหดตัวของเนื้อไฟเบอร์กลาส (4 - 5 %) จะทำให้ชิ้นงานนั้นเสียรูปทรงได้

4.3 ในการถอดแบบ จะต้องกำลังในการงัดหรือเคาะอย่างแรงในบริเวณเดียวกันอาจทำให้ชิ้นงานหรือแบบชำรุดเสียหายได้ ดังนั้นจึงควรใช้น้ำหรือลมอัดเข้าไปให้มีกำลังดันยกชิ้นงานขึ้นจากแม่แบบ

5. <u>ข้อผิดพลาดหลังจากถอดแบบออกจากแม่พิมพ์แล้ว</u>

ควรวางชิ้นงานไว้ในที่ที่เหมาะสม เช่น บริเวณที่มีอากาศถ่ายเทได้ดี และมีความร้อนมากพอสมควร ทั้งนี้เพราะเนื้อของชิ้นงานที่ถอดออกจากแบบนั้นยังไม่หมดปฏิกิริยา จึงยังสามารถเปลี่ยนรูปร่างตามสิ่งที่รองรับที่บังคับอยู่ได้ หรือหลังจากถอดชิ้นงานออกจากแม่แบบแล้วควรนำไปอบที่อุณหภูมิประมาณ 80 องศาเซลเซียส เพื่อให้ชิ้นงานเกิดการแข็งตัวอย่างสมบูรณ์

บรรณานุกรม

1. นายวิชาญ แสงกิติโกมล " GRP ไฟเบอร์กลาส " วารสารพลาสติก 3(1).(2526) : 20 - 25
2. นายวิชาญ แสงกิติโกมล " พลาสติกเสริมแรง " วารสารพลาสติก 5(1).(2526) : 50 - 53
3. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม " มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม หมวกนิรภัยสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมและงานสนาม " กระทรวงอุตสาหกรรม, 2533
4. Meyer, Ramond W, Handbook of Polyester Moulding Compounds and Moulding Technology, pp. 78 - 83, Chapman and Hall, New York, 1987
5. The Society of the plastics industry, Plastics Engineering Handbook, pp. 203 - 213, Reinhold, 1954
6. Brady, George S. and Cluser, Henry R., Materials Handbook, 13 th ed., pp. 34 - 38, McGraw - Hill, 1991
7. McCrum N.G., Buckley C.P., Bucknall C.B., Principles of Polymer Engineering, pp. 215 - 227, McGraw - Hill, New York, 1988
8. E.E. Parker, Industrial and Engineering Chemistry, Chapman and Hall, New York, pp. 53 - 58, 1966