ศูนย์บริการเอกสารการวิจัยฯ
RP1997/1003
Development of natural

ว.32-03 / ย.1 / รายงานฉบับที่ 3

วท.

การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากยางพารา

ส่วนที่ 1 : การวิจัยและพัฒนาแผ่นยางสำหรับทำฝายยางโดยใช้ยางผสม NR/EPDM, ALIPHATIC/AROMATIC RESIN เป็น COMPATIBILIZER

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

โดย

ประทุม วงษ์พานิช
กรรณิการ์ สถาปิตานนท์
เกศรา นุตาลัย
สุวิมล บัวผุด

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

โครงการวิจัยที่ ภ.32-03

การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากยางพารา

รายงานฉบับที่ 3

การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากยางพารา

ส่วนที่ 1 : การวิจัยและพัฒนาแผ่นยางสำหรับทำฝายยางโดยใช้ยางผสม NR/EPDM, ALIPHATIC/AROMATIC RESIN เป็น COMPATIBILIZER

โดย

ประทุม วงษ์พานิช

กรรณิการ์ สถาปิตานนท์

เกศรา นุตาลัย

สุวิมล บัวผุด

รายงานฉบับนี้ได้รับการอนุมัติให้พิมพ์โดย
ผู้ว่าการสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

(ดร. เกชา ลาวัลยะวัฒน์)
ผู้ว่าการ

บทกล่าวนำ

สืบเนื่องมาจาก ผลการทดลองผสม NR กับ EPDM โดยใช้ maleic anhydride เป็น modifier ดังรายงานเรื่อง การวิจัยและพัฒนาแผ่นยางรองสระน้ำ โดยใช้ยางผสม NR/EPDM, M.A.เป็น modifier (วงษ์พานิชและคณะ 2537, 2539) นั้น มีความยุ่งยาก เมื่อทำการผลิตในระดับอุตสาหกรรม จึงต้องแสวงหากรรมวิธีใหม่. พบว่าการผสมด้วย 1.3-pentadiene monomer ทำให้ NR ผสมเข้ากับ EPDM ได้ดี โดยไม่มีความยุ่งยาก. แผ่นยางที่ได้จากสูตรซึ่งมี monomer ดังกล่าวผสม สามารถอัดเข้ากับผ้าซึ่งทำจากใยสังเคราะห์โพลีเอสเตอร์/โพลีอะมีด (ไนลอน) โดยวิธี frictioning และอัดซ้อนเป็นชั้นต่อไปได้เป็นอย่างดีกับแผ่นยางสูตรที่ไม่ผสม EPDM ทั้งนี้โดยใช้ยางคอมปาวด์ที่กำหนดสูตรขึ้นเฉพาะเพื่อเชื่อมประสาน จึงสามารถทำแผ่นฝายยางได้. การเชื่อมต่อแผ่นฝายยาง ได้ใช้วิธีอัดด้วยความร้อนกับยางคอมปาวด์สูตรที่กำหนดขึ้นเฉพาะงาน โดยรีดเป็นแถบ (rubber tape). เมื่อได้ทำการทดลองและปรับปรุงแผ่นฝายยางในห้องปฏิบัติการจนมีคุณสมบัติเป็นไปตามมาตรฐานของกระทรวงการก่อสร้าง, ประเทศญี่ปุ่น (Ministry of Construction MOC) แล้ว จึงดำเนินการผลิตในระดับอุตสาหกรรม โดยว่าจ้างโรงงานอุตสาหกรรมทำผลิตภัณฑ์ยางแห่งหนึ่ง ทำการผลิตตามสูตรที่ได้ทดลองในห้องปฏิบัติการพร้อมกับทดสอบคุณสมบัติซึ่งเป็นไปตาม MOC (วงษ์พานิชและคณะ 2536) ทุกประการ แล้วจึงดำเนินการทดลองในภาคสนาม.

การคัดเลือกสถานที่ทดลองในภาคสนาม ได้ร่วมกับกรมการพัฒนาชุมชน, กระทรวงมหาดไทย ในการพิจารณาให้สอดคล้องกับเงินงบประมาณ, ความต้องการของชาวบ้าน, สภาพของพื้นที่และความร่วมมือของผู้บริหารงานในพื้นที่. ในที่สุด คัดเลือกพื้นที่ได้ที่ ลำห้วยแม่ตาว, บ้านพะเด๊ะ, หมู่ที่ 4 ตำบลพระธาตุผาแดง, อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก. หลังจากนั้น ได้ดำเนินการออกแบบฐานฝายและระบบควบคุมการทำงานของฝายยางพร้อมกับอาคารควบคุม. ต่อมาได้ดำเนินการก่อสร้างฐานฝายซึ่งเป็นคอนกรีตเสริมเหล็กและอาคารควบคุมแล้วติดตั้งฝายยางพร้อมกับอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของฝายยางจนแล้วเสร็จและใช้งานได้ เมื่อวันที่ 4 พฤศจิกายน 2537.

ฝายยาง วท. มีขนาดกว้าง 8 เมตร และสูง 1 เมตร เมื่อพองตัวด้วยน้ำ, เป็นฝายยางแห่งแรกของประเทศไทยที่สร้างขึ้นโดยใช้เทคโนโลยีของคนไทย ตั้งแต่ สูตรและการผลิตแผ่นฝายยาง, การออกแบบฐานฝายและการก่อสร้าง, การติดตั้งฝายยางและอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของฝายยางโดยออกแบบให้เป็นระบบที่ไม่ยุ่งยาก และชาวบ้านสามารถควบคุมได้เอง. สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดา ฯ สยามบรมราชกุมารี ได้เสด็จพระราชดำเนินเป็นองค์ประธานในพิธีเปิดการใช้งานฝายยาง วท. เมื่อวันที่ 27 ธันวาคม 2537 (เอกสารที่ระลึกในพิธีเปิดการใช้งานฝายยาง วท. 2537).

ปัจจุบันฝายยางยังอยู่ในสภาพปกติและใช้งานได้ดี ดังรายงานในภาคผนวกที่ 1 และ 2. นับเป็นส่วนหนึ่งแห่งความสำเร็จของโครงการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์จากยางพาราที่ได้ค้นคว้าทดลองจนพบสูตรและกรรมวิธีการผลิตแผ่นฝายยางควบคู่กันไปกับการพัฒนาแหล่งน้ำ.

รายงานที่เกี่ยวข้องกับเรื่องนี้ แบ่งเป็น 3 ส่วน คือ :

ส่วนที่ 1 : การวิจัยและพัฒนาแผ่นยางสำหรับทำฝายยางโดยใช้ยางผสม NR/EPDM, ALIPHATIC/AROMATIC RESIN เป็น COMPATIBILIZER

ส่วนที่ 2 : การดำเนินงานผลิตแผ่นฝายยางและการติดตั้งฝายยาง

ส่วนที่ 3 : การเตรียมงาน-พิธีเปิดการใช้งานฝายยาง วท. และการเผยแพร่ผลงาน ระหว่าง พ.ค.'37 - ก.ย.'38

รายงานฉบับนี้เป็นรายงานส่วนที่ 1 แสดงสมบัติของแผ่นยางที่เปลี่ยนแปลงไปตามส่วนผสม, การคัดเลือกส่วนผสมที่มีความทนทานต่อโอโซนและมีความต้านทานต่อแรงดึงสูงเพื่อผลิตเป็นแผ่นฝายยางรวมทั้งการคำนวณราคาแผ่นฝายยางตามปริมาณวัตถุดิบที่ใช้. อนึ่งก่อนการใช้ส่วนผสมดังรายงานนี้ ได้ทดลองผสม NR/EPDM โดยใช้ส่วนผสมอื่นๆอีกหลายสูตรซึ่งรายงานไว้ในภาคผนวกที่ 3 และ 4 ด้วย.

กิตติกรรมประกาศ

คณะทำงานโครงการวิจัยและพัฒนาแผ่นยางเพื่อใช้ทำฝายยาง ขอขอบคุณบุคคลและหน่วยงานที่ให้ความช่วยเหลือในเรื่องต่างๆ ดังต่อไปนี้ :

1. การบริจาคเคมีภัณฑ์
   1.1 บริษัท ไบเออร์ไทย จำกัด
   1.2 บริษัท เฮิกซ์เคมีคอล จำกัด
   1.3 บริษัท มอนซานโต้ จำกัด
   1.4 บริษัท ดีทแฮล์ม จำกัด
   1.5 บริษัท อีสต์ เอเซียติ๊ก จำกัด
   1.6 บริษัท เอ็กซอนเคมีประเทศไทย จำกัด
   1.7 บริษัท เอ็มซี อินดัสเทรียลเคมิคัล จำกัด
   1.8 บริษัท เบ็นไมเยอร์ แอนด์โก (ประเทศไทย) จำกัด
2. การผสมยางและการทดสอบยางผสม
   2.1 กรมวิทยาศาสตร์ทหารบก ให้ขอยืมเครื่อง two-roll mill
   2.2 ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ให้ใช้เครื่องมือ
   2.3 สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร ให้บริการทดสอบ
3. การต่อแผ่นยางด้วยกาว
   3.1 ดร.มานะ รักวิทยาศาสตร์
   3.2 บริษัท ยูเนี่ยนเบ็ลท์ อินดัสตรี้ส์ จำกัด
   3.3 บริษัท ยางไทยอุตสาหกรรม จำกัด
4. สถานที่ทดลองในภาคสนาม
   4.1 นายสรรค์ชัย อินหว่าง กรมพัฒนาชุมชน กระทรวงมหาดไทย
   4.2 นายพะเทโพ กาละคีรี ผู้ช่วยผู้ใหญ่บ้าน หมู่ที่ 4 ต.พระธาตุผาแดง
   4.3 บริษัท ผาแดงอินดัสทรี จำกัด (มหาชน)
5. การจัดหาข้อมูลเพิ่มเติม
   5.1 นางจุฬาพร คุวารนันท์เจริญ
   5.2 น.ส.นวรัตน์ มโนมัยสันติภาพ
   5.3 น.ส.ผาสุก คงชาตรี

สารบัญ

	หน้า
บทกล่าวนำ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ค
สัญลักษณ์	ซ
ABSTRACT	1
บทคัดย่อ	2
1. บทนำ	3
1.1 ฝายยาง วท.	3
1.2 วัตถุประสงค์ของการทดลอง	7
1.3 ขอบเขตการวิจัย	7
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	7
2. วิธีดำเนินการทดลอง	8
2.1 การผลิตแผ่นฝายยางในระดับห้องปฏิบัติการ	8
2.2 การผลิตแผ่นฝายยางในระดับอุตสาหกรรม	11
3. การทดลองในภาคสนาม	21
3.1 การคัดเลือกพื้นที่	21
3.2 การเตรียมพื้นที่และติดตั้งฝายยาง	21
4. ผลการทดลองและวิจารณ์	21
4.1 การผลิตและราคาแผ่นฝายยาง	21
4.2 การติดตั้งฝายยาง	24
4.3 การใช้งานฝายยาง	24
5. สรุปผลการทดลอง	38
5.1 การผลิตแผ่นฝายยาง	38
5.2 การใช้งานในภาคสนาม	40
6. ข้อเสนอแนะ	41
7. เอกสารอ้างอิง	42

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวกที่ 1. รายงานการตรวจสภาพ ฝ่ายยาง วท. ครั้งที่ 1-1/2539 43
ภาคผนวกที่ 2. รายงานการตรวจสภาพ ฝ่ายยาง วท. ครั้งที่ 2-1/2540 50
ภาคผนวกที่ 3. สมบัติของแผ่นยาง NR และแผ่นยางผสม NR/EPDM เมื่อแปรเปลี่ยนส่วนผสมบางชนิด 58
ภาคผนวกที่ 4. สมบัติของแผ่นยางผสม NR/EPDM เมื่อแปรเปลี่ยนส่วนผสมบางชนิด 59

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1. สมบัติของ aliphatic/aromatic resin 9

ตารางที่ 2. สูตรยางผสม NR/EPDM และสมบัติของแผ่นยาง 25

ตารางที่ 3. สูตรยางผสม NR/EPDM และสมบัติของแผ่นยาง 27

ตารางที่ 4. สมบัติของแผ่นยางเมื่อแปรเปลี่ยนส่วนผสมของ QD resin* 29

ตารางที่ 5. สมบัติของแผ่นยางเมื่อใช้ QU resin* 30

ตารางที่ 6. สมบัติของแผ่นยางด้านนอก (outer layer) เมื่อแปรเปลี่ยนส่วนผสมบางชนิด 32

ตารางที่ 7. สูตรของยางคอมปาวด์สำหรับเชื่อมประสานยางกับผ้า (frictioning) และยึดติดแผ่นฝายยางด้านนอกกับด้านใน (cushioning) เมื่อแปรเปลี่ยนส่วนผสมบางชนิด 33

ตารางที่ 8. สมบัติของแผ่นยางด้านใน (inner layer) เมื่อแปรเปลี่ยนส่วนผสมบางชนิด 34

ตารางที่ 9. สูตรของแถบกาวยาง (rubber tape) เมื่อแปรเปลี่ยนส่วนผสม 35

ตารางที่ 10. การคำนวณราคาเมื่อใช้ปริมาณวัตถุดิบตามสูตร 36

ตารางที่ 11. สมบัติของแผ่นฝายยาง 37

ตารางที่ 12. สมบัติการสุกของกาวยางคอมปาวด์และความแข็งแรงของรอยเชื่อมต่อ 37

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1. ภาพตัดขวางของฝ่ายยาง วท. 4

รูปที่ 2. แผนผังของแผ่นยางก่อนการขึ้นรูป 5

รูปที่ 3. แผนผังอุปกรณ์ควบคุมฝ่ายยาง 6

รูปที่ 4. แผนผังแสดงขั้นตอนการทำยางคอมปาวด์ 18

รูปที่ 5. แผนผังแสดงขั้นตอนการทำแผ่นฝ่ายยาง 19

รูปที่ 6. แผนผังแสดงขั้นตอนการขยายขนาดแผ่นฝ่ายยาง 20

สัญลักษณ์

EPDM	Ethylene-propylene-diene terpolymer หรือ ethylene-propylene-diene-monomer rubber
MEPDM	Modified EPDM
NR	Natural rubber
RSS no.3	Ribbed smoked sheet หรือ ยางแผ่นรมควันชั้น 3
S	Sulphur
HAF	เขม่าดำ หรือ carbon black ชนิด HAF
HMD	Hexamethylenediamine
P.O.	Paraffinic oil
N.O.	Naphthenic oil
PVI	Prevulcanization inhibitor, N-(cyclohexylthio)-phthalimide
DCP	Dicumyl peroxide
*	สารเคมี วท. ได้แก่

- Compatibilizer : QD resin*, QU resin*
- Accelerator : CB*, TM*, ZD*, ZM*
- Antioxidant : FH*
- Plasticizer : PT*, WR*

DEVELOPMENT OF NATURAL RUBBER PRODUCTS

PART 1: RESEARCH AND DEVELOPMENT ON RUBBER SHEETS FOR RUBBER WEIR BY USING NR/EPDM BLENDS, ALIPHATIC/AROMATIC RESIN AS COMPATIBILIZER

By Pratum Vongpanish, Kannika Sthapitanonda, Kesara Nutalaya and Suwimon Buaphud

ABSTRACT

The rubber sheets for TISTR's rubber weir were 7 mm thickness, composing of three calendered layers of rubber compound laminated on two plies of polyester/polyamid (nylon) fabric for reinforcement. NR (natural rubber) was the main component for the inner layer while NR/EPDM (ethylene-propylene-diene-monomer rubber) was used for the outer layer and the carpet in order to resist to UV and ozone. For NR/EPDM blending, QD resin which is aliphatic/aromatic polymer containing of 1.3-pentadiene monomer was used as compatibilizer. The formulae of the outer layer and the carpet, the inner layer, the rubber compound for frictioning and cushioning as well as the adhesive tape of NR/EPDM compound for sheet joining bring the properties of the sheets to meet the requirements of the rubberized dam of MOC (the Ministry of Construction, Japan). For field test,TISTR's weir was constructed across Mae Tao Creek, Ban Padae, Mu 4, Phra That Pha Daeng Village, Mae Sot District, Tak Province. The size of the weir is 8 metres in width and 1 metre in height when it was inflated with water. The weir has been operated since November 1994 and still performs satisfactorily.*

การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากยางพารา

ส่วนที่ 1 : การวิจัยและพัฒนาแผ่นยางสำหรับทำฝายยางโดยใช้ยางผสม NR/EPDM, ALIPHATIC/AROMATIC RESIN เป็น COMPATIBILIZER

โดย ประทุม วงษ์พานิช**, กรรณิการ์ สถาปิตานนท์**, เกศรา นุตาลัย**,
และ สุวิมล บัวผุด**

บทคัดย่อ

แผ่นยางสำหรับทำฝายยาง วท. มีความหนา 7 มม. ประกอบด้วยชั้นผ้าโพลีเอสเตอร์/โพลีอะมีด (ไนลอน) ที่เคลือบด้วยยางเพื่อให้มีความแข็งแรง โดยอัดเป็นชั้น 3 ชั้น. แผ่นฝายยางด้านใน มียางธรรมชาติ (natural rubber, NR) เป็นองค์ประกอบหลัก, ส่วนแผ่นฝายยางด้านนอกและแผ่นยางรองพื้นใช้ยางผสม NR/EPDM (ethylene-propylene-diene-monomer) เพื่อให้มีความต้านทานต่อ UV และโอโซน. การผสมยาง NR/EPDM ให้เข้ากัน ได้ใช้ QD resin* ซึ่งเป็น aliphatic/aromatic polymer ที่ประกอบด้วย 1.3-pentadiene monomer. สูตรของแผ่นฝายยางด้านนอกและแผ่นยางรองพื้น, แผ่นฝายยางด้านใน, ยางคอมปาวด์สำหรับเชื่อมประสานยางกับผ้าและยึดติดแผ่นฝายยางด้านนอกกับด้านใน รวมทั้งแถบกาวยางคอมปาวด์ NR/EPDM สำหรับการเชื่อมต่อแผ่นฝายยาง มีส่วนทำให้แผ่นฝายยางนี้ มีคุณสมบัติเป็นไปตามแผ่นยางที่ใช้ทำเขื่อนยาง ของ MOC (the Ministry of Construction, ประเทศญี่ปุ่น). การทดลองในภาคสนาม ได้สร้างฝายยาง วท. โดยขวางลำห้วยแม่ตาว ที่ บ้านพะเด๊ะ, หมู่ 4, ตำบลพระธาตุผาแดง, อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก. ฝายยางมีขนาดกว้าง 8 เมตร และสูง 1 เมตร เมื่อพองตัวด้วยน้ำ. เริ่มการใช้งานฝายยาง วท. ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2537 และยังใช้งานได้จนถึงขณะนี้.

** ห้องปฏิบัติการพัฒนาสูตรและกระบวนการเคมี, สาขาวิจัยอุตสาหกรรมเคมี,
สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย.

1. บทนำ

ฝายยาง (rubber dam หรือ rubber weir) เป็นฝายทดน้ำประเภท collapsible สามารถปรับระดับน้ำเหนือฝายได้ โดยอาศัยการยุบและพองตัวของท่อทรงกระบอกที่ทำด้วยยาง (วงษ์พานิชและคณะ 2536). ท่อยางดังกล่าวตั้งอยู่บนฐานคอนกรีต ยึดติดแน่นด้วยสลัก-เกลียว และสร้างขวางลำน้ำ. ท่อยางพองตัวได้เมื่ออัดด้วยน้ำหรืออากาศ โดยใช้เครื่องสูบน้ำหรือเครื่องอัดอากาศ และ ยุบตัวลงได้เมื่อปล่อยน้ำหรือสูบอากาศออก. ท่อยาง ทำจากผ้าซึ่งทำจากใยสังเคราะห์ เพื่อให้มีความแข็งแรง และอัดเข้ากับยางสังเคราะห์ เพื่อป้องกันการรั่วซึม.

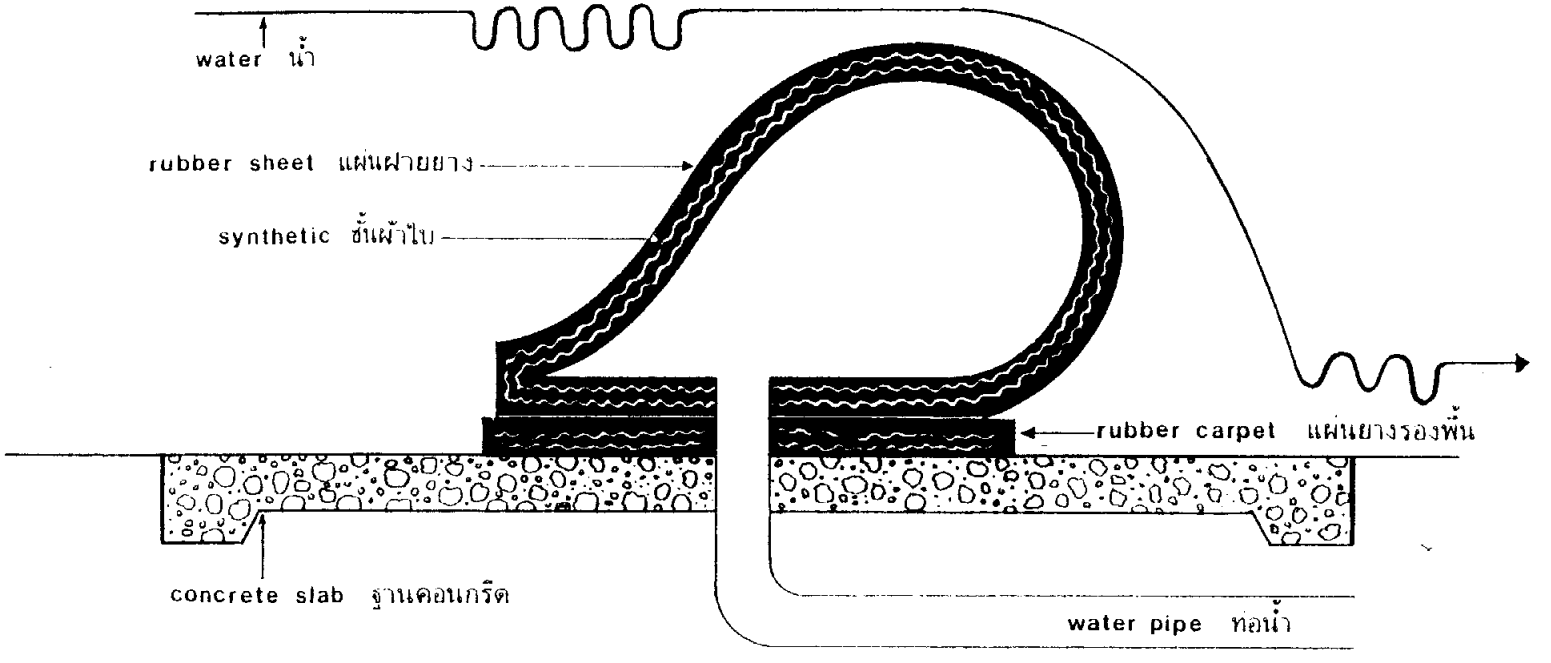
1.1 ฝายยาง วท.

ฝายยาง วท. มีขนาดกว้าง 8 เมตร และสูง 1 เมตร เมื่อพองตัวด้วยน้ำ โดยใช้เครื่องสูบน้ำแบบธรรมดา ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้ :

1.1.1 โครงสร้าง มีลักษณะดังภาพตัดขวางในรูปที่ 1 ซึ่งแบ่งเป็น

- ตัวฝายยาง (body) คือ ส่วนที่เป็นท่อทรงกระบอก ประกอบด้วยโครงผ้า ซึ่งทำจากใยสังเคราะห์ โพลีเอสเตอร์/ไนลอน ประกบไว้ด้วยยางผสม NR/EPDM และ NR โดยอัดเป็นชั้น ๆ 3 ชั้น NR อยู่ด้านใน. แบบแปลนและขนาดก่อนการขึ้นรูป แสดงไว้ในรูปที่ 2.
- แผ่นยางรองพื้น (carpet) คือส่วนที่แนบติดกับพื้นคอนกรีต ส่วนประกอบเหมือนกันกับส่วนที่เป็นท่อทรงกระบอก.
- แผ่นยางที่คลุมอุปกรณ์ยึดตัวฝายยางกับฐานคอนกรีต เพื่อป้องกันการเสื่อมสภาพอันเนื่องมาจากสิ่งแวดล้อม ใช้แผ่นยางแบบเดียวกันกับที่ใช้ทำท่อทรงกระบอก.
- อุปกรณ์ยึดตัวฝายยางกับฐานคอนกรีต ประกอบด้วยแผ่นเหล็กสำหรับประกบแผ่นฝายยาง และสลัก-เกลียว.

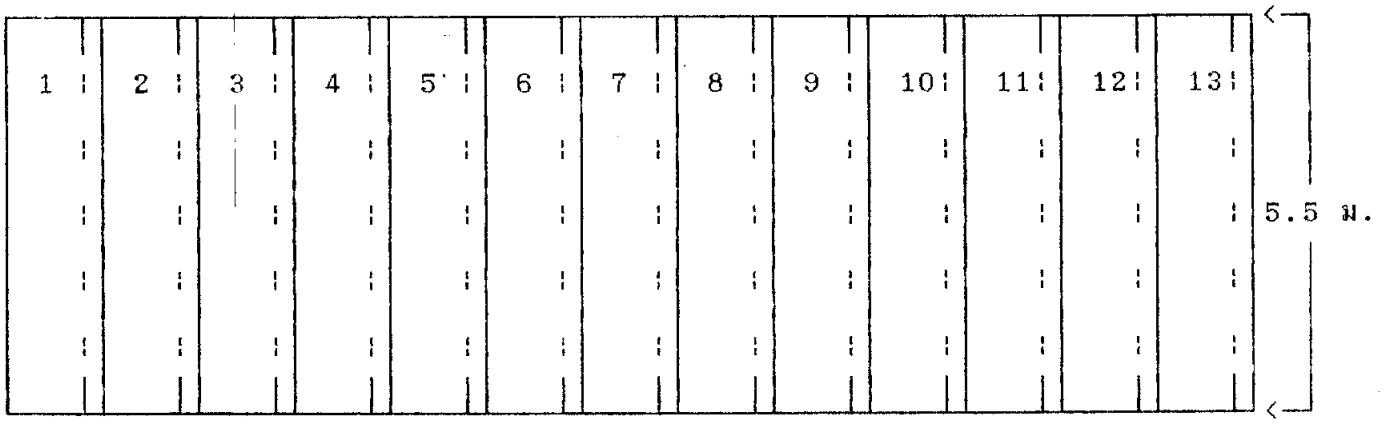
1.1.2 อุปกรณ์ควบคุมการทำงาน ทำหน้าที่ควบคุมให้ฝายยางพองตัวสูงขึ้นเพื่อกักเก็บน้ำ หรือยุบตัวลงเพื่อระบายน้ำออกตามที่ต้องการ. ฝายยาง วท. ใช้เครื่องสูบน้ำขนาด 5 แรงม้า เป็นอุปกรณ์ควบคุมการทำงาน ดังแผนผังในรูปที่ 3, ทั้งนี้เพราะชาวบ้าน สามารถใช้งานได้โดยไม่ยุ่งยาก.



Cross-section of rubber weir

รูปที่ 1. ภาพตัดขวางของฝายยาง วท.

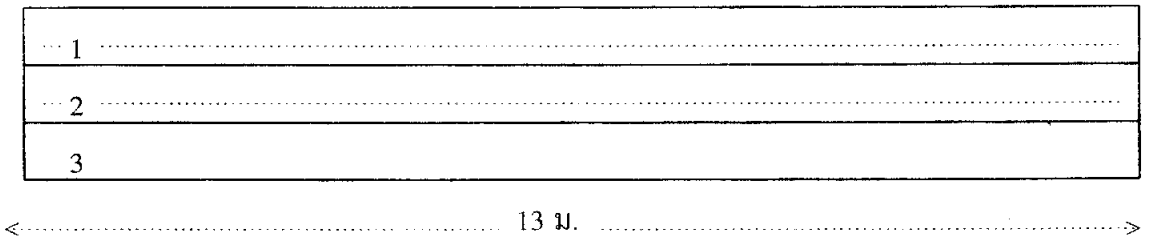
แผ่นฝายยางส่วนที่เป็นทรงกระบอก (body)



แผ่นยางกว้างแผ่นละ 1.10 ม.

เมื่อเชื่อมต่อ 13 แผ่น โดยขอบซ้อนทับกัน 10 ซม.แล้ว จะได้ความยาว 13.10 ม. พื้นที่ 72.05 ตร.ม.

แผ่นฝายยางส่วนพื้น (carpet)



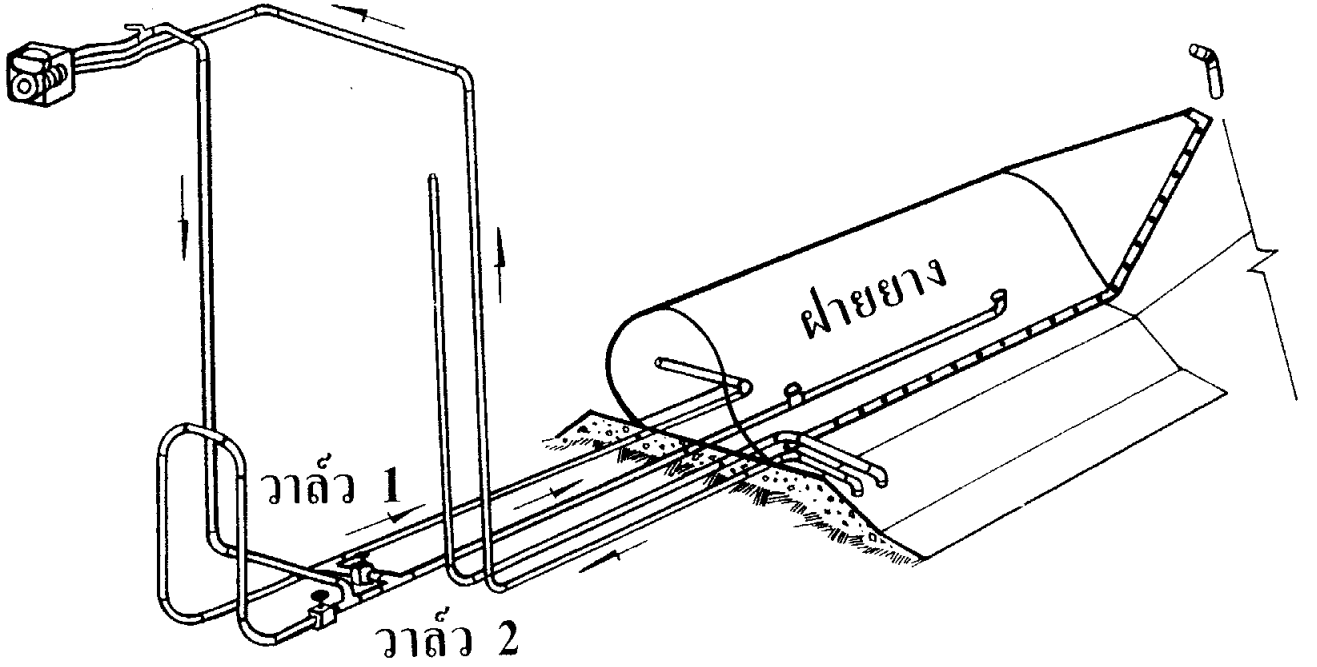
แผ่นยางกว้างแผ่นละ 1.10 ม.

เมื่อเชื่อมต่อ 3 แผ่น โดยขอบซ้อนทับกัน 10 ซม.แล้ว จะได้ความกว้าง 3.10 ม. พื้นที่ 40.30 ตร.ม.

รวมพื้นที่แผ่นยาง 72.05 + 40.30 = 112.35 ตร.ม.

รูปที่ 2. แผนผังของแผ่นฝายยางก่อนการขึ้นรูป.

แผนผังแสดงการควบคุมฝายยาง



- พองฝายยาง ปิด วาล์ว 1 และ 2 สูบน้ำเข้าจนได้ระดับความสูง แล้วหยุดสูบน้ำ เปิดวาล์ว 2

- ยุบฝายยาง เปิด วาล์ว 1

รูปที่ 3. แผนผังอุปกรณ์ควบคุมฝายยาง.

แผ่นฝายยางมีความหนาประมาณ 7 มิลลิเมตร. ส่วนที่เป็นท่อยางด้านใน (inner layer) ทำจากส่วนผสมของ NR, แต่ด้านนอก (outer layer) และแผ่นยางรองพื้นเป็นยางผสม NR/EPDM ทั้งนี้เพื่อให้มีความต้านทานต่อโอโซนและแสงแดด. ในการเสริมความแข็งแรงด้วยผ้าได้ใช้วิธีการอัดยางแบบ frictioning ลงไปในผ้าซึ่งทำจากใยสังเคราะห์โพลีเอสเตอร์/ไนลอน ด้วยยางคอมปาวด์สูตรที่กำหนดขึ้นโดยเฉพาะ. หลังจากนั้นจึงยึดติดแผ่นฝายยางด้านนอกกับด้านในด้วยยางคอมปาวด์ (cushioning) สูตรเดียวกัน. การเชื่อมต่อแผ่นฝายยางให้ได้ขนาดตามต้องการ ได้ใช้วิธีการอัดด้วยความร้อน โดยยึดติดกันด้วยยางคอมปาวด์ที่รีดเป็นแถบ (rubber tape) ในสูตรที่กำหนดขึ้นเฉพาะงาน.

ในการผสม NR ให้เข้ากับ EPDM นั้น ได้ใช้ 1.3-pentadiene monomer ซึ่งเป็น resin ที่ได้จากผลผลิตของปิโตรเลียม โดยมีสูตรโครงสร้างผสมทั้ง aliphatic และ aromatic. ลักษณะของการผสมเป็นแบบ compatibility ซึ่งแตกต่างจากการทดลองใช้ malcic anhydride เป็น modifier (วงษ์พานิชและคณะ 2537, 2539). การทดลองครั้งนี้ ได้นำ resin 2 ชนิด มาผสมกับ NR และ EPDM, เปรียบเทียบสมบัติของแผ่นยาง แล้วคัดเลือก resin ชนิดหนึ่งมาใช้ในการผสม NR กับ EPDM เพื่อผลิตแผ่นฝาย-ยางในระดับอุตสาหกรรม.

1.1 วัตถุประสงค์ของการทดลอง เพื่อ :

- กำหนดสูตรที่เหมาะสมสำหรับการทำฝายยาง
- ทดลองผลิตแผ่นฝายยางในระดับอุตสาหกรรม
- ทดลองติดตั้งฝายยางและใช้งานในภาคสนาม

1.2 ขอบเขตของการทดลอง

- กำหนดสูตร ทดลองผลิตแผ่นฝายยางและทดสอบคุณสมบัติในระดับห้องปฏิบัติการ
- ขยายการผลิตแผ่นฝายยางเป็นระดับอุตสาหกรรมโดยร่วมกับโรงงานอุตสาหกรรม
- ทดลองติดตั้งฝายยางและใช้งานในภาคสนาม

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- เพิ่มมูลค่าของยางพาราโดยการทำผลิตภัณฑ์ชนิดใหม่
- เพิ่มชนิดของผลิตภัณฑ์เพื่อใช้พัฒนาแหล่งน้ำ
- สนับสนุนอุตสาหกรรมยางภายในประเทศ

2. วิธีดำเนินการทดลอง

2.1 การผลิตแผ่นฝายยางในระดับห้องปฏิบัติการ

2.1.1 เครื่องมือหลัก

- Internal mixer, ชนิด banbury
- Two-roll mill
- Calender
- Press-cure machine

2.1.2 วัตถุดิบและเคมีภัณฑ์

- ยางแผ่นรมควันชั้น 3
- ยาง EPDM, Vistalon 5600 ของ Exxon Chemical Co.,Ltd.
- Aliphatic/aromatic resin ซึ่งมีสมบัติดังตารางที่ 1
- Cumerone resin
- Petroleum oil (P.O.)
- Zinc oxide (ZnO)
- Stearic acid
- Calcium carbonate
- HMD
- PVI
- เขม่าดำ หรือ carbon black, HAF
- กำมะถัน หรือ sulphur
- สารเคมี วท.
- ผ้าซึ่งทำจากใยสังเคราะห์โพลีเอสเตอร์/โพลีอะมีด(ไนลอน)
  โดยมีใยโพลีเอสเตอร์เป็นด้ายยืน และใยไนลอนเป็นด้ายพุ่ง

2.1.3 สูตรยางผสม

การหาสัดส่วนของ NR/EPDM และการเลือก resin แสดงไว้ในตารางที่ 2 - 5. สำหรับการทำแผ่นฝายยาง แสดงไว้ในตารางที่ 6 - 9.

ตารางที่ 1. สมบัติของ aliphatic/aromatic resin

สมบัติ	QD resin*	QU resin*
ลักษณะ	เป็นเม็ด	เป็นเม็ด
สี	เหลืองอ่อน	เหลืองอ่อน
ความถ่วงจำเพาะ (20/20°ซ.)	0.99	0.99
จุดอ่อนตัว, °ซ.	99	86
Melt viscosity (cps ที่ 200°ซ.)	140	80
Acid value (mg KOH/g)	< 0.1	< 0.1
Bromine value (g/100g)	25	30
Molecular number, average	1,300	1,150

2.1.4 การผสมยาง

2.1.4.1 เพื่อหาสัดส่วนของ NR : EPDM และเลือก resin

- การผสมใน internal mixer

เวลาผสม, นาที	สารที่เติม
0	NR กับ EPDM
2.5	Aliphatic/aromatic resin
3.5	HAF ครึ่งส่วน และ oil ครึ่งส่วน
4.0	Activator (ZnO, stearic acid)
4.5	HAF ที่เหลือ และ oil ที่เหลือ
5.5	ปล่อยให้เครื่องมือกวาดยางผสมจนเข้ากัน
6.0	เทยางผสมออกไปบดด้วย two-roll mill

- การผสมโดยใช้ two roll mill

บดยางผสมเป็นเวลา 2.5 นาที เติม accelerator (CB*)

บดต่อไป 2.5 นาที เติม HMD

แล้วบดต่อไปอีก 2.5 นาที จึงเติมกำมะถัน.

2.1.4.2 เพื่อทำแผ่นฝายยาง

- การผสมใน internal mixer

เวลาผสม, นาที	สารที่เติม
0	NR กับ EPDM
2.5	Aliphatic/aromatic resin
3.5	HAF ครึ่งส่วน และ oil ครึ่งส่วน
4.0	Activator (ZnO, stearic acid)
4.5	HAF ที่เหลือ และ oil ที่เหลือ
5.0	Plasticizer (PT*, WR*, cumerone resin)
5.5	Antioxidant (FH*)
5.5	ปล่อยให้เครื่องมือกวาดยางผสมจนเข้ากัน
6.0	เทยางผสมออกไปบดด้วย two-roll mill

- การผสมโดยใช้ two roll mill บดยางผสมเป็นเวลา 2.5 นาที
เติม accelerator (CB*, TM*, ZD*, ZM*) บดต่อไป 2.5 นาที
เติม HMD แล้วบดต่อไปอีก 2.5 นาที จึงเติมกำมะถันจะได้ยางคอมปาวด์.

2.1.5 การทำแผ่นยาง

แบ่งยางคอมปาวด์มาหาอุณหภูมิ, ระยะเวลาการสุก (cure time) โดยใช้ rheometer. ยางคอมปาวด์ที่เหลือ นำไปทำให้นิ่มโดยนวดด้วย two- roll mill เป็นเวลา 6 นาที ยางจะอุ่นขึ้น. นำไปรีดเป็นแผ่น หนา 2 มม. โดยใช้ calender. อบแผ่นยางให้สุกด้วย press-cure machine ตามอุณหภูมิและระยะเวลาที่หาได้จาก rheometer.

2.1.6 การทดสอบแผ่นยาง

หลังจากทิ้งแผ่นยางไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลาไม่ต่ำกว่า 24 ชั่วโมง จึงนำมาทดสอบสมบัติต่าง ๆ ตามมาตรฐานต่อไปนี้:

2.1.6.1 ความต้านแรงดึงและแรงยืดที่จุดขาด (tensile strength and elongation at break) ASTM D 412.

2.1.6.2 ความแข็ง (hardness) ASTM D 2240

2.1.6.3 ความต้านแรงฉีกขาด (tear strength) ASTM D 624

2.1.6.4 ความถ่วงจำเพาะ (specific gravity)

2.1.6.5 ความทนทานต่อโอโซน (ozone resistance)

ทดสอบที่สภาวะโอโซน 100 pphm, อุณหภูมิ 40°ซ., 20% การยืดเป็นเวลา 96 ชั่วโมง.

2.1.6.6 ความทนทานต่อ UV โดยใช้เครื่องเร่งภาวะ ASTM G 53

2.1.6.7 การเสื่อมสภาพของยางโดยวิธีเร่งภาวะ (aging test)

- การอบ

อบแผ่นยางไว้ในตู้อบที่อุณหภูมิ 70°ซ.

เป็นเวลา 168 ชั่วโมง.

- การแช่น้ำ

แช่แผ่นยางไว้ในน้ำที่อุณหภูมิ 70°ซ.

เป็นเวลา 96 ชั่วโมง.

2.2 การผลิตแผ่นฝายยางในระดับอุตสาหกรรม

ใช้วัตถุดิบตามการทดลองในระดับห้องปฏิบัติการและคัดเลือกสูตรจากผลการทดลองดังกล่าว ซึ่งสรุปไว้ในตารางที่ 10.

เครื่องมือหลัก, วัตถุดิบ และเคมีภัณฑ์ เช่นเดียวกับการทดลองในระดับห้องปฏิบัติการ แต่เครื่องมือที่ใช้ผลิตมีขนาดใหญ่กว่ามาก ได้แก่ internal mixer ซึ่งเป็น banbury มีความจุประมาณ 100 ลิตร, two-roll mill, calender และ press-cure machine มีความกว้าง 1.10 ม. จึงได้คำนวณปริมาณในการผสมด้วย banbury แต่ละครั้ง (นิธิอุทัย 2530) ดังนี้ :

$$Q = V.S.F$$

เมื่อ Q = ปริมาณในการผสมแต่ละครั้ง, กิโลกรัม

V = ความจุของ banbury ที่ใช้ คือ 100 ลิตร

S = ความถ่วงจำเพาะของยางคอมปาวด์

F = Fill factor = 0.7 สำหรับโรงงาน

ดังนั้น ปริมาณในการผสมแต่ละครั้ง = 100 x 1.03 x 0.7 = 72.1 กิโลกรัม

2.2.1 การหาปริมาณของวัตถุดิบและเคมีภัณฑ์

คำนวณได้จากแผนผังของแผ่นยางก่อนการขึ้นรูปซึ่งแสดงไว้ในรูปที่ 2 ดังนี้:

2.2.1.1 แผ่นฝายยางด้านนอกและแผ่นยางรองพื้น

2.2.1.1.1 ปริมาณวัตถุดิบสำหรับการผสมในแต่ละครั้ง

ความหนาของแผ่นฝายยาง	=	2 มม.
พื้นที่ของแผ่นฝายยางด้านนอก	=	80 ตร.ม.
พื้นที่ของแผ่นยางรองพื้น	=	40 ตร.ม.
น้ำหนักของวัตถุดิบ/ตร.ม. (คำนวณจากสูตร)	=	2.152 กก./ตร.ม.
- น้ำหนักของวัตถุดิบสำหรับทำแผ่นฝายยางด้านนอก	=	176.16 กก.
- น้ำหนักของวัตถุดิบสำหรับทำแผ่นยางรองพื้น	=	86.08 กก.
รวมน้ำหนักของวัตถุดิบ = น้ำหนักของยางผสม	**=**	**258.24 กก.**
- น้ำหนักของวัตถุดิบที่ควรผสมในแต่ละครั้ง		
(คำนวณจากปริมาตรที่เครื่องจะผสมได้ = Q)	=	72.00 กก.
จำนวนครั้งที่ผสม	**=**	**3.59 ครั้ง**
		หรือประมาณ 4 ครั้ง

2.2.1.1.2 สูตรและปริมาณวัตถุดิบสำหรับการผสมในแต่ละครั้ง

ส่วนผสม	**phr**	**ปริมาณการผสม,กก.**
NR	70.00	28.43
EPDM	30.00	12.19
HAF	50.00	20.31
ZnO	5.00	2.03
Stearic acid	2.00	0.81
S	1.50	0.61
HMD	0.26	0.11
Mixed oil	10.00	4.06
QD resin*	5.00	2.03
FH*	2.00	0.81
CB	1.50	0.61
รวม	177.26	72.00

การผสม 4 ครั้ง จะได้ยางผสมหนัก 72x4 = 288 กก.

2.2.1.2 ยางคอมปาวด์สำหรับเชื่อมประสานยางกับผ้า (frictioning) และยึดติดแผ่นฝายยางด้านนอกกับด้านใน (cushioning)

2.2.1.2.1 ปริมาณวัตถุดิบสำหรับการผสมในแต่ละครั้ง

ความหนาของยาง frictioning	= 2	มม.
ความหนาของยาง cushioning	= 2	มม.
พื้นที่ของยาง frictioning	= 120	ตร.ม.
พื้นที่ของยาง cushioning	= 120	ตร.ม.
น้ำหนักของวัตถุดิบ/ตร.ม. (คำนวณจากสูตร)	= 2	กก./ตร.ม.
- น้ำหนักของวัตถุดิบสำหรับทำยาง frictioning	= 240.00	กก.
- น้ำหนักของวัตถุดิบสำหรับทำยาง cushioning	= 240.00	กก.
รวมน้ำหนักของวัตถุดิบ = น้ำหนักของยางผสม	**= 480.00**	**กก.**
- น้ำหนักของวัตถุดิบที่ควรผสมในแต่ละครั้ง (คำนวณจากปริมาตรที่เครื่องจะผสมได้ = Q)	= 72.00	กก.
จำนวนครั้งที่ผสม	**= 6.67**	**ครั้ง**
	หรือประมาณ 7 ครั้ง	

2.2.1.2.2 สูตรและปริมาณวัตถุดิบสำหรับการผสมในแต่ละครั้ง

ส่วนผสม	**phr**	**ปริมาณการผสม,กก.**
NR	100.00	52.36
HAF	20.00	10.47
ZnO	5.00	2.62
Stearic acid	2.00	1.05
S	1.50	0.79
N.O.	4.00	2.09
TM*	0.50	0.26
FH*	1.00	0.52
CB*	1.50	0.79
PT*	2.00	1.05
รวม	137.50	72.00

การผสม 7 ครั้ง จะได้ยางผสมหนัก 72x7 = 509 กก.

2.2.1.3 แผ่นฝายยางด้านใน

2.2.1.3.1 ปริมาณวัตถุดิบสำหรับการผสมในแต่ละครั้ง

ความหนาของแผ่นฝายยาง = 2 มม.

พื้นที่ของแผ่นฝายยาง = 120 ตร.ม.

น้ำหนักของวัตถุดิบ/ตร.ม. (คำนวณจากสูตร) = 2 กก./ตร.ม.

- น้ำหนักของวัตถุดิบสำหรับแผ่นฝายยางด้านใน = 240.00 กก.

รวมน้ำหนักของวัตถุดิบ = น้ำหนักของยางผสม = 240.00 กก.

- น้ำหนักของวัตถุดิบที่ควรผสมในแต่ละครั้ง

(คำนวณจากปริมาตรที่เครื่องจะผสมได้ = Q) = 72.00 กก.

จำนวนครั้งที่ผสม = 3.33 ครั้ง

หรือประมาณ 4 ครั้ง

2.2.1.3.2 สูตรและปริมาณวัตถุดิบสำหรับการผสมในแต่ละครั้ง

ส่วนผสม	**phr**	**ปริมาณการผสม,กก.**
NR	100.00	41.03
HAF	50.00	20.51
ZnO	5.00	2.05
Stearic acid	2.00	0.82
S	1.50	0.62
N.O.	10.00	4.10
TM*	0.50	0.21
FH*	5.00	2.05
CB*	1.50	0.62
รวม	175.50	72.00

การผสม 4 ครั้ง จะได้ยางผสมหนัก 72x4 = 288 กก.

2.2.1.4 แถบกาวยางคอมปาวด์

2.2.1.4.1 ปริมาณวัตถุดิบสำหรับการผสม

ความหนาของแถบกาว = 3 มม.

พื้นที่ของแถบกาว = 17.5 ตร.ม.

น้ำหนักของวัตถุดิบ/ตร.ม. (คำนวณจากสูตร) = 2 กก./ตร.ม.

- น้ำหนักของวัตถุดิบสำหรับทำยางแถบกาว = 35 กก.

รวมน้ำหนักของวัตถุดิบ = น้ำหนักของยางผสม = 35 กก.

2.2.1.4.2 สูตรและปริมาณวัตถุดิบสำหรับการผสม

ส่วนผสม	**phr**	**ปริมาณการผสม,กก.**
NR	70.00	13.24
EPDM	30.00	5.68
HAF	50.00	9.46
ZnO	5.00	0.95
Stearic acid	2.00	0.38
S	1.50	0.28
Mixed oil	15.00	2.84
QD resin*	5.00	0.95
ZD*	1.00	0.19
ZM*	0.50	0.095
WR*	5.00	0.95
รวม	185.00	35.015

การผสม 1 ครั้ง จะได้ยางผสมหนัก 35.015 กก.

หมายเหตุ : 1. * หมายถึงสารเคมีที่ วท. เตรียมขึ้น

2. ยางผสมที่เหลือ ใช้สำหรับทดสอบสมบัติต่างๆ

3. ส่วนผสมและราคาของวัตถุดิบแสดงไว้ในตารางที่ 10.

2.2.2 การทำแผ่นฝายยาง แบ่งเป็น 2 ตอน คือ:

2.2.2.1 การทำยางคอมปาวด์ ผสมยางตามสูตร 3 สูตร ดังแผนผังที่แสดงไว้ในรูปที่ 4 โดยมีระยะเวลาการผสม ดังนี้:

- แผ่นฝายยางด้านนอกและแผ่นยางรองพื้น

	เวลาผสม, นาที	สารที่เติม
Internal mixer--->	0	NR กับ EPDM
	2.5	QD resin*
	3.5	HAF, mixed oil
	4.0	ZnO, stearic acid
	4.5	FH*
Two-roll mill --->	6.0	ปด
	7.0	CB*
	8.0	S, HMD

- ยาง frictioning และ cushioning

	เวลาผสม, นาที	สารที่เติม
Internal mixer--->	0	NR นวดกับ HAF และ oil
	3.0	ZnO, stearic acid
	4.0	PT*, FH*
Two-roll mill --->	5.0	ปด
	6.0	CB*, TM*
	8.0	S

- แผ่นฝายยางด้านใน

	เวลาผสม, นาที	สารที่เติม
Internal mixer--->	0	NR นวดกับ HAF และ oil
	3.0	ZnO, stearic acid
	4.0	FH*
Two-roll mill--->	5.0	ปด
	6.0	CB*, TM*
	8.0	S

- แถบกาวยางคอมปาวด์

	เวลาผสม, นาที	สารที่เติม
Internal mixer --->	0	NR กับ EPDM
	2.5	QD resin*
	3.5	HAF, mixed oil
	4.5	WR*
	6.0	ZnO, stearic acid
Two-roll mill --->	7.0	บด
	8.0	ZD*, ZM*
	9.0	S

2.2.2.2 การเพิ่มความแข็งแรง แสดงดังในแผนผังรูปที่ 5 ประกอบด้วย

- การรีดและอัดแผ่นยางกับผ้า นำยางคอมปาวด์ที่ผสมในตอนต้นเพื่อทำแผ่นฝายยางด้านนอกและแผ่นฝายยางด้านใน มารีดและอัดกับผ้าใยสังเคราะห์โดยวิธี frictioning ด้วยเครื่อง calender.

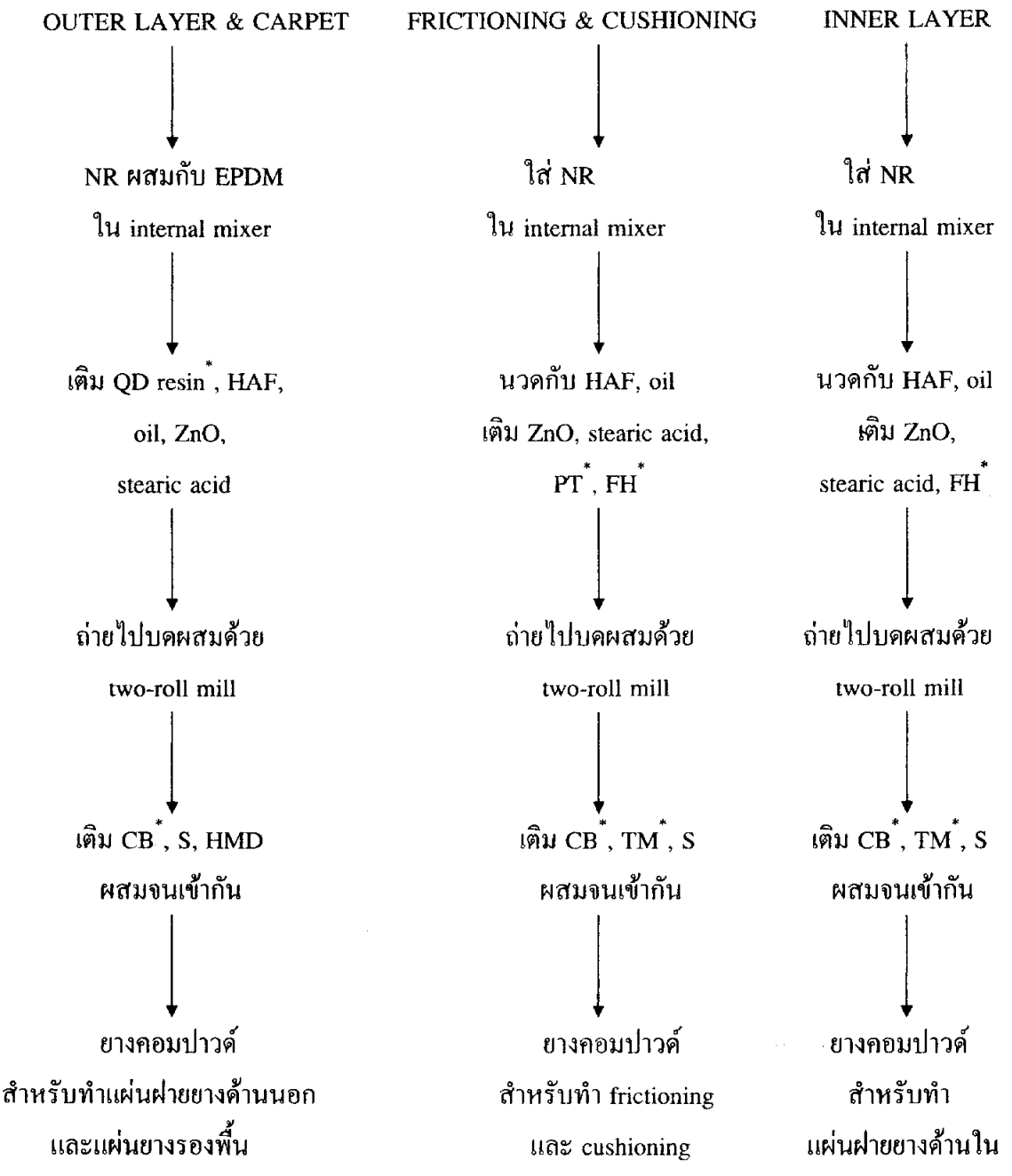
- การประกบและอัดแผ่นฝายยาง นำแผ่นฝายยางด้านนอกมาประกบกับแผ่นฝายยางด้านใน โดยให้ด้าน frictioning ประกบกัน และวางยาง cushioning ไว้ตรงกลาง แล้วอัดด้วยเครื่อง press-cure machine ที่ 150°ซ. เป็นเวลา 6.30 นาที.

2.2.3 การขยายขนาดแผ่นฝายยาง

ใช้วิธีการเชื่อมต่อโดยอัดด้วยความร้อน มีแถบกาวยางคอมปาวด์เชื่อมยึด ดังแสดงในแผนผังรูปที่ 6. ก่อนการเชื่อมต่อให้ลอกยางส่วนที่จะเชื่อมต่อออกเป็นแถบกว้างประมาณ 10 ซม. แล้ววางซ้อนกันโดยมีแถบกาวยางอยู่ตรงกลาง ทั้งนี้เพื่อให้เนื้อยางแนบเป็นเนื้อเดียวกันและยึดติดแน่น. หลังจากนั้น จึงอัดที่อุณหภูมิ 150°ซ. ความดัน 50 กก./ตร.ซม. เป็นเวลา 7 นาที.

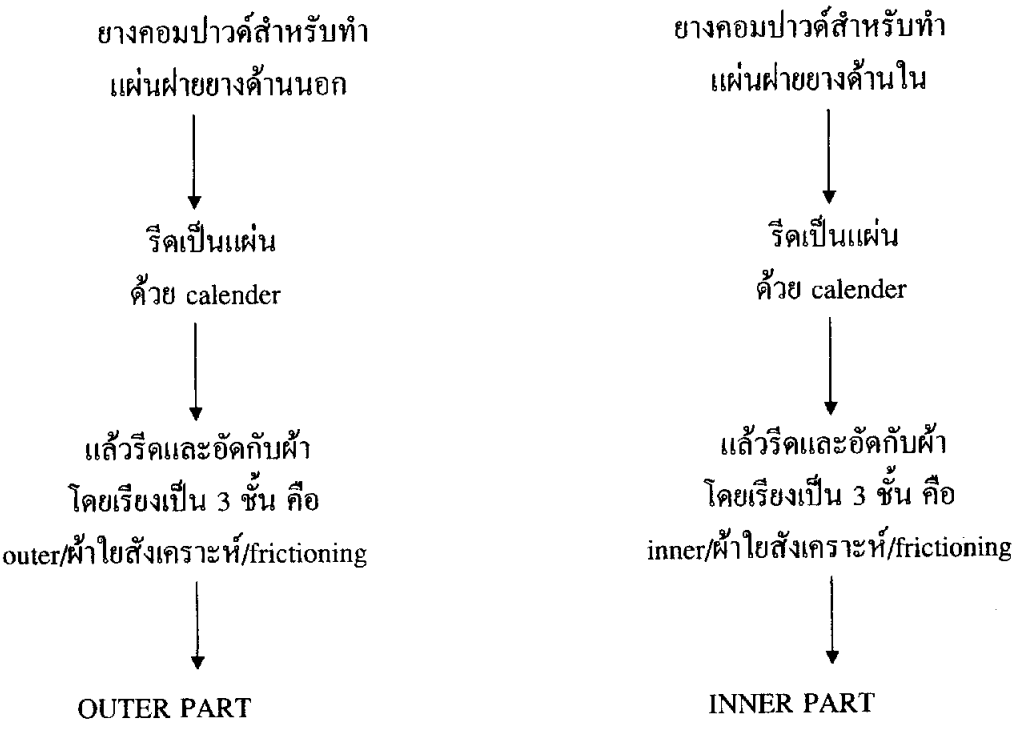
2.2.4 การทดสอบแผ่นฝายยาง

ได้ทดสอบความต้านแรงดึงเมื่อเร่งภาวะ ความแข็ง และความทนทานต่อโอโซน โดยวิธีเดียวกันกับการทดลองในระดับห้องปฏิบัติการ รวมทั้งความแข็งแรงของรอยเชื่อมต่อ ผลการทดสอบแสดงไว้ในตารางที่ 11 และ 12.



รูปที่ 4. แผนผังขั้นตอนการทำยางคอมปาวด์.

การรีดและอัดแผ่นยางกับผ้า



การประกบและอัดแผ่นฝายยาง

นำ OUTER PART ด้าน friction มาประกบกับ INNER PART ด้าน friction โดยมียาง cushioning เชื่อมตรงกลาง ดังแผนผัง

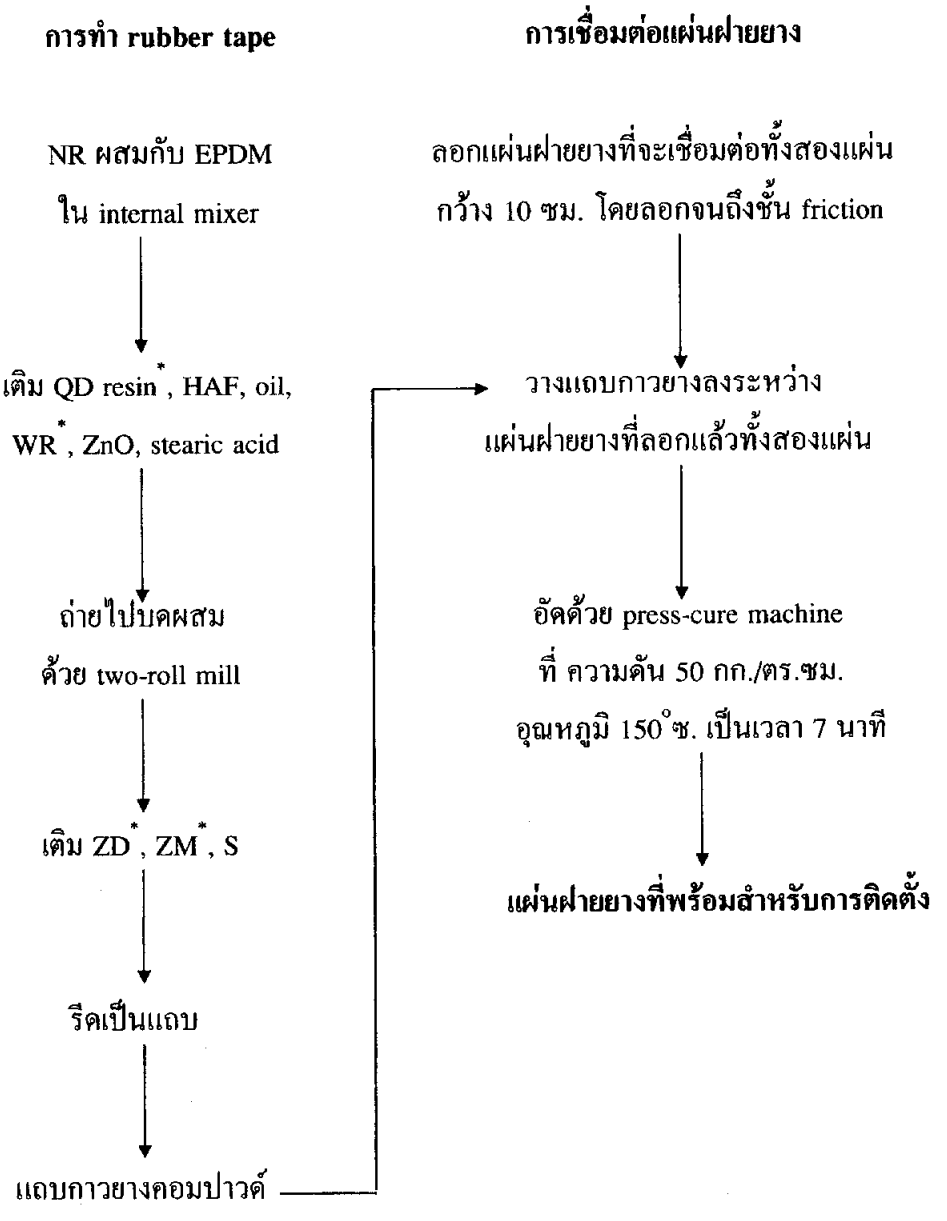
OUTER PART :

ด้านนอก
ผ้าใยสังเคราะห์
ยาง frictioning
ยาง cushioning
ยาง frictioning
ผ้าใยสังเคราะห์
ด้านใน

INNER PART :

แล้วอัดด้วย press-cure machine ที่ 150°ซ. เป็นเวลา 6.30 นาที จะได้แผ่นฝายยาง

รูปที่ 5. แผนผังแสดงขั้นตอนการเพิ่มความแข็งแรงของแผ่นฝายยาง.



รูปที่ 6. แผนผังแสดงขั้นตอนการขยายขนาดแผ่นฝายยาง.

3. การทดลองในภาคสนาม

3.1 การคัดเลือกพื้นที่

ได้ร่วมกับกรมการพัฒนาชุมชน, กระทรวงมหาดไทย ในการพิจารณาให้สอดคล้องกับเงินงบประมาณ, ความต้องการของชาวบ้าน, สภาพของพื้นที่ และความร่วมมือของผู้บริหารงานในพื้นที่. ในที่สุด คัดเลือกพื้นที่ได้ที่ ลำห้วยแม่ตาว บ้านพะเด๊ะ, หมู่ที่ 4, ตำบลพระธาตุผาแดง, อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก.

3.2 การเตรียมพื้นที่และติดตั้งฝายยาง

ได้ดำเนินการตรวจสอบสภาพพื้นดิน และระดับน้ำในลำห้วย แล้วออกแบบฐานฝายพร้อมกับคำนวณขนาดของฝายยาง, ออกแบบระบบควบคุมการทำงานของฝายยางและอาคารสำหรับติดตั้งอุปกรณ์ควบคุม. หลังจากนั้น จึงก่อสร้างฐานฝายซึ่งเป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก และอาคารสำหรับติดตั้งอุปกรณ์ดังกล่าว. ในการติดตั้งฝายยาง ได้ใช้สกรู-นอตยึดติดกับฐานฝายโดยมีแผ่นเหล็กประกบ, ส่วนการพองตัว-ยุบตัวของฝายยางได้ออกแบบให้ใช้เครื่องสูบน้ำขนาด 5 แรงม้า ในการอัดน้ำเข้า-ออกจากท่อยาง ทั้งนี้เพราะไม่มีกระแสไฟฟ้าในพื้นที่. ได้ติดตั้งฝายยางจนแล้วเสร็จและใช้งานได้ เมื่อวันที่ 4 พฤศจิกายน 2537. รายละเอียดการปฏิบัติงาน แสดงไว้ในรายงานส่วนที่ 2.

4. ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 การผลิตและราคาแผ่นฝายยาง

4.1.1 การผสม NR กับ EPDM และ aliphatic/aromatic resin

ได้ผลดีโดยทดลองกับ resin 2 ชนิดคือ QD resin* และ QU resin* ซึ่งมีสมบัติดังแสดงไว้ในตารางที่ 1. Resin ทั้งสองชนิดเป็นสาร hydrocarbon แตกต่างกันที่ปริมาณ aromatic, unsaturation bonds และน้ำหนักโมเลกุล. QD resin* มีปริมาณ aromatic น้อยกว่า แต่มี unsaturation bonds และน้ำหนักโมเลกุลมากกว่า QU resin*. ในขณะที่ทำการผสม resin กับ NR และ EPDM ปฏิกิริยาเคมียังไม่เกิดขึ้น resin ทำหน้าที่เป็น plasticizer สารที่ผสมแล้วมีลักษณะเหนียวต่อเนื่องกัน (tacky). เมื่อผสมกับ vulcanizing agents แล้วทำให้สุก จึงเกิดปฏิกิริยาเคมี โดย unsaturation bonds ใน resin เชื่อมโยงโมเลกุลของยาง ทำให้โมเลกุลยางมีขนาดใหญ่มากขึ้น.

การหาสัดส่วนของ NR/EPDM เพื่อใช้ทำแผ่นยางที่มีความทนทานต่อโอโซน โดยมี NR ผสมอยู่มากที่สุด แสดงผลการทดลองไว้ในตารางที่ 2. พบว่าสัดส่วนของ NR:EPDM 70:30 ในรหัส C มี NR มากที่สุดและมีความทนทานต่อโอโซนด้วย ผลการทดลองนี้ยืนยันได้ดังรหัส P_4 ในตารางที่ 3. จึงนำสัดส่วนดังกล่าวมาทดลองเพื่อพิจารณาเลือกใช้ QD resin* หรือ QU resin* ผลการทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 4 และ 5. ปรากฏว่าการใช้ QD resin* ดังรหัส NE_3 จะได้แผ่นยางที่มีความทนทานต่อโอโซน โดยเปรียบเทียบกับรหัส U_4. ทั้งนี้เพราะ QD resin* มีปริมาณ unsaturation bonds มากกว่า QU resin* จึงเกิดการเชื่อมโยงโมเลกุลของ NR และ EPDM ได้ดีกว่าเมื่อผสมด้วย QU resin*. เนื่องจาก EPDM มีสมบัติต้านทานต่อโอโซน แผ่นยางที่ได้จึงมีความทนทานต่อโอโซน, จากผลการทดลองนี้จึงเลือกใช้ QD resin*. สำหรับปริมาณของ QD resin* 5 phr เมื่อใช้กับ NR:EPDM 70:30 ในรหัส NE_3 ทำให้ได้แผ่นยางที่มีความต้านแรงดึงสูงกว่าการใช้ในปริมาณ 1 หรือ 3 phr ดังตารางที่ 4 จึงเลือกใช้สูตรนี้.

4.1.2 แผ่นฝายยาง

แผ่นฝายยางด้านนอก เป็นส่วนที่สัมผัสกับแสงแดด ในขณะที่แผ่นยางรองพื้นอยู่ในช่วงที่เปียกน้ำและแห้งในบางโอกาส แผ่นฝายยางส่วนนี้ต้องทนทานต่อสภาพแวดล้อม จึงกำหนดสูตรโดยใช้ยางผสม NR/EPDM ขึ้น. ได้นำสัดส่วน NR:EPDM 70:30 และมี QD resin* 5 phr มาผสมกับสารเคมีอื่น ๆ ทำเป็นแผ่น และทดสอบสมบัติต่างๆ ดังผลการทดลองในตารางที่ 6. พบว่าส่วนผสมในรหัส O_3 มีความทนทานต่อโอโซน ความต้านแรงดึงสูงกว่าสูตรอื่น และเปลี่ยนแปลงไม่มากเมื่อเร่งภาวะ จึงเลือกส่วนผสมในรหัส O_3 มาใช้ทำแผ่นฝายยางด้านนอกและแผ่นยางรองพื้น.

แผ่นฝายยางด้านใน เป็นส่วนที่ไม่สัมผัสกับแสงแดด จึงกำหนดสูตรโดยใช้ NR ล้วนๆได้. เมื่อผสมกับสารเคมี, ทำเป็นแผ่น และทดสอบสมบัติต่าง ๆ ดังตารางที่ 8 แล้ว พบว่าระยะเวลาการสุกสั้น, ความต้านแรงดึงและแรงฉีกขาดสูง, ประกอบกับมีการเปลี่ยนแปลงไม่มากเมื่อเร่งภาวะ จึงเลือกสูตรในรหัส I_2 สำหรับทำแผ่นฝายยางด้านใน.

ในการอัดยางกับผ้าแบบ frictioning สำหรับทำแผ่นฝายยางด้านนอก, แผ่นยางรองพื้นและแผ่นฝายยางด้านใน ได้กำหนดสูตรยางคอมปาวด์และทดสอบคุณสมบัติขึ้น ดังตารางที่ 7 และคัดเลือกได้สูตรในรหัส F_5 ซึ่งมีระยะเวลาการสุกที่สั้นกว่าสูตรอื่นมาใช้ทำ frictioning. ส่วนการประกบแผ่นฝายยางด้านนอกกับแผ่นฝายยางด้านในนั้น ได้ใช้ยางคอมปาวด์รหัส F_5 มาเป็นยาง cushioning.

ผ้าที่ใช้ทำแผ่นฝายยาง ได้ใช้ผ้าสำหรับทำสายพานลำเลียงของโรงงานผลิตสายพานซึ่งรับผลิตแผ่นฝายยางให้ วท. ทั้งนี้เพราะฝายยางมีขนาดเล็กใช้ผ้าไม่มากจึงไม่สามารถสั่งซื้อได้. ผ้าของโรงงานเป็นผ้าที่นำเข้าจากประเทศญี่ปุ่น ทำมาจากใยสังเคราะห์โพลีเอสเตอร์/โพลีอะมีด(ไนลอน) จึงมีความเหนียวมาก. เมื่ออัดเข้ากับยางผสม NR/EPDM ที่ได้กำหนดสูตรให้ทนทานต่อลมฟ้าอากาศทำเป็นแผ่นฝายยาง และทดสอบสมบัติต่างๆในห้องปฏิบัติการแล้ว คาดว่าฝายยางจะมีอายุการใช้งานที่ยาวนานมาก.

เนื่องจากเครื่องมือที่ใช้ผลิตแผ่นฝายยางมีขนาดกว้างเพียง 1.10 เมตร แผ่นฝายยางที่ผลิตได้จึงมีขนาดเล็ก, จำเป็นต้องขยายขนาดให้เหมาะสมกับฐานฝาย. ได้ขยายขนาดแผ่นฝายยางโดยการเชื่อมต่อด้วยความร้อน และใช้แถบกาวยางคอมปาวด์เชื่อมยึดติดกัน. สูตรแถบกาวยางคอมปาวด์ที่กำหนดขึ้น และสมบัติการสุกแสดงไว้ในตารางที่ 9. รหัส RT_1 มีระยะเวลาการสุกสั้น และความแข็งแรงของรอยเชื่อมต่อสูงมากกว่า 29 กก./ตร.ซม. จึงใช้สูตรในรหัสนี้สำหรับเชื่อมต่อแผ่นฝายยาง.

การอบยางให้สุกและการเชื่อมต่อแผ่นยาง ด้วย press-cure machine มีปัญหาเสมอเกี่ยวกับการ over-cure เนื่องจากต้องเลื่อนแผ่นยางเข้าไปในเครื่องมือเป็นระยะ ๆ. บางครั้งแผ่นยางส่วนที่สุกแล้วซึ่งอยู่ในช่วงปลายถูกอบซ้ำอีกครั้ง ทำให้เกิด over-cure เป็นเหตุให้แผ่นยางส่วนนี้มีสมบัติด้อย, นอกจากนั้น ยังเกิดรอยย่นตรงบริเวณที่เชื่อมต่อได้ด้วย. อย่างไรก็ดี งานทำผลิตภัณฑ์ยางเป็นทั้งงานศาสตร์และศิลป์ร่วมกัน ประสบการณ์และความชำนาญมีความสำคัญมาก. โรงงานที่ทำแผ่นฝายยางให้ วท. มีเจ้าหน้าที่ที่มีคุณสมบัติดังกล่าว คือ มีความสามารถในลอกแผ่นยางส่วนที่จะเชื่อมต่อออกแล้วได้ผิวที่เรียบสม่ำเสมอ, และเมื่อเชื่อมต่อด้วย press-cure machine แล้วยังใช้แรงอัดพอสมควรรวมทั้งเลื่อนแผ่นยางเข้าไปในเครื่องมือได้พอเหมาะอีกด้วยจึงได้แผ่นฝายยางที่มีรอยเชื่อมต่อแน่นและส่วนที่เชื่อมต่อค่อนข้างเรียบ.

คุณสมบัติของแผ่นฝายยาง, การสุกของยางคอมปาวด์และความแข็งแรงของรอยเชื่อมต่อแผ่นฝายยาง จากสูตรที่ใช้ ได้สรุปไว้ในตารางที่ 11 และ 12.

4.1.3 ราคาแผ่นฝายยาง

แสดงไว้ในตารางที่ 10 คำนวณจากปริมาณและราคาของวัตถุดิบตามสูตรที่ใช้ รวมกับค่าแรงการผลิตซึ่งโรงงานผู้ผลิตกำหนดโดยรวมราคาของผ้าที่ได้จากโรงงานแห่งนี้ด้วย.

แผ่นฝายยาง วท. มีพื้นที่ 112.35 ตร.ม. ราคาของวัตถุดิบตามสูตร คือ 24,591.39 บาท หรือประมาณ 25,000 บาท, เมื่อรวมค่าแรงการผลิต 80,000 บาท แล้ว จะได้ราคาต้นทุนการผลิต 105,000 บาท/112.35 ตร.ม. หรือ 934.58 บาท/ตร.ม.

4.2 การติดตั้งฝายยาง

ถึงแม้ว่าจะได้รับความร่วมมือเป็นอย่างดีจากเจ้าหน้าที่ของกรมการพัฒนาชุมชน, นายอำเภอแม่สอด, พัฒนาการอำเภอแม่สอด, กรรมการสภาตำบลพระธาตุผาแดง รวมทั้ง กำนัน ผู้ใหญ่บ้าน และชาวบ้านที่เกี่ยวข้อง, แต่เนื่องจากฝายยางเป็นเทคโนโลยีใหม่ซึ่งชาวบ้านยังไม่รู้จัก ผู้ใช้น้ำที่อยู่ท้ายฝายเกรงว่าจะไม่มีน้ำใช้เพราะฝายยางจะกักน้ำเอาไว้จึงได้แก้ไขโดยสร้างประตูน้ำขวางลำห้วยอีกด้านหนึ่งซึ่งชาวบ้านก็พอใจ.

ในการสร้างฝายต้องใช้พื้นที่พอสมควร แต่ได้รับความอนุเคราะห์ในการบริจาคที่ดินจาก นายพะเทโพ กาละคีรี ซึ่งเป็นเจ้าของที่ดินและเป็นผู้ช่วยผู้ใหญ่บ้านหมู่ 4.

4.3 การใช้งานฝายยาง

เมื่อเวลาผ่านไป 2 ปีเศษฝายยางยังอยู่ในสภาพดีสามารถใช้งานได้ดังรายงานในภาคผนวกที่ 1 และ 2.

ตารางที่ 2. สูตรยางผสม NR/EPDM และสมบัติของแผ่นยาง

Basic formula : ZnO 5; stearic acid 2; S 1.5; mixed oil 10; HAF 50; HMD 0.26; QD resin* 3; CB* 1.5								
NR : EPDM	100:0	80:20	75:25	70:30	65:35	60:40	50:50	0:100
รหัส	NR	A	B	C	D	E	F	EPDM
Curing properties : rheometer @ 150°C								
Scorch time (T_{10}) : min	1:73	1:67	1:67	1:50	1:52	1:25	1:20	2:63
Cure time (T_{10}) : min	4:08	4:65	4:92	4:72	5:02	6:55	8:48	28:50
Cure rate index ($100/T_{90}-T_{10}$) : min	42:55	33:56	33:90	31:06	28:57	18:87	13:74	3:86
Physical properties on T_{90} cure :								
1. Before aging								
- 300% modulus (MPa)	13.47	11.97	12.05	11.73	10.97	10.30	10.28	19.54
- Tensile strength (MPa)	24.47	20.27	19.28	18.58	17.10	16.06	16.57	22.07
- Elongation at break (%)	444.00	448.00	444.00	446.00	456.00	460.00	470.00	329.00
2. Aging in water 70°C, 96 hr								
- 300% modulus (MPa)	14.70	13.29	12.78	13.78	12.21	11.66	12.35	19.42
- Tensile strength (MPa)	22.85	20.60	16.89	17.61	16.45	15.91	16.10	21.95
- Elongation at break (%)	413.00	378.00	390.67	364.00	384.00	408.00	364.00	326.00
3. Aging in air 100°C, 96 hr								
- 300% modulus (MPa)	-	-	-	-	-	12.54	13.23	-
- Tensile strength (MPa)	9.89	10.43	9.55	12.32	11.89	13.38	14.03	17.42
- Elongation at break (%)	198.67	228.00	218.67	248.00	268.00	328.00	302.67	220.00

ตารางที่ 2. (ต่อ)

Basic formula : ZnO 5; stearic acid 2; S 1.5; mixed oil 10; HAF 50; HMD 0.26; QD resin* 3; CB* 1.5								
NR : EPDM	100:0	80:20	75:25	70:30	65:35	60:40	50:50	0:100
รหัส	NR	A	B	C	D	E	F	EPDM
4. Hardness (shore A)	59.30	62.60	63.00	62.60	64.00	67.30	66.60	68.30
5. Tear strength (kN/m)	7.53	8.27	8.30	6.88	6.96	3.88	3.91	3.68
6. Specific gravity	1.094	1.080	1.083	1.082	1.074	1.073	1.077	1.055
7. Ozone resistance : 100 pphm, 40°C, 20% ext., 96 hr, cracks	cracks	many cracks	many cracks	none	none	none	none	none
8. UV exposure, 96 hr								
- 300% modulus (MPa)	15.96	13.40	12.89	12.64	11.49	-	13.09	21.54
- Tensile strength (MPa)	22.08	19.39	17.76	17.33	16.32	-	19.20	23.34
- Elongation at break (%)	388.80	441.20	404.00	403.20	412.00	-	427.20	317.00

ตารางที่ 3. สูตรยางผสม NR/EPDM และสมบัติของแผ่นยาง

Basic formula : ZnO 5; stearic acid 2; S 1.5; mixed oil 10; HAF 50; HMD 0.26; QD resin* 3; CB* 1.5								
NR : EPDM	90:10	90:10	80:20	75:25	70:30	65:35	60:40	50:50
รหัส	P_1	P_{12}	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7
Curing properties : rheometer @ 150°C								
Scorch time (T_{10}) : min	2:12	2:03	1:45	1:68	1:58	1:50	1:50	1:95
Cure time (T_{10}) : min	5:25	4:87	4:27	4:75	4:87	5:00	5:32	6:53
Cure rate index ($100/T_{90}-T_{10}$) : min	31:95	35:21	34:01	32:57	30:40	28:57	26:18	21:83
Physical properties on T_{90} cure :								
1. Before aging								
- 300% modulus (MPa)	12.49	11.63	12.12	11.88	11.35	11.38	11.58	10.38
- Tensile strength (MPa)	21.68	20.55	20.09	19.11	18.04	17.26	17.01	16.46
- Elongation at break (%)	469.00	458.00	452.00	447.00	441.00	428.00	424.00	460.00
2. Aging in water 70°C, 96 hr								
- 300% modulus (MPa)	14.37	12.51	14.42	13.99	13.40	13.47	13.26	11.65
- Tensile strength (MPa)	20.34	20.25	19.87	18.06	17.79	18.40	17.72	16.18
- Elongation at break (%)	394.67	422.67	388.00	376.00	374.67	393.00	380.00	398.67
3. Aging in air 100°C, 96 hr								
- 300% modulus (MPa)	-	-	-	-	-	-	-	-
- Tensile strength (MPa)	10.35	9.31	10.02	11.66	11.75	13.38	13.04	14.36
- Elongation at break (%)	217.00	229.00	213.00	238.67	232.00	263.00	258.67	283.67

ตารางที่ 3. (ต่อ)

Basic formula : ZnO 5; stearic acid 2; S 1.5; mixed oil 10; HAF 50; HMD 0.26; QD resin* 3; CB* 1.5								
NR : EPDM	90:10	90:10	80:20	75:25	70:30	65:35	60:40	50:50
รหัส	P_1	P_{12}	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7
4. Hardness (shore A)	59.00	59.00	62.00	61.67	65.00	65.00	65.00	67.00
5. Tear strength (kN/m)	7.99	7.86	6.89	7.26	6.54	6.42	4.99	3.91
6. Specific gravity	1.083	1.078	1.072	1.069	1.065	1.062	1.063	1.060
7. Ozone resistance : 100 pphm, 40°C, 20% ext., 96 hr, cracks	many cracks	many cracks	many cracks	many cracks	none	none	none	none

ตารางที่ 4. สมบัติของแผ่นยางเมื่อแปรเปลี่ยนส่วนผสมของ QD resin*

Basic formula : ZnO 5; stearic acid 2; S 1.5; P.O. 2; HMD 0.26; CB* 1.5					
Ratio	NR:MEPDM = 70:30		NR:EPDM = 70:30		
รหัส	NM_1	NM_2	NE_1	NE_2	NE_3
Ingredients, phr:					
Silica/red pigment	30/2	30/0	-	-	-
HAF	-	-	30	30	30
QD resin*	-	-	1	3	5
Curing properties : rheometer @ 150°C					
Scorch time (T_{10}) : min	1:41	2:25	2:25	1:58	2:01
Cure time (T_{90}) : min	5:02	5:25	6:52	5:43	5:41
Cure rate index ($100/T_{90}-T_{10}$) : min	27:70	33:33	25:00	28:98	29:41
Physical properties on T_{90} cure :					
1. Before aging					
- 300% modulus (MPa)	4.38	4.52	11.03	9.05	8.39
- Tensile strength (Mpa)	12.89	12.57	19.24	19.87	20.51
- Elongation at break (%)	603	569	449	524	551
2. Aging in water 70°C, 96 hr					
- 300% modulus (MPa)	4.22	4.33	12.55	10.52	8.98
- Tensile strength (MPa)	11.06	11.27	19.35	17.10	19.20
- Elongation at break (%)	559	566	410	418	508
3. Aging in air 100°C, 96 hr					
- 300% modulus (MPa)	4.64	3.63	-	-	11.33
- Tensile strength (MPa)	5.68	4.01	10.09	10.54	11.15
- Elongation at break (%)	377	360	290	266	298
4. Aging in air 70°C, 168 hr					
- 300% modulus (MPa)	5.49	5.34	12.02	10.61	9.55
- Tensile strength (MPa)	11.20	10.85	17.02	18.21	17.58
- Elongation at break (%)	501	512	414	446	482
5. Hardness (shore A)	59	-	-	-	-
6. Tear strength (kN/m)	5.76	5.82	5.13	5.74	6.02
7. Ozone resistance : 100 pphm, 40°C					
20% ext., 96 hr, cracks	cracks	cracks	none	none	none

ตารางที่ 5. สมบัติของแผ่นยางเมื่อใช้ QU resin*

Basic formula : ZnO 5; stearic acid 2; S 1.5; mixed oil 10; HAF 50; HMD 0.26; QU resin* 3; CB* 1.5							
NR : EPDM	90:10	80:20	75:25	70:30	65:35	60:40	50:50
รหัส	U_1	U_2	U_3	U_4	U_5	U_6	U_7
Curing properties : rheometer @ 150°C							
Scorch time (T_{10}) : min	1:85	1:77	1:68	1:58	1:68	1:62	1:55
Cure time (T_{10}) : min	4:48	4:68	4:78	4:82	5:35	5:60	6:97
Cure rate index ($100/T_{90}-T_{10}$) : min	38:02	34:36	32:26	30:86	27:25	25:13	18:45
Physical properties on T_{90} cure :							
1. Before aging							
- 300% modulus (MPa)	12.61	11.93	11.94	11.64	11.49	11.21	11.13
- Tensile strength (MPa)	19.90	19.46	18.13	17.84	16.42	16.40	15.75
- Elongation at break (%)	446.67	424.00	429.00	428.00	420.00	417.00	416.00
2. Aging in water 70°C, 96 hr							
- 300% modulus (MPa)	13.41	13.18	13.56	13.01	12.75	11.89	12.03
- Tensile strength (MPa)	19.95	19.06	18.95	18.21	18.23	16.83	16.69
- Elongation at break (%)	397.00	396.00	393.00	393.00	413.00	404.00	404.00

ตารางที่ 5. (ต่อ)

Basic formula : ZnO 5; stearic acid 2; S 1.5; mixed oil 10; HAF 50; HMD 0.26; QU resin* 3; CB* 1.5							
NR : EPDM	90:10	80:20	75:25	70:30	65:35	60:40	50:50
รหัส	U_1	U_2	U_3	U_4	U_5	U_6	U_7
3. Aging in air 100°C, 96 hr							
- 300% modulus (MPa)	-	-	-	-	-	-	-
- Tensile strength (MPa)	9.63	10.05	12.03	12.03	15.43	13.20	14.03
- Elongation at break (%)	198.00	210.67	250.67	250.67	250.00	276.00	281.00
4. Hardness (shore A)	-	61.00	60.67	61.67	64.67	65.67	68.00
5. Tear strength (kN/m)	5.82	6.48	6.23	6.14	6.24	6.28	3.82
6. Specific gravity	1.081	1.077	1.077	1.075	1.068	1.071	1.050
7. Ozone resistance :							
100 pphm, 40°C,							
20% ext., 96 hr, cracks	many cracks	many cracks	many cracks	cracks	none	none	none

ตารางที่ 6. สมบัติของแผ่นยางด้านนอก (outer layer) และแผ่นยางรองพื้น (carpet) เมื่อแปรเปลี่ยนส่วนผสมบางชนิด

Basic formula : ZnO 5; stearic acid 2; S 1.5; mixed oil 10; HAF 50; HMD 0.26; CB* 1.5				
NR : EPDM	70 : 30			
รหัส	0_1	0_2	0_3	0_4
Ingredients, phr:				
QD resin*	3	5	5	5
FH*	-	-	2	2
Wax	-	-	-	3
Curing properties : rheometer @ 150°C				
Scorch time (T_{10}) : min	1:20	1:25	1:37	1:26
Cure time (T_{90}) : min	4:45	4:46	4:52	4:29
Cure rate index ($100/T_{90}-T_{10}$) : min	30:77	31:15	31:75	33:00
Physical properties on T_{90} cure :				
1. Before aging				
- 300% modulus (MPa)	10.89	10.99	10.24	10.81
- Tensile strength (MPa)	16.02	17.08	17.48	17.47
- Elongation at break (%)	428	413	463	445
2. Aging in water 70°C, 96 hr				
- 300% modulus (MPa)	12.68	11.89	12.31	10.65
- Tensile strength (MPa)	15.60	15.00	16.62	16.41
- Elongation at break (%)	327	365	379	427
3. Aging in air 100°C, 96 hr				
- 300% modulus (MPa)	-	-	-	14.10
- Tensile strength (MPa)	11.80	11.28	16.98	15.39
- Elongation at break (%)	287	256	327	313
4. Hardness (shore A)	63	65	63	63
5. Tear strength (kN/m)	5.16	6.04	6.56	7.77
6. Specific gravity	1.052	1.064	1.076	1.069
7. Ozone resistance : 100 pphm, 40°C				
20% ext., 96 hr, cracks	none	none	none	none

ตารางที่ 7. สูตรของยางคอมปาวด์สำหรับเชื่อมประสานยางกับผ้า (frictioning) และยึดติดแผ่นยางด้านนอกกับด้านใน (cushioning) เมื่อแปรเปลี่ยนส่วนผสมบางชนิด

NR : EPDM	100 : 0				
รหัส	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5
Ingredients, phr :					
HAF	20	20	20	20	20
N.O.	4	4	4	4	4
ZnO	5	5	5	5	5
Stearic acid	2	2	2	2	2
PT*	-	7.5	7.5	2	2
$CaCO_3$	-	-	10	10	-
CB*	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
TM*	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
FH*	1	1	1	1	1
S	0.5	0.5	1.5	1.5	1.5
Curing properties : rheometer @ 150°C					
Scorch time (T_{10}) : min	3:45	3:23	3:24	2:20	1:04
Cure time (T_{90}) : min	7:45	7:18	7:32	4:11	3:36
Cure rate index ($100/T_{90}-T_{10}$) : min	25:00	28:17	24:51	47:85	43:10

ตารางที่ 8. สมบัติของแผ่นยางด้านใน (inner layer) เมื่อแปรเปลี่ยนส่วนผสมบางชนิด

Basic formula : ZnO 5; stearic acid 2; S 1.5; mixed oil 10; HAF 50; HMD 0.26; CB* 1.5			
NR : EPDM	100 : 0		
รหัส	I_1	I_2	I_3
Ingredients, phr:			
FH*	3	5	5
Wax	-	-	1
Curing properties : rheometer @ 150°C			
Scorch time (T_{10}) : min	2:01	1:58	2:00
Cure time (T_{90}) : min	3:36	3:21	3:22
Cure rate index ($100/T_{90}-T_{10}$) : min	74:07	45:66	81:97
Physical properties on T_{90} cure :			
1. Before aging			
- 300% modulus (MPa)	13.75	12.68	13.79
- Tensile strength (MPa)	22.95	21.79	23.15
- Elongation at break (%)	425	443	436
2. Aging in water 70°C, 96 hr			
- 300% modulus (MPa)	16.03	14.51	14.39
- Tensile strength (MPa)	23.16	22.40	23.19
- Elongation at break (%)	399	407	404
3. Aging in air 100°C, 96 hr			
- 300% modulus (MPa)	-	17.82	-
- Tensile strength (MPa)	16.34	18.37	14.90
- Elongation at break (%)	260	307	258
4. Hardness (shore A)	62	62	62
5. Tear strength (kN/m)	7.41	8.20	7.93
6. Specific gravity	1.081	1.085	1.093
7. Ozone resistance : 100 pphm, 40°C 20% ext., 96 hr, cracks	many cracks	many cracks	many cracks

ตารางที่ 9. สูตรของแถบกาวยางคอมปาวด์ (rubber tape) เมื่อแปรเปลี่ยนส่วนผสม

NR : EPDM	70 : 30								
รหัส	RT_1	RT_2	RT_3	RT_4	RT_5	RT_6	RT_7	RT_8	RT_9
Ingredients, phr :									
HAF	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Mixed oil	15	15	20	20	20	20	20	20	20
ZnO	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Stearic acid	2	2	2	2	2	2	2	2	2
QD resin*	5	5	5	5	5	5	5	5	5
ZD*	1	0.5	1	1	1	1	1	1	1
ZM*	0.5	0.5	1	1	1	1	1	1	0.75
WR*	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Cumerone resin	-	-	3	3	3	3	3	3	3
S	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
PVI	-	-	-	-	0.25	0.5	0.75	1.0	0.5
Curing properties : rheometer @ 150°C									
Scorch time (T_{10}) : min	1:04	1:33	-	-	1:58	2:13	2:31	2:55	3:11
Cure time (T_{90}) : min	5:11	7:35	-	-	9:13	8:56	8:46	9:09	12:22
Cure rate index ($100/T_{90}-T_{10}$) : min	24:57	16:61	-	-	13:99	15:55	16:26	16:29	10:98

ตารางที่ 10. การคำนวณราคาเมื่อใช้ปริมาณวัตถุดิบตามสูตร

Layers Ingredients	Outer (2 mm)	Frictioning & cushioning (4 mm)	Inner (2 mm)	Rubber tape (3 mm)	Total (kg)	Amount (bath)	%
NR	102.67	349.10	138.32	13.62	603.71	10,866.78	59.50
EPDM	44.00	-	-	5.84	49.84	3,688.16	5.00
HAF	73.34	69.80	69.16	9.72	222.02	3,774.34	22.00
ZnO	7.33	17.46	6.92	0.97	32.68	1,143.80	3.20
Stearic acid	2.93	6.98	2.77	0.39	13.07	222.19	1.30
S	2.20	5.24	2.08	0.29	9.81	93.20	0.96
HMD	0.38	-	-	-	0.38	744.80	0.04
N.O.	-	13.96	13.83	-	27.79	778.12	2.70
Mixed oil	14.67	-	-	1.94	16.61	465.08	1.60
QD resin*	7.33	-	-	0.90	8.30	377.65	0.80
FH*	2.95	3.49	4.15	-	10.59	794.25	1.00
CB*	2.20	5.24	2.08	-	9.52	1,237.60	0.90
TM*	-	1.75	0.69	-	2.44	170.80	0.24
PT*	-	6.98	-	-	6.98	209.40	0.69
ZD*	-	-	-	0.19	0.19	19.00	0.02
ZM*	-	-	-	0.10	0.10	13.00	0.01
WR*	-	-	-	0.97	0.97	25.22	0.10
Total	260.00	480.00	240.00	35.00	1,015.00	24,591.39	100.06
ราคา ต่อ กก.						24.23	
ราคา ต่อ ตร.ม.						934.58	
ค่าแรงรวมกับผ้า 2 ชั้น + สารเคมี = 80,000 + 25,000 = 105,000 บาท/112.35 ตร.ม. = 934.58 บาท/ตร.ม.							

ตารางที่ 11. สมบัติของแผ่นฝายยาง

สมบัติ	ด้านนอก	ด้านใน
Physical properties on T_{90} cure :		
1. Before aging		
- 300% modulus (MPa)	10.24	12.68
- Tensile strength (MPa)	17.48	21.79
- Elongation at break (%)	463	443
2. Aging in water 70°C, 96 hr		
- 300% modulus (MPa)	12.31	14.51
- Tensile strength (MPa)	16.62	22.40
- Elongation at break (%)	379	407
3. Aging in air 100°C, 96 hr		
- 300% modulus (MPa)	-	17.82
- Tensile strength (MPa)	16.98	18.37
- Elongation at break (%)	327	307
4. Hardness (shore A)	63	62
5. Tear strength (kN/m)	6.56	8.20
6. Specific gravity	1.076	1.085
7. Ozone resistance :		
100 pphm, 40°C		
20% ext., 96 hr, cracks	none	-

ตารางที่ 12. สมบัติการสุกของกาวยางคอมปาวด์และความแข็งแรงของรอยเชื่อมต่อ

สมบัติ	Frictioning & cushioning	Rubber tape
Curing properties : rheometer @ 150°C		
Scorch time (T_{10}) : min	1:04	1:04
Cure time (T_{90}) : min	3:36	5:11
Cure rate index ($100/T_{90}-T_{10}$) : min	43:10	24:57

ความแข็งแรงของรอยเชื่อมต่อในการขยายขนาดแผ่นฝายยาง : 29.53 กก./ตร.ซม.

5. สรุปผลการทดลอง

5.1 การผลิตแผ่นฝายยาง

- NR และ EPDM ผสมเข้ากันได้ดีเมื่อใช้ QD resin*.
- มีความเป็นไปได้สำหรับการผลิตแผ่นฝายยางในระดับอุตสาหกรรม.
- แผ่นฝายยาง วท. มียางธรรมชาติผสมอยู่ถึงร้อยละ 90 จึงเป็นการเพิ่มมูลค่าให้แก่ยางพารา.
- การเชื่อมต่อแผ่นฝายยาง ได้ใช้วิธีการเชื่อมต่อด้วยความร้อน โดยใช้กาวยางคอมปาวด์ที่ได้กำหนดสูตรขึ้นเฉพาะงานและมียางธรรมชาติเป็นองค์ประกอบร้อยละ 90.
- แผ่นฝายยาง วท. มีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อกำหนดของกระทรวงการก่อสร้างของประเทศญี่ปุ่น (Ministry of Construction, MOC) เช่น ค่า tensile strength ของแผ่นฝายยางด้านนอกและแผ่นยางรองพื้น เปลี่ยนแปลงประมาณร้อยละ 5 ของ ค่า tensile เริ่มต้น เมื่อแช่น้ำที่อุณหภูมิ 70°ซ. เป็นเวลา 4 วัน, เมื่ออบที่อุณหภูมิ 100°ซ. เป็นเวลา 4 วัน ค่า tensile เปลี่ยนแปลงประมาณร้อยละ 3 และไม่ปรากฏรอยแตกเมื่อทดสอบความทนทานต่อโอโซนที่สภาวะ 100 pphm, 40°ซ. และ 20% ext. เป็นเวลา 96 ชั่วโมง. ส่วนความแข็งแรงของรอยเชื่อมที่เกิดจากการขยายขนาดแผ่นฝายยาง มีค่าเฉลี่ย 29.53 กก./ตร.ซม.

สูตรและสมบัติที่สำคัญของแผ่นฝายยาง สรุปได้ดังนี้ :

5.1.1 แผ่นฝายยางด้านนอกและแผ่นยางรองพื้น

NR:EPDM = 70:30

ส่วนผสม, phr :	
QD resin*	5
HAF	50
Mixed oil	10
ZnO	5
Stearic acid	2
FH*	2
CB*	1.5
S	1.5
HMD	0.26

Cure time (T_{90}), min	4:52
Tensile strength, MPa	
Before aging	17.48
Aging in water 70°C., 96 hr	16.62
Aging in air 100°C., 96 hr	16.98

Ozone resistance : ไม่ปรากฏรอยแตก ที่สภาวะการทดสอบ
100 pphm, 40°C, 20% ext., 96 hr

5.1.2 ยางคอมปาวด์สำหรับทำ frictioning และ cushioning

NR:EPDM = 100:0

ส่วนผสม, phr :		
	HAF	20
	N.O.	4
	ZnO	5
	Stearic acid	2
	PT*	2
	FH*	1
	CB*	1.5
	TM*	0.5
	S	1.5

Curing properties : Rheometer @ 150°C

Scorch time (T_{10}), min	1:04
Cure time (T_{90}), min	3:36
Cure rate index ($100/T_{90}- T_{10}$), min	43:10

5.1.3 แผ่นฝายยางด้านใน

NR:EPDM = 100:0

ส่วนผสม, phr :		
	HAF	50
	N.O.	10
	ZnO	5
	Stearic acid	2

FH*	5
CB*	1.5
TM*	0.5
S	1.5
Cure time (T_{90}), min	3:21
Tensile strength, MPa	
Before aging	21.79
Aging in water 70°C., 96 hr	22.40
Aging in air 100°C., 96 hr	18.37

5.1.4 ยางคอมปาวด์ rubber tape

NR:EPDM = 70:30

ส่วนผสม, phr : QD resin*	5
HAF	50
Mixed oil	15
WR*	5
ZnO	5
Stearic acid	2
ZD*	1
ZM*	0.5
S	1.5
Curing properties : Rheometer @ 150°C	
Scorch time (T_{10}), min	1:04
Cure time (T_{90}), min	5:11
Cure rate index ($100/T_{90}-T_{10}$), min	24:57

5.2 การใช้งานในภาคสนาม

ใช้งานได้ดี ณ สถานที่ และระยะเวลาประเมินผล 1 ปี 4 เดือน ดังข้อมูลต่อไปนี้ :

5.2.1 ระบบควบคุม: ไม่มีปัญหา เพราะได้ออกแบบให้ใช้เครื่องสูบน้ำเพื่อควบคุมการพองตัวและยุบตัวของฝายยางซึ่งเป็นวิธีการที่ไม่ยุ่งยากชาวบ้านสามารถควบคุมและซ่อมบำรุงรักษาได้เอง.

5.2.2 สถานที่: ลำห้วยแม่ตาว บ้านพะเด๊ะ, หมู่ที่ 4, ตำบลพระธาตุผาแดง, อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก.

5.2.3 ระยะเวลา: ติดตั้งแล้วเสร็จและใช้งาน เมื่อวันที่ 4 พฤศจิกายน 2537 ตรวจสอบสภาพครั้งสุดท้าย เมื่อวันที่ 10 มีนาคม 2540.

6. ข้อเสนอแนะ

6.1 Resin

ควรทดลองใช้ resin ที่มีปริมาณ unsaturation bonds มากกว่านี้ซึ่งอาจจะไม่มี aromatic อยู่ด้วยก็ได้. ทั้งนี้ เพื่อให้เกิดการเชื่อมโยงโมเลกุลมากขึ้น NR จะผสมเข้ากันได้ดีกับ EPDM ทำให้ได้แผ่นยางที่ทนทานมากกว่าเดิม. Resin ในกลุ่มนี้ น่าจะเป็น QA resin*.

6.2 เครื่องเชื่อมต่อแผ่นฝายยาง

ควรมีความยาวใกล้เคียงกับความสูงของฝายยาง เพื่อให้ได้รอยเชื่อมต่อที่เรียบและไม่เกิด over-cure.

6.3 การสร้างฝายยาง

ควรมีการสร้างเพิ่มขึ้นโดยพิจารณาจากความต้องการของชาวบ้าน สภาพพื้นที่และความร่วมมือของผู้บริหารงานในพื้นที่. ฝายยางขนาดเล็กเหมาะสมสำหรับต้นน้ำหรือลำธารเล็กๆที่มีน้ำไหลรินเพื่อรักษาต้นน้ำและเก็บน้ำไว้ใช้ประโยชน์เมื่อขาดฝน.

7. เอกสารอ้างอิง

วงษ์พานิช, ประทุม; สถาปิตานนท์, กรรณิการ์ และ นุตาลัย, เกศรา. 2536. สถานภาพและเทคโนโลยีการผลิตแผ่นยางสำหรับฝายยาง. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. กรุงเทพฯ. โครงการวิจัยที่ ภ. 32-03/ย.1/รายงานฉบับที่ 2.

วงษ์พานิช, ประทุม; สถาปิตานนท์, กรรณิการ์; นุตาลัย, เกศรา; วงศ์กสานติ์สุข, กิตติรัตน์ และ บัวผุด, สุวิมล. 2537. การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากยางพารา ส่วนที่ 1 : การวิจัยและพัฒนาแผ่นยางรองสระน้ำโดยใช้ยางผสม NR/EPDM, M.A. เป็น Modifier. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. กรุงเทพฯ. โครงการวิจัยที่ ภ. 30-04/รายงานฉบับที่ 2.

วงษ์พานิช, ประทุม; สถาปิตานนท์, กรรณิการ์; นุตาลัย, เกศรา; วงศ์กสานติ์สุข, กิตติรัตน์ และ บัวผุด, สุวิมล. 2539. การวิจัยและพัฒนาแผ่นยางรองสระน้ำโดยใช้ยางผสม NR/EPDM, M.A. เป็น Modifier. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. *11*(3):21-39.

สถาปิตานนท์, กรรณิการ์. 2533. การดำเนินงานวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์จากยางพาราของ วท. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. กรุงเทพฯ. โครงการวิจัยที่ ภ. 32-03/ย.1/รายงานฉบับที่ 1.

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. 2537. เอกสารที่ระลึกในพิธีเปิดการใช้งานฝายยาง วท. ณ บ้านพะเด๊ะ หมู่ที่ 4 ตำบลพระธาตุผาแดง อำเภอ แม่สอด จังหวัดตาก. วันอังคารที่ 27 ธันวาคม 2537, กรุงเทพฯ.

ภาคผนวกที่ 1

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

สาขาวิจัยอุตสาหกรรมเคมี

โครงการ การวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์จากยางพารา : ฝ่ายยาง

รายงานครั้งที่ 1-1/2539

เรื่อง การตรวจสภาพ ฝ่ายยาง วท.

วัน-เวลา: วันพุธที่ 10 - วันพฤหัสที่ 11 มกราคม 2539

สถานที่:
1. ที่ว่าการอำเภอแม่สอด จ.ตาก
2. สถานที่ตั้งฝ่ายยาง บ้านพะเด๊ะ หมู่ที่ 4 ต.พระธาตุผาแดง อ.แม่สอด จ.ตาก
3. หมู่บ้าน ที่บ้านพะเด๊ะ หมู่ที่ 4 ต.พระธาตุผาแดง อ.แม่สอด จ.ตาก

ผู้ปฏิบัติงาน: เพื่อตรวจสภาพฝ่ายยางและหาข้อมูลในการใช้ประโยชน์จากฝ่ายยาง

ผู้ปฏิบัติงาน:
1. นางกรรณิการ์ สถาปิตานนท์ ผอ.หป.พัฒนาสูตรและกระบวนการเคมี
2. นายสมบัติ จันเขียว ช่างเทคนิค
3. นายอิทธิชัย กลิ่นช้าง ช่างเทคนิค

ผู้ให้ข้อมูล:
1. นายไพฑูรย์ รักษ์ตระกูลคีรี ผู้ใหญ่บ้านหมู่ที่ 4
2. นายประยุทธ อ่อนทุวงศ์ อดีตผู้ใหญ่บ้านหมู่ที่ 4
3. นายพะเทโพ กาละคีรี เจ้าของที่ดินบริเวณที่ตั้งฝ่ายยาง

สาระจากการปฏิบัติงาน:

1. <u>ที่ว่าการอำเภอแม่สอด</u> ไม่พบนายอำเภอและพัฒนาการอำเภอ
   ได้ทราบว่า - นายเกษม วัฒนธรรม ซึ่งเคยเป็นนายอำเภอแม่สอดได้ย้ายไปปฏิบัติงาน ที่ อำเภอเมือง จ.ตาก เมื่อประมาณ 3 เดือนเศษมาแล้ว
   ปัจจุบัน นายอำเภอแม่สอด คือ นายสมชาย หทยะตันติ

- นายชำนาญ รากทอง ซึ่งเคยเป็นพัฒนาการอำเภอแม่สอดได้ย้ายไปปฏิบัติงานที่อำเภอเมือง จ.พิษณุโลก

ปัจจุบัน พัฒนาการอำเภอแม่สอด คือ นายชลอ น้อยมณี

2. สถานที่ตั้งฝายยาง

วันที่ 10 ม.ค. 2539 ได้สำรวจพื้นที่และแผ่นฝายยาง พบว่า

- ที่ปากทางเข้าพื้นที่ มีป้ายบอกทางไปฝายยางซึ่งสร้างโดย วท. อย่างชัดเจน โดยเขียนด้วยสีน้ำมันสีแดงบนแผ่นไม้ที่ทาสีขาว
- พื้นที่บริเวณฝายยางมีหญ้าสูงขึ้นเป็นจำนวนมากและปกคลุมหญ้านวลน้อยที่ปลูกเมื่อเดือนธันวาคม 2538 แต่หญ้านวลน้อยก็ยังมีอยู่มาก ไม่ปรากฏว่ามีการเพาะปลูกพืชอื่น แต่ปลูกไม้ยืนต้น เช่น มะม่วง ไว้หลายหลุม
- อาคารควบคุมการทำงานของฝายยางและสะพานข้ามลำห้วย อยู่ในสภาพดีคล้ายกับวันที่มีพิธีเปิดการใช้งาน ส่วนประตูของอาคารฯปิดด้วยกุญแจ
- ฝายยางยุบตัว ไม่มีน้ำไหลผ่าน เพราะน้ำได้ถูกปล่อยออกหมด โดยผ่านเขียงแบ่งน้ำที่อยู่ใกล้กับอาคารควบคุมการทำงานของฝายยาง
- เขียงแบ่งน้ำที่สะพานข้ามลำห้วยปิด โดยคล้องด้วยโซ่และกุญแจ
- น้ำด้านหน้าฝายและหลังฝาย มีปริมาณมากและใสสะอาด น้ำที่อยู่ด้านหลังเขียงแบ่งน้ำที่สะพานข้ามลำห้วย มีใบไม้และเศษไม้ลอยมาติดสะสมอยู่เป็นจำนวนมาก ส่วนเขียงแบ่งน้ำที่อยู่ใกล้กับอาคารควบคุมฯ ไม่มีใบไม้มาติดเพราะได้มีการถอดตะแกรงที่ติดไว้ตรงช่องทางผันน้ำออก ได้ทดสอบการทำงานของเขียงแบ่งน้ำแห่งนี้ ปรากฏว่ายังใช้งานได้ดี
- แผ่นฝายยางและสกรู-นอต อยู่ในสภาพดีมาก
- มีชาวบ้าน 2 คน เดินอยู่ในบริเวณที่ตั้งฝายยาง แจ้งว่ามาจากหมู่ที่ 8 และสนใจการทำงานของฝายยาง ทราบว่าตั้งอยู่ที่นี่แต่ยังไม่เคยมาดู

วันที่ 11 ม.ค. 2539

- ได้นำโซ่และกุญแจขนาดใหญ่ ไปคล้องกับแกนหมุนปรับปริมาณน้ำของเขียงแบ่งน้ำ ที่อยู่ใกล้กับอาคารควบคุมฯ พบว่าได้มีการปิดเขียงแบ่งน้ำซึ่งเปิดไว้เมื่อวานนี้
- ฝายยางพองตัวขึ้นเล็กน้อยเมื่อเทียบกับที่เห็นเมื่อวันวาน
- ได้เก็บตัวอย่างแผ่นฝายยางที่ตากไว้บนหลังคาอาคารควบคุมฯ กลับมาทดสอบยังวท.

3. <u>บริเวณหมู่บ้านพะเด๊ะ หมู่ที่ 4</u>

<u>วันที่ 10 ม.ค. 2539</u>

- ที่บ้านของนายพะเทโพ ได้พบกับนายพะเทโพ ทราบว่าปั๊มน้ำที่ วท.มอบให้ยังอยู่ในสภาพดี และถอดเก็บไว้ที่บ้านของนายพะเทโพ ทั้งนี้ เนื่องจากได้ทำการยุบตัวฝายยางเมื่อประมาณ 3 เดือนมาแล้ว ซึ่งเป็นช่วงที่มีฝนตกชุก เพราะเป็นต้นเหตุทำให้น้ำท่วมสะพานข้ามลำห้วยภายในหมู่บ้าน
- ที่บ้านของนายประยุทธ ได้พบกับนายประยุทธ ซึ่งเล่าว่า ได้มีการทำให้ฝายยางยุบตัวและพองตัวหลายครั้ง ใช้ประโยชน์ในการเก็บกักน้ำได้ ต่อมา นายพะเทโพได้ทำการยุบตัวฝายยางและถอดปั๊มน้ำมาเก็บไว้ที่บ้าน เมื่อประมาณ 3 เดือนมาแล้ว ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่มีฝนตกชุก คิดว่าเป็นตอนที่ชาวบ้านเริ่มมาจับปลากัน และหลังจากนั้นชาวบ้านได้พากันมาจับปลามากขึ้น เคยพบว่าบางครั้งมามากถึง 20 คน เป็นชาวบ้านจากหมู่บ้านอื่น อาจจะมาจากหมู่ที่ 8 เข้าใจว่าชาวบ้านกลุ่มนี้เป็นผู้ตัดสายโซ่และกุญแจที่คล้องอยู่กับแกนปรับปริมาณน้ำของเขียงแบ่งน้ำที่อยู่ใกล้กับอาคารควบคุมฯ เพื่อให้น้ำไหลออกอย่างรวดเร็ว จะได้คอยดักจับปลาตรงช่องทางน้ำไหล และบริเวณด้านหลังฝายซึ่งน้ำจะลดระดับลงอย่างรวดเร็ว ก่อนการสร้างฝายยาง บริเวณนี้มีปลาชุกชุมพอสมควร แต่เนื่องจากฝายเดิมเป็นฝายน้ำล้นและน้ำไหลรินอยู่ตลอดเวลา ปลาจึงไม่มารวมกันใกล้ฝายในจำนวนที่มากเหมือนกับเมื่อปิดกั้นด้วยฝายยาง หลังจากยุบตัวฝายยางลงแล้ว บางครั้งชาวบ้านอาศัยแผ่นฝายยางช่วยในการจับปลา โดยใช้ก้อนหินดันแผ่นฝายยางไว้ รอให้น้ำไหลมารวมกันด้านหลังฝายซึ่งจะมีปลาตามมาด้วยก็สามารถใช้สวิงตักปลาได้ นายประยุทธ คิดว่าชาวบ้านเหล่านี้เป็นผู้ถอดตะแกรงที่ติดตรงช่องผันน้ำออกเพราะมีใบไม้และเศษไม้มาติดมากทำให้น้ำไหลช้า นายประยุทธเห็นความจำเป็นในการเก็บน้ำไว้ใช้โดยอาจพองตัวฝายยางขึ้นเล็กน้อย และมีความเห็นว่าการปิดเขียงแบ่งน้ำโดยคล้องด้วยโซ่และกุญแจ จะช่วยแก้ปัญหาการปล่อยน้ำได้
- ได้มอบสิ่งของซึ่งได้แก่ ลูกฟุตบอลล์ ขนมถุง ปฏิทิน และเสื้อกันหนาว ไว้ที่บ้านของนายประยุทธ เพื่อนำไปแจกให้แก่เด็กนักเรียนของโรงเรียนบ้านพะเด๊ะ
- ที่บ้านของนายไพฑูรย์ โดยนายประยุทธเป็นผู้นำไป ได้พบกับนายไพฑูรย์ ซึ่งเล่าว่าเคยไปดูชาวบ้านจับปลาและยืนยันว่าเป็นชาวบ้านที่มาจากหมู่บ้านอื่น นายไพฑูรย์ยังไม่เข้าใจถึงการใช้ประโยชน์ของฝายยางและไม่ได้ไปร่วมพิธีเปิดการใช้งานฝายยาง แต่เห็นความจำเป็นในการเก็บกักน้ำ เมื่อได้ช่วยกันอธิบายให้เข้าใจวิธีการใช้ฝายยางให้เกิดประโยชน์แล้ว นายไพฑูรย์แจ้งว่าจะประกาศห้ามไม่ให้ชาวบ้านเปิดประตูเขียงแบ่งน้ำ และช่วยกัน

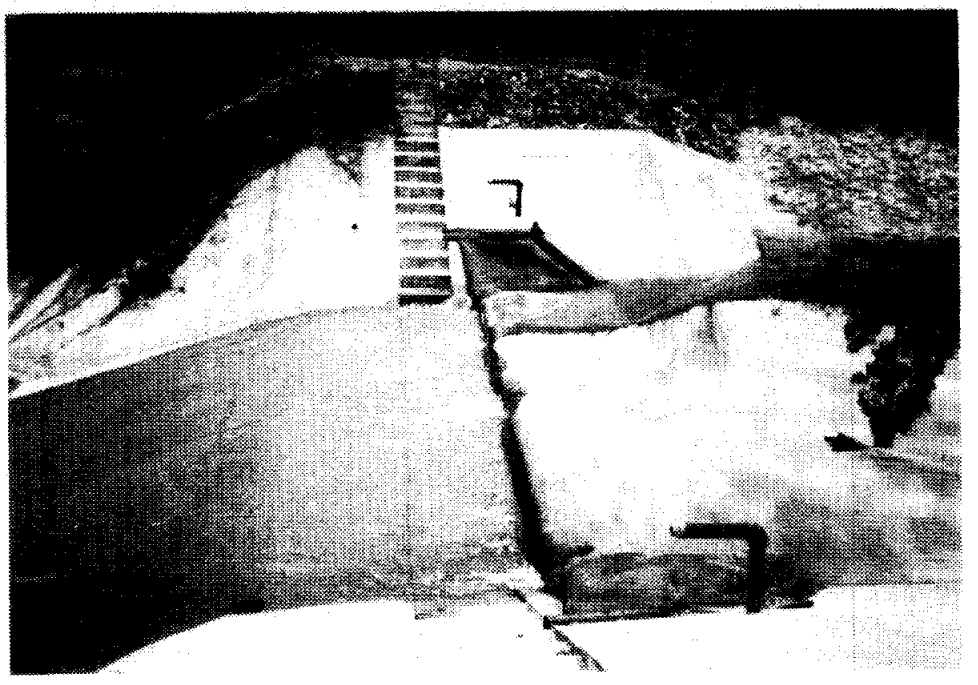
ห้ามมิให้ชาวบ้านจากหมู่บ้านอื่นมาเปิดประตูเขียงแบ่งน้ำด้วย พร้อมกันนั้น มีความเห็นว่าควรใช้โซ่และกุญแจคล้องโดยตนจะเก็บดอกกุญแจไว้

ลักษณะของฝายยาง น้ำในลำห้วยด้านหน้าและหลังฝายยาง อาคารควบคุมการทำงานของฝายยาง การคล้องโซ่และกุญแจที่แกนปรับปริมาณน้ำ ตลอดจนการพบกับผู้นำของหมู่บ้าน แสดงไว้ในรูปที่ 1-6.

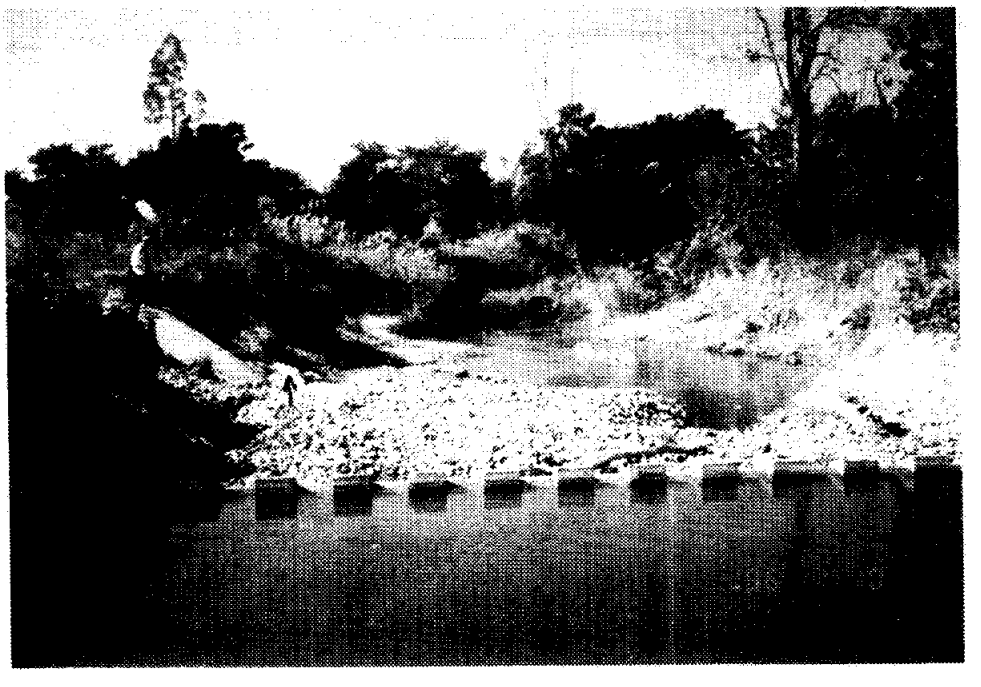
.....

(นางกรรณิการ์ สถาปีตานนท์)

ผู้จัดทำรายงาน



รูปที่ 1. ฝายยาง เมื่อวันที่ 11 มกราคม 2539.



รูปที่ 2. น้ำในลำห้วยด้านหน้าฝาย และน้ำที่กำลังไหลออกจากท่อ
เมื่อมีการเปิดเขียงแบ่งน้ำที่อยู่ใกล้กับอาคารควบคุมการทำงานของฝายยาง.

รูปที่ 3. น้ำในลำห้วยด้านหลังฝาย.

รูปที่ 4. อาคารควบคุมการทำงานของฝายยาง
และการทดสอบแกนปรับปริมาณน้ำของเขียงแบ่งน้ำ.

รูปที่ 5. การคล้องโซ่และกุญแจเพื่อป้องกันการเปิดเขื่องแบ่งน้ำ.

รูปที่ 6. การพบปะกับ นายไพฑูรย์ รักษ์ตระกูลดีรี ผู้ใหญ่บ้านหมู่ที่ 4
และนายประยุทธ อ่อนทุวงศ์ อดีตผู้ใหญ่บ้านหมู่ที่ 4
ณ บ้านของนายไพฑูรย์ เลขที่ 39 บ้านพะเต๊ะ หมู่ที่ 4.

ภาคผนวกที่ 2

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

สำนักจัดการโครงการ

โครงการ การวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์จากยางพารา : ฝายยาง

รายงานครั้งที่ 2-1/2540

เรื่อง การตรวจสภาพ ฝายยาง วท.

<u>วัน-เวลา</u> : วันจันทร์ที่ 10 - วันอังคารที่ 11 มีนาคม 2540

<u>สถานที่</u> : 1. สถานที่ตั้งฝายยาง ลำห้วยแม่ตาว
บ้านพะเด๊ะ หมู่ที่ 4 ต.พระธาตุผาแดง
อ.แม่สอด จ.ตาก
2. หมู่บ้าน ที่บ้านพะเด๊ะ หมู่ที่ 4
ต.พระธาตุผาแดง อ.แม่สอด จ.ตาก
3. ที่ว่าการอำเภอแม่สอด จ.ตาก

<u>วัตถุประสงค์</u> : เพื่อตรวจสภาพฝายยางและหาข้อมูลในการใช้ประโยชน์จากฝายยาง

<u>ผู้ปฏิบัติงาน</u> : 1. นางกรรณิการ์ สถาปิตานนท์ นักวิชาการ 11
ผอ.โครงการแผ่นยางรองสระน้ำ
2. นายสมชาย ประดิษฐ์ศิลป์ ลูกจ้างชั่วคราว

<u>ผู้ที่ติดต่อ</u> : 1. นายไพฑูรย์ รักษ์ตระกูลคีรี ผู้ใหญ่บ้านหมู่ที่ 4
2. นายสมชาย หทยะสันติ นายอำเภอแม่สอด
3. พิพัฒน์ ปินฑะศิริ พัฒนาการ ต.แม่กุ
อดีตพัฒนาการ ต.พระธาตุผาแดง

สาระจากการปฏิบัติงาน :

วันที่ 10 มี.ค. 2540

1. สถานที่ตั้งฝายยาง ได้สำรวจพื้นที่และแผ่นฝายยาง พบว่า
   - พื้นที่ใกล้ฝายยาง มีหญ้าสูงขึ้นปกคลุมเป็นจำนวนมาก มีร่องรอยการเผาไหม้ปรากฏเป็นหย่อมๆหลายแห่ง บนสันฝายติดกับฝายยางก็มีรอยเผาไหม้
   - อาคารควบคุมการทำงานของฝายยาง และสะพานข้ามลำห้วย อยู่ในสภาพดี ประตูของอาคารฯปิดด้วยกุญแจ
   - ประตูระบายน้ำ (เขียงแบ่งน้ำ) ใต้สะพานข้ามลำห้วยถูกทำลาย แผ่นเหล็กสำหรับกั้นน้ำเพื่อใช้แบ่งน้ำชำรุดเสียหาย และน้ำไหลออกไปสู่ท่อหลังฝาย
   - ประตูระบายน้ำ (เขียงแบ่งน้ำ) ที่อยู่ใกล้กับอาคารควบคุมการทำงานของฝายยาง ถูกทำลาย ตะแกรงชำรุดเสียหาย และน้ำไหลออกไปสู่ท่อหลังฝาย
   - ฝายยางยุบตัวแบนราบอยู่บนฐานคอนกรีต ไม่มีน้ำไหลผ่าน มีดินแห้งปกคลุมบนผิวยางบางส่วน แผ่นยางยังอยู่ในสภาพดี
   - ฐานฝาย มีสภาพดีมาก แต่แห้งเพราะไม่มีน้ำไหลผ่าน น้ำไหลออกทางท่ออย่างรุนแรงและตลอดเวลาโดยผ่านประตูระบายน้ำทั้ง 2 แห่งที่กล่าว
   - น้ำ มีมากทางด้านหน้าฝาย หลังฝายส่วนที่เป็นคอนกรีตไม่มีน้ำ ด้านหลังฝายเริ่มมีน้ำตั้งแต่ส่วนที่เป็นท่อ น้ำใสสะอาด

2. <u>บริเวณหมู่บ้านพะเด๊ะ หมู่ที่ 4</u>
   - ที่บ้านของนายพะเทโพ กาละคีรี ผู้ช่วยผู้ใหญ่บ้านหมู่ที่ 4
     ไม่พบนายพะเทโพ ทราบว่าไปถ้ำเสือ
   - ที่บ้านของนายประยุทธ อ่อนทุวงศ์ อดีตผู้ใหญ่บ้านหมู่ที่ 4
     ไม่พบบุคคลใดๆ
   - ที่บ้านของนายไพฑูรย์ รักษ์ตระกูลคีรี ผู้ใหญ่บ้านหมู่ที่ 4
     ได้พบกับนายไพฑูรย์ ทราบว่าประตูระบายน้ำถูกทำลายโดยชาวบ้านที่อยู่หลังฝาย ซึ่งอยู่ด้านล่างของลำน้ำเพราะต้องการให้น้ำไหลลงไปข้างล่าง ชาวบ้านเหล่านั้น (น่าจะเป็นชาวตำบลแม่กุ) แย่งกันใช้น้ำ ส่วนชาวบ้านในหมู่บ้านพะเด๊ะต้องการฝายยาง แต่ไม่สามารถห้ามปรามได้ เคยพองตัวฝายยางหลายครั้ง สามารถเก็บน้ำได้ดีจนท่วมสะพานข้ามลำห้วยในหมู่บ้านพะเด๊ะ นายไพฑูรย์แนะนำให้ปิดประตูระบายน้ำแบบถาวรเพื่อให้น้ำไหลผ่านฝายยาง แต่นางกรรณิการ์ไม่เห็นด้วยเพราะเกรงว่าชาวบ้านที่

อยู่ข้างล่างจะขึ้นมาทำลายฝายยาง นายไพฑูรย์แนะนำให้ทำหนังสือถึงสภาตำบล เพื่อเรียกประชุมและห้ามปรามชาวบ้าน ซึ่งนางกรรณิการ์ได้รับไว้พิจารณา

- ได้มอบขนมถุงและลูกฟุตบอลล์ไว้ที่บ้านของนายไพฑูรย์ เพื่อนำไปแจกให้แก่เด็กนักเรียนของโรงเรียนบ้านพะเด๊ะ

วันที่ 11 มีนาคม 2540

3. ที่ว่าการอำเภอแม่สอด

- นายสมชาย หทยะตันติ นายอำเภอแม่สอด

ได้พบกับนายอำเภอและแจ้งให้ทราบว่าประตูระบายน้ำถูกทำลาย ขอให้ทางอำเภอสอบถามความต้องการของชาวบ้าน เพื่อจะได้ไม่ทำลายของหลวงและ วท.ยินดีดำเนินการตามความประสงค์ นายอำเภอแจ้งว่าได้เคยเข้าไปดูฝายยาง วท. และจะมอบให้สภาตำบลเรียกประชุมชาวบ้านเพื่อรับฟังความคิดเห็น

- นายพิพัฒน์ ปิ่นทะศิริ พัฒนาการตำบลแม่กุ

ในขณะที่สร้างฝายยางเมื่อปี 2537 นั้น นายพิพัฒน์ เป็นพัฒนาการตำบลพระธาตุผาแดง และลาไปศึกษาต่อที่มหาวิทยาลัยรามคำแหง ขณะนี้ สำเร็จการศึกษาแล้ว จำได้ถึงการติดต่อกันในครั้งนั้น นางกรรณิการ์ขอให้ช่วยทำความเข้าใจกับชาวบ้านซึ่งนายพิพัฒน์ก็รับว่าจะให้ความช่วยเหลือ

ลักษณะของฝายยาง น้ำในลำห้วย และประตูระบายน้ำ แสดงไว้ในรูปที่ 1-4

หมายเหตุ: 1. การติดต่อกับชาวบ้านในหมู่บ้านพะเด๊ะ มีวิธีเดียว คือ ติดต่อผ่านอำเภอ ซึ่งนาน ๆ ครั้งที่เจ้าหน้าที่จากอำเภอจะเข้าไปในหมู่บ้าน เช่นเดียวกันกับไปรษณีย์ หมู่บ้านนี้ไม่มีโทรศัพท์และถนนเป็นดินลูกรัง

2. ชาวบ้านพะเด๊ะ เป็นชนชาติกะเหรี่ยง

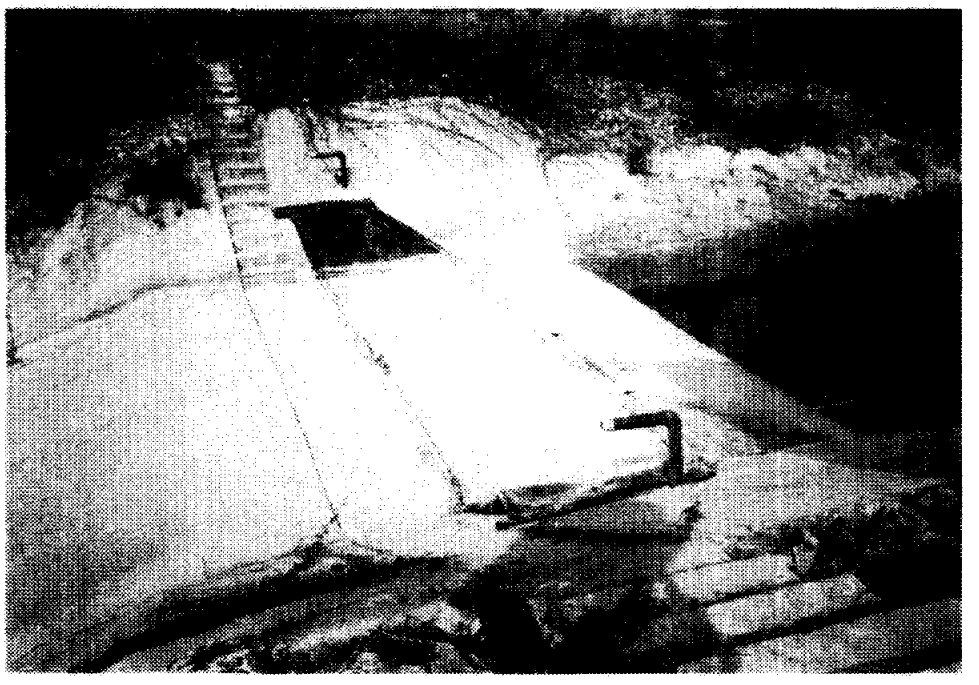
ชาวบ้านแม่กุ และชาวบ้านที่อยู่ตอนล่างของลำห้วยแม่ตาว (แม่ตาวใหม่ แม่ตาวกลาง แม่ตาวแพะ) เป็นคนไทย

ผู้จัดทำรายงาน .....

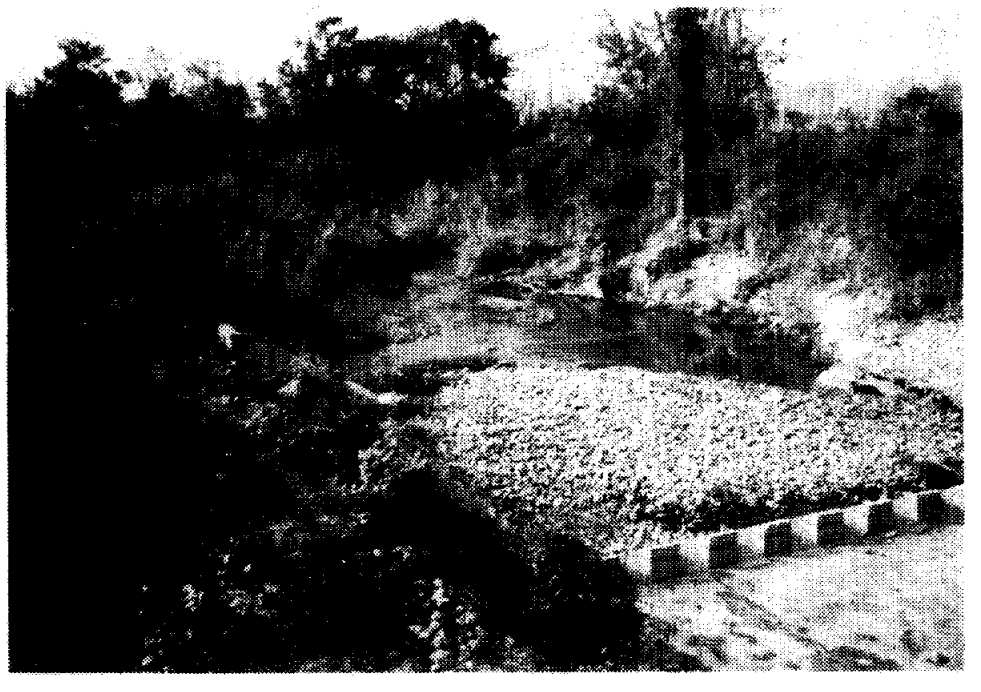
(นางกรรณิการ์ สถาปิตานนท์)

ผู้ร่วมปฏิบัติงาน .....

(นายสมชาย ประดิษฐ์ศิลป์)



รูปที่ 1. ฝายยาง เมื่อวันที่ 10 มีนาคม 2540
และน้ำในลำห้วยด้านหลังฝาย.



รูปที่ 2. น้ำในลำห้วยด้านหน้าฝาย และน้ำที่กำลังไหลออกจากท่อ
เนื่องจากประตูระบายน้ำถูกทำลาย.

รูปที่ 3. ประตูระบายน้ำ (เขียงแบ่งน้ำ) ที่ถูกทำลายอยู่ใต้สะพานข้ามลำห้วย.

รูปที่ 4. ประตูระบายน้ำ (เขียงแบ่งน้ำ) ที่ถูกทำลาย
อยู่ใกล้อาคารควบคุมการทำงานของฝายยาง.

การดำเนินงานต่อจากการตรวจสภาพ ครั้งที่ 2-1/2540

1. วันที่ 18 มีนาคม 2540 นางกรรณิการ์ได้ส่งโทรสารถึงนายอำเภอแม่สอด ดังข้อความในเอกสารแนบ และทราบว่านายอำเภอมอบให้ปลัดอำเภอ (นายจำรัส) ดูแลเรื่องนี้
2. วันที่ 19 มีนาคม 2540 นางกรรณิการ์ได้โทรศัพท์ปรึกษาหารือกับปลัดอำเภอแม่สอด
   - ปลัดอำเภอ แจ้งว่าไม่สามารถแก้ไขระบบการผันน้ำได้ตามที่ขอไป เพราะน้ำมีน้อยและชาวบ้านทั้ง 2 ฝั่งของลำห้วยส่วนล่างเกรงจะได้รับน้ำไม่เท่ากับที่เคยได้รับ แต่ในเดือนพฤษภาคม ก็จะเริ่มฤดูฝน เมื่อถึงตอนนั้นสถานการณ์น้ำน้อยจะลดลง
   - นางกรรณิการ์ ขอนำแผ่นวัสดุไปคลุมฝายยางไว้ก่อน โดยจะแจ้งให้ทางอำเภอทราบ เมื่อส่งเจ้าหน้าที่ขึ้นไป ปลัดอำเภอแจ้งว่ายินดีให้ความช่วยเหลือ
3. วันที่ 19 มีนาคม 2540 นางกรรณิการ์ได้มอบให้ นายสมชาย ประดิษฐ์ศิลป์ ไปปรึกษากับ นายมนัส อาฒยพันธ์ ถึงชนิดของวัสดุที่จะใช้คลุมฝายยางและวิธีการคลุมแต่นายมนัสเกรงว่าวัสดุที่ใช้คลุมจะสูญหายและแจ้งว่าการสร้างเขียงแบ่งน้ำเพื่อให้น้ำไหลออกตามความต้องการของชาวบ้านเป็นสิ่งที่ถูกต้อง
4. วันที่ 20-21 มีนาคม 2540 นางกรรณิการ์
   - ได้ปรึกษากับนายสมชายถึงการนำวัสดุไปคลุมฝายยางและวิธีการคลุม พร้อมกับขอให้นายสมชายขึ้นไปดำเนินการในช่วงเวลาที่ไปปฏิบัติงานเตรียมพื้นที่เพื่อปูแผ่นยางรองสระ ที่ จ.กำแพงเพชร ในวันที่ 24 มี.ค.-3 เม.ย.นี้ด้วย
   - ได้พยายามติดต่อกับนายมนัสทางโทรศัพท์ แต่ติดต่อไม่ได้
   - ได้โทรศัพท์แจ้งปลัดอำเภอว่าจะส่งเจ้าหน้าที่ วท.ขึ้นไปดำเนินการใช้วัสดุเช่นผ้าใบคลุมฝายยาง ในระหว่างวันที่ 25-26 มีนาคม โดยจะนัดหมายอีกครั้ง และแจ้งว่ามีความเป็นห่วงการสูญหาย ซึ่งปลัดอำเภอให้ความมั่นใจว่าผ้าดังกล่าวจะไม่สูญหาย
5. วันที่ 23 มีนาคม 2540 นางกรรณิการ์ได้โทรศัพท์ติดต่อกับนายมนัสที่บ้าน
   - นางกรรณิการ์ ขอให้นายมนัสปลีกเวลาไปดำเนินการสร้างเขียงแบ่งน้ำให้เหมาะสมกับความต้องการของชาวบ้านซึ่งนายมนัสไม่ขัดข้อง
   - นางกรรณิการ์ แจ้ งให้นายมนัสทราบว่า มีผู้สนใจสอบถามมาเสมอถึงการทำงานของฝายยาง วท. โดยเฉพาะ บริษัท เอเชียเทคกรุ๊ป จำกัด ให้ความสนใจมากและได้ปรึกษามาทางโทรศัพท์หลายครั้งเนื่องจากต้องการสร้างฝายยางเพื่อระบายน้ำที่ผ่านกระบวนการกำจัดของเสียแล้ว ลงสู่ลำน้ำ นางกรรณิการ์ขอให้บริษัทฯส่งน้ำมาให้ทดลองแช่แผ่นยางก่อนเพื่อจะได้ทราบความทนทานของแผ่นยางต่อน้ำดังกล่าว ทางบริษัทฯจะนำน้ำมาให้ทดสอบในเร็ว ๆ นี้ ขณะเดียวกัน บริษัทฯก็ขอ

ส่งเจ้าหน้าที่ไปดูฝายยาง วท. ด้วย นางกรรณิการ์แจ้งว่าขณะนี้ฝายยาง วท. ยุบตัว เพราะปัญหาการแบ่งน้ำของชาวบ้านและขอนำไปดูฝายยางซึ่งบริษัท แสงไทยผลิตยาง จำกัด ได้สร้างไว้ที่ จ. สุพรรณบุรี และได้ประสานการนัดหมายกับบริษัทแสงไทยฯ เพื่อนำเจ้าหน้าที่ของบริษัทเอเชียฯไปดูฝายยางในวันที่ 23 เมษายน 2540

- นายมนัสแจ้งว่า ระบบควบคุมการทำงานของฝายยาง วท.เป็นที่สนใจของเจ้าหน้าที่ของกรมชลประทานและได้รับการสอบถามบ่อยครั้งแต่ยังไม่มีเวลาจัดทำรายละเอียด
- นางกรรณิการ์ให้ข้อคิดเห็นว่า หากจะสร้างฝายยางอีกควรร่วมมือกับบริษัทแสงไทยฯ

.....

(นางกรรณิการ์ สถาปิตานนท์)

วันที่ 24 มีนาคม 2540

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย
THAILAND INSTITUTE OF SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL RESEARCH
196 Phahonyothin Road,
Chatuchak BANGKOK 10900
THAILAND

TEL. 5795515, 5790160
telex. 21392 TH
FAX. 5614771

FACSIMILE TRANSMISSION

TO : คุณสมชาย หทยะตันติ
นายอำเภอแม่สอด
ADD. : อ.แม่สอด
จ.ตาก
FAX NO. : (055)531-297

FROM : กรรณิการ์ สถาปิตานนท์

DATE : 18 มี.ค. 40
Total page (s) 1
(including this page)

MESSAGE

เรียน นายอำเภอที่นับถือ

ดิฉันเป็นห่วง ฝายยาง วท. มาก เกรงว่าจะชำรุดเพราะไม่มีกระแสน้ำไหลผ่านมานานแล้ว ทั้งนี้ เนื่องจากประตูระบายน้ำซึ่งเป็นเหล็ก ได้ถูกชาวบ้านทำลายเสียหาย จึงปิดกั้นน้ำไม่ได้ น้ำไหลออกทางประตูระบายน้ำด้านเดียว

ฝายยางนี้ ตั้งอยู่บนฐานคอนกรีตซึ่งมีความสูงเท่ากับฝายน้ำล้นที่มีอยู่เดิม หากจะปรับประตูระบายน้ำให้กระแสน้ำไหลผ่านทางฝายยางพร้อมกับที่ไหลออกทางประตูระบายน้ำก็จะได้ประโยชน์ด้วยกันทุกฝ่าย คือ ชาวบ้านยังได้รับน้ำเท่าเดิม และ วท. สามารถเก็บข้อมูลเกี่ยวกับฝายยางได้ตามวัตถุประสงค์ วท.ไม่ขัดข้องที่จะไปซ่อมแก้ไขประตูระบายน้ำ

ดิฉันใคร่เรียนขอความกรุณาจากท่านนายอำเภอ เพื่อให้คำแนะนำแก่ชาวบ้านและให้ข้อคิดเห็นมาทาง วท. ด้วย จักเป็นพระคุณอย่างยิ่ง

ขอแสดงความนับถืออย่างสูง

(นางกรรณิการ์ สถาปิตานนท์)

ภาคผนวกที่ 3

สมบัติของแผ่นยาง NR และแผ่นยางผสม NR/EPDM เมื่อแปรเปลี่ยนส่วนผสมบางชนิด

Basic formula : ZnO 5.5; QD resin 3; HAF 50; P.O. 10					
NR : EPDM	60 : 40		50 : 50		100 : 0
Ingredients, phr:					
Stearic acid	2	-	2	-	2
DCP	-	2.5	-	2.5	-
CBS/HMD	1.5/0.26	-	1.5/0.26	-	1.5/0.26
S	1.5	0.5	1.5	0.5	1.5
IPPD/WAX	-	-	-	-	2.0/0.50
Curing properties : rheometer @ 150°C					
Scorch time (T_{10}) : min	1:51	0:52	1:44	0:51	-
Cure time (T_{90}) : min	5:53	15:23	6:38	15:61	-
Cure rate index ($100/T_{90}-T_{10}$) : min	27:93	7:00	22:03	6:90	-
Physical properties on T_{90} cure :					
1. Before aging					
- 300% modulus (MPa)	11.00	9.19	9.01	10.86	14.33
- Tensile strength (MPa)	16.09	17.39	15.86	18.63	27.52
- Elongation at break (%)	420	462	490	407	472
2. Aging in water 70°C, 96 hr					
- 300% modulus (MPa)	12.03	11.26	11.45	11.34	16.67
- Tensile strength (MPa)	17.46	16.04	17.00	18.05	28.37
- Elongation at break (%)	416	372	423	380	416
3. Aging in air 100°C, 96 hr					
- 300% modulus (MPa)	-	-	10.58	7.94	-
- Tensile strength (MPa)	9.67	9.41	11.70	11.55	19.26
- Elongation at break (%)	267	306	342	376	288
4. Hardness (shore A)	66	58	67	60	58
5. Tear strength (kN/m)	4.03	2.92	4.19	3.06	9.49
6. Specific gravity	1.060	1.069	1.061	1.060	1.082
7. Ozone resistance : 100 pphm, 40°C					
20% ext., 96 hr, cracks	none	none	none	none	cracks

ภาคผนวกที่ 4

สมบัติของแผ่นยางผสม NR/EPDM เมื่อแปรเปลี่ยนส่วนผสมบางชนิด

Basic formula : ZnO 5.5; QD resin 3; HAF 50; P.O. 10								
NR : EPDM	80 : 20				70 : 30			
Ingredients, phr :								
Stearic acid	2	-	-	-	2	-	-	-
DCP	-	2.75	2.50	2.25	-	2.75	2.50	2.25
CBS/HMD	1.5/0.26	-	-	-	1.5/0.26	-	-	-
S	1.50	0.25	0.50	0.75	1.50	0.25	0.50	0.75
Curing properties : rheometer @ 150°C								
Scorch time (T_{10}) : min	1:45	0:50	0:49	0:49	1:40	0:50	0:50	0:45
Cure time (T_{90}) : min	4:17	18:22	16:46	14:50	4:48	17:42	17:21	14:12
Cure rate index ($100/T_{90}-T_{10}$) : min	43:10	5:77	6:42	7:14	32:47	6:05	6:13	7:54
Physical properties on T_{90} cure :								
1. Before aging								
- 300% modulus (MPa)	10.23	12.96	12.72	10.77	11.32	16.41	12.51	11.73
- Tensile strength (MPa)	20.65	17.66	18.28	19.95	18.70	18.84	19.57	19.22
- Elongation at break (%)	474	362	382	447	452	329	388	403

ภาคผนวกที่ 4 (ต่อ)

Basic formula : ZnO 5.5; QD resin 3; HAF 50; P.O. 10								
NR : EPDM	80 : 20				70 : 30			
2. Aging in water 70°C, 96 hr								
- 300% modulus (MPa)	14.47	10.46	11.81	10.91	13.13	15.77	12.83	9.59
- Tensile strength (MPa)	20.01	18.32	17.26	16.52	19.27	17.47	17.63	18.09
- Elongation at break (%)	381	407	379	384	419	322	376	435
3. Aging in air 100°C, 96 hr								
- 300% modulus (MPa)	-	8.27	-	-	-	11.99	10.18	-
- Tensile strength (MPa)	10.66	8.57	5.61	7.05	11.89	12.97	12.84	7.48
- Elongation at break (%)	248	292	263	254	292	313	353	300
4. Hardness (shore A)	59	57	55	54	64	60	56	54
5. Tear strength (kN/m)	7.18	2.73	2.66	2.76	7.05	2.62	2.85	2.82
6. Specific gravity	1.079	1.076	1.077	1.073	1.069	1.063	1.069	1.069
7. Ozone resistance:								
100 pphm, 40°C								
20% ext., 96 hr, cracks	many cracks	many cracks	many cracks	many cracks	none	none	none	none