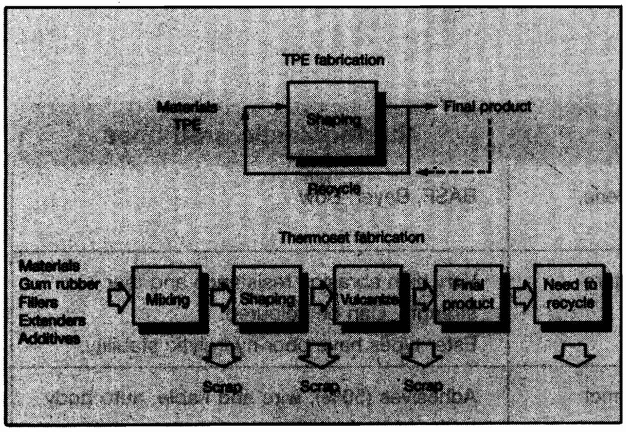
เทอร์โมพลาสติก อิลาสโตเมอร์
Thermoplastic Elastomer, TPE

รองศาสตราจารย์ เสาวรจน์ ช่วยจุลจิตร์
ภาควิชาวัสดุศาสตร์
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

TPE เป็นวัสดุกลุ่มหนึ่งซึ่งได้จากการนำเอาเทอร์โมพลาสติก เรซิน มา blend กับยางหรืออิลาสโตเมอร์ เพื่อเป็นการปรับปรุงสมบัติและเพิ่มความสะดวกในการผลิต TPE ที่รู้จักกันดีจะได้จากการนำโพลิโพรพิลีนมา blend กับยางสังเคราะห์ EPR (ethylene propylene rubber) หรือกับยาง EPDM (ethylene propylene diene terpolymer) นอกจากนี้ก็ยังมียางสังเคราะห์อื่น ๆ อีก เช่น ยางบิวทิล (butyl rubber) และยาง SBR เป็นต้น แต่ในปัจจุบันนี้ได้มีการนำเอายางธรรมชาติมา blend กับพวก crystalline polyolefins ซึ่ง polyolefin นี้จะเป็นส่วนที่ช่วยสมบัติด้าน stiffness และยางธรรมชาติจะเป็นส่วนที่ให้ความยืดหยุ่น การคืนตัว และ resilience

TPE ได้เข้ามาร่วมในตลาดการค้ากับพวกยางเทอร์โมเซ็ตและพลาสติกอื่น ๆ และกำลังเป็นคู่แข่งที่สำคัญเพราะได้มีการนำมาใช้งานแทนยางธรรมดากันมากมาย แม้แต่แทนที่ PVC หรือพลาสติกอื่นที่มีความยืดหยุ่นไปจนถึงพลาสติกที่มีความแข็ง ทั้งนี้เนื่องจากความสามารถในการ blend เทอร์โมพลาสติก เรซินและอิลาสโตเมอร์ได้หลายชนิดและด้วยอัตราส่วนต่าง ๆ กัน จะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีสมบัติแตกต่างกันไปตามความต้องการ นอกจากนี้กระบวนการผลิต TPE จะไม่ยุ่งยาก และขั้นตอนการผลิตมีน้อยกว่ายางเทอร์โมเซ็ตมาก ดังแสดงการเปรียบเทียบไว้ในรูปที่ 1 และตารางที่ 1 สำหรับการ blend นั้นก็สามารถทำได้ใน internal mixer ธรรมดา และไม่จำเป็นต้องมีขั้นตอนของการวัลคาไนซ์ จึงมีต้นทุนการผลิต และใช้เงินทุนที่ต่ำกว่า อีกทั้งจะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพที่แน่นอนกว่าอีกด้วย



รูปที่ 1 Processing thermoplastic elastomers vs. thermoset rubbers.

ตารางที่ 1 – Processing advantages of TPEs over thermosets

Variable	*TPE*	*Thermoset*
Fabrication	Rapid (seconds)	Slow (minutes)
Scrap	Reusable	High percentage waste
Curing agents	None	Required
Machinery	Thermoplastic equipment	Vulcanizing equipment
Additives	Minimal or none	Numerous processing aids
Remold parts	Yes	Impossible
Heat sealing	Yes	No

นอกจาก TPE ชนิดที่กล่าวมาแล้ว ยังสามารถแบ่ง TPE ออกไปอย่างกว้าง ๆ ได้เป็น 5 หรือ 6 ชนิด ด้วยกัน ตามชนิดของเทอร์โมพลาสติก เรซินที่ใช้ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 Types of thermoplastic elastomer

Type	Specific gravity	shore hardness
Styrenic	0.90-1.14	45A-53D
Olefinic	0.89-1.25	60A-60D
Polyurethane	1.10-1.34	70A-75D
Copolyester	1.13-1.39	35D-72D
Polyamide	1.01-1.14	75A-63D

TPE แต่ละชนิดได้ถูกพัฒนาและผลิตขึ้นมาในทางการค้ามาประมาณเกือบ 20 ปีแล้ว ในประเทศสหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น และยุโรปตะวันตก จากตารางที่ 3 จะแสดงถึงชื่อบริษัทที่ผลิต TPE การใช้งาน และสถานภาพของ TPE แต่ละชนิด

ตารางที่ 3

GENERAL PURPOSE GRADES

Courtesy Du Pont

	Styrenics	Thermoplastic olefins
Manufacturers	Shell, Phillips Petroleum, Enichem.	Esso, Bayer, Enichem, Huls, Hoechst, DSM.
Performance	Limited temperature resistance, poor oil resistance. Economic to process, can be coloured.	Poor elastic recovery, low compression set, temperature susceptible. Economic to process, can be coloured.
Applications	Footwear, wire and cable, hot melt adhesives.	Automotive bumpers, spoilers and trim, wire and cable.
Status	Account for 50% of market.	Commodity products available from most PP manufacturers/compounders.

MEDIUM PERFORMANCE GRADES

	Engineering alloys	Thermoplastic urethanes
Manufacturers	Du Pont (Alcryn), Monsanto (Santoprene, Geolast)	BASF, Bayer, Dow
Performance	Good elastic recovery, high temperature performance, superior oil resistance (Alcryn and Geolast)	Very high abrasion resistance and tear strength. Can be coloured. Ester types have poor hydrolytic stability.
Applications	Mechanical rubber goods, under bonnet automotive, industrial hose.	Adhesives (50%), wire and cable, auto body parts, hose, footwear.
Status	Newest types and fastest growing.	Mature products (20 years old) with slowing growth rates.

HIGH PERFORMANCE GRADES

	Polyester elastomers	Polyamide elastomers
Manufacturers	Du Pont (Hytrel). Akzo (Arnitel).	ATO (Pebax), Huls (Vestamid), Rhone Poulenc (Dynyl).
Performance	High tear strength and fatigue life, good fluid resistance. Low elastic recovery, poor compression set.	High abrasion resistance, good solvent resistance. Higher price bracket.
Applications	Wire and cable, hose/tubing, range of auto parts.	Wire and cable, hose/tubing. range of auto parts.
Status	Premium products having strong growth with development scope. Under increased competition.	Showing rapid growth and can develop further. Under increased competition.

นอกจากนี้ยังได้มีการผลิต TPE เพื่อใช้ทำผลิตภัณฑ์ในทางการแพทย์ ซึ่งเดิมนั้นใช้ยางเทอร์โมเซ็ตเป็นส่วนใหญ่ ได้มีการเคลื่อนไหวที่จะนำ Styrenic TPEs มาใช้แทนยางเทอร์โมเซ็ต ทั้งนี้ก็เนื่องจากกระบวนการผลิต การออกแบบ ความสะอาดและราคาถูก ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 – Potential replacements by TPEs in medical products

Thermoset product	*Advantages of TPE*
Syringe stoppers	Lower toxicity, non-elutables
Stopper in blood collection tubes	Blood/drug compatibility
Bulbs/bladders	Design flexibility
Tubing	Low extractables, flex-life
Caps/tips	Low extractables, cost
Gaskets	Low elutables, heat seal
Seals	Heat sealing, low elutables
Serum caps	Low elutables, heat sealing
Tool handles	Design flexibility
Cushions	Heat sealing
Needle shields	Low extractables, cost
Rubber valves	Heat sealing, low extractables

สำหรับการนำยางธรรมชาติมา blend กับโพลิโพรพิลีนเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมการทำรองเท้านั้น จะได้ออกมา 2 สูตร คือ สูตรที่เป็น soft blend ซึ่งจะมีส่วนประกอบที่เป็นยางธรรมชาติเป็นจำนวนมาก เหมาะที่จะนำไปทำพื้นรองเท้า (shoe soles) และสำหรับสูตรของ hard blend จะมีส่วนประกอบของโพลิโพรพิลีนมากกว่า ใช้ทำส้นรองเท้า (heel) โพลิโพรพิลีนบางส่วนหรือทั้งหมดอาจจะใช้ HDPE (high density polyethylene) แทนได้ ซึ่งผลที่ได้จะ soft กว่าเล็กน้อย แต่จะใช้สมบัติที่ใกล้เคียงกับ blend ที่ประกอบด้วยโพลิโพรพิลีนกับยางธรรมชาติ การ blend อาจจะเตรียมได้ใน internal mixer แต่สิ่งสำคัญที่สุดคืออุณหภูมิของส่วนผสมจะต้องสูงกว่าจุดหลอมเหลวของ polyolefin ซึ่งควรอยู่ในช่วง 180-200 °ซ. ตารางที่ 5 แสดงตัวอย่างของส่วนผสมที่ใช้และสมบัติที่ได้

ตารางที่ 5

FORMULATION	Parts by weight 1	2
Natural rubber (SMR L)[1]	80	20
Polypropylene, MFI 20[2]	20	80
Dicumyl peroxide	0·48	0·12
Antioxidant[3]	1	1
Injection moulded properties		
Density, Mg/m^2	0·92	0 91
Hardness, IRHD	75	100
Hardness, Type D durometer		
instantaneous reading	25	68
10s reading	16	60
Tensile strength[4], MPa	4·0	22·5
Elongation at break, %	160	130
Flexural modulus[5], MPa		
along radial mould flow lines	10	1020
across radial mould flow lines	9	900

1. Other SMR grades may be used
2. Melt flow index, determined at 190°C under a 10kg load (BS 2782 : 105 C)
3. 2, 2-Methylene-bis-(4-methyl-6-t-butylphenol) eg *Antioxidant 2246* (American Cyanamid)
4. Determined on a sheet produced in a centre gated mould. The values given are the means of the values for test pieces cut along radial mould flow lines and those for test pieces cut in the perpendicular direction. Elongation at break was found to be particularly affected by the direction of flow with test pieces cut across the radial flow lines giving the higher values. Tensile strength was found to be slightly higher along the flow lines.
5. ASTM D790 : Part B, 1971 (Test for flexural properties of plastics)

สำหรับขั้นตอนที่เหมาะสมมีดังนี้

Using powdered polypropylene

0	mins	add polypropylene, natural rubber and dicumyl peroxide, in that order
5	mins	add antioxidant
5½	mins	dump

Using pelletized polypropylene

0	mins	add polypropylene and natural rubber
3-4	mins	add dicumyl peroxide
6-7	mins	add antioxidant
6½ – 7½	mins	dump

เอกสารอ้างอิง

1. European Plastics News, August 1986, P.28-31
2. Elastomerics, October 1988, P.21-24
3. Elastomerics, November 1988, P.35-37
4. Rubber Developments, Vol.32, No.3, 1979, P.80