

Envío: 26 -06-2012

Aceptación: 12-07-2012

Publicación: 13-08-2012

# **“ESTUDIO, ANÁLISIS Y CLASIFICACIÓN DE ELASTÓMEROS TERMOPLÁSTICOS”**

---

## **“STUDY, ANALYSIS AND CLASSIFICATION OF THERMOPLASTIC ELASTOMERS”**

David Juárez Varón<sup>1</sup>Rafael Balart Gimeno<sup>2</sup>Santiago Ferrándiz Bou<sup>3</sup>David García Sanoguera<sup>4</sup>

1. Ingeniero en Organización Industrial. Doctor en Ingeniería (programa del dpto. de ingeniería Mecánica y Materiales). Universidad Politécnica de Valencia.
2. Ingeniero en Organización Industrial. Doctor en Ingeniería (programa del dpto. de ingeniería Mecánica y Materiales). Universidad Politécnica de Valencia.
3. Organización Industrial. Doctor en Ingeniería (programa del dpto. de ingeniería Mecánica y Materiales). Universidad Politécnica de Valencia.
4. Ingeniero de Materiales. Doctor en Ingeniería (programa del dpto. de ingeniería Mecánica y Materiales). Universidad Politécnica de Valencia.

## **RESUMEN**

El presente estudio pretende recopilar, analizar y clasificar los diferentes materiales termoplásticos elastómeros, para llevar a cabo un estudio del arte y poder disponer de información suficiente acerca de este conjunto de materiales con características propias basadas en la reprocesabilidad y elasticidad.

## **ABSTRACT**

This study aims to collect, analyze and classify the different thermoplastic elastomers in order to carry out a review of art and be given sufficient information about this set of materials with characteristics based on reprocess ability and elasticity.

## **PALABRAS CLAVE**

Polímero, Termoplástico, Elastómero, TPE, Caucho.

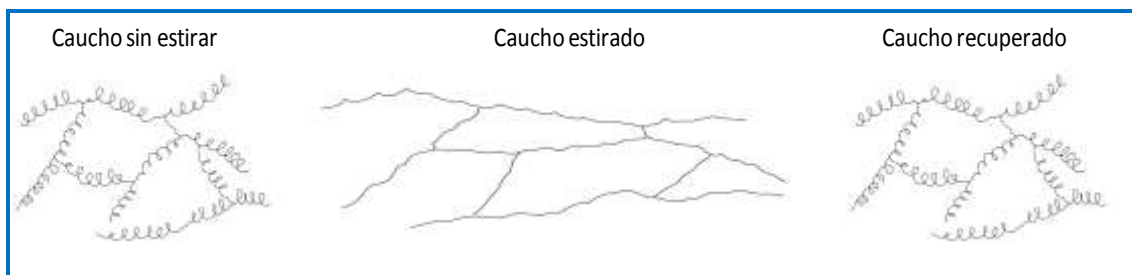
## **KEYWORDS**

Polymer, Thermoplastic, Elastomer, TPE, Rubber.

## INTRODUCCIÓN

Elastómero significa simplemente "caucho" [Franta,1989]. Entre los polímeros elastómeros se encuentran el polisopreno o caucho natural, el polibutadieno, el polisobutileno, y los poliuretanos. La particularidad de los elastómeros es que pueden ser estirados muchas veces su propia longitud, para luego recuperar su forma original sin una deformación permanente.

Las moléculas poliméricas que conforman una porción de caucho, cualquier clase de caucho, no tienen ningún orden, se enrollan y se enredan entre ellas, formando un gran ovillo. Al estirar el caucho las moléculas son forzadas a alinearse en la dirección en la que se está produciendo el estiramiento. Cuando lo hacen, se vuelven más ordenadas, llegando las cadenas a alinearse tanto como para cristalizar.



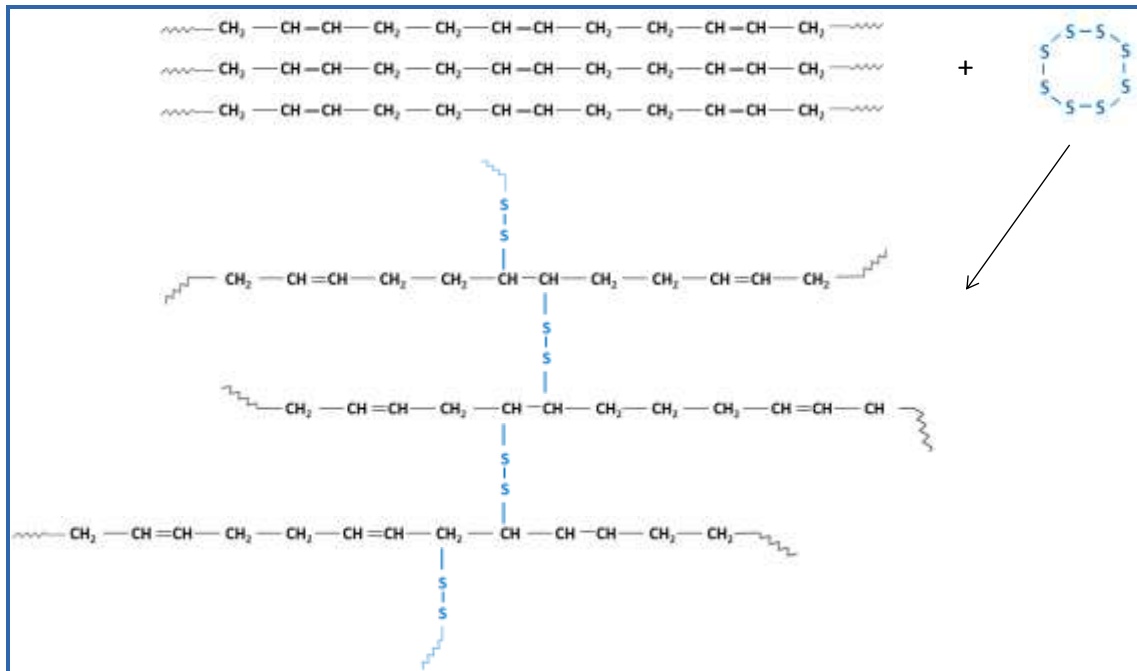
**Figura 1. Moléculas poliméricas de caucho al ser estiradas. Fuente: Elaboración propia.**

Cuando deja de aplicarse presión, el material deja de estirar, las moléculas vuelven rápidamente a su estado enredado y desordenado, recuperando su forma original.

El primer caucho disponible fue el látex de caucho natural, el polisopreno. Sin embargo, el látex de caucho natural extraído del árbol no tiene muchas aplicaciones, pues gotea y se pone pegajoso cuando se calienta, y se endurece volviéndose quebradizo cuando se enfría.

Determinados elementos aditivados al caucho forman puentes que unen todas las cadenas poliméricas del caucho. Esto se denomina entrecruzamiento o vulcanización. Los puentes formados por cadenas cortas de átomos de aditivo unen una cadena de poliisopreno con otra, hasta que todas las cadenas quedan unidas en una supermolécula gigante.

Por ejemplo, la unión de azufre con caucho natural da lugar al caucho vulcanizado, material que no funde ni está pegajoso al calentarse al igual que no quiebra al enfriarlo.



**Figura 2. Representación esquemática del proceso de formación del caucho vulcanizado. Fuente: Elaboración propia.**

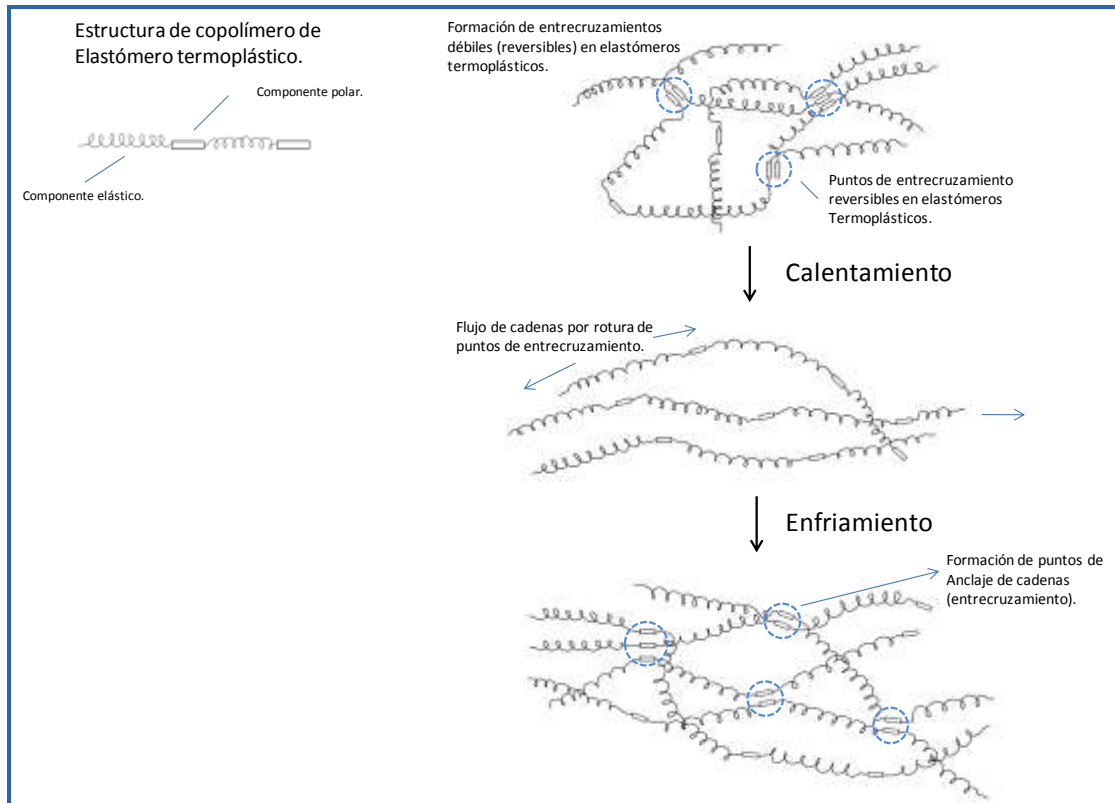
El objeto obtenido está constituido por caucho entrecruzado y es, de hecho, una única molécula. Estos entrecruzamientos mantienen unidas a las moléculas poliméricas. Debido a ello, cuando el caucho se calienta, no pueden deslizarse una respecto de la otra, ni siquiera una alrededor de la otra. Por esa razón el caucho no funde, ya que no se permite el flujo de cadenas poliméricas. Y también debido a que todas las moléculas están unidas, no pueden separarse unas de otras, por ello, se le considera un material polimérico de red entrecruzada.

Por lo general, a los polímeros entrecruzados se los moldea y se les da la forma antes de entrecruzarlos. Una vez que el entrecruzamiento toma lugar, usualmente a altas temperaturas, al material ya no se le puede dar forma.

Dado que generalmente es el calor el que causa el entrecruzamiento que da una forma permanente, a estos materiales los llamamos termoestables. Esta denominación se diferencia de los termoplásticos, que no son entrecruzados y puede volver a dárseles forma una vez que fueron moldeados.

Los elastómeros termoplásticos, también conocidos como cauchos termoplásticos, son una clase de copolímeros o mezcla física de polímeros (generalmente un plástico y un caucho) que dan lugar a materiales con las características termoplásticas y elastoméricas. Mientras que la mayoría de los elastómeros son termoestables, los termoplásticos son, en cambio, relativamente fáciles de utilizar en la fabricación, por ejemplo, en moldeo por inyección. Los elastómeros termoplásticos combinan las ventajas típicas de las gomas y de los materiales termoplásticos. La diferencia principal entre los elastómeros reticulares (termoestables) y los elastómeros termoplásticos es el grado de entrecruzamiento en sus estructuras. De hecho, el entrecruzamiento es un factor estructural crítico que contribuye a que el material adquiera altas propiedades elásticas. El entrecruzamiento en polímeros termoestables está formado

por enlaces covalentes creados durante el proceso de la vulcanización. Sin embargo, el entrecruzamiento en elastómeros termoplásticos se forman a partir de dipolos débiles o de enlaces por puente de hidrógeno y ocurre solamente en una de las fases del material (Figura ).



**Figura 3. Representación esquemática del proceso de entrecruzamiento reversible en elastómeros termoplásticos. Fuente: Elaboración propia.**

Existe un trabajo base de caracterización de los termoplásticos elastómeros, Nicaud [Nicaud,1989, Nicaud,1989] analiza su estructura, propiedades, procesado y posibles aplicaciones. Werner [Werner, et al.,2002] lleva a cabo un estudio sobre propiedades y procesado de los termoplásticos elastómeros (TPE: thermoplastic elastomer) y Zimehl [Zimehl,1995] sobre su identificación. Maspoch [Maspoch, et al.,1997] presenta un trabajo base sobre el esfuerzo a rotura de los elastómeros termoplásticos, al igual que Nakason y Sarkhel [Nakason, et al.,2008, Sarkhel, et al.,2010] quienes centran su estudio en compuestos que resultan termoplásticos elastómeros, y los caracteriza reológica, térmica, mecánica y morfológicamente.

Otros aportes relativos al estudio de características se centran en el análisis de la tensión de deformación del material a bajas temperaturas [Adhikari, et al.,2003, Asami, et al.,2004], la caracterización de la deformación mediante rayos X [Fakirov, et al.,1994] o por microscopía de fuerza atómica [Ganter, et al.,1999] , así como el estudio de la degradación del material por exposición a condiciones ambientales [Hollande, et al.,1999].

Los polímeros entrecruzados (termoestables) no pueden ser fácilmente reciclados, de modo que con el interés medioambiental surge el elastómero termoplástico. La clave que hay

detrás de los elastómeros termoplásticos es la noción de un entrecruzamiento reversible, tal y como se ha descrito anteriormente.

Un material puede ser clasificado elastómeros termoplástico si cumple las siguientes características:

- 1) Capacidad de ser estirado con alargamientos moderados y que, al retirar la tensión, el material vuelva a su estado original.
- 2) Procesable en forma de colada a altas temperaturas.
- 3) Ausencia de fluencia o plastodeformación (creep) (deformación permanente) significativo.

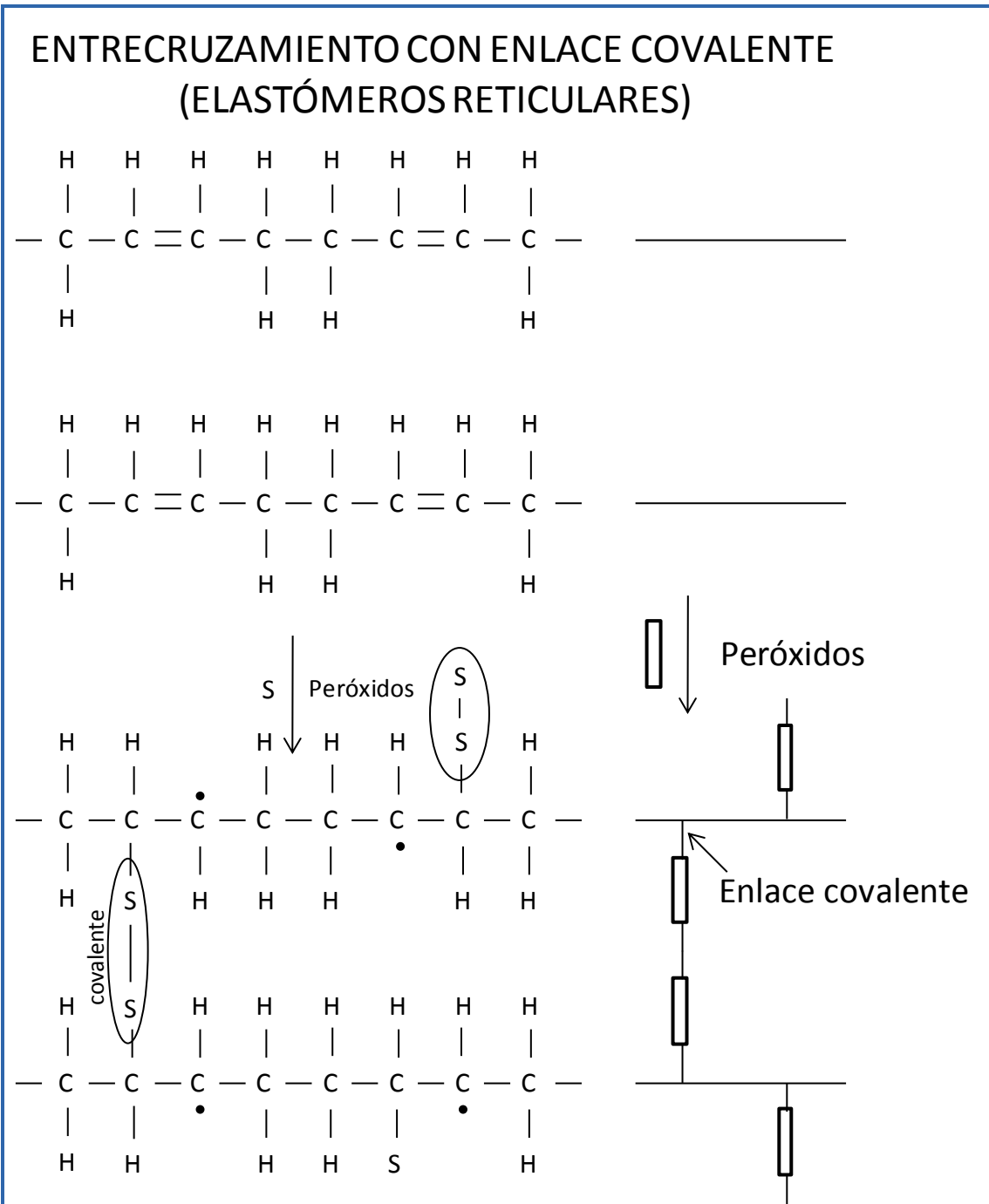
Los elastómeros termoplásticos tienen el potencial de ser reciclables puesto que pueden ser moldeados, extruidos y ser reutilizados como plásticos, pero tienen características elásticas típicas de los cauchos que no son reciclables debido a sus características termoendurecibles. A los TPE's no es necesario agregarle agentes reforzantes, estabilizadores o aplicarles métodos de curado. Por lo tanto, no hay variaciones en la carga de los lotes y componentes medidores, llevando a la uniformidad mejorada en materias primas y artículos fabricados. Los TPE's pueden ser coloreados fácilmente por la mayoría de los tipos de tintes. Además de eso, consume menos energía y es posible un control más cercano y más económico de la calidad del producto.

Los elastómeros termoplásticos se pueden transformar muy fácilmente, puesto que atraviesan una condición plástica durante el procesado, debido a la rotura de los puntos de entrecruzamiento o anclaje débil. Pueden ser fabricados en todas las durezas, desde 5 Shore A hasta 70 Shore D. A través de modificaciones, alcanzan una adherencia a casi todos los tipos de termoplásticos técnicos. La fluidez, así como la densidad, la óptica, la resistencia al rayado y otras características, puede ser ajustada a través de la preparación de los compuestos utilizando diferentes cargas y aditivos.

Las desventajas de los TPE's con respecto al caucho convencional o a los termoestables son coste relativamente alto de materias primas, resistencia química y térmica pobre, estabilidad térmica baja y rigidez alta a la compresión.

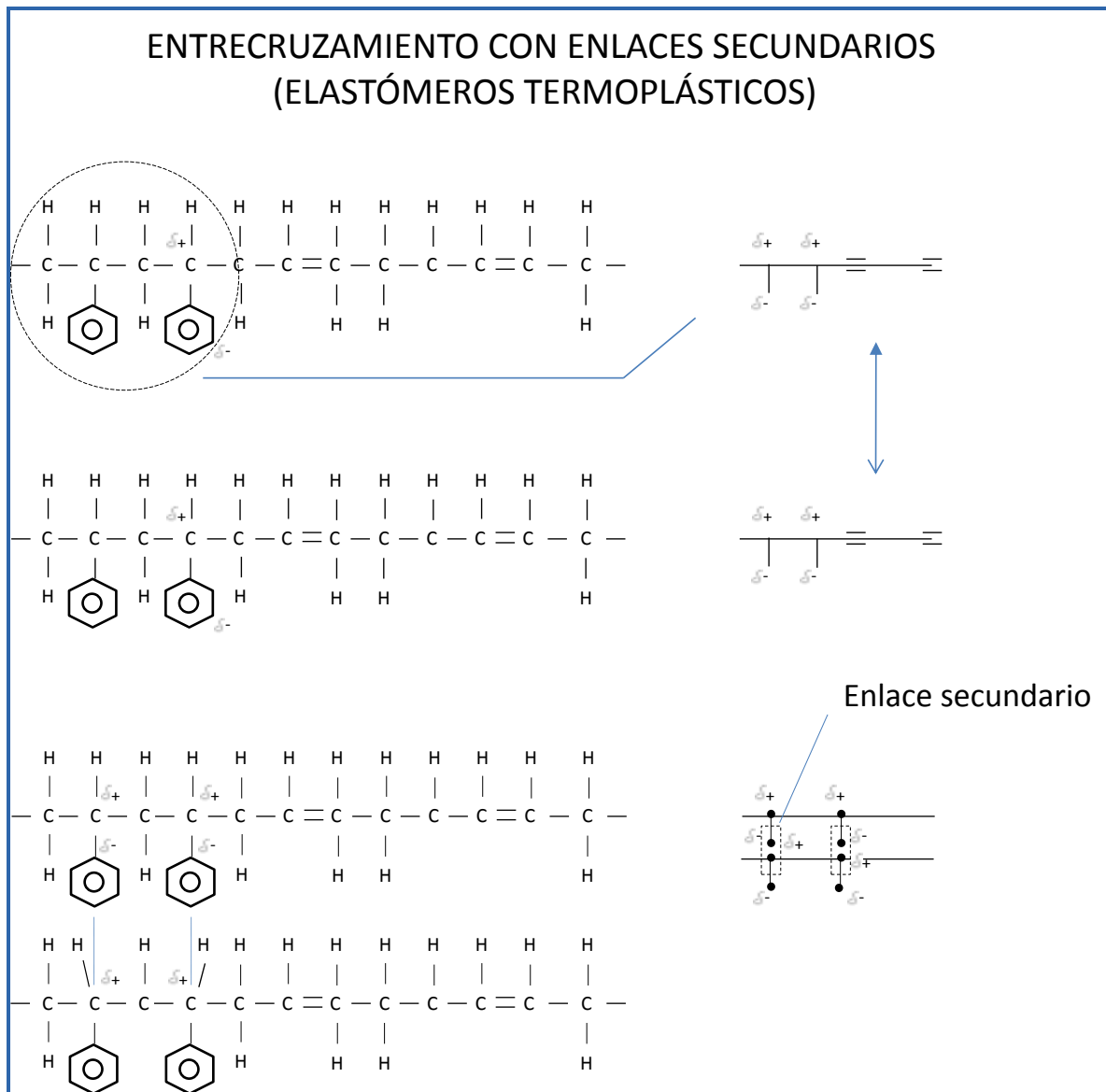
Los polímeros entrecruzados normalmente no pueden ser reciclados porque no funden. Y no funden porque el entrecruzamiento mantiene unidas las cadenas, impidiendo que el material sea capaz de fluir.

Aquí es donde interviene el entrecruzamiento reversible: los entrecruzamientos normales son covalentes, uniendo químicamente a las cadenas poliméricas en una sola molécula (Figura ).



**Figura 4. Representación esquemática de la estructura de un entrecruzamiento con enlace covalente (elastómeros reticulares). Fuente: Elaboración propia.**

El entrecruzamiento reversible emplea interacciones secundarias no covalentes para unir entre sí a las cadenas. Estas interacciones incluyen los enlaces por puente de hidrógeno y los enlaces iónicos (Figura ).



**Figura 5. Representación esquemática de la estructura de un entrecruzamiento con enlaces secundarios (elastómeros termoplásticos). Fuente: Elaboración propia.**

La clave de emplear interacciones no covalentes para formar retículos es que cuando el material se calienta, los retículos se rompen. Esto permite que dicho material pueda ser procesado, y lo más importante, reciclado. Cuando se enfría, los entrecruzamientos se vuelven a formar y se conforma la red.

Se han propuesto dos métodos de llevar a cabo el entrecruzamiento reversible: ionómeros y copolímeros en bloque.

Los ionómeros son un tipo de copolímeros (polímero formado por dos tipos diferentes de monómeros unidos a la misma cadena polimérica) en los cuales una pequeña porción de unidades repetitivas posee grupos iónicos. Por lo general, la cadena polimérica principal es no polar, se agrupan entre sí y los grupos iónicos polares pendientes lo hacen por su lado. El resultado final es que estas agrupaciones o "clusters" de grupos iónicos servirán para mantener juntas a esas cadenas principales, tal como lo haría un entrecruzamiento normal.



Al calentar estos ionómeros, los clústeres iónicos se rompen. Cuando las moléculas se calientan, se mueven más, dando lugar este movimiento de las moléculas a que los grupos iónicos se rompan, perdiendo su reticulación y pudiendo ser procesado y reciclado como un polímero común. Si lo enfriamos nuevamente, los clusters se formarán una vez más y actuará otra vez como un polímero entrecruzado.

Por otro lado, los copolímeros en bloque son una alternativa a la realización de entrecruzamientos reversibles. Un copolímero en bloque es un copolímero en el cual los comonómeros se encuentran separados en largas secciones de la cadena polimérica principal. Cada una de estas secciones, llamadas bloques, se ve como si fuera una especie de homopolímero. Un copolímero en bloque (Figura ) puede ser imaginado como dos homopolímeros unidos por sus extremos.

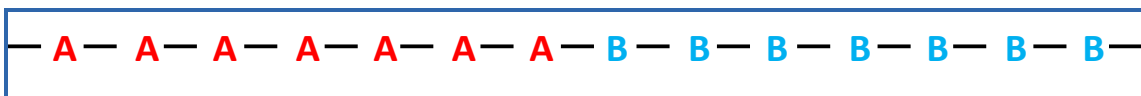


Figura 6. Copolímero en bloque. Fuente: Elaboración propia.

Un copolímero en bloque muy conocido es el caucho SBS (styrene-butadiene-styrene) (Figura ). Se emplea para las suelas de los zapatos y también para las cubiertas de automóviles.

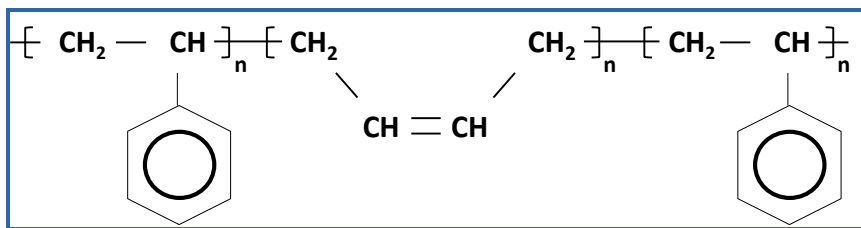


Figura 7. Representación esquemática de la estructura del poli (estireno-butadieno-estireno), conocido como caucho SBS. Fuente: Elaboración propia.

## CLASIFICACIÓN

Al elevar la temperatura los elastómeros termoplásticos se vuelven blandos y moldeables, no variando sus propiedades si se funden y moldean varias veces.

Las familias principales [Franta,1989] están representadas en la Figura :

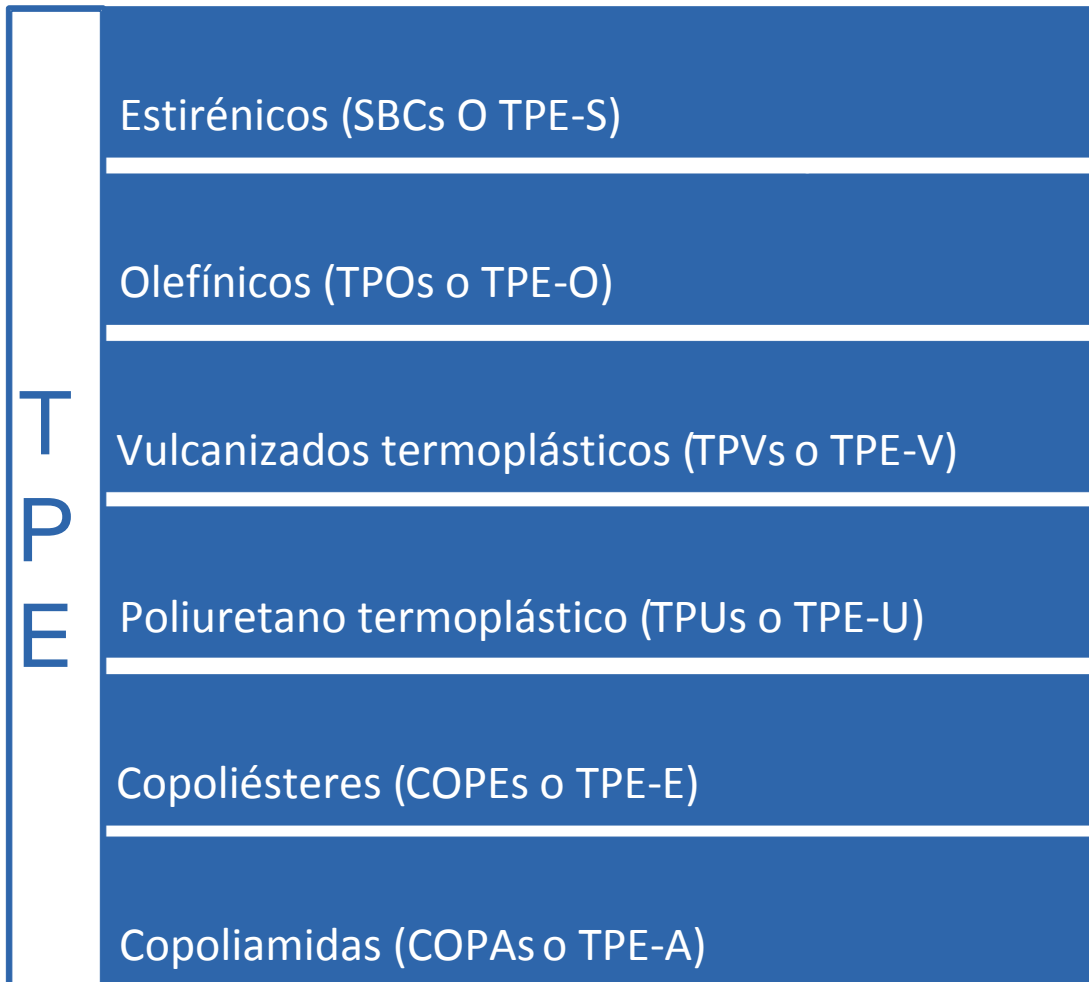


Figura 8. Representación esquemática de familias de elastómeros termoplásticos. Fuente: Elaboración propia.

## ELASTÓMEROS TERMOPLÁSTICOS ESTIRÉNICOS (SBCS O TPE-S)

La familia de elastómeros termoplásticos estirénicos son copolímeros de bloque sobre la base de estireno y butadieno (SBC: *styrene butadiene copolymer* o TPE-S) y se han introducido por primera vez como alternativas a los cauchos termoestables. Se producen por la polimerización aniónica.

Las características principales son:

- Tacto suave.
- Compresión a temperatura ambiente.
- Resistente a la rotura.
- Transparencia.
- Aspecto superficial excelente.
- Alta elasticidad.
- Antideslizante.
- Facilidad de coloreado.
- Baja dureza (valores Shore A).

Allen [Allen, et al.,2006, Allen, et al.,2004] analiza aspectos térmicos y de foto oxidación de esta familia de materiales, mientras que Berger y Liu [Berger, et al.,2000, Liu, et al.,2008] centran sus estudios en el comportamiento a la intemperie y bajo impacto del ozono.

## **ELASTÓMEROS TERMOPLÁSTICOS OLEFÍNICOS (TPOS O TPE-O)**

La familia de elastómeros termoplásticos olefínicos o poliolefinas termoplásticas (TPO: o TPE-O) son mezclas de PP con caucho, principalmente de caucho etileno-propileno (EPR: styrene-propylene rubber), cargas y aditivos producidos por composición o por reacción en una secuencia de reactores [Franta,1989]. Pueden ser producidos con una dureza hasta 75 Shore A. Una menor dureza es difícil de lograr debido a que ciertos compuestos tienden a migrar a la superficie de la granza o a las piezas moldeadas. Las principales características del TPE-O se enumeran a continuación:

- Buena apariencia superficial.
- Elastomérico.
- Libre de plastificante.
- Propiedades mecánicas: gran alargamiento y resistencia a la rotura.
- Adhesión de la pintura.
- Fácil de colorear.

Los estudios más recientes [Kumar, et al.,2002, Miller,1996, Santoni, et al.,2007, Strebels, et al.,2004, Wong, et al.,2008] están centrados en la elaboración y caracterización de nuevos materiales con aplicaciones específicas, como planchas sándwich, espumas celulares o compuestos para automoción fácilmente moldeables con características propias.

## **ELASTÓMEROS TERMOPLÁSTICOS VULCANIZADOS (TPVS O TPE-V)**

La familia de termoplásticos vulcanizados (TPVs o TPE-V) son mezclas de PP con caucho reticulado, aceites y rellenos producidos bajo un proceso desarrollado a finales de los setenta llamado vulcanización dinámica [Franta,1989], frente al caucho termoestable donde la reacción de reticulación se realiza de una manera estática después de que el caucho compuesto ha sido procesado. La morfología de la mezcla resultante es una fase continua de termoplástico reticulado con partículas de caucho finamente dispersos; cuanto menor sea el tamaño de las partículas, mejor serán las propiedades.

El TPE-V es, probablemente, el TPE que tiene las propiedades más parecidas a los cauchos termoestables. Se ha introducido con éxito como sustituto del caucho en la extrusión de perfiles de ventanas, impermeabilizantes del automóvil y fuelles de suspensión. Se utilizan en lugar de TPE-S como materiales de tacto suave cuando se necesita resistencia al aceite, en herramientas eléctricas, por ejemplo. Lo [Lo, et al.,1996] desarrolla TPV para aplicaciones donde el tacto suave es una de las características más apreciadas.

- Propiedades:
- Tacto suave.
- Compresión a alta temperatura.
- Resistente al aceite y a la grasa.

- Relajación de tensión a largo plazo.
- Resistente a fatiga.
- Antideslizante.
- Fácil de colorear.

## ELASTÓMEROS TERMOPLÁSTICOS POLIURETANOS (TPUS O TPE-U)

La familia de los poliuretanos termoplásticos (TPUs o TPE-U), desde su invención en la década de 1940 se utiliza en una amplia variedad de industrias y mercados como el de automoción, cables, films, etc.

Respecto a su caracterización, Sánchez-Adsuar [Sanchez-Adsuar, et al.,2000, Sanchez-Adsuar, et al.,2000] propone una caracterización reológica de mezclas de TPUs para evaluar el comportamiento en base a la composición, así como el efecto de la síntesis de los TPUs en sus propiedades. Frick [Frick, et al.,2004, Frick, et al.,2003] analiza el material y propone un control de calidad tipo basado en calorimetría diferencial de barrido (DSC: differential scanning calorimetry) y espectroscopía por infrarrojos. Boukakri [Boukakri, et al.,2010, Boukakri, et al.,2010] estudia el impacto del envejecimiento del material sobre sus propiedades mecánicas, así como la afección por radiación ultravioleta. Buckley [Buckley, et al.,2010] analiza la sensibilidad del TPU a nivel elástico en base a la estructura del mismo. Lawandy [Lawandy, et al.,1980, Lawandy, et al.,1980, Lawandy, et al.,1980] propone un análisis para la optimización del proceso de inyección del TPU basado en la temperatura, por medio del fallo a fatiga y el esfuerzo de deformación.

El TPU proporciona un gran número de combinaciones de propiedades físicas y químicas para las aplicaciones más exigentes [Franta,1989], entre las cuales están:

- Films transpirables para el ocio, los deportes y revestimientos textiles.
- TPU alifáticos para films resistentes a la intemperie, no amarillentos y transparentes.
- Grados Eco-TPU respetuoso con el medio ambiente, a partir de fuentes renovables.

Respecto a aplicaciones de los TPUs, Termeulen [Termeulen,1983] sintetiza sus aplicaciones a nivel europeo, mientras que Nardo [Nardo,1987] establece un guión de aplicaciones finales de los TPUs.

## **ELASTÓMEROS TERMOPLÁSTICOS CON POLIÉSTER O COPOLIÉSTERES (COPEs O TPE-E)**

Los copoliésteres o termoplásticos elastómeros con poliéster (COPEs o TPE-E) son cauchos de alto rendimiento que presentan similar comportamiento mecánico a los cauchos, con la facilidad de uso y reciclaje de los termoplásticos [Franta,1989]. Los TPE-E se construyen a partir de flexibles bloques de poliéster combinado con bloques de poliéster rígido. Al jugar en la relación de poliéster y poliéster, puede ser cubierta una amplia gama de durezas. Los TPE-E muestran una mayor resistencia térmica que el TPE-O, TPE-S y TPU. Los TPE-E son ampliamente utilizados en aplicaciones de co-inyección, dando lugar a competitivos procesos de fabricación donde ensamblar dos piezas diferentes hechas con dos materiales diferentes no se vuelve a realizar en dos pasos separados.

Las aplicaciones típicas en la industria son: amortiguadores, componentes industriales de acoplamiento flexible y aislamiento acústico de alto rendimiento. Las aplicaciones típicas del automóvil son: fundas para airbags, volantes, apoyabrazos y mangueras bajo el capó. Bienes de consumo típicos son: aplicaciones de agarre suave, antenas de telefonía móvil, protección electrónica de viviendas y manetas.

En cuanto a sus características generales, destacan:

- Alta resistencia química.
- Alta resistencia al desgaste.
- Buena capacidad de recuperación.
- Buena resistencia térmica.
- Alta estética de la superficie.
- Fácil de colorear.

Conforme aparecen nuevas variedades, éstos son analizados para futuras aplicaciones. Han [Han, et al.,2009] analiza la composición, propiedades térmicas y biodegradabilidad de nuevos TPE-Es biodegradables. Szymczyk [Szymczyk, et al.,2006] analiza la degradación y estabilización termooxidativa del TPE-E.

## COPOLIAMIDAS DE POLIÉSTER (COPAS O TPE-A)

Los copoliamidas de poliéster (COPAs o TPE-A) se preparan por reacción de una poliamida que lleva grupos extremos de ácido carboxílico y un diol de poliéter en presencia de un catalizador de acuerdo con el mismo esquema que el TPE-E [Franta,1989]. Se pueden emplear varios tipos de nylon cuya proporción con poliéster determina la dureza del TPE-A formado; el tipo de nylon determina el comportamiento térmico (punto de fusión) del TPE-A.

Beaman [Beaman, et al.,1956] presenta un esquema de caracterización de un sistema típico para la evaluación a pequeña escala de la formación de polímeros de fibra, destacando la absorción de agua y la temperatura de transición vítrea, pues parecen estar cerca de ser funciones lineales de la composición. Lukasheva [Lukasheva, et al.,1978] desarrolla las transformaciones de fase y propiedades viscosas de soluciones aromáticas de copoliamida y Wlochowi [Wlochowi.A, et al.,1973] evalúa la cristalinidad de sus fibras.

Los TPE-A se encuentran entre los TPE más caros, pero también los más versátiles. Se utilizan en aplicaciones donde ningún otro TPE se puede utilizar o cuando se requieren propiedades dinámicas. Una característica de interés es el valor casi constante de los módulos en un amplio rango de temperaturas.

Dentro de aplicaciones industriales, Schaaf [Schaaf, et al.,1976] estudia adhesivos termoplásticos de copoliamida para fijaciones especiales de textiles.

Propiedades:

- Baja densidad.
- Resistencia química.
- Alta resistencia y dureza.
- Resiliencia.
- Excelentes propiedades a bajas temperaturas.
- Muy buenas propiedades dinámicas.
- Estabilidad térmica.

Así pues, los diferentes tipos de TPEs se diferencian entre sí por sus propiedades:

- Los TPE-S se distinguen por buenas propiedades de resistencia mecánica.
- Los TPE-U por sus valores de resistencia a la abrasión; sin embargo estos dos tipos poseen un potencial de optimización, sobre todo en C.S. (Compression Set) a altas temperaturas.



- Los TPE-V y TPE-S son modificables en diferentes características. No obstante el uso en aceite aditivado y a altas temperaturas son un desafío para estos materiales.
- Los TPE-A se destacan por su resiliencia (cantidad de energía por unidad de volumen que almacena un material al deformarse elásticamente debido a una tensión aplicada), pero al igual que los TPE-U no son fáciles de procesar.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los TPE's se utilizan cuando los elastómeros convencionales no pueden proporcionar las características físicas que requiere el producto [Franta,1989].

Los TPE's son ideales para aplicaciones que requieren características como suavidad al tacto, sellado en ambientes líquidos, mejora de resistencia al impacto, mejoras ergonómicas y son totalmente compatibles con moldeo por inyección.

Respecto a las aplicaciones dadas, las investigaciones en favor del desarrollo de los termoplásticos elastómeros acercan nuevos tipos de copolímeros de etileno [Mapleston,1996] fácilmente procesados con el objetivo de sustituir al caucho etileno-propileno en variedad de compuestos, espumas y coextrusión empleada en la fabricación de nuevos tipos de perfiles para automoción, extrusión automatizada para disposición de tiras directamente sobre el contorno de molduras y aleaciones de TPEs diferentes para un creciente número de termoplásticos en ingeniería. No obstante, el mayor crecimiento se produce a expensas de los cauchos termoestables, por su facilidad de procesado, aumento de oportunidades de diseño y facilidad de reciclado.

Igualmente, Berger [Berger, et al.,2000] desarrolla termoplásticos elastoméricos especialmente formulados para resistir a la intemperie.

Vennemann [Vennemann, et al.,2000] lleva a cabo una comparación entre TPEs y elastómeros en aplicaciones para ingeniería de automoción. Otros estudios se centran en la posible sustitución de la silicona líquida inyectada por TPE en aplicaciones como teclados [Vielsack, et al.,2002].

Los TPE's de copoliéster se utilizan en las guías de las motonieves donde la resistencia al atirantamiento y a la abrasión son factores determinantes.

Son también ampliamente utilizados para los catéteres donde los copolímeros de bloque de nylon ofrecen unas características ideales de suavidad para los pacientes.

Los copolímeros de bloque de estireno se utilizan en las suelas de los zapatos por su facilidad de procesado, y extensamente como pegamentos.

Los TPE's también son de uso general en cojinetes de suspensión en automóviles debido a su mayor resistencia a la deformación respecto a los cojinetes de goma regulares.

Finalmente, los TPE's también se están encontrando cada vez más en aplicaciones como revestimientos aislantes en cable eléctricos.

## CONCLUSIONES

Los TPE's se utilizan cuando los elastómeros convencionales no pueden proporcionar las características físicas que requiere el producto.

La particularidad de los elastómeros es que pueden ser estirados muchas veces su propia longitud, para luego recuperar su forma original sin una deformación permanente.

Los TPE's son ideales para aplicaciones que requieren características como suavidad al tacto, sellado en ambientes líquidos, mejora de resistencia al impacto, mejoras ergonómicas y son totalmente compatibles con moldeo por inyección.

## AGRADECIMIENTOS

Authors thank "Ministerio de Ciencia y Tecnología", Ref: DPI2007-66849-C02-02 and Generalitat Valenciana FPA/2010/027 for financial support.

## REFERENCIAS

- [1]. **ADHIKARI, R., GODEHARDT, R., HUY, T. A. AND MICHLER, G. H.,** (2003). "*Low temperature tensile deformation behaviour of styrene/butadiene based thermoplastic elastomer*", 573-577.
- [2]. **ALLEN, N. S., BARCELONA, A., EDGE, M., WILKINSON, A., MERCHAN, C. G. AND QUITERIA, V. R. S.,** (2006). "*Aspects of the thermal and photo stabilisation of high styrene-butadiene copolymer (SBC)*", 1395-1416.
- [3]. **ALLEN, N. S., BARCELONA, A., EDGE, M., WILKINSON, A., MERCHAN, C. G. AND QUITERIA, V. R. S.,** (2004). "*Thermal and photooxidation of high styrene-butadiene copolymer (SBC)*", 11-23.
- [4]. **ASAMI, T. AND NITTA, K.,** (2004). "*Morphology and mechanical properties of polyolefinic thermoplastic elastomer I. Characterization of deformation process*", 5301-5306.
- [5]. **BEAMAN, R. G. AND CRAMER, F. B.,** (1956). "*Polymer characterization - a typical copolyamide system*", 223-235.
- [6]. **BERGER, G. AND BEITZEL, M.,** (2000). "*Weather-resistant TPE - Specially-stabilized TPW based on SBC*", **A106**.
- [7]. **BOUBAKRI, A., GUERMAZI, N., ELLEUCH, K. AND AYEDI, H. F.,** (2010). "Study of UV-aging of thermoplastic polyurethane material", 1649-1654.
- [8]. **BOUBAKRI, A., HADDAR, N., ELLEUCH, K. AND BIENVENU, Y.,** (2010). "*Impact of aging conditions on mechanical properties of thermoplastic polyurethane*", 4194-4201.
- [9]. **BUCKLEY, C. P., PRISACARIU, C. AND MARTIN, C.,** (2010). "*Elasticity and inelasticity of thermoplastic polyurethane elastomers: Sensitivity to chemical and physical structure*", 3213-3224.
- [10]. **FAKIROV, S., DENCHEV, Z., APOSTOLOV, A. A., STAMM, M. AND FAKIROV, C.,** (1994). "*Morphological characterization during deformation of a poly(ether ester) thermoplastic elastomer by small-angle x-ray-scattering*", 1363-1372.
- [11]. **FRANTA, I.,** (1989). "*Elastomers and Rubber Compounding Materials*", 607.
- [12]. **FRICK, A. AND ROCHMAN, A.,** (2004). "*Characterization of TPU-elastomers by thermal analysis (DSC)*", 413-417.
- [13]. **FRICK, A., ROCHMANN, A. AND STERN, C.,** (2003). "*Material characterization and quality control of TPU elastomers*", 330.
- [14]. **GANTER, M., BRANDSCH, R., THOMANN, Y., MALNER, T. AND BAR, G.,** (1999). "*Recent progress in atomic force microscopy of elastomers, TPE blockcopolymers and blends*", 717-+.
- [15]. **HAN, L., ZHU, G. X., ZHANG, W. AND CHEN, W.,** (2009). "*Composition, Thermal Properties, and Biodegradability of a New Biodegradable Aliphatic/Aromatic Copolyester*", 1298-1306.

- [16]. **HOLLANDE, S. AND LAURENT, J. L.**, (1999). "*Degradation process of an industrial thermoplastic elastomer polyurethane-coated fabric in artificial weathering conditions*", 2525-2534.
- [17]. **KUMAR, G., RAMANI, K. AND XU, C. C.**, (2002). "*Development and characterization of an all-olefin thermoplastic sandwich composite system*", 647-657.
- [18]. **LAWANDY, S. N. AND HEPBURN, C.**, (1980). "*Injection-molding temperature effects on the fatigue failure of thermoplastic polyurethane*", 45-49.
- [19]. **LAWANDY, S. N. AND HEPBURN, C.**, (1980). "*Mold temperature effects on the fatigue failure of thermoplastic polyurethane*", 24-26.
- [20]. **LAWANDY, S. N. AND HEPBURN, C.**, (1980). "*Using strain deformation to determine optimum injection and molding temperatures of thermoplastic polyurethane elastomers*", 43.
- [21]. **LIU, P. B., QIU, J., FAN, P., ZOU, H. W. AND XU, W.**, (2008). "*Structure and properties of styrenic thermoplastic elastomer functionalised through ozone treatment*", 341-345.
- [22]. **LO, L. Y., THORNTON, W. L. AND SOC PLAST ENGINEERS, I. N. C.**, (1996). "*Thermoplastic vulcanizates (TPV) for soft touch applications*", 3347-3352.
- [23]. **LUKASHEVA, N. V., VOLOKHINA, A. V. AND PAPKOV, S. P.**, (1978). "*phase-transformations and viscous properties of aromatic copolyamide solutions*", 151-154.
- [24]. **MAPLESTON, P.**, (1996). "*New grades and processes expand TPE capabilities*", 64-&.
- [25]. **MASPOCH, M. L., SANTANA, O. O., GRANDO, J., FERRER, D. AND MARTINEZ, A. B.**, (1997). "*The essential work of fracture of a thermoplastic elastomer*", 249-255.
- [26]. **MILLER, B.**, (1996). "*Directly paintable TPO looks good in tests*", 15-15.
- [27]. **NAKASON, C., JAMJINNO, S., KAESAMAN, A. AND KIATKALMJORNWONG, S.**, (2008). "*Thermoplastic elastomer based on high-density polyethylene/natural rubber blends: rheological, thermal, and morphological properties*", 85-98.
- [28]. **NARDO, N. R.**, (1987). "*End use applications for thermoplastic polyurethane elastomers*", 59-76.
- [29]. **NICAUD, J.**, (1989). "*Thermoplastic elastomers (tpe) - structure, properties, processing, applications - bibliographic synthesis .1*", 245-261.
- [30]. **NICAUD, J.**, (1989). "*Thermoplastic elastomers (tpe) - structure, properties, processing, applications - bibliographic synthesis .2*", 355-370.
- [31]. **SANCHEZ-ADSUAR, M. S., PAPON, E. AND VILLENAVE, J. J.**, (2000). "*Influence of the synthesis conditions on the properties of thermoplastic polyurethane elastomers*", 1590-1595.
- [32]. **SANCHEZ-ADSUAR, M. S., PAPON, E. AND VILLENAVE, J. J.**, (2000). "*Rheological characterization of thermoplastic polyurethane elastomers*", 591-598.
- [33]. **SANTONI, A., GUO, M. C., HEUZEY, M. C. AND CARREAU, P. J.**, (2007). "*Surface defects of TPO injected foam parts for automotive applications*", 204-212.

- [34]. **SARKHEL, G., ASWINI, B. AND BANERJEE, A., (2010).** "*High-Density Polyethylene-Ethylene Propylene Rubber-Based Thermoplastic Elastomer: A Mechanical Modeling, Thermal and Rheological Study*", 1049-1054.
- [35]. **SCHAAF, S. AND LUTHI, H., (1976).** "*Copolyamide thermoplastic adhesives for special textile fixation*", 348-351.
- [36]. **STREBEL, J. J., MIRABELLA, F., BLYTHE, C. AND PHAM, T., (2004).** "*Injection molded automotive TPO - A multilayer composite structure of varied orientations*", 1588-1593.
- [37]. **SZYMCZYK, A. AND ROSLANIEC, Z., (2006).** "*Degradation and stabilization of thermoplastic ether-ester elastomers (TPE-E)*", 627-642.
- [38]. **TERMEULEN, B. H. (1983).** "*Industrial tpu applications in europe*", 148-159.
- [39]. **VENNEMANN, N., LEIFHEIT, S. AND SCHULZ, P., (2000).** "*TPE test for automotive engineering - Comparison of TPE with elastomers*", A116-+.
- [40]. **VIELSACK, F. AND MOLTER, W., (2002).** "*An alternative? Keyboards made of TPE can replace silicone*", 74-+.
- [41]. **WERNER, T. AND FEHLINGS, M., (2002).** "*Thermoplastic Elastomers (TPE)*", 106-+.
- [42]. **WLOCHOWI.A AND JEZIorny, A., (1973).** "*Evaluation of crystallinity of copolyamide fibers*", 2719-2725.
- [43]. **WONG, S., LEE, J. W. S., NAGUIB, H. E. AND PARK, C. B., (2008).** "*Effect of processing parameters on the mechanical properties of injection molded thermoplastic polyolefin (TPO) cellular foams*", 605-613.
- [44]. **ZIMEHL, J., (1995).** "*Identifying thermoplastic elastomer materials*", 1944-1945.