

SOLDADURA DE POLIMEROS TERMOPLASTICOS EMPLEANDO RADIACION ELECTROMAGNETICA

Varela P. ⁽¹⁾, Kunusch Micone M. ⁽¹⁾, Cotella N. ⁽¹⁾, Antonelli S. ⁽¹⁾ y Barbero C. ⁽²⁾

⁽¹⁾ *Facultad de Ingeniería*

⁽²⁾ *Departamento de Química*

Universidad Nacional de Río Cuarto

Ruta Nac. 36 km. 601 - X5804BYA Río Cuarto (Cba.) - e-mail: pvarela@ing.unrc.edu.ar

RESUMEN

El presente trabajo aborda el desarrollo de una nueva tecnología para realizar soldadura remota de polímeros termoplásticos aisladores, utilizando energía electromagnética para el calentamiento localizado de la unión. Muchos termoplásticos (por ej. polietileno) no absorben, o absorben muy poca, energía electromagnética. Por el contrario, diversos materiales conductores (polímeros conductores, diversas clases de carbón) absorben fuertemente energía de microondas con el consecuente calentamiento. De esta manera es posible calentar la zona de soldadura sin afectar el resto de la pieza. Se sintetizaron polímeros conductores (polianilinas) químicamente y se caracterizaron por espectroscopía infrarroja. Además se modificaron polianilinas y otros materiales (nanotubos de carbón) por reacción con sales de diazonio. Se realizaron ensayos empleando distintos tipos de junta. Se ensayaron distintos tiempos de exposición en energía electromagnética; procediendo a la soldadura de barras de 10 mm. de diámetro de diferentes materiales termoplásticos, particularmente polietileno de alta densidad (HDPE) y polipropileno (PP). Dichas uniones soldadas fueron entonces ensayadas mecánicamente. Tales pruebas de propiedades mecánicas de las uniones arrojaron una interesante repetitividad de resultados cuando se examinaron muestras soldadas en igualdad de condiciones. A la vez, se demuestra que pueden lograrse juntas que tienen resistencias mecánicas razonablemente aceptables en un reducido tiempo de procesamiento.

Palabras Claves: Polímeros conductores, Polianilina, Soldadura de plásticos, Microondas.

1. INTRODUCCIÓN

En el espectro electromagnético, la energía en el rango de 3×10^8 Hz a 3×10^{10} Hz, generalmente se relaciona con la energía de microondas. Este rango de longitud de onda tiene un considerable uso en industrias tales como la de secado, y la de alimentación (cocción de alimentos), debido a la respuesta de moléculas de agua a esta excitación. En efecto, los hornos de microondas utilizados para la cocción de alimentos emplean la frecuencia de 2,45 GHz, que se ha seleccionado como óptima para calentar agua en sus estados libre y de enlace químico. La soldadura de plásticos por microondas, actualmente en desarrollo, es una técnica versátil de ensamble, conveniente para ser utilizada en industrias de producción en masa, como la automotriz. Esta técnica tiene claramente una ventaja sobre otros desarrollos tecnológicos, cual es que es capaz de soldar componentes termoplásticos de cualquier forma. Con tal de que el polímero termoplástico sea, para un primer orden de aproximación, transparente a la radiación de microondas, la única parte que se calentará será el material de injerto que estará preposicionado en la línea de la junta.

Dicho elemento de injerto que se utiliza en la zona de junta debe estar constituido por un material susceptible a la acción de microondas. Cuando se somete a dicho material a la radiación electromagnética, éste se calienta por conversión de la radiación en energía térmica, consecuencia de los frotamientos que resultan del movimiento de las cargas eléctricas, bajo la influencia del campo eléctrico correspondiente [1].

En un proceso de soldadura, cuando la energía incide sobre el componente o parte a ser unida, se propaga a través del termoplástico, pero se absorbe por el material de injerto que es susceptible a microondas, lo cual causa calentamiento (figura 1). Cuando la temperatura de este material de injerto alcance el punto de ablandamiento del termoplástico de su alrededor, el material comenzará a fluir a través de la junta, y la soldadura se formará cuando el termoplástico enfríe bajo presión (ahora sin la acción de energía de microondas).

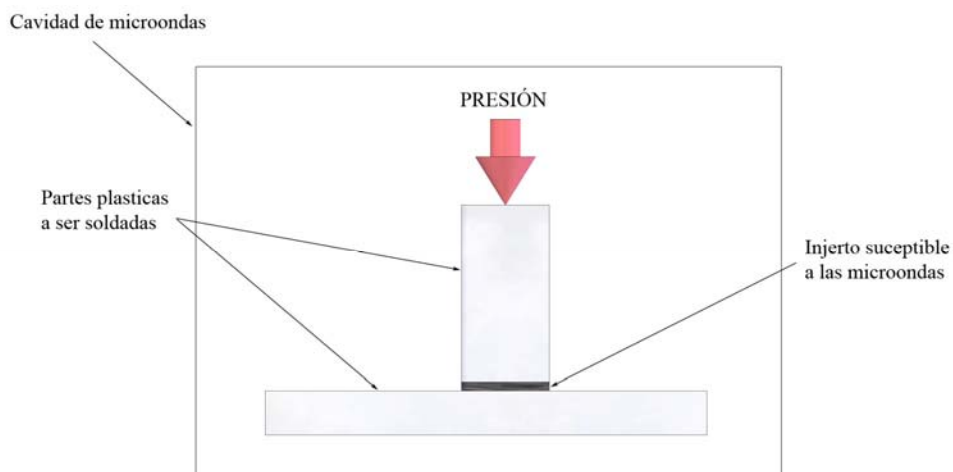


Figura 1: Configuración de equipamiento para soldadura por microondas utilizando injerto.

Esta tecnología de unión es flexible y rápida, para producción en masa. La unión puede ser de

dos o de tres dimensiones, puesto que la energía de microondas solamente calienta el material de injerto, creando en consecuencia una soldadura 2-D o 3-D. Ello redundaría en que ésta técnica es única y se espera que permita trabajos de diseño en termoplásticos, que posean considerablemente mayor libertad, y que permitan generar componentes de complejidad creciente.

Ya que la mayor parte de los termoplásticos son bastante transparentes a la radiación electromagnética en la región de energía de microondas, solamente se calienta la zona de soldadura. En este caso la baja conductividad térmica del material puede usarse con provecho ya que la energía se mantiene en la zona de soldadura sin afectar al resto del material, como en metales.

1.1. Utilización de polímeros conductores

Una manera de elaborar los injertos para la soldadura es mediante la utilización de materiales conductores, tales como polímeros conductores, en la zona donde se requiera la soldadura. Si se somete el material conductor a una radiación electromagnética, se calienta por conversión de la radiación en energía térmica, consecuencia de los frotamientos que resultan del movimiento de las cargas eléctricas, bajo la influencia del campo eléctrico correspondiente [1]. Dicho calentamiento localizado puede fundir el material, permitiendo la formación de la soldadura. Ya que la mayor parte de los termoplásticos son bastante transparentes a la radiación electromagnética en la región de energía de microondas, solamente se calienta la zona de soldadura. En este caso la baja conductividad térmica del material puede usarse con provecho ya que la energía se mantiene en la zona de soldadura sin afectar al resto del material como ocurre en metales. El efecto puede ser usado a distancia sin requerir contacto entre el equipo de soldadura y el material permitiendo operar en ambiente estéril. En este contexto, en los últimos años se han desarrollado trabajos acerca de soldaduras por microondas de piezas de termoplásticos usando juntas de polímeros conductores [2] [3] [4], específicamente polietileno de alta densidad (HDPE) usando juntas de polianilina mezclada con polietileno [5].

Adicionalmente, la utilización de energía de microondas permite la soldadura de grandes componentes termoplásticos, puesto que el equipamiento de gran escala está disponible, ya que hay fabricantes de unidades de microondas de hasta 100 KW (empresa: "Thermex-Thermatron Inc."), y además ya se han desarrollado los métodos para procesos continuos por microondas, que pueden ser usados para soldar componentes grandes y pequeños [1].

1.2. Polianilina

Durante los últimos 25 años, una clase nueva de polímeros eléctricamente conductores, tales como poliacetileno, politiofeno, polipirrol y polianilina, han sido intensivamente estudiados. Estos materiales tienen buenas propiedades eléctricas, haciéndolos muy útiles para soldadura, y proveen una oportunidad para desarrollar nuevas técnicas de juntura para estructuras grandes. Para este trabajo se optó por polianilina intrínsecamente conductora, debido a su bajo costo, a que es fácilmente sintetizada y procesada, y además es estable a temperatura ambiente.

Como en semiconductores, la conducción eléctrica de la polianilina depende del dopado, que crea bandas parcialmente llenas por medio del cual los electrones libres conducen la electricidad. Las propiedades eléctricas de polianilina son una función de frecuencia, temperatura, morfología y nivel de dopado. La conductividad eléctrica de polianilina puede ser variada de aquella de un aislador (10^{-10} S/cm) a aquella de un conductor (10^2 S/cm), dependiendo de la técnica de procesamiento [5]. Varela et al [6] [8] realizaron pruebas de soldadura de polímeros termoplásticos utilizando polianilina y microondas.

1.3. Pinturas orgánicas conductoras basadas en Politiofeno

En la década de 1990, la Empresa Bayer desarrolla una pintura a base de un polímero orgánico conductor, el politiofeno, cuyo nombre comercial es Baytron P, y cuya denominación química es: Poly (3,4-ethylenedioxythiophene) ó PEDT. Dicha pintura es un Poli (3,4-etilendioxitiofeno) en suspensión con poli(sulfonato de estireno) como contraion en base acuosa.

El presente trabajo continúa con los estudios de factibilidad de realización de soldadura por microondas de dos polímeros termoplásticos: Polietileno de alta densidad, y Polipropileno, empleando polianilina, pinturas basadas en politiofeno, carbones en polvo comerciales, y además nanotubos de carbono, para el calentamiento localizado de la unión. El objetivo es analizar diversas variables que afectan a la resistencia mecánica de la unión obtenida, particularmente en lo referente a distintas formas de introducir el polímero conductor en la junta.

2. DESARROLLO EXPERIMENTAL

2.1. Preparación de Polianilinas

Se preparó polianilina intrínsecamente conductora mediante un proceso de oxidación química. Se elaboró una solución 0,1 M de anilina ($C_6H_5NH_2$) en una solución 1 Molar de Acido Clorhídrico. Un volumen de ésta fue mezclado con una solución de 1 Molar de Acido Clorhídrico que contiene peroxodisulfato de amonio ($(NH_4)_2S_2O_8$) en cantidad equimolar a la de anilina. La reacción se mantiene a una temperatura entre 0 y 5°C hasta la finalización de la polimerización. El polímero resultante se encuentra en su forma esmeraldina sal, que es conductora y estable. La polianilina fue separada mediante filtrado; posteriormente fue lavada con una solución 1 Molar de Acido Clorhídrico; seguidamente fue transformada en base con una solución 0,1 Molar de Hidróxido de amonio (NH_4OH), secándose luego en vacío. Se obtuvo un polímero en polvo, en forma esmeraldina base. La polianilina fue caracterizada por espectroscopía infrarroja (espectrómetro Nicolet Impact 400) por transmisión de muestras dispersas en pastillas de KBr. El dopado posterior de la polianilina se realizó con una solución 1 Molar de Acido Clorhídrico (HCl) o una solución 1 Molar de Acido Toluensulfónico ($CH_3C_6H_6SO_3H$), impregnando la polianilina en el dopante respectivo, luego la misma fué lavada y secada bajo vacío durante 24 hs., resultando una polianilina intrínsecamente conductora totalmente dopada.

2.2. Preparación de nanotubos de carbono solubles

Desde su descubrimiento en 1991 [7], los nanotubos (NT) de carbono han sido un área primordial de investigación, debido a sus excepcionales propiedades físicas y químicas. Un nanotubo de carbono de pared simple (SWNT) puede ser imaginado como una hoja rectangular enrollada de una monocapa de grafito (carbono sp^2). Los diámetros de los NT son muy pequeños (menores a 0,7nm). En nuestro caso, los nanotubos fueron provistos por la empresa Sun Nanotech (Shangai, China); y fueron modificados por reacción con sales de arildiazonio, que es una forma de modificación con la cual es posible la incorporación de diversos grupos funcionales. Tal modificación se realizó diazotando una anilina desactivada para sustituciones aromáticas electrofílicas tal como nitroanilina con la cantidad de nitrito de sodio estequiométrica en solución ácida acuosa y a bajas temperaturas ($T < 5\text{ }^\circ\text{C}$), luego se agregan los nanotubos y se calienta la solución para generar el catión bencilico con liberación de N_2 , que es el responsable de modificar los nanotubos. La reacción se realiza calentando debido a la baja reactividad de los nanotubos. De esta manera los nanotubos modificados se vuelven solubles en solventes comunes.

2.3. Preparación de polímeros a ser soldados

Fueron ensayadas barras cilíndricas de 10 mm. de diámetro de Polietileno de Alta Densidad (HDPE), y de Polipropileno (PP). Cada una de las muestras para ensayar fueron preparadas de la siguiente manera: dos tramos de barra de los polímeros citados fueron aproximados interponiendo una junta que contiene polímero conductor.

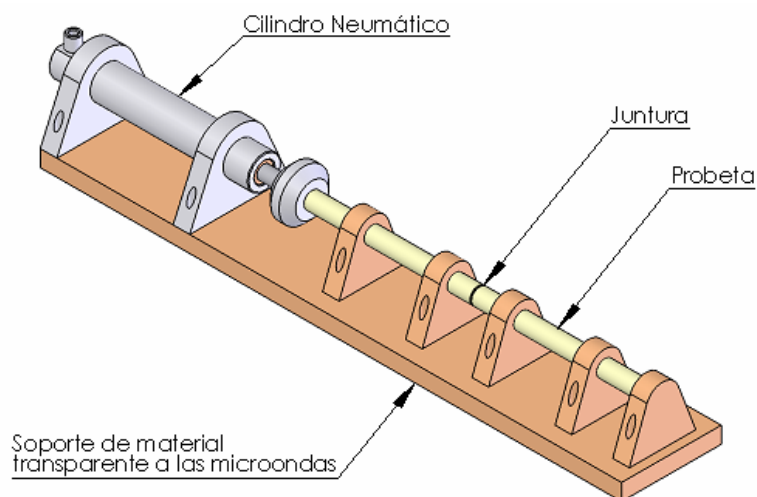


Figura 2: Montaje mecánico del dispositivo con las partes a unir.

Ambas piezas fueron entonces aprisionadas con un sujetador construido de material polimérico no conductor, de manera de tener una presión inicial en la zona a unir, que permita la soldadura luego de que se produzca la fusión de la zona del material próximo a la juntura.

Dicho dispositivo se diseñó de manera tal de permitir una presión prácticamente constante durante los períodos de calentamiento y de fusión. En la figura 2 se observa un esquema del montaje mecánico de las partes a unir conjuntamente con la juntura.

2.4. Soldadura de polímeros

Las soldaduras fueron realizadas colocando el sujetador polimérico que contiene las dos piezas con la junta, dentro de un horno de microondas de 2.45 GHz (Marshall MTI-17M de 700 watt). La presión mecánica en la zona de la junta fue provista por el sujetador, que posee una regulación para variar dicha presión inicial, que se mantiene prácticamente constante durante el período de calentamiento, disminuyendo ligeramente durante el período de fusión.



Figura 3: Conjunto de dos muestras de PEAD unidas por soldadura

En la figura 3 se puede apreciar la soldadura realizada sobre dos barras de 10 mm. de diámetro de polietileno de alta densidad. Se realizaron ensayos con distintos tipos de junta: en polvo, con material en suspensión con cera, con material en suspensión con vaselina, con material soluble pintado y con polímero sintetizado in-situ en ambas superficies a unir.

Las barras soldadas se ensayaron a la tracción con una máquina servohidráulica Amsler 6PZD 1406, empleando control de longitud, con una velocidad de ensayo de 7×10^{-5} m/seg. de separación de mordazas.

3. RESULTADOS

3.1. Soldaduras realizadas con polianilina en polvo

Se realizaron pruebas de soldadura de polietileno de alta densidad con juntas elaboradas con Polianilina en polvo, dopada con Acido Toluensulfónico, empleando en todos los casos un tiempo de exposición a microondas de 90 segundos. La variación de la resistencia mecánica en función de la cantidad de Polianilina en la junta se ve en la figura 4.

Como se puede apreciar en la figura 4, inicialmente aumenta la resistencia a la tracción de la soldadura con la incorporación de mayor cantidad de polianilina conductora en la junta; lo que se debe a que aumenta la energía absorbida en la zona de la junta, incrementándose en consecuencia la temperatura y fundiendo mayor cantidad de Polietileno situado en la zona próxima a la unión. Se observa además, que una mayor incorporación de polianilina a la junta, por sobre 0,08 gr., produce una disminución en la resistencia de la soldadura; a pesar de haber un calentamiento mayor; ello se debe a que dicha mayor cantidad de polianilina queda incorporada en la junta soldada, y al ser un elemento de baja cohesión, produce una disminución en la resistencia de la unión.

Se observó una resistencia mecánica de la unión soldada entre un 40 y 50 % de aquella intrínseca del Polietileno de alta densidad ($\sigma_{ET\ HDPE} = 21\text{ MPa}$).

En algunos casos excepcionales se consiguió una resistencia mecánica del 75 % del valor intrínseco, la que se obtuvo con una fuerte presión inicial entre las barras a ser soldadas. En éste último caso se consigue una importante rebarba de la unión soldada a la cual se arrastra buena parte de la polianilina, razón por la cuál ésta deja de formar parte de la unión, mejorando por consiguiente la resistencia mecánica debido a la falta de sustancias extrañas que debilitan.

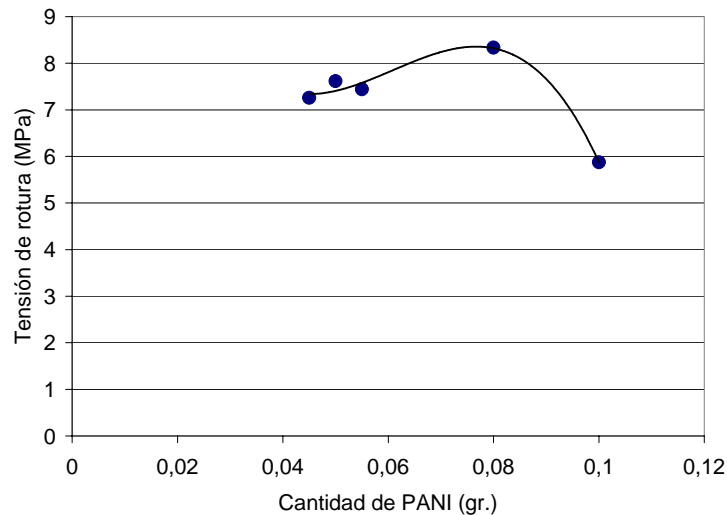


Figura 4: Resistencia mecánica de soldaduras en función de la cantidad de polianilina en juntas.

3.2. Soldaduras realizadas con polianilina en suspensión con cera

Fue preparado un material de junta mezclando polvo de polianilina dopada con ácido clorhídrico, con cera parafina fundida a 62 °C. Dicho material fue elaborado en forma de pequeñas pastillas del mismo diámetro de las barras a unir y unos 5 mm. de espesor, en varias series de distintas proporciones polianilina/cera, empleando en todos los casos una masa total de junta de 0,35 gr., procediéndose a realizar las soldaduras de polietileno de alta densidad con un tiempo de exposición a microondas de 90 seg. Luego de realizados los ensayos, se comprobó que la unión que contenía 35 % de polianilina y 65 % de cera, fué la de mejor performance, lográndose una muy satisfactoria resistencia mecánica promedio del 75 % de aquella intrínseca del polietileno de alta densidad, y una máxima del 95 % de dicho valor.

3.3. Soldaduras realizadas con polianilina en suspensión con vaselina

En este caso se elaboró un material de junta en pasta, realizando para ello una mezcla de polianilina dopada con ácido clorhídrico, con vaselina. Los ensayos se realizaron en polietileno de alta densidad con una junta de 0,25 gr. de pasta que contenía 29 % de polianilina y 71 % de vaselina, con un tiempo de exposición a microondas de 90 seg. Se logró una resistencia mecánica promedio de la junta soldada del 20 % de aquella intrínseca del polietileno de alta densidad, con un valor máximo del 26 %.

3.4. Soldaduras por realizadas con pintado con soluciones de polianilina

Para esta prueba, se prepararon las superficies a unir de polietileno de alta densidad, pintándolas con polianilina modificada formando la sal de diazonio, y disuelta en amoníaco o agua, y además, adecuadamente protonada para obtener luego del secado, una deposición eléctrica conductora. Se realizaron varias capas de deposición sobre cada superficie de junta. Los ensayos se efectuaron con un tiempo de exposición a microondas de 90 seg. Solamente se consiguieron juntas muy débiles desde el punto de vista mecánico.

3.5. Soldaduras realizadas con polímero sintetizado in-situ en ambas superficies a unir

Una propiedad interesante de la polianilina, es que puede ser polimerizada in-situ sobre una superficie adecuadamente tratada, quedando adherida a la misma. Precisamente se aprovechó tal posibilidad para realizar la preparación de las superficies a unir de polietileno de alta densidad. Debido a que los polímeros termoplásticos presentan baja tensión superficial, previo a la polimerización de polianilina in-situ, fue necesario la realización de un tratamiento oxidativo (mezcla sulfocrómica en caliente) para oxidar la superficie donde se debía efectuar la deposición, y así aumentar su hidrofiliidad y la adhesión de la polianilina.

Fueron preparadas dos series de muestras: la primera de ellas utilizando superficies de junta de polietileno totalmente lisas; y otra serie, donde se les dió una mayor rugosidad a las superficies de junta, mediante el tallado de ranuras por desprendimiento de viruta, para que aumentara la superficie y por lo tanto, aumentara también la cantidad másica de polímero conductor sintetizado in-situ. Luego de preparar así las juntas, se procedió a su exposición a microondas durante 90 seg. Fueron logradas las siguientes resistencias mecánicas promedio: para las barras con juntas de superficie lisa: 5,5 %; y para las barras con juntas de superficie rugosa: 44 %; ambas resistencias respecto de aquella intrínseca del polietileno de alta densidad.

3.6. Utilización de nanotubos de carbono

En este caso, las juntas fueron preparadas pintando las superficies a unir con una solución que contenía nanotubos de carbono modificados (ver parte experimental). Las soluciones para pintado se realizaron a partir del nanotubo modificado disuelto en agua. Las juntas preparadas con dicha pintura fueron expuestas a microondas durante 90 seg., y presentaron una resistencia mecánica del 27 % de aquella intrínseca del polietileno de alta densidad.

3.7. Utilización de pinturas orgánicas conductoras

La pintura PEDT se utiliza habitualmente para recubrimientos antiestáticos en películas fotográficas y en materiales para embalaje, electrodos para capacitores, plaquetas de circuitos impresos, diodos LED inorgánicos y diodos LED orgánicos, paneles, e instrumentos aeronáuticos.

El presente trabajo encuentra una aplicación adicional y muy interesante para esta pintura en la soldadura de polímeros termoplásticos, bajo la acción de microondas. Efectivamente, fue lo-

grado con éxito la soldadura de dos piezas de polietileno de alta densidad, mediante la preparación adecuada de las zonas a ser soldadas, que incluye la deposición de 2 o 3 capas de pintura PEDT, y la exposición a energía de microondas durante tiempos mayores a 15 segundos.

Las resistencias mecánicas obtenidas fueron en promedio del 33 % de aquella intrínseca del Polietileno de alta densidad, lográndose un máximo de resistencia del 66,5 % de dicho valor, utilizando en dicho caso una cantidad de 0,005 gr. de PEDT, con una exposición a microondas de 240 segundos, y con una fuerza de sujeción de 190 Newton.

La Tabla 1 muestra un resumen de los resultados obtenidos en las experiencias realizadas soldando polietileno de alta densidad.

Tabla 1: Resultados obtenidos de soldaduras de Polietileno de alta densidad.

Tipo de Juntura	Resistencia mecánica (con relación a la intrínseca del material)	
	Promedio	Máximo
PANI en polvo	45 %	75 %
PANI con cera	75 %	95 %
PANI con vaselina	20 %	26 %
películas pintadas (PANI soluble)	< 5 %	< 5 %
PANI in-situ (superficie lisa)	5,5 %	6 %
PANI in-situ (superficie rugosa)	44 %	56 %
Nanotubos de carbono	27 %	27 %
Pintura PEDT	33 %	66,5 %

3.8. Soldadura de Polipropileno

Procediendo de manera similar a la expuesta en 3.1, es decir con juntas con polianilina en polvo, pero esta vez realizando la soldadura de barras de 10 mm. de diámetro de polipropileno, fueron observadas resistencias mecánicas que en valor absoluto eran similares a aquellas obtenidas ensayando soldaduras de Polietileno de alta densidad. Sin embargo, el polipropileno utilizado tiene una resistencia mecánica mayor que el polietileno de alta densidad ensayado ($\sigma_{ET\ PP} = 39\text{ MPa}$), en definitiva, la unión soldada de polipropileno tiene una resistencia mecánica que varía entre un 15 y un 20 % con respecto a la resistencia intrínseca del Polipropileno utilizado, obteniéndose en algunos casos excepcionales una resistencia mecánica del 37 % del valor intrínseco.

También se realizó la prueba de soldadura de polipropileno empleando como material de junta, un injerto elaborado con mezcla de polipropileno fundido y diversos tipos de carbones molidos. Como resultado de ello, se obtuvieron soldaduras cuya resistencia variaba entre un 40% y un 82% de la resistencia intrínseca del polipropileno.

3. DISCUSION

Analizando los resultados obtenidos (Tabla 1 para polietileno, más los datos de soldadura de polipropileno), se puede afirmar lo siguiente:

1. Con películas por pintado de PANI, con vaselina, con deposición in-situ sobre superficie lisa, y con nanotubos de carbono, se logran uniones débiles.

2. Con películas depositadas in-situ sobre superficie rugosa, y con PANI en polvo, se consiguen uniones de resistencia moderada.
3. Con PANI disuelta en cera se consiguen uniones de resistencia mecánica muy satisfactoria.
4. Las mejores soldaduras de Polipropileno se obtuvieron con injertos elaborados con mezcla de polipropileno fundido y diversos tipos de carbones molidos.

4. CONCLUSIONES

Se ha avanzado en el estudio de factibilidad de utilización de polímeros conductores: polianilina (PANI) y nanotubos de carbono, para la soldadura de polímeros termoplásticos, empleando energía de microondas para el calentamiento localizado de la soldadura.

Ha sido analizado cómo afectan a la resistencia mecánica de la soldadura, diversas variantes del método, específicamente en lo referente a distintas formas de introducir el polímero conductor en la junta: en polvo, con material en suspensión con cera, con material en suspensión con vaselina, con material soluble pintado y con polímero sintetizado in-situ en ambas superficies a unir; estableciéndose algunos valores de dichas variables que contribuyen a optimizar el procedimiento.

El presente trabajo demuestra que el método de soldadura planteado puede emplearse en técnicas de fabricación de componentes poliméricos que requieran uniones débiles, moderadas o fuertes desde el punto de vista mecánico. En efecto, con la incorporación de una pequeña cantidad de polianilina, y en un tiempo muy reducido, se puede obtener una soldadura que puede ser satisfactoria, sin alterar al resto de la pieza y sin requerir contacto entre el equipo de soldadura y el material permitiendo operar en ambiente estéril.

5. REFERENCIAS

- [1] Astigarraga Urquiza y Astigarraga Aguirre, "Hornos de Alta Frecuencia y Microondas", Ed. McGraw-Hill, Madrid, 1995, Cap. 1 y 6.
- [2] P. Katrigamanathan, *Polymer*, 34, 1993, pp. 3105.
- [3] A. Epstein et al, *Society of Plastics Engineers ANTEC Technical Papers*, 37, 1991, pp. 755.
- [4] V. K. Varadan y V. V. Vardan, *Polymer Engineering and Science*, 31, 1991, pp. 470.
- [5] Chung-Yuan Wu y Avraham Benatar, *Polymer Eng. and Science*, 37, 1997, pp. 738-743.
- [6] Varela P. G., Kunusch Micone M. A., Miras M. C., Barbero C. A., *Jornadas Sam/ Cona- met-Simposio Materia 2003, Bariloche, Argentina, 2003.*
- [7] Ijima S., *Nature*. 354, 56, 1991.
- [8] Varela P. G., Kunusch Micone M. A., Miras M. C., Barbero C. A.: *Utilización de la Absorción de Microondas por Polímeros Conductores para la Soldadura de Polímeros Termoplásticos. Anales ARCHIPOL'05 - Los Cocos, (Cba.), Argentina.- Dec. 4th - 7th, 2005.*