

## **FABRICACION DE COMPONENTES TERMOPLASTICOS UTILIZANDO NUEVA TECNOLOGIA DE SOLDADURA**

Varela P.<sup>(1)</sup>, Kunusch Micone M.<sup>(1)</sup>, Cotella N.<sup>(1)</sup>, Montelongo L.<sup>(1)</sup> y Barbero C.<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Facultad de Ingeniería

<sup>(2)</sup> Departamento de Química

Universidad Nacional de Río Cuarto

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

### **RESUMEN**

La producción de piezas componentes de materiales termoplásticos está sujeta a la construcción de costosas matrices metálicas, a fin de poder inyectar en ellas el material en estado pastoso. La elaboración de dichas matrices se justifica económicamente cuando se va a fabricar una cantidad importante de piezas, puesto que entre ellas se puede dividir el costo de amortización de tan oneroso elemento. En dichas circunstancias, la producción de pequeñas series de piezas resulta excesivamente costosa por unidad elaborada. Diversos métodos alternativos de producción, tradicionalmente utilizados en metales, se basan en el empleo de técnicas de soldadura. Sin embargo, dicha técnica presenta serias dificultades cuando se intenta unir piezas de materiales termoplásticos, debido a las bajas conductividades térmicas y eléctricas de éstos últimos, lo cual hace imposible el empleo de las técnicas de soldadura habitualmente utilizadas en los metales. Recientemente se han desarrollado nuevas técnicas de soldadura de materiales termoplásticos, basados en el empleo de juntas que contienen materiales conductores, bajo la acción de energía de microondas. Una interesante aplicación de las mencionadas técnicas es la disminución de costos en la fabricación de equipos y componentes de materiales termoplásticos; especialmente de aquellos equipos que tengan un número determinado de componentes iguales; puesto que se los puede fabricar aplicando una matriz de costo más reducido para dicho elemento, y luego utilizar la mencionada tecnología de soldadura, para el ensamblaje de los mismos. En el presente trabajo se efectuaron ensayos de aplicación de dichas técnicas de soldadura, para la fabricación de componentes de bombas y turbinas hidráulicas. Se demuestra la conveniencia de utilización de las técnicas de soldadura relacionadas, para la aplicación estudiada.

**Palabras Claves:** Soldadura de plásticos, Fabricación de microturbinas, Microondas.

## **1. INTRODUCCIÓN**

Para proceder a la producción de piezas componentes de materiales termoplásticos, debe realizarse la construcción de costosas matrices metálicas, a los efectos de poder inyectar en ellas el material termoplástico en estado pastoso. La elaboración de dichas matrices se justifica cuando se va a fabricar una cantidad importante de piezas, puesto que en ellas se puede dividir el costo de amortización de tan costoso elemento. En dichas circunstancias, la producción de pequeñas series de piezas resulta excesivamente onerosa por unidad elaborada. Procesos alternativos de producción, tradicionalmente utilizados en metales, se basan en el empleo de técnicas de soldadura. Sin embargo, dicho proceso presenta serias dificultades cuando se intenta unir piezas de materiales termoplásticos, debido a las bajas conductividades térmicas y eléctricas de éstos últimos, lo cual hace imposible el empleo de las técnicas de soldadura utilizadas en los metales.

Por otra parte, actualmente están bien desarrolladas diversas técnicas de soldadura para materiales poliméricos termoplásticos, las cuales pueden agruparse en tres variantes, en función de la forma de la introducción de la energía para el calentamiento:

- a) Por movimiento mecánico, como por ejemplo las siguientes técnicas: Vibration Welding, Spin Welding, y Ultrasonic Welding.
- b) Por calentamiento externo, como por ejemplo las siguientes técnicas: Hot Plate, Hot gas, y Extrusion Welding.
- c) Por calentamiento electromagnético, como por ejemplo las siguientes técnicas: Infrared Heating, Laser Welding, e Induction Welding.

Existe otra técnica de soldadura, perteneciente al último grupo mencionado de calentamiento electromagnético, que consiste en Soldadura por Microondas, cuya técnica está aún en proceso de desarrollo.

Dicha técnica está basada en un proceso muy simple: cuando un material adecuadamente susceptible se somete a la acción de energía de microondas, éste se calienta por conversión de la radiación en energía térmica, consecuencia de los rozamientos internos que resultan del movimiento de las cargas eléctricas, bajo la influencia del campo eléctrico correspondiente [1].

Uno de los principales aspectos que aún no se ha cumplimentado en desarrollar, es justamente la selección del material susceptible a la energía de microondas. En tal sentido, en los últimos años se ha estudiado ampliamente la utilización de juntas basadas en polímeros conductores [2] [3] [4], específicamente 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, y además ya se han desarrollado los métodos para procesos continuos por microondas, que pueden ser usados para soldar componentes grandes y pequeños [1].

Durante los últimos 25 años han sido intensivamente estudiados una clase nueva de polímeros eléctricamente conductores, tales como poliacetileno, politiofeno, polipirrol y polianilina. Estos

materiales tienen buenas propiedades eléctricas, haciéndolos muy útiles para soldadura. Como en semiconductores, la conducción eléctrica de la polianilina depende del 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] [7] [10] realizaron pruebas de soldadura de polímeros termoplásticos utilizando polianilina y microondas.

En el presente trabajo se ha probado la utilización de la técnica de soldadura de materiales termoplásticos, basada en el empleo de juntas que contienen polímeros conductores, bajo la acción de energía de microondas, para la disminución de costos en la fabricación de equipos y componentes de materiales termoplásticos; especialmente de aquellos equipos que tengan un número determinado de componentes iguales; puesto que se los puede fabricar aplicando una matriz de costo más reducido para dicho elemento, y luego utilizar la mencionada tecnología, para el ensamblaje de los mismos.

Un interesante ejemplo de lo expuesto es la fabricación de microturbinas hidráulicas, destinadas a dotar de electricidad a zonas marginales serranas; empleando para ello la energía disponible de pequeños arroyos o cursos de agua. Dichos desarrollos se han realizado con éxito. Sin embargo, los mismos implican que los costos de producción de nuevas turbinas resulte excesivamente oneroso, teniendo en cuenta los costos asociados con la fabricación de matrices para las partes componentes de las mismas. Como tales turbinas consisten en numerosas partes idénticas (álabes), el presente trabajo aborda una manera de disminuir los costos de construcción, mediante el empleo de la citada tecnología de soldadura, y con la utilización de matrices más económicas para la confección de los álabes y otras partes componentes. Se apunta a lograr una significativa disminución de costos de fabricación, y en consecuencia, hacer más accesible la provisión de electricidad para los habitantes de zonas rurales marginales, fundamentalmente de las zonas serranas.

## **2. DESARROLLO EXPERIMENTAL**

Para lograr los objetivos propuestos, se partió del diseño de una turbina hidráulica de 1 KW [8] [9], que cumple con un alto rendimiento, un bajo costo de fabricación, instalación, explotación y mantenimiento.

Específicamente, nuestro trabajo se concentró en la fabricación del rodete, que es el elemento destinado a la conversión propiamente dicha de la energía del fluido en trabajo mecánico. La máquina seleccionada de 1 KW de potencia, tiene una velocidad de giro del generador de 2000 RPM, 3 m de altura efectiva, y un rendimiento estimado del 80 %; para lo cual es necesario un caudal circulante de 150 m<sup>3</sup>/h, lo que conduce a una máquina con rodete de hélice.

El rodete que está elaborado con polímero termoplástico, se puede apreciar en la figura 1, observándose que es de tipo hélice de cuatro álabes. Dichos álabes se encuentran insertos en un cubo, que posteriormente se colocará en el extremo del árbol de la turbina por medio de una

unión roscada. El Rotor posee un diámetro exterior de 130 mm siendo el espesor máximo del alabe en su raíz de 4,5 mm. Los ángulos de entrada y salida de los álabes del rotor están optimizados para un flujo de agua sin choques ni desprendimientos en las condiciones normales de trabajo.



*Figura 1: Vista en perspectiva del rodete utilizado.*

Como puede apreciarse en la figura 1, la fabricación del mencionado rodete de polímero termoplástico, requiere de la elaboración de una costosa matriz metálica, para proceder a la inyección del material plástico en ella. El alto costo de dicha matriz proviene de la complejidad de la forma del rodete, que tiene sus ángulos optimizados para un adecuado flujo del agua, lo cual se traduce en elevados costos de elaboración de la primera.

Como ya se ha expresado, nuestro trabajo consistió en elaborar por separado los álabes y el cubo donde se insertan los mismos, para posteriormente proceder a la soldadura de los mismos. Para ello fue necesario elaborar dos matrices muy simples, una para cada uno de los elementos mencionados.



*Figura 2: Herramental utilizado para el proceso de sujeción durante la soldadura.*

A los efectos de la realización de las soldaduras en microondas, fue necesaria la elaboración

del herramental para permitir la sujeción de las partes entre sí durante el proceso de calentamiento. Las piezas de dicho herramental fueron construídas de material transparente a microondas, y a la vez de alto punto de fusión y fácil procesamiento (en nuestro caso fue utilizado politetrafluoroetileno). En la figura 2 se puede apreciar una fotografía de las piezas componentes del mencionado herramental. Cabe destacar que dichas piezas de sujeción no necesitan ser inyectadas en molde, puesto que no requieren ser de forma precisa porque simplemente sostienen las piezas a unir. Se las elaboró realizando una preforma en chapa delgada, y situando el mencionado polímero sobre dicha preforma en un horno eléctrico a 325 °C, algunos grados por encima de la temperatura de fusión de dicho termoplástico; el cual cuando se fundió llenó la cavidad elaborada con chapa.

Con la técnica empleada, las soldaduras fueron alcanzadas luego de 60 segundos de exposición a microondas, durante los cuales y de un tiempo de unos 5 minutos posteriores a la misma, debe mantenerse una presión de sujeción entre las partes a soldar. Para ello fue utilizado un horno de microondas especialmente adaptado, con un orificio practicado en el mismo, que permite la introducción de un vástago sobre el cual actúa un cilindro neumático, lo cual permite aplicar la presión adecuada entre las partes componentes, y sumado al aumento de temperatura en la zona de juntura por la acción de las microondas, permita la soldadura entre dichas partes.

En la figura 3 se puede apreciar un rotor en elaboración con 2 alabes ya soldados, y los otros en proceso previo a la soldadura. Se pueden apreciar además en color blanco, distintas partes del herramental utilizado para la sujeción de los álabes durante la soldadura.

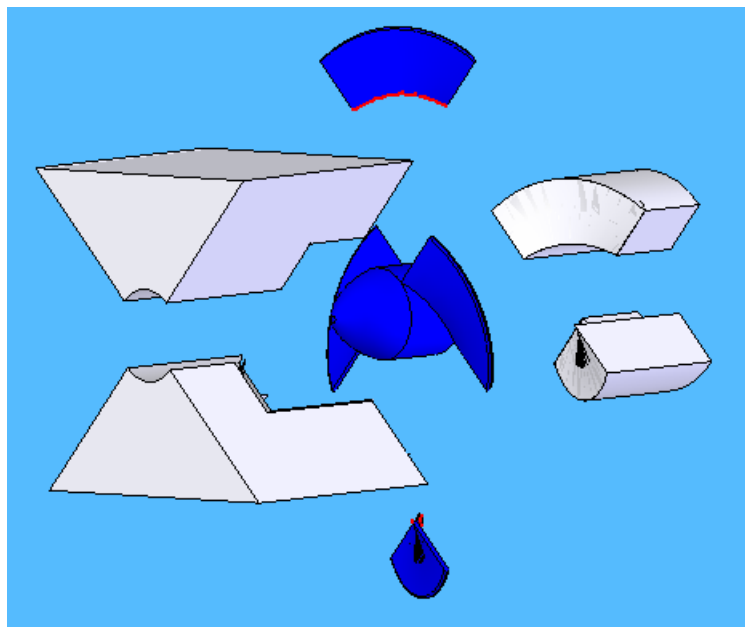


Figura 3: Esquema del montaje previo a la soldadura de 2 alabes en el rotor.

El procedimiento completo realizado se describe así: Primeramente se sujetan dos álabes opuestos que serán soldados, mediante el empleo de dos piezas del herramental precedente-

mente descrito, lo cual se detalla en la figura 4.

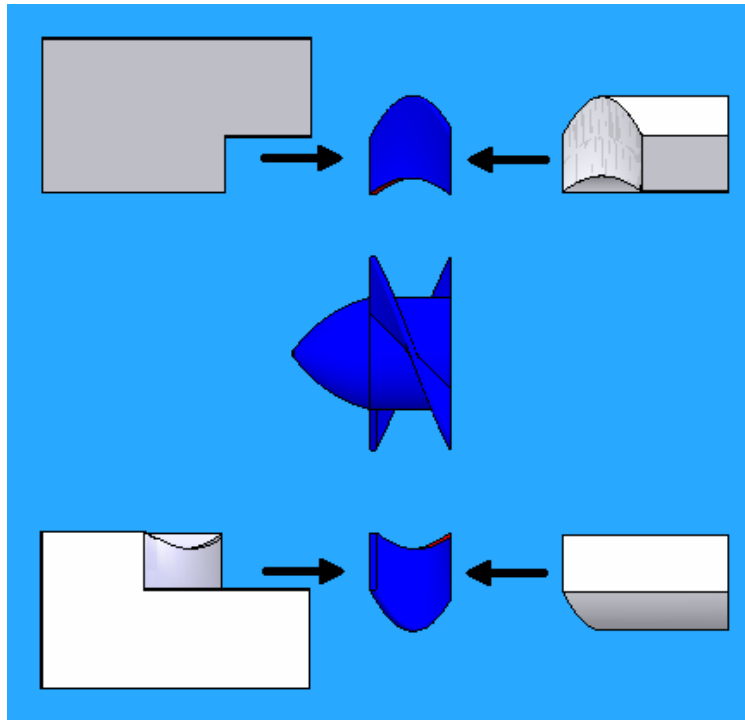


Figura 4: Sujeción de dos álabes, previo a la soldadura, parte I.

Seguidamente se aproximan dichos álabes al núcleo, intercalando el material de juntura basado en polianilina dopada (para que se caliente por la energía de microondas, promoviendo la soldadura); y al mismo tiempo se ejerce presión entre las partes a soldar por medio del cilindro neumático (figura 5).

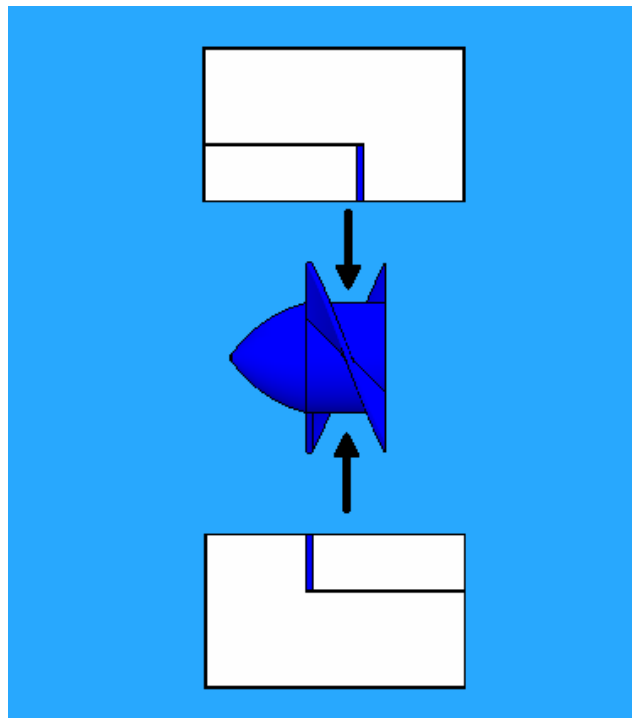


Figura 5: Sujeción de dos álabes, previo a la soldadura, parte II.

El ensamble ya está listo para la exposición a energía de microondas, lo cual se realizó durante períodos de 60 segundos, dejando todo enfriar con la presión del cilindro neumático.

Fueron alcanzadas soldaduras cuya resistencia oscilaba en alrededor del 70 % de la resistencia mecánica del polímero original, razón por la cuál, para la implementación de la técnica expuesta, es necesario sobredimensionar el conjunto. Adicionalmente puede mejorarse la resistencia mecánica de las uniones, mediante un adecuado diseño de las partes componentes, que incluya un encastre entre las mismas, previo a la soldadura.

### **3. CONCLUSIONES**

Se ha avanzado en la factibilidad de implementación de una tecnología de soldadura de materiales termoplásticos, la cual está aún en etapa de desarrollo.

Se ha demostrado que se pueden obtener soldaduras de resistencia mecánica razonable (aunque inferior a la intrínseca del material), empleando matrices y herramental de costo relativamente reducido, en un breve tiempo de procesamiento; lográndose la fabricación de una micro-turbina hidráulica.

El presente trabajo demuestra que el método de soldadura planteado puede emplearse para la elaboración de un componente de equipamiento de microturbina hidráulica, pudiendo extrapolarse que el mismo también puede ser utilizado para la elaboración de partes componentes de otros equipos hidráulicos, como por ejemplo bombas de agua centrífugas.

Se demuestra la utilidad de la mencionada técnica de soldadura, para lograr la disminución de costos de elaboración de componentes termoplásticos.

### **4. 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 y A. MacDiarmid, *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 Engineering and Science*, 37, 1997, pp. 738-743.
- [6] Varela P. G., Kunsch Micone M. A., Miras M. C., Barbero C. A., *Jornadas Sam/ Cona- met-Simposio Materia 2003, Bariloche, Argentina, 2003.*
- [7] Varela P. G., Kunsch Micote 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 - III Argentine-Chilean Polymer Symposium - VII Argentine Polymer Symposium - VII Chilean Symposium of Polymer Chemistry and Physical-Chemistry. Los Cocos, (Cba.), Argentina.- Dec. 4th - 7th, 2005.*

- [8] N. Cotella, P. Varela, O. Villagra, R. Kohl.- "Diseño y Construcción de una Microturbina Hidráulica de 1 KW". XXV Reunión de Trabajo de la ASADES, Asociación Argentina de Energías Renovables y Ambiente, y la XI Reunión de IASEE-Argentina, Sección Argentina de la Asociación Internacional para la Educación en Energía Solar. Buenos Aires, 23 al 26 de octubre de 2002.
- [9] N. Cotella, P. Varela, S. Antonelli , J. Ramoska, A. Manelli.- "Desarrollo de Picoturbinas Hidráulicas de Reducido Costo para Generación Eléctrica Aislada". Revista "Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente", Vol. 10, 2006. ISSN 0329-5184. pp 01-45 al 01-51.
- [10] Pablo Gerardo Varela, Martín Alejandro Kunusch Micone, Nelson Gustavo Cotella, César Alfredo Barbero.- "Nuevo Procedimiento para la Soldadura de Polimeros Termoplásticos". 3ª Jornada AAS-AWS Río de la Plata / IAS sobre soldadura. San Nicolás, 6 al 9 de Noviembre de 2006.-