



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 28 MARZO 2010

## “SOLDADURA POR ULTRASONIDOS”

AUTORÍA <b>FRANCISCO GUTIÉRREZ MELERO</b>
TEMÁTICA <b>TECNOLOGÍA. PROPIEDADES DE MATERIALES</b>
ETAPA <b>ESO</b>

### Resumen

Según la L.O.E. (2/2006) y la L.E.A. (17/2007) establecen entre sus fines, la adquisición de hábitos intelectuales y técnicas de trabajo, conocimientos científicos, técnicos... para desarrollar dicho fin, el artículo que desarrollo va dirigido a los alumnos de la ESO y Bachillerato. En él, vamos a estudiar los siguientes principios de los ultrasonidos aplicados a la vida industrial, principalmente a la soldadura. mediante la cual se puede dar una transformación de energía eléctrica en energía térmica; además se expondrán de forma breve otras aplicaciones y finalmente se plantean características de los parámetros más influyentes para alcanzar los mejores resultados en la uniones.

Con dichos contenidos se pretende es que los alumnos adquieran y desarrollen la competencia en el conocimiento de Materiales de Uso Técnico.

### Palabras clave

Ultrasonido

Sonotrodo

Red Cristalina

Yunque

Generador

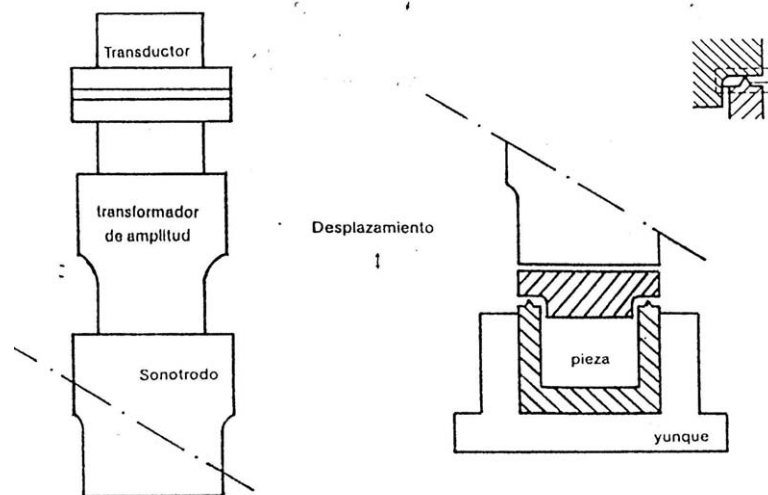
Amplitud

## 1.-PRINCIPIO DE SOLDADURA POR ULTRASONICA

El principio de la soldadura por ultrasonidos, se basa en la transformación de la energía eléctrica en energía térmica, mediante el siguiente proceso:

Partiendo de la corriente alterna industrial de 220V a 50 Hz., un generador se encarga de transformarla en corriente alterna de alta frecuencia, que oscila entre 20 y 50 KHz. según el caso. Esta corriente es convertida mediante un transductor piezoeléctrico, en vibraciones mecánicas de igual intensidad, las cuales son transmitidas por el sonotrodo (aplicado perpendicularmente a la superficie de la pieza a soldar) al director de energía. Estas vibraciones ultrasónicas, hacen frotar la parte superior de la pieza contra la inferior siguiendo un sistema de ondas estacionarias con un máximo de amplitud a nivel de contacto entre las dos piezas a ensamblar, creándose en la zona de contacto de estas dos piezas, un calor producido por la fricción (energía calorífica), que plastifica localmente el material y une ambas partes molecularmente, de manera inseparable, en fracciones e segundo.

Por las causas indicadas anteriormente en otro apartado, es indispensable que las dos piezas hayan sido construidas con material termoplástico de igual o similar punto de fusión.



**Figura 1**

La calidad de una unión por este sistema es muy regular, ya que la transmisión de energía y en consecuencia el calor interno liberado, son constantes y limitados a la zona de unión.

Las condiciones en que deben realizarse las soldaduras, dependen del tipo de plástico, de la geometría de la pieza y de la situación y formas de las superficies a unir, sin olvidar las características de la maquinaria.

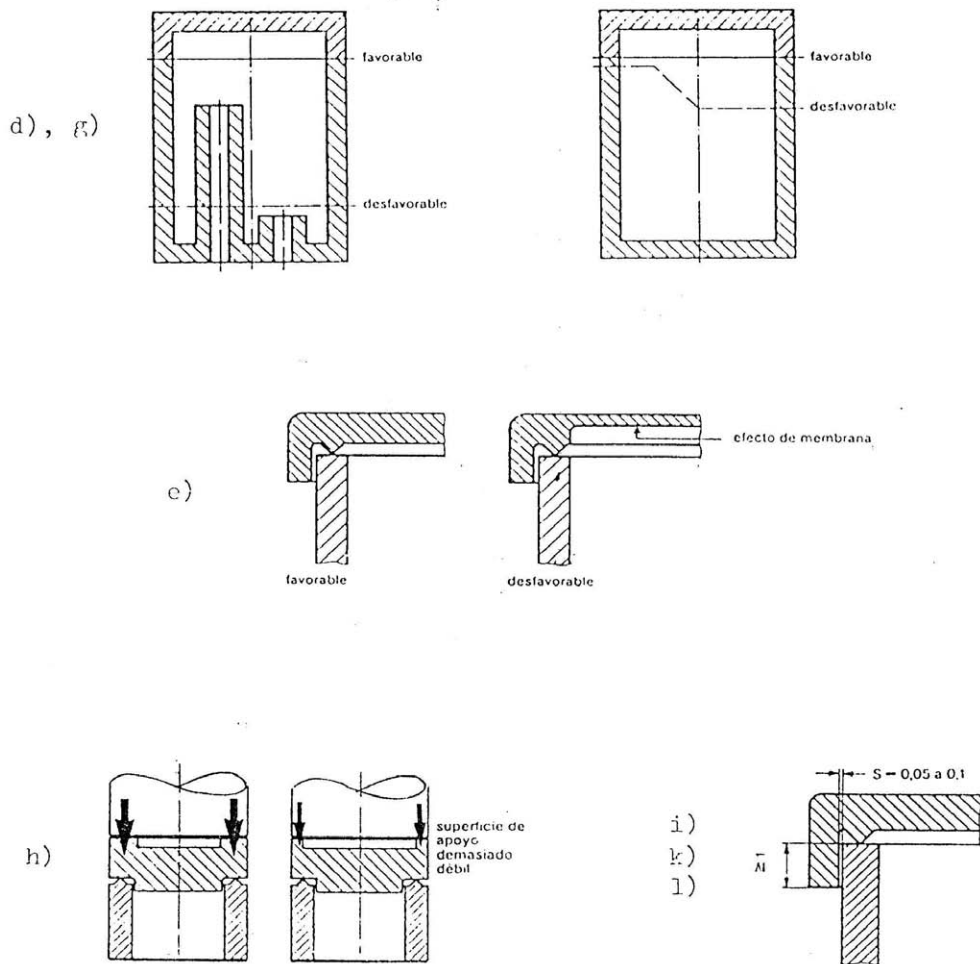


ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 N° 28 MARZO 2010

En general deberán optimizarse varias etapas, con el fin de corregir las piezas moldeadas. Se recomienda templar los moldes de inyección, una vez corregidas las piezas.

### 1.1.- Puntos a tener en cuenta para una correcta soldadura.

- a) Para un ensamblado óptimo, la superficie de unión debe diseñarse con vistas a la soldadura (ver directores de energía).
- b) De ser posible, la costura de soldadura debe encontrarse en el campo cercano.
- c) Que la energía vibratoria se encuentre en un punto determinado, y de ser posible, solo actúe en el mismo. Ello es función de los directores de energía.
- d) Diseñar el plano de separación, de manera que facilite la soldadura sin perjudicar al buen funcionamiento de la pieza.
- e) Las piezas a soldar, deben haber sido diseñadas de modo que conserven la estabilidad de forma; lo que implica dimensionar suficientemente las paredes que absorben la energía sonora, de manera que se evite el efecto membrana.
- f) Redondear suficientemente los ángulos, aristas y zonas de transición, a fin de evitar el efecto de entalladura.
- g) Situar la costura de soldadura en un solo plano.
- h) Que la superficie de apoyo del sonotrodo sea suficientemente dimensionada.
- i) Que el ensamblaje sea correcto, ni insuficiente (gripaje) ni excesivo.
- j) Fabricar siempre que sea posible, mediante inyección de precisión.
- k) Que las piezas a ensamblar estén bien centradas, y que conserven su posición al actuar la energía vibratoria.
- l) La altura del centraje no deberá ser inferior a 1mm.
- m) Que las espigas, nervios, lengüetas, etc. que sobresalgan, no puedan resonar al actuar los ultrasonidos ni fundirse o deteriorarse. Se puede remediar practicando radios superiores, apoyos suplementarios o soportes elásticos.
- n) Tener en cuenta, las fuerzas que han de soportar las piezas una vez soldadas: tracción, rotación, presión, impactos, etc.



**Figura 2**

**1.2.- Agentes negativos o que impiden la soldadura:**

**Los pigmentos:** Las diferentes pigmentaciones, pueden hacer variar las características de la soldadura, pudiéndose corregir en la mayoría de los casos mediante la amplitud o el tiempo de soldadura.

**La humedad:** La absorción de humedad, disminuye considerablemente la soldabilidad, como el caso de la poliamida inyectada. Se puede evitar soldando la pieza inmediatamente después de su inyección o secándola antes de soldarla con una estufa.

**Cargas y productos de refuerzo:** Las cargas de butadieno en los materiales de impacto, disminuyen la soldabilidad, ya que los vuelve absorbentes. La fibra de vidrio mejora la soldabilidad.

**Efecto piel y oxidación:** Se observa en la poliamida e impide la soldadura.



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 N° 28 MARZO 2010

Los desmoldeadores: Especialmente los siliconados y en general cualquiera de ellos, impiden cualquier soldadura por ultrasonidos.

### **1.3.- Notas para optimizar la soldadura**

Situar la pieza más ligera en contacto con el sonotrodo.

En materiales de difícil soldadura, el director de energía debe estar en la pieza que toma contacto con el sonotrodo.

En materiales diferentes, el más duro debe ser portador del director de energía y que tome contacto con el sonotrodo.

Las piezas a soldar deben ser dimensionalmente estables y carecer en amplio grado de presiones internas. Pueden lograrse procediendo de acuerdo a las normas de inyección de precisión.

Condiciones a tener en cuenta para obtener piezas de gran calidad

Situaciones y secciones del punto de inyección, acordes con el material y la pieza.

Condiciones óptimas de transformación, especialmente en la elección correcta de la temperatura de la masa y el molde.

Temperado óptimo del molde.

Evitar los moldes múltiples, en los que se inyectan varias piezas distintas a la vez.

Tener en cuenta la postcontracción, para obtener piezas dimensionalmente estables.

## **2.- APLICACIONES DE LOS ULTRASONIDOS EN TERMOPLASTICOS**

### **2.1.- Soldadura**

La correcta aplicación de los diferentes apartados descritos en este manual, permitirán realizar una buena soldadura en cada una de las piezas que precisen de un correcto ensamblado.

Soldadura en continuo

La soldadura en continuo o cosido, se realiza en máquinas especiales de diseño y construcción, con graduación de velocidad, presión y elemento corrector de las diferencias existentes en el material.

Los utillajes pueden diseñarse para una costura continua o discontinua.

Permite la soldadura en láminas, tejidos de punto y tejidos sin textura que contengan una base mínima del 65% de material termoplástico tal como fibras acrílicas, nylon, polipropileno o poliéster.

La facilidad de su manejo, la casi total eliminación de averías y la anulación de paros producidos en los sistemas tradicionales de cosido, permite obtener una buena fiabilidad y rentabilidad.

Soldadura por puntos

Indicada para piezas de gran superficie, piezas con poca accesibilidad, en trabajos a pie de obra, en el desarrollo de nuevas piezas, etc.

En general su aplicación se realiza a pistola, con tiempos de soldadura muy cortos.

El sistema permite unir planchas termoplásticas de hasta aproximadamente unos 8mm de espesor.

Principio de funcionamiento: Mediante las vibraciones ultrasónicas, el sonotrodo traspasa la placa plástica superior y penetra hasta la mitad del espesor de la inferior. El material termoplástico fundido localmente en las dos placas, se desliza y eleva por los contornos del sonotrodo, hasta situarse en su cavidad superior en forma de anillo, a la vez que se produce un rozamiento entre las dos placas produciendo una soldadura a nivel molecular de forma estable e irrompible, quedando el conjunto, en décimas de segundo, con acabado estético y resistente a grandes fuerzas de tracción y rotación.

Existe la posibilidad de intercalar un tejido en forma de malla confeccionado de cualquier material.

Diseño de la punta de un sonotrodo, para la soldadura por puntos:

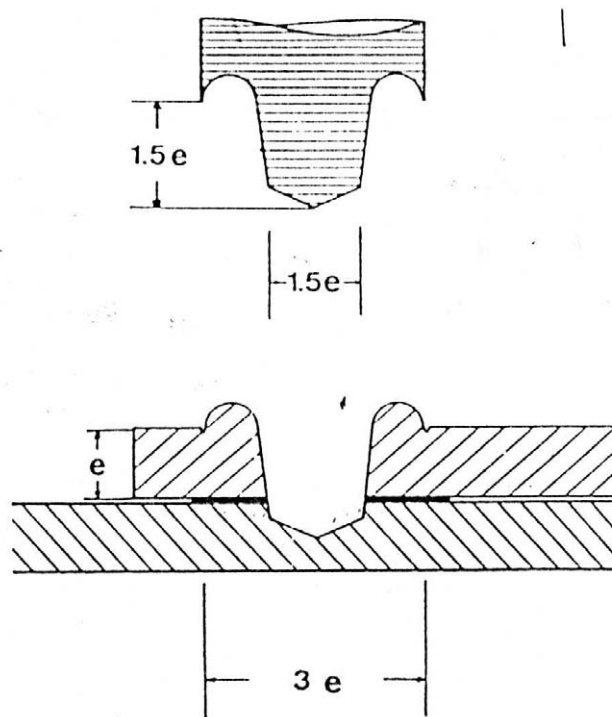


Figura 3

## 2.2.- Remachado

Un pasador o tetón de materia termoplástica, obtenido generalmente por inyección, se plastifica mediante el contacto con las vibraciones ultrasónicas emitidas por el sonotrodo, formando una cabeza de remache, cuya forma la determina el dibujo inscrito en la punta del sonotrodo. (Este proceso sigue el mismo principio de funcionamiento descrito en la soldadura).

Con una duración entre 0,5 y 2 segundos, el sonotrodo funde y enfría la cabeza de remache, anulando la elasticidad de recuperación del material; el material no se sobrecarga térmicamente ni se degrada, ya que el sonotrodo siempre trabaja frío.

El remachado permite ensamblar un elemento termoplástico con una placa metálica de cualquier material.

Para este tipo de aplicación, la amplitud del sonotrodo debe ser muy elevada.

Se pueden utilizar sonotrodos múltiples, para efectuar varios remaches simultáneamente, y sonotrodos provistos de sección de corte, para anular el material sobrante, si el diseño así lo requiere.

Debe tenerse en cuenta:

Redondear suficientemente los ángulos de la base del tetón.

Diseñar el tetón con una pequeña conicidad (sobre los  $4^\circ$ ).

Evitar los tetones largos y finos, así como los cortos que no llenen completamente la cavidad del sonotrodo.

Otras aplicaciones:

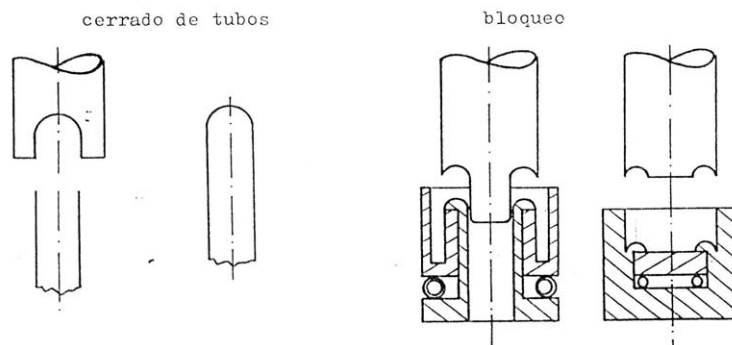
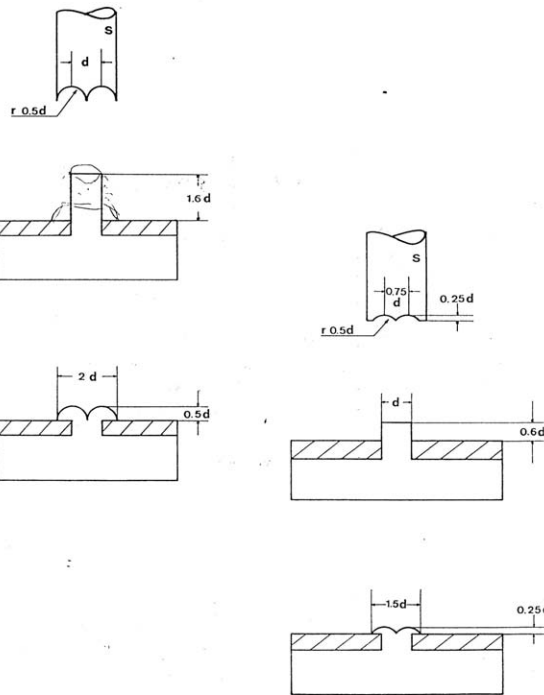


Figura 4

Diseño y cálculo de la punta de un sonotrodo para remachar:



**Figura 5**

### 2.3.- Soldadura de espigas

Una variante entre el remachado y la inserción, es la soldadura de espigas. Con tiempos muy rápidos de soldadura (inferiores a 0,5 segundos), nos permite unir de forma muy segura, uno o varios puntos de la pieza a ensamblar.

El diámetro de la espiga y la profundidad de la soldadura determinan su resistencia, estando en su punto máximo cuando la mitad del diámetro de la espiga equivale a la profundidad de la soldadura.

En la boca de admisión o en el extremo de la espiga, es necesario un pequeño escalón de admisión de unos 3mm.

Para soldar las dos piezas a ras, es necesario un rebaje en la base de la espiga, a fin de que absorba el material sobrante.

Diseño, formas y resultados:



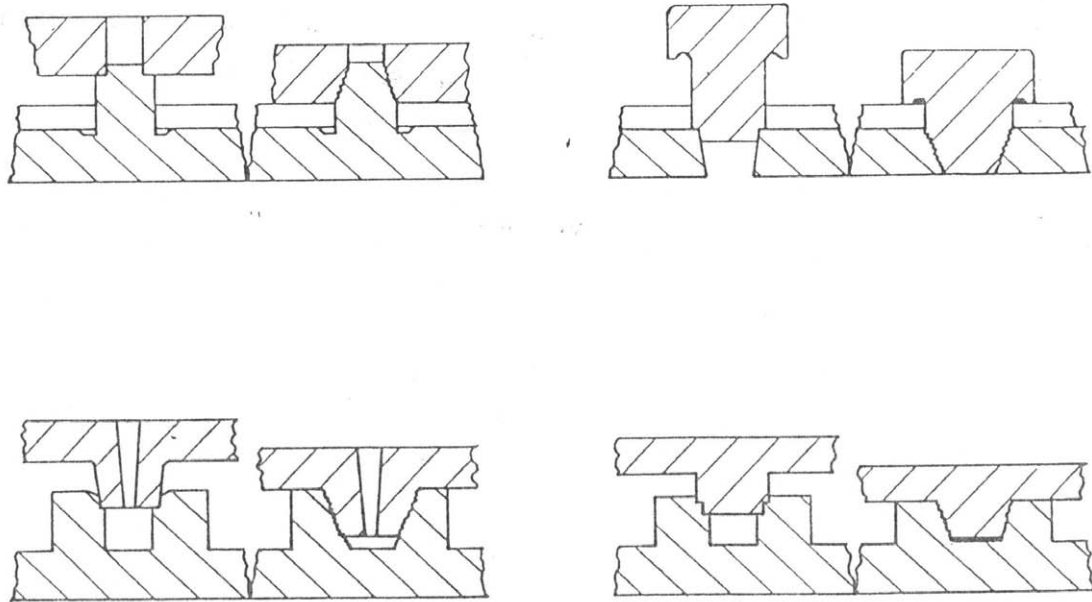


Figura 6

#### 2.4.- Inserción

Con tiempos generalmente inferiores a 1 segundo, la colocación mediante ultrasonidos de insertos metálicos o de otros materiales en un termoplástico, sustituye con ventajas al procedimiento de colocación por moldeo y permite una máxima rentabilidad a las máquinas de inyección.

La aplicación de la técnica de ultrasonidos, no afecta a las tolerancias críticas ni a las tensiones internas del material; tampoco existe peligro de deformación de la pieza.

Principio de funcionamiento: La pieza metálica en contacto con el sonotrodo, permite el paso de las vibraciones ultrasónicas hasta la superficie de contacto con el plástico, en donde la energía vibratoria se transforma en energía calorífica, produciendo una fusión circundante que permite la entrada del inserto y la distribución uniforme del material plastificado en los ranurados del inserto, obteniéndose unos pares de fuerza de rotación y abstracción altamente resistentes.

Base de cálculo:

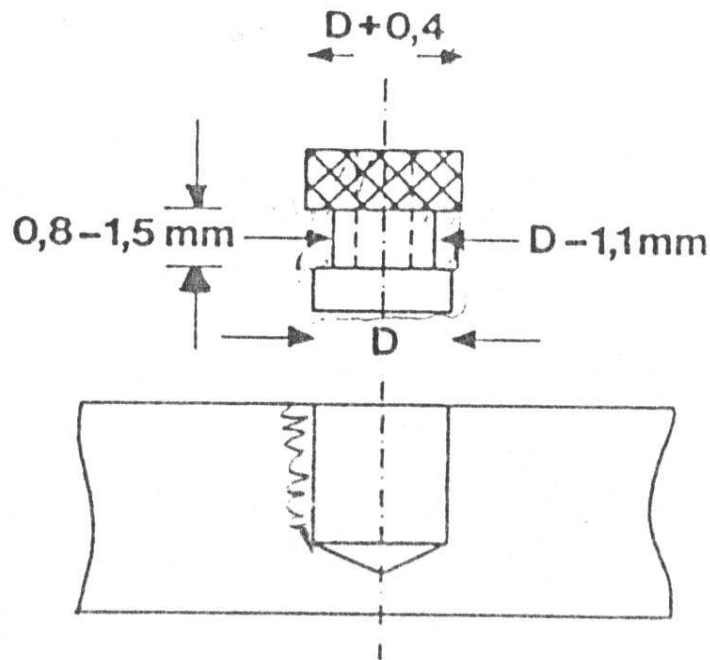


Figura 7

## 2.5.- Separación

El separar piezas de las ramificaciones del mazarote de inyección mediante ultrasonidos, aventaja eficazmente a cualquier otro sistema utilizado.

Principio de funcionamiento: El contacto del sonotrodo con las ramificaciones, convierte a estas en transmisoras de ondas estacionarias de fuerte amplitud. En el punto de entrada del material a la pieza moldeada, se produce tensión y provoca la fusión de los capilares de unión, dando paso a la separación de todas las piezas y a la eliminación de sus rebabas.

El polietileno y el polipropileno deben separarse por corte directo.

Diseño:

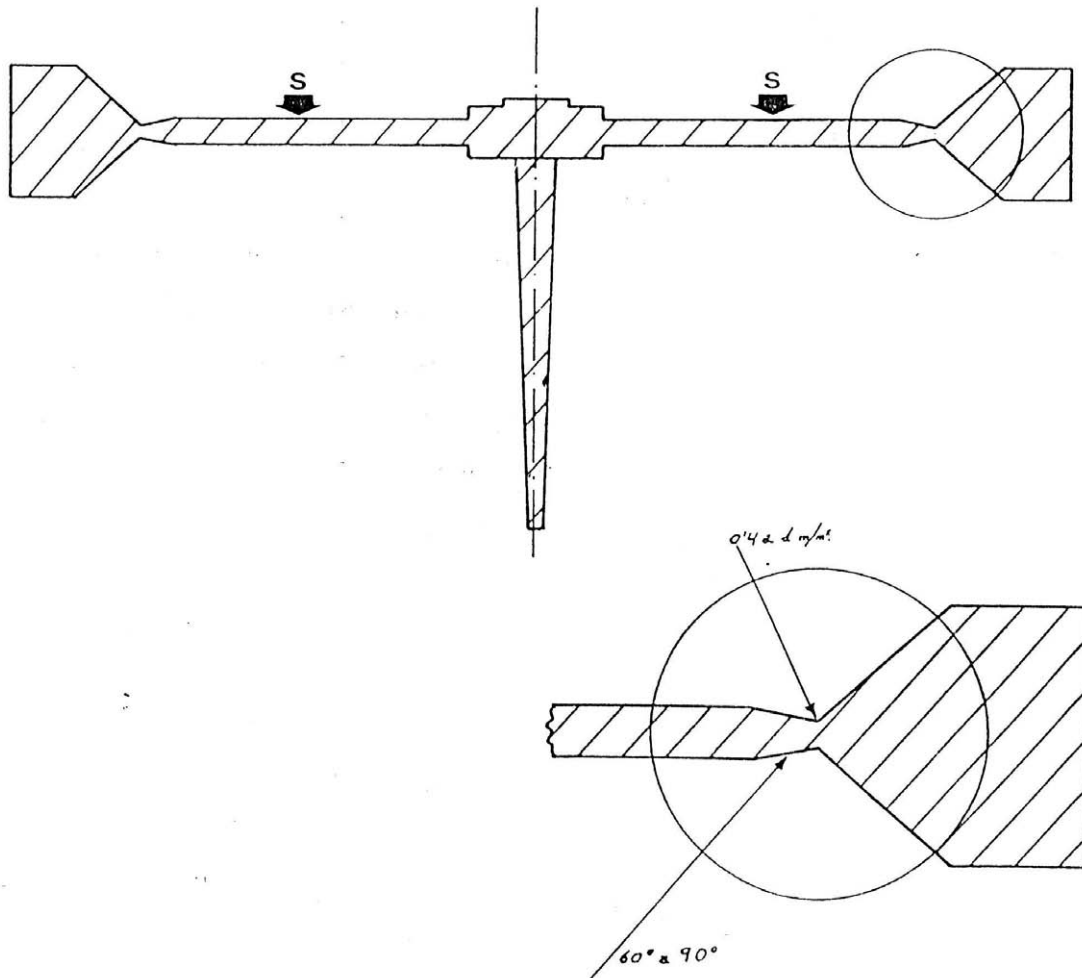


Figura 8

## 2.6.- Marcas

Con el mismo equipo de soldadura, se pueden efectuar marcas en materiales termoplásticos y en metales no féreos, evitando con ello las desventajas de algunos de los procedimientos tradicionales.

## 2.7.- Corte

Efectuar el corte de una rebaba de moldeo mediante un sonotrodo de cuchilla, es otra de las aplicaciones de los ultrasonidos. Esta operación también se utiliza para separar dos piezas.

Con un sonotrodo combinado, podemos:

- Soldar y cortar

- Remachar y cortar
- Marcar y cortar

Diseño:

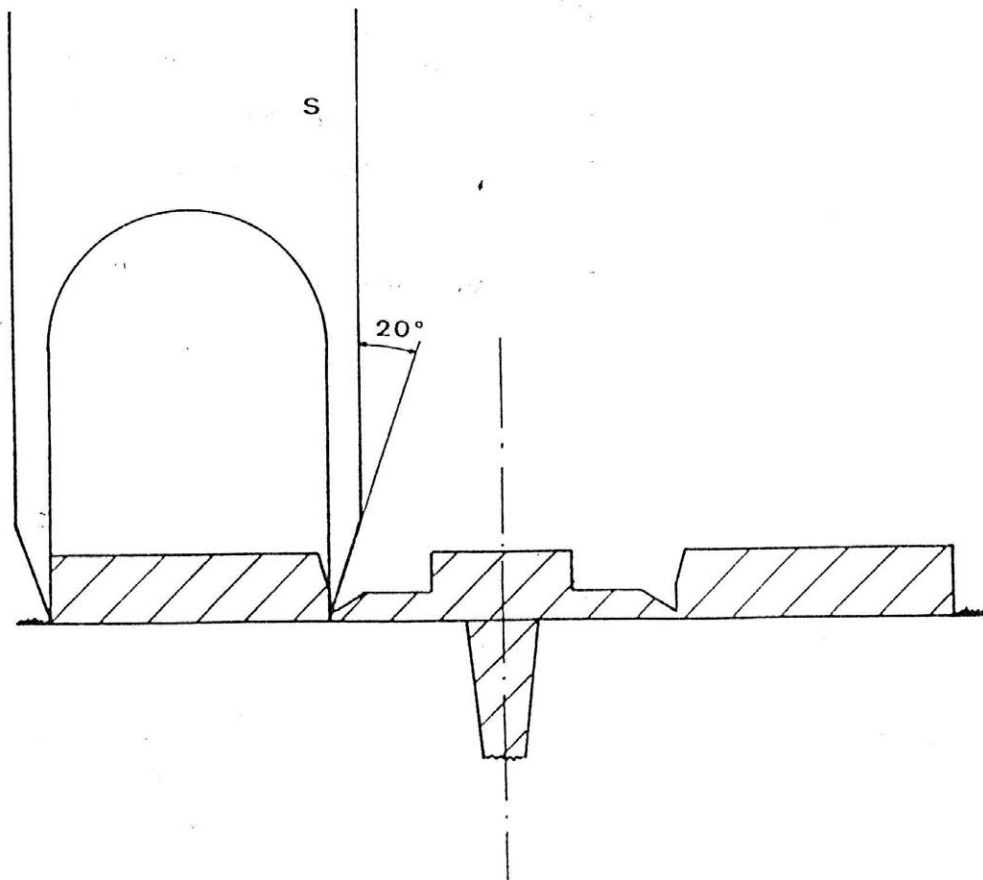


Figura 9

## 2.8.- Sobremoldeado

Las ilustraciones darán un claro ejemplo de esta operación.

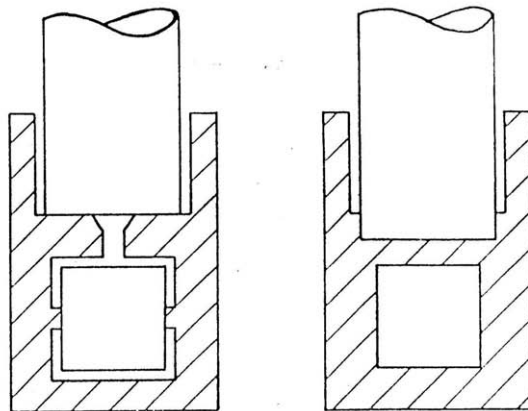
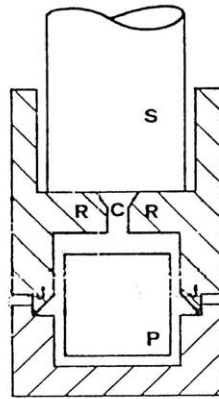


Figura 10

- S Sonotrodo
- C Canal de aportación de material
- P Pieza metálica
- J Junta de soldadura
- R Zona de reserva de material



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 N° 28 MARZO 2010

### 3.- UTILLAJE Y REGULACIÓN

#### 3.1.- Sonotrodo

El principio de funcionamiento de un sonotrodo o Horn, es similar al producido en la experiencia de Melde, sobre el comportamiento de la extremidad libre en una cuerda vibrante.

El sonotrodo refuerza y transmite concentradamente las oscilaciones mecánicas emitidas por el transductor, a la pieza a soldar.

Su superficie de apoyo, debe de adaptarse correctamente al contorno de la pieza a tratar, con el fin de que el sentido de la oscilación se encuentre verticalmente y con la mayor exactitud posible con respecto al director de energía.

Debe ser construido en resonancia con la frecuencia nominal del transductor. Su relación de masas configura la fuerza deseada o amplitud. Se puede diseñar con mayor emisión de fuerza y menor amplitud o mayor amplitud y menor emisión de fuerza.

Cuando no es posible obtener la amplitud deseada en la fabricación de un sonotrodo, por su forma o relación entrada/salida, se recurre a modificar la amplitud mediante el empleo de los boosters.

La oscilación del sonotrodo se produce por el prensado y dilatación de la textura de su material, la cual está sujeta a cargas extremadamente intensas. El esfuerzo del material está en proporción a la amplitud de la oscilación, y por tanto se destruye al rebasar los límites de amplitud específicos para cada sonotrodo.

Los sonotrodos se fabrican con aleaciones de titanio altamente resistentes y con excelentes propiedades acústicas; también se utilizan aleaciones de aluminio y en casos de escasa amplitud, de acero.

Son diversas las formas que puede adoptar un sonotrodo, ya que en su diseño y cálculo intervienen varios factores:

- Naturaleza del material a soldar.
- Forma y dimensión de la pieza.
- Operación a realizar.
- Amplitud suministrada por el generador/transductor.
- Booster a emplear.
- Material del sonotrodo.
- Dimensiones de la forma del sonotrodo.

De entre las formas básicas destacan:

- Sonotrodos redondos rectos, redondos catenoidales, redondos exponenciales y redondos escalonados.



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 N° 28 MARZO 2010

- Sonotrodos campana.
- Sonotrodos rectangulares o de pala y cuadrados.

### **Base o yunque**

El diseño de esta pieza debe permitir un buen anclaje en una de las dos partes de la pieza a ensamblar, y a su vez una rápida colocación y abstracción de dicha pieza.

Se puede construir de diversos materiales, tales como: hierro, aluminio, resinas, etc.

Parámetros regulables que permiten realizar una buena soldadura

Ajuste de la amplitud en las vibraciones

La amplitud de las vibraciones deberá corresponder a las características de cada material termoplástico y al problema de la soldadura en sí.

La amplitud requerida en cada caso, debe ser calculada en la fabricación del sonotrodo; no obstante, se puede variar posteriormente mediante los boosters.

Reglaje de la presión de unión (1 a 6 atmósferas)

La presión ejercida en la soldadura, deberá ajustarse de acuerdo con la amplitud y el tiempo de soldadura.

Gran Amplitud = Escasa Presión

Escasa Amplitud = Fuerte Presión

Tiempo de soldadura (0,1 a 3 segundos)

Se establece por tanteo en cada una de las piezas a soldar, ajustándose a las características finales de la pieza (estética, estanqueidad, precisión, etc.)

Tiempo de reposo o enfriamiento

Es el tiempo necesario para permitir el enfriamiento de la pieza, siendo variable en cada caso, con una duración entre 0,2 y 2 segundos.

Potencia del generador

Está en relación con el material, el volumen de la pieza y la operación a realizar. Influye en el ajuste de la amplitud.

Momento de inicio o disparo de los ultrasonidos

Ajustable en cada caso, podemos hacer vibrar el sonotrodo antes de tomar contacto con la pieza, en el momento de la toma de contacto o una vez ejercida la presión sobre la pieza.

### **Topes mecánicos o eléctricos**

Que nos permitirán establecer cotas muy exactas entre las dos piezas a ensamblar.



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 N° 28 MARZO 2010

#### 4.- PARÁMETRIZACIÓN DE LA AMPLITUD PARA SOLDAR.

Casos en que se debe aumentar la amplitud

- Cuando los tiempos de soldadura son muy largos.
- Si la presión que necesitamos, bloquea el equipo.
- Si existen dificultades en transmitir la energía hasta los directores de energía.
- Al pasar las vibraciones a través de los directores de energía sin producir calor.
- Cuando la fusión en el remachado no se produce en el extremo de contacto con el sonotrodo.

Casos en que se debe disminuir la amplitud

- Cuando el inserto metálico se fisura.
- Cuando las piezas se astillan.
- Si el sistema se bloquea.
- Cuando se crea una acumulación de calor en el nodo del sonotrodo.
- Cuando aparecen marcas en las piezas.
- Si con una presión baja, el equipo se bloquea.
- Si la carga del generador es nula o insuficiente.

#### BIBLIOGRAFÍA

- P. L. CHULÓSHNIKOV. *Soldadura de Contacto*. Mir. 1978
- ROLT HAMMOND. *Soldadura automática*. E.D. URMO, 1981
- BENSON CARLIN. *Ultrasónica*. E.D. URMO, 1979
- P HEMARDINQUER. *Técnicas ultrasónicas. Generadores de Ultrasonidos: Aplicaciones Prácticas, técnicas e industriales*. E.D. Hispano Europea, 1969.
- P. FRENCH. *Vibraciones y Ondas*. E. D. Reverté.
- ROBERT F. STEIDEL, JR. *Introducción al estudio de las vibraciones mecánicas*. E.D. CECSA, 1981

Autoría

---

- Nombre y Apellidos: FRANCISCO GUTIÉRREZ MELERO





ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 28 MARZO 2010

- Centro, localidad, provincia: Jaén
- E-mail: francisco.gutierrez.melero@gmail.com