

La Soldadura por Puntos

Soldadura por Puntos

Es un procedimiento de soldadura autógena sin metal de aportación donde se utiliza como fuente calorífica una corriente eléctrica para llevar un volumen de material a la temperatura de soldadura

Soldadura por Puntos

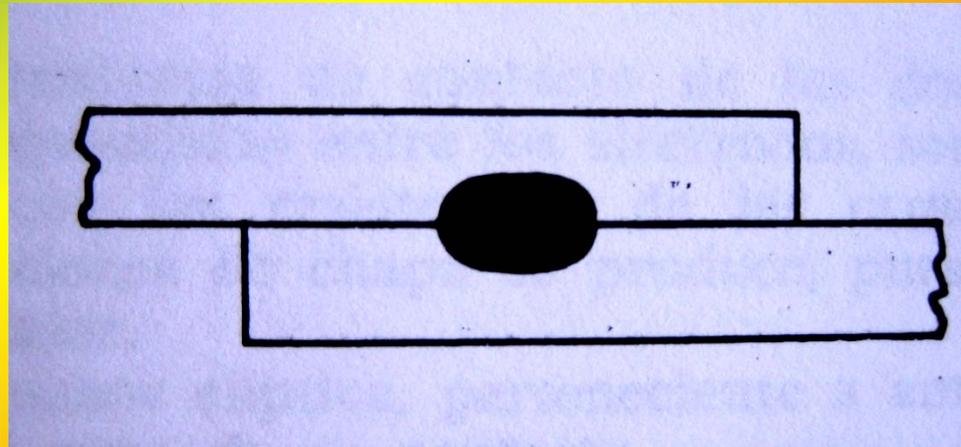
El objetivo de este procedimiento es realizar, mediante puntos de soldadura, la unión al solape, de elementos metálicos cuyo espesor es relativamente pequeño con relación a sus restantes dimensiones

Soldadura por Puntos

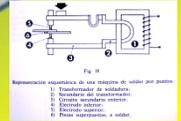
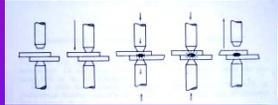
El punto de soldadura está formado por un núcleo de material calentado hasta su fusión en el lugar de contacto entre las dos chapas y después de su solidificación, constituye una unión localizada entre ellas.

Soldadura por Puntos

El núcleo de soldadura tiene como plano de simetría el plano de separación de las dos piezas



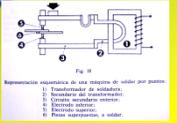
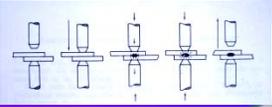
Soldadura por Puntos



Principio General de la Soldadura por Puntos

- Las partes de los elementos a soldar son colocadas una sobre otra encima del electrodo inferior.
- Se provoca el descenso del electrodo superior, que aprieta ambas piezas las cuales quedan sometidas a una cierta presión entre los dos electrodos.
- Las caras exteriores de las chapas están en contacto con los electrodos en una superficie delimitada por los mismos.
- Estos electrodos están conectados a los bornes del secundario de un transformador eléctrico para suministrar corriente eléctrica de elevada intensidad y baja tensión.

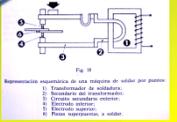
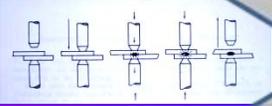
Soldadura por Puntos



Principio General de la Soldadura por Puntos

- Estando de ésta forma, se provoca el paso de corriente eléctrica a través del mismo durante un tiempo determinado.
- El desprendimiento de calor por efecto de Joule $Q = kRI^2t$ en cada una de las partes del circuito será proporcional a la resistencia óhmica de cada una de ellas.
- La resistencia propia y la resistencia de contacto de las dos pequeñas porciones de metal comprendidas entre los electrodos, son muy elevadas en comparación con las resistencias de las otras partes del circuito.
- En estas porciones del alambre se produce entonces un desprendimiento intenso del calor.

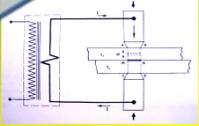
Soldadura por Puntos



Principio General de la Soldadura por Puntos

- Un núcleo de sección mas o menos elíptica, perteneciente a ambas piezas, entra en fusión en la zona de su contacto.
- Pasando cierto tiempo se interrumpe la corriente eléctrica que circula por el circuito mientras que el esfuerzo de compresión continúa todavía aplicando sobre las piezas por intermedio de los electrodos.
- El núcleo fundido, llamado punto de soldadura se solidifica así bajo presión.

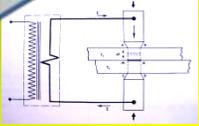
Soldadura por Puntos



Principio General de la Soldadura por Puntos

- ✚ Sean dos chapas T1 y T2 superpuestas y colocadas entre dos electrodos conectados eléctricamente al secundario de un transformador y un esfuerzo de compresión se aplica a los electrodos.
- ✚ Hagamos circular una corriente eléctrica por el circuito secundario, constituido por los elementos de conexión al secundario del transformador, por los electrodos y por las chapas.

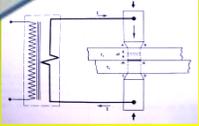
Soldadura por Puntos



Principio General de la Soldadura por Puntos

- ✚ La corriente eléctrica atraviesa la porción cilíndrica ABCD de las dos chapas comprendida entre los electrodos.
- ✚ Si el esfuerzo de compresión aplicado sobre las chapas por los electrodos es suficiente, se produce, bajo los mismos, un contacto franco entre las dos chapas.
- ✚ Fuera de estas zonas, el contacto entre las chapas es muy malo o inexistente. La corriente eléctrica atraviesa la zona de contacto MN de las dos chapas.

Soldadura por Puntos



Principio General de la Soldadura por Puntos

- En el seno de la chapa entre AB y MN y entre CD y MN, la resistencia óhmica opuesta al paso de la corriente por un espesor infinitesimal dl es:

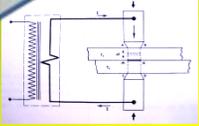
$$dR = \frac{\rho}{S} dl$$

ρ = resistividad

S = Sección del paso de la corriente en las chapas

- La unión MN constituida por la zona de contacto opone cierta resistencia al paso de la corriente, aún cuando las superficies estén perfectamente limpias y planas y aplicadas una contra otra con cierto esfuerzo.

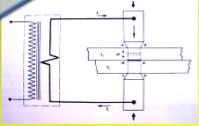
Soldadura por Puntos



Principio General de la Soldadura por Puntos

- La resistencia de ésta región de contacto (MN), de espesor muy pequeño, es poco elevada, pero muy superior a la resistencia de una “rebanada” de chapa del mismo espesor considerada en pleno cilindro ABCD.
- SOBRE LA EXISTENCIA DE ÉSTA RESISTENCIA ÓHMICA ELEVADA, CONCENTRADA EN LA ZONA DE CONTACTO ENTRE LAS DOS PIEZAS , ESTA BASADA LA SOLDADURA POR PUNTOS.**

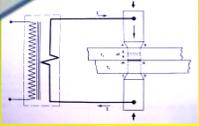
Soldadura por Puntos



Principio General de la Soldadura por Puntos

- La energía eléctrica disipada en la zona de contacto se transforma en energía calorífica y las calorías así desprendidas elevarán la temperatura de las piezas en las inmediaciones de dicha zona.
- Como consecuencia de ésta elevación local de la temperatura el calor se propagará , por conducción a las piezas y a los electrodos y, por radiación, en el ambiente.
- Pueden darse dos casos:

Soldadura por Puntos



Principio General de la Soldadura por Puntos

Primer caso:

-  La cantidad de calor desarrollada se dispersa a medida que va produciéndose, en las chapas, en los electrodos y en el ambiente.
-  La temperatura de la unión no se eleva lo suficiente y se estabiliza a un valor inferior a la temperatura de soldadura de los metales.

Soldadura por Puntos

Principio General de la Soldadura por Puntos

Segundo caso:

-  La cantidad de calor transmitida por conducción y radiación es inferior a la desarrollada en la unión. La temperatura se eleva sobre todo en la unión y sus proximidades, donde ya al principio de la operación era la mas alta.
-  En este lugar se llega al punto de fusión.
-  Si la corriente eléctrica continúa pasando, el volumen de material en fusión próximo a la unión, aumentará.
-  Este volumen de material fundido común a las dos chapas , constituye, una vez enfriado, el punto de soldadura.

Soldadura por Puntos

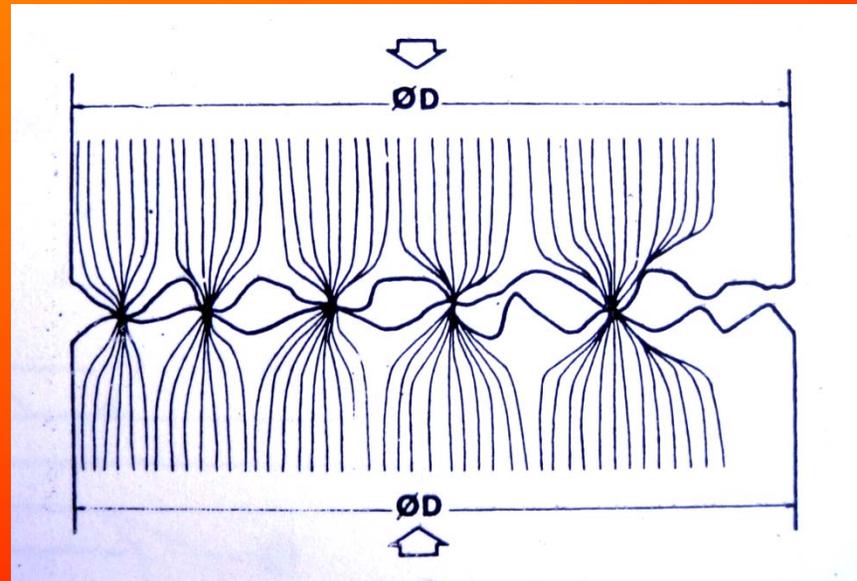
Principio General de la Soldadura por Puntos

- ✚ Dos principios fundamentales son la base del procedimiento de soldadura por puntos:
- ✚ La existencia de una resistencia óhmica de contacto elevada en la unión de dos piezas metálicas, que da lugar a un desarrollo intenso de calor por efecto Joule.
- ✚ El procedimiento por calentamiento por efecto Joule debe ser rápido, dinámico.

Soldadura por Puntos

LAS RESISTENCIAS DE CONTACTO

- Una superficie metálica jamás es perfectamente plana, sino rugosa



Soldadura por Puntos

LAS RESISTENCIAS DE CONTACTO

- ✚ Esta rugosidad superficial influye en las propiedades eléctricas y mecánicas del contacto de dos superficies metálicas.

Soldadura por Puntos

LAS RESISTENCIAS DE CONTACTO

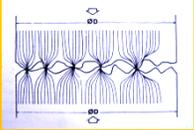
✚ Para una superficie de contacto teórica:

$$S = \pi \frac{D^2}{4}$$

✚ La superficie de contacto real es la suma de una gran cantidad de pequeñas superficies de contacto inferior a la teórica.

Soldadura por Puntos

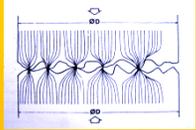
LAS RESISTENCIAS DE CONTACTO



- Las superficies de contacto elementales están constituidas por los puntos de contacto de las crestas de una pieza con las crestas de la otra pieza.

Soldadura por Puntos

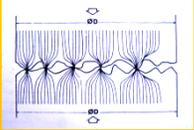
LAS RESISTENCIAS DE CONTACTO



- ✚ Durante el paso de corriente, los filetes de corriente se concentrarán en éstos puntos, provocándose una reducción artificial de la sección de paso.

Soldadura por Puntos

LAS RESISTENCIAS DE CONTACTO



- ✚ Es por estas razones que la zona de contacto de dos piezas, aunque estén perfectamente limpias, se caracteriza por una resistencia óhmica muy elevada.

Soldadura por Puntos

LAS RESISTENCIAS DE CONTACTO

- ✚ La resistencia de contacto de dos piezas metálicas, colocadas una sobre otra, depende de:

Soldadura por Puntos

LAS RESISTENCIAS DE CONTACTO

- ✚ Estado de la superficie caracterizado por:
 - ✚ Acabado
 - ✚ Acritud superficial debido a la laminación
 - ✚ Oclusión de gases
 - ✚ Óxidos, calaminas
 - ✚ Impurezas diversas
- ✚ Temperatura de los metales en la zona de contacto.

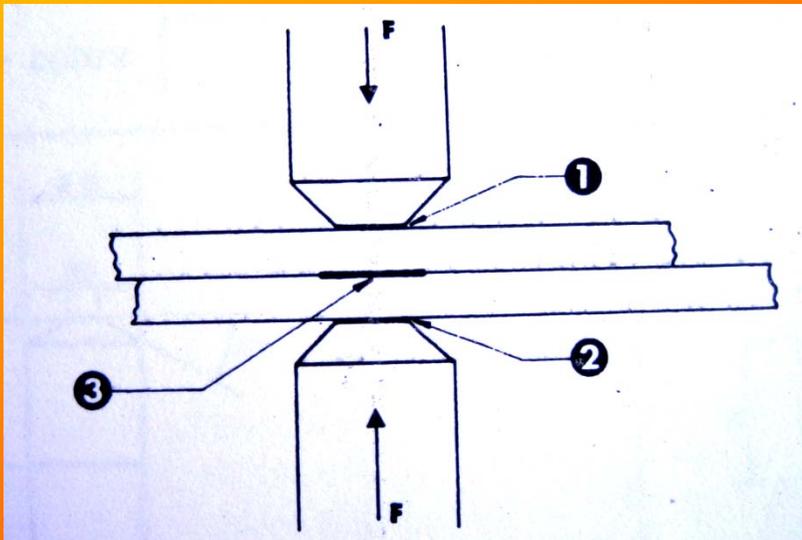
Soldadura por Puntos

LAS RESISTENCIAS DE CONTACTO

INFLUENCIA DE LA PRESIÓN SOBRE LAS RESISTENCIAS DE CONTACTO EN FRÍO, EN LAS CONDICIONES HABITUALES DE LA SOLDADURA POR PUNTOS.

Soldadura por Puntos

LAS RESISTENCIAS DE CONTACTO



1. Resistencia de contacto entre el electrodo superior y la cara exterior de una chapa.
2. Resistencia de contacto entre el electrodo inferior y la cara exterior de la otra chapa.
3. Resistencia de contacto entre las dos chapas

Soldadura por Puntos

LAS RESISTENCIAS DE CONTACTO

Resistencias de contacto en frío entre electrodo y chapa, en función del esfuerzo de compresión aplicado sobre la chapa por el mismo electrodo, en Micro ohmios

Esfuerzo de compresión en Kg		200	400	600	800	1000
<i>Electrodos:</i> Tronco-cónicos, diámetro de punta 5mm en aleación de cobre	Chapas: Acero bajo carbono laminado en frío y decapado. Espesor: 1 mm	94	40	20	13	7
<i>Electrodos:</i> De punta esférica, radio 75mm en aleación de cobre		56	28	18	10	6

Soldadura por Puntos

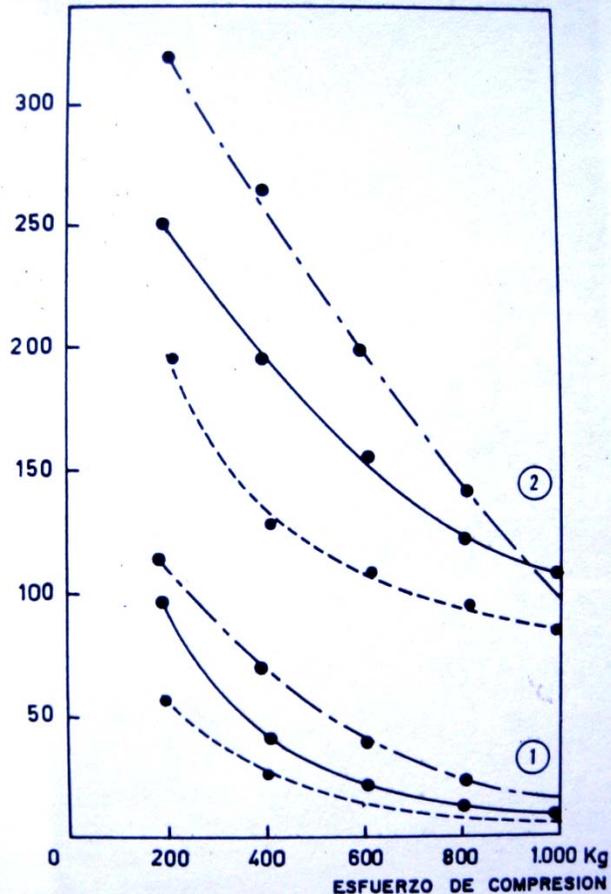
LAS RESISTENCIAS DE CONTACTO

Resistencias de contacto en frío entre dos chapas en función del esfuerzo de compresión aplicado sobre ellas por los electrodos. Resistencias óhmicas de contacto en frío - en la unión de dos chapas bajo presión localizada por dos electrodos- en Micro ohmios.

Esfuerzo de compresión en Kg		200	400	600	800	1000
<i>Electrodos:</i> Tronco-cónicos, diámetro de punta 5mm en aleación de cobre	Chapas: Acero bajo carbono laminado en frío y decapado. Espesor: 1 mm	-	196	160	118	106
<i>Electrodos:</i> De punta esférica, radio 75mm en aleación de cobre		192	128	108	92	84

Soldadura por Puntos

RESISTENCIAS DE CONTACTO
microhmios



Resistencias de contacto en frío en función del esfuerzo de compresión.

1. Resistencia de contacto entre electrodo y chapa.
2. Resistencia de contacto entre chapas.

———— Chapas de acero bajo carbono laminado en frío, doble decapado. Espesor 1 mm. Electrodo tronco-cónico en aleación de cobre.

----- Chapas de acero bajo carbono laminado en frío, doble decapado. Espesor 1 mm. Electrodo punta esférica, radio 75 mm en aleación de cobre.

- · - · - · Chapas de acero inoxidable 18/8 –no estabilizado- Espesor 1 mm. Electrodo de punta esférica, radio 75 mm, en aleación de cobre.

Soldadura por Puntos

LAS RESISTENCIAS DE CONTACTO

INFLUENCIA DE LA DE LA NATURALEZA DE LOS METALES EN CONTACTO Y DEL ESTADO DE LAS SUPERFICIES

Soldadura por Puntos

LAS RESISTENCIAS DE CONTACTO

Como se ha señalado, la resistencia de contacto depende del número de puntos de contacto

Influye notablemente el estado de la superficie que a su vez depende de:

- **Modo de elaboración de las piezas.**
- **Si han sido maquinadas o no.**
- **Tratamientos térmicos posteriores.**

Soldadura por Puntos

LAS RESISTENCIAS DE CONTACTO

De un punto a otro, el relieve puede variar más o menos y hay por lo tanto una cierta heterogeneidad de la capa superficial de la pieza metálica, de donde resulta una resistencia de contacto media para un esfuerzo de compresión determinado

Soldadura por Puntos

LAS RESISTENCIAS DE CONTACTO

La dispersión, es decir, la separación entre el mayor y el menor de los valores de la resistencia de contacto, disminuye al aumentar el esfuerzo de compresión.

Solamente a partir de un cierto valor mínimo del esfuerzo de compresión, para un metal dado y para un espesor determinado, los valores de resistencia de contacto son suficientemente regulares.

Soldadura por Puntos

LAS RESISTENCIAS DE CONTACTO

La presencia de óxidos , calamina etc., sobre la superficie de las piezas metálicas, da lugar a resistencias de contacto netamente mas elevadas y excesivamente variables según el tipo de óxido y su espesor.

Soldadura por Puntos

LAS RESISTENCIAS DE CONTACTO

INFLUENCIA DE LA DE LA TEMPERATURA SOBRE LAS RESISTENCIAS DE CONTACTO

Soldadura por Puntos

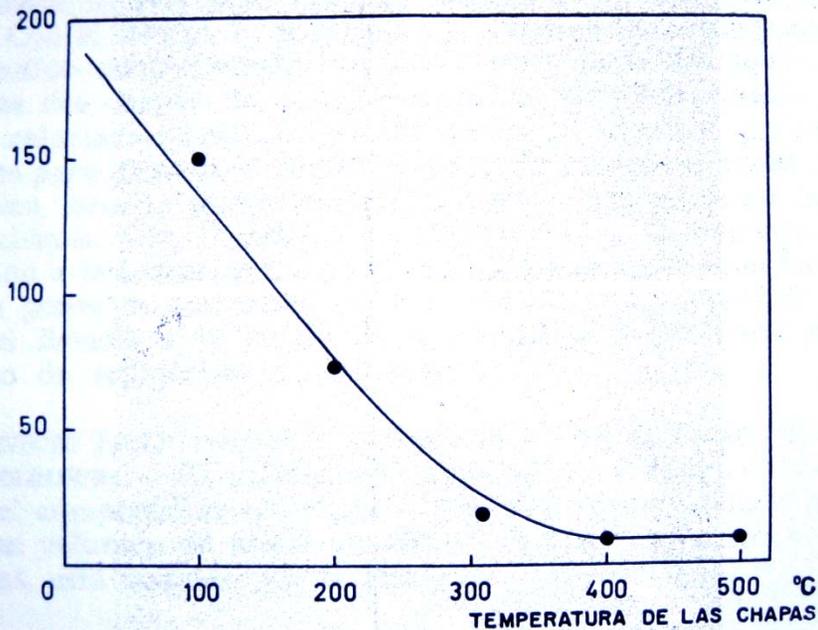
LAS RESISTENCIAS DE CONTACTO

En el acero al carbono, un aumento incluso moderado de la temperatura origina una disminución muy sensible de los valores de las resistencias de contacto.

Soldadura por Puntos

LAS RESISTENCIAS DE CONTACTO

RESISTENCIA DE CONTACTO ENTRE CHAPAS
microhmios



Variación de la resistencia de contacto entre chapas, en función de las temperaturas

Soldadura por Puntos

LAS RESISTENCIAS DE CONTACTO

Esta disminución de resistencia es debida a la mejora de los contactos provocada por el reblandecimiento de las asperezas de la superficie bajo el efecto de la temperatura.

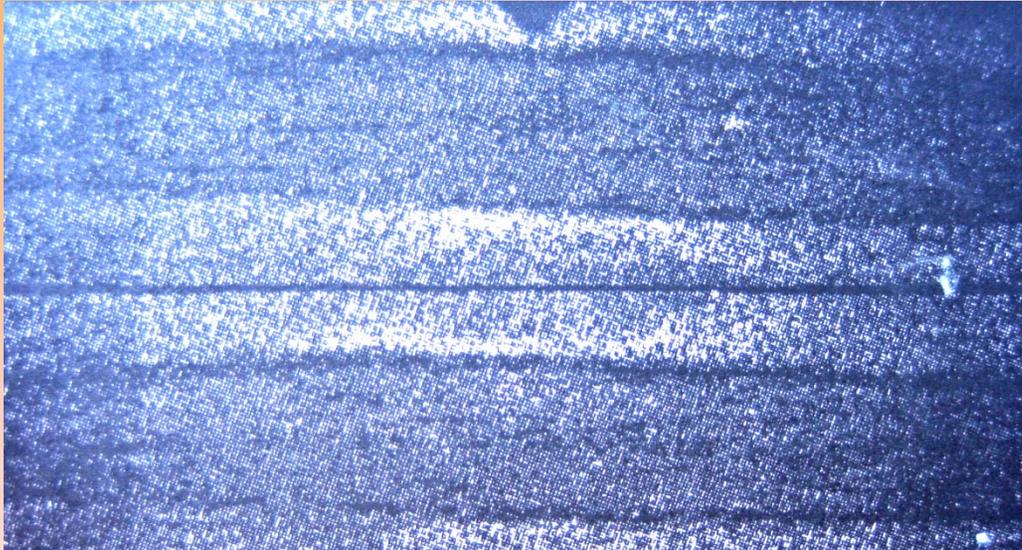
Soldadura por Puntos

PROCESO DE FORMACION DEL PUNTO DE SOLDADURA

Examen micrográfico de la evolución de un punto de soldadura durante su formación

Soldadura por Puntos

PROCESO DE FORMACION DEL PUNTO DE SOLDADURA

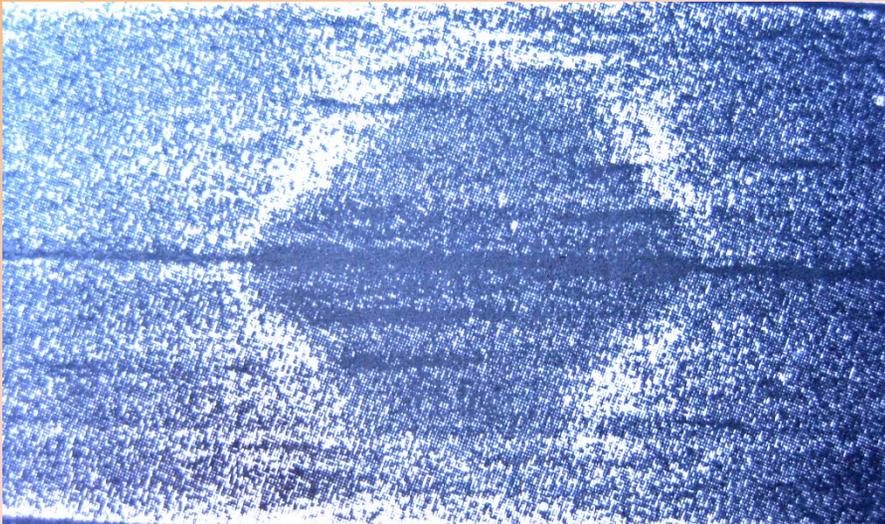


Con el tiempo t_1 , muy corto, se observa un comienzo de calentamiento en una zona estrecha confinada en la unión de las chapas

t_1

Soldadura por Puntos

PROCESO DE FORMACION DEL PUNTO DE SOLDADURA

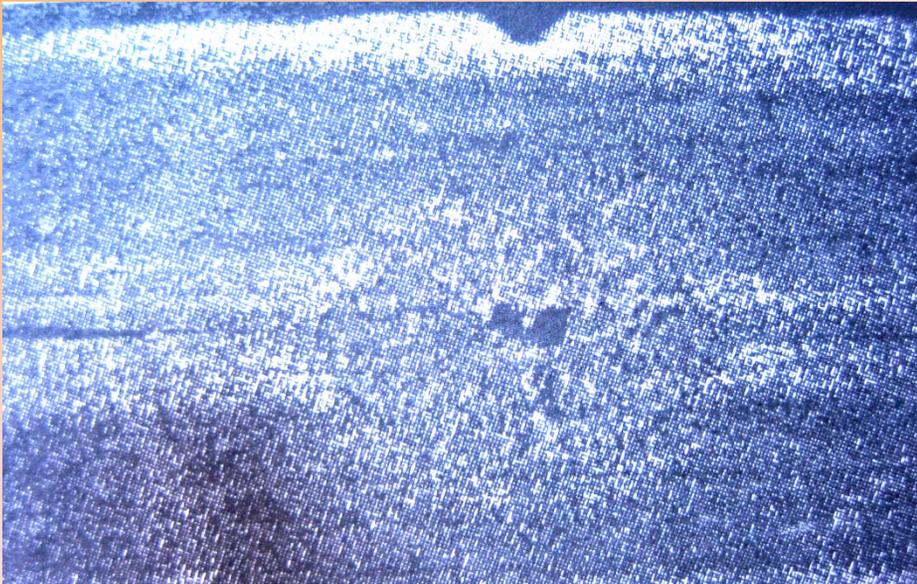


Con el tiempo t_2 , superior a t_1 , la zona de calentamiento se ha extendido simétricamente a una y otra parte del plano de unión de las dos chapas. El calentamiento ha sido mas intenso y el volumen calentado es mas grande

t_2

Soldadura por Puntos

PROCESO DE FORMACION DEL PUNTO DE SOLDADURA

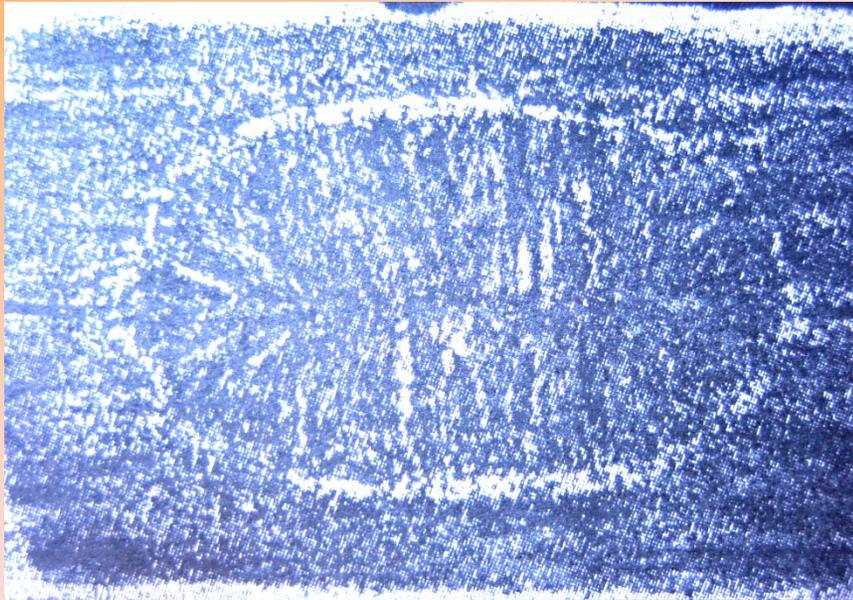


t_3

Con el tiempo t_3 , superior a t_2 , ha sido suficiente para llevar a la fusión un pequeño núcleo de metal, de sección elíptica, situado simétricamente a una y otra parte de la unión de las chapas.

Soldadura por Puntos

PROCESO DE FORMACION DEL PUNTO DE SOLDADURA



t_4

Con el tiempo t_4 , superior a t_3 , el volumen de metal llevado a la temperatura de fusión ha aumentado considerablemente y un punto de soldadura normal une las dos chapas.

Soldadura por Puntos

PROCESO DE FORMACION DEL PUNTO DE SOLDADURA

El calentamiento, por efecto Joule, de la masa de metal comprendida entre los electrodos y que conduce a la fusión de un volumen de metal situado en la zona de contacto de las dos piezas, esta definido por:

$$Q = 0.239 \int_0^t R \cdot I^2 \cdot dt$$

Q = Cantidad de Calorías desprendidas

I = Intensidad de la corriente de la soldadura que atraviesa las piezas a soldar (amperios).

t = Tiempo de paso de la corriente (segundos).

R = Suma de las diversas resistencias óhmicas que encuentra la corriente de soldadura al pasar de un electrodo a otro a través de las piezas a soldar (ohmios).

Soldadura por Puntos

PROCESO DE FORMACION DEL PUNTO DE SOLDADURA

La intensidad de la corriente de la soldadura (I), el tiempo de paso de la corriente de la soldadura (t) y la resistencia óhmica (R), son los factores determinantes del fenómeno térmico que es base de la soldadura por puntos.

Es preciso añadir a éstos factores el esfuerzo de compresión sobre la soldadura, factor igualmente importante en el proceso de calentamiento

Soldadura por Puntos

PROCESO DE FORMACION DEL PUNTO DE SOLDADURA

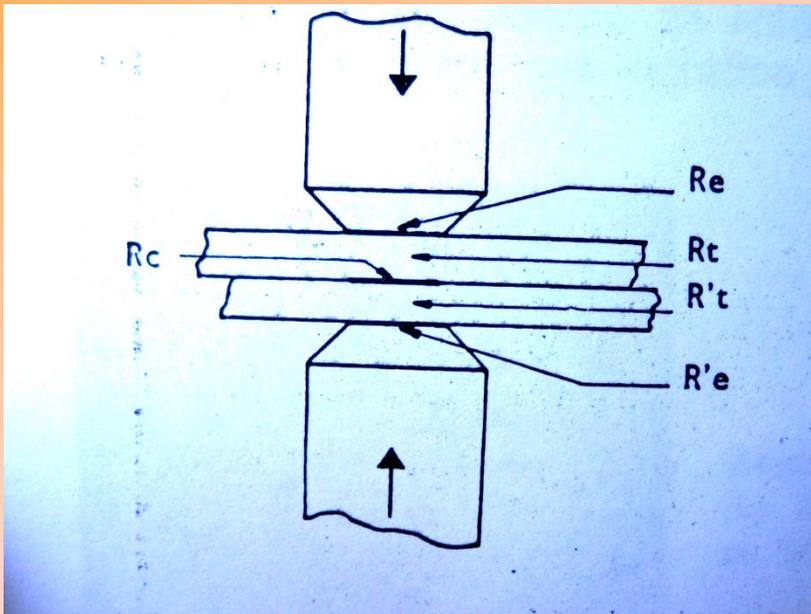
R, que interviene en la fórmula anterior, es la resistencia total de la parte del circuito eléctrico comprendida entre los electrodos.

En cada momento, R es la suma de las siguientes resistencias que componen dicha parte del circuito:

$$R = (R_e + R'_e) + R_c + (R_t + R'_t)$$

Soldadura por Puntos

$$R = (R_e + R'_e) + R_c + (R_t + R'_t)$$



R_t, R'_t : Resistencias propias del volumen de material de las piezas a soldar comprendido entre los electrodos.

R_e, R'_e : Resistencias óhmicas de contacto de los electrodos con las chapas.

R_c : Resistencia óhmica de contacto de las dos piezas.

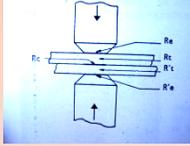


Soldadura por Puntos

LAS RESISTENCIAS ÓHMICAS - SUS MISIONES DURANTE EL NACIMIENTO Y DESARROLLO DEL PUNTO DE SOLDADURA-

Estas distintas resistencias óhmicas tienen valores iniciales bien determinados que varían durante la formación del punto de soldadura

Soldadura por Puntos



LAS RESISTENCIAS ÓHMICAS - SUS MISIONES DURANTE EL NACIMIENTO Y DESARROLLO DEL PUNTO DE SOLDADURA-

Tomemos dos chapas de acero bajo carbono laminadas en frío, decapadas, de 1 mm de espesor, colocadas entre dos electrodos troncocónicos en aleación de cobre y sometidas por medio de estos electrodos a un esfuerzo de compresión de 500 kg.

Las diversas resistencias tienen los siguientes valores, inmediatamente antes del paso de la corriente:

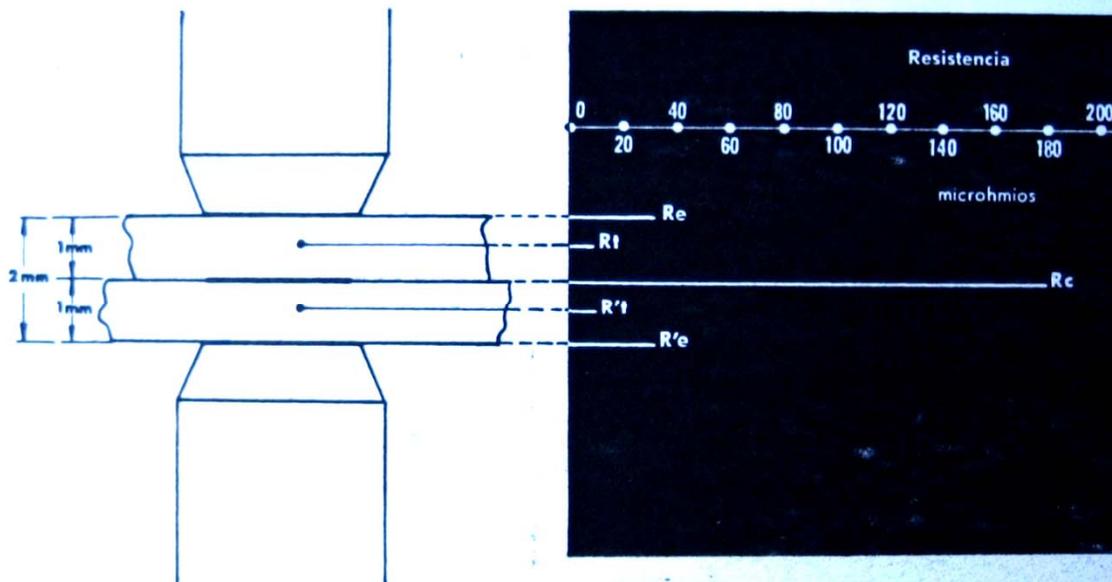
$$R_e = R'_e = 30 \text{ microhomios}$$

$$R_c = 178 \text{ microhomios}$$

$$R_t = R'_t = 7 \text{ microhomios}$$

Soldadura por Puntos

LAS RESISTENCIAS ÓHMICAS - SUS MISIONES DURANTE EL NACIMIENTO Y DESARROLLO DEL PUNTO DE SOLDADURA-



Soldadura por Puntos

LAS RESISTENCIAS ÓHMICAS - SUS MISIONES DURANTE EL NACIMIENTO Y DESARROLLO DEL PUNTO DE SOLDADURA-

La cantidad de calor desprendido por el paso de la corriente eléctrica de un electrodo al otro, es en cada punto, proporcional a la resistencia eléctrica del punto considerado.

Soldadura por Puntos

LAS RESISTENCIAS ÓHMICAS - SUS MISIONES DURANTE EL NACIMIENTO Y DESARROLLO DEL PUNTO DE SOLDADURA-

En consecuencia, en los primeros instantes del paso de la corriente eléctrica, el desprendimiento de calorías será mucho mayor en el punto donde se encuentre R_c , es decir en la unión de las chapas

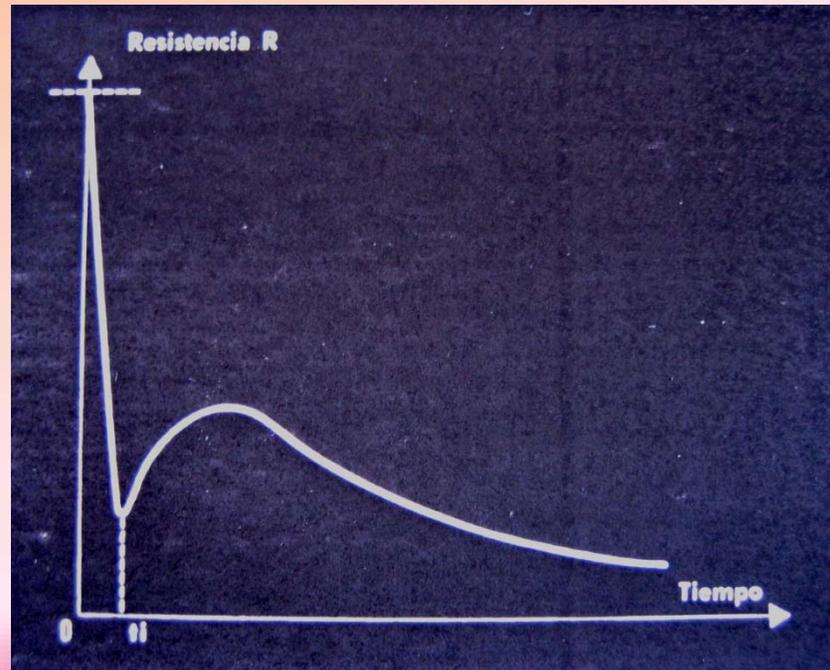
Soldadura por Puntos

LAS RESISTENCIAS ÓHMICAS - SUS MISIONES DURANTE EL NACIMIENTO Y DESARROLLO DEL PUNTO DE SOLDADURA-

Al incrementar la temperatura de R_c , disminuye muy rápidamente su valor y tiende a cero para una temperatura inferior al punto de fusión.

Soldadura por Puntos

LAS RESISTENCIAS ÓHMICAS - SUS MISIONES DURANTE EL NACIMIENTO Y DESARROLLO DEL PUNTO DE SOLDADURA-



Soldadura por Puntos

LAS RESISTENCIAS ÓHMICAS - SUS MISIONES DURANTE EL NACIMIENTO Y DESARROLLO DEL PUNTO DE SOLDADURA-

Después de haber cumplido su función principal, durante la primera fase de calentamiento, la resistencia de contacto desaparece como tal.

A partir de ese momento solamente determinan la evolución del calentamiento R_t y R'_t , es decir, las resistencias propias de las piezas

Soldadura por Puntos

LAS RESISTENCIAS ÓHMICAS - SUS MISIONES DURANTE EL NACIMIENTO Y DESARROLLO DEL PUNTO DE SOLDADURA-

En caliente, durante la soldadura, la suma de las resistencias óhmicas depende solamente:

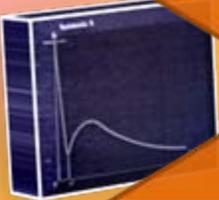
- ✚ Del espesor de las piezas asoldar.**
- ✚ De la resistividad propia del metal a soldar.**
- ✚ De la temperatura alcanzada en los diversos puntos**
- ✚ Del diámetro del pequeño cilindro de metal calentado.**
- ✚ De la sección de la zona convertida en punto de fusión.**

Soldadura por Puntos

LAS RESISTENCIAS ÓHMICAS - SUS MISIONES DURANTE EL NACIMIENTO Y DESARROLLO DEL PUNTO DE SOLDADURA-

El valor inicial de la resistencia de contacto da lugar al comienzo del proceso de calentamiento.

Su repercusión sobre la evolución de éste calentamiento es decisiva a pesar del tiempo extremadamente breve durante el cual existe tal resistencia.



Soldadura por Puntos

LAS RESISTENCIAS ÓHMICAS - SUS MISIONES DURANTE EL NACIMIENTO Y DESARROLLO DEL PUNTO DE SOLDADURA-

Durante el corto tiempo t_i durante el cual el valor de la resistencia de contacto R_c es muy elevado y predominante, el calentamiento es intenso únicamente en la zona de contacto.

En consecuencia, después del tiempo t_i , la resistividad del volumen de metal comprendido entre los electrodos presentará un máximo en éste lugar de mayor calentamiento inicial.

Soldadura por Puntos

LAS RESISTENCIAS ÓHMICAS - SUS MISIONES DURANTE EL NACIMIENTO Y DESARROLLO DEL PUNTO DE SOLDADURA-

Por lo tanto, el desprendimiento de energía calorífica se mantendrá mas intenso en la zona de contacto de las chapas hasta el final del calentamiento

Soldadura por Puntos

LAS RESISTENCIAS ÓHMICAS - SUS MISIONES DURANTE EL NACIMIENTO Y DESARROLLO DEL PUNTO DE SOLDADURA-

Por el contrario, si en los primeros instantes del paso de la corriente el calentamiento en la zona de contacto de las chapas es débil, la resistividad del volumen del metal comprendido entre los electrodos será la misma en todos los puntos en lugar de presentar un máximo en la unión de las piezas.

Soldadura por Puntos

LA INTENSIDAD “ i ” DE LA CORRIENTE DE SOLDADURA EL TIEMPO “ t ” DE SOLDADURA

La resistencia inicial en la unión de las chapas permite en este lugar un desprendimiento de calor muy importante , pero a condición de que la intensidad I de la corriente sea suficiente.

La intensidad mínima de la corriente secundaria es aquélla para la cual la cantidad de calor producida en la unión y en su zona inmediata es superior a las pérdidas de calor hasta llegar a la temperatura de fusión.

Soldadura por Puntos

LA INTENSIDAD “ i ” DE LA CORRIENTE DE SOLDADURA EL TIEMPO “ t ” DE SOLDADURA

El valor mínimo de intensidad de corriente no es suficiente para asegurar la realización del punto en condiciones óptimas .

Con la intensidad mínima, el tiempo de paso de la corriente es largo y ello da origen a que un volumen importante de metal se caliente a alta temperatura, con todos los inconvenientes graves desde el punto de vista metalúrgico y de la soldadura.

Soldadura por Puntos

**LA INTENSIDAD “i” DE LA CORRIENTE DE SOLDADURA
EL TIEMPO “t” DE SOLDADURA**

Es, por lo tanto, preciso localizar el calentamiento en la zona inmediata al plano de unión y disminuir el tiempo de paso de la corriente, dando a la operación un carácter más dinámico.

Para eso se debe aumentar el valor del término $R_c I^2$ incrementando la densidad de corriente secundaria.

Soldadura por Puntos

LA INTENSIDAD “ i ” DE LA CORRIENTE DE SOLDADURA EL TIEMPO “ t ” DE SOLDADURA

La intensidad de corriente de soldadura dependerá , desde el punto de vista energético de :

- ⚡Tiempo de soldadura (Soldadura lenta – soldadura rápida)
- ⚡Espesor de las piezas a soldar
- ⚡Naturaleza de los materiales a soldar (resistividad, calor específico, calor latente de fusión.
- ⚡Diámetro del punto de soldadura.

Soldadura por Puntos

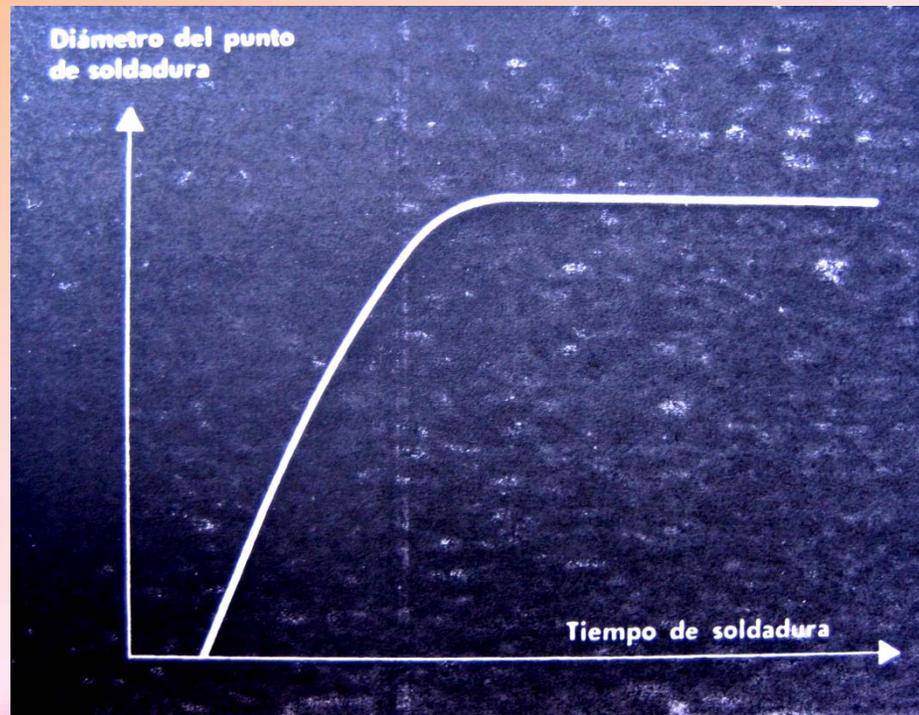
**LA INTENSIDAD “ i ” DE LA CORRIENTE DE SOLDADURA
EL TIEMPO “ t ” DE SOLDADURA**

A lo largo de la operación, el punto de soldadura aparece y se desarrolla en diámetro y en altura.

Su diámetro aumenta rápidamente y después permanece casi constante cualquiera que sea el tiempo durante el cual se prolongue el calentamiento.

Soldadura por Puntos

LA INTENSIDAD “ i ” DE LA CORRIENTE DE SOLDADURA
EL TIEMPO “ t ” DE SOLDADURA



Soldadura por Puntos

MISION DEL ESFUERZO DE COMPRESIÓN EN LA FORMACIÓN DEL PUNTO DE SOLDADURA

El esfuerzo de compresión entre electrodos y chapas tiene un objeto bien definido en las tres fases de la operación de la soldadura:

- El tiempo que precede inmediatamente al paso de la corriente
- Durante el tiempo de la soldadura propiamente dicho
- Durante el tiempo de refrigeración del punto soldado

Soldadura por Puntos

MISION DEL ESFUERZO DE COMPRESIÓN EN LA FORMACIÓN DEL PUNTO DE SOLDADURA

En el período inicial del ciclo de soldadura, antes del paso de la corriente, el esfuerzo de compresión tiene por objeto establecer un contacto íntimo en un lugar (establecer la resistencia de contacto), es decir, localizar la soldadura.

Soldadura por Puntos

MISION DEL ESFUERZO DE COMPRESIÓN EN LA FORMACIÓN DEL PUNTO DE SOLDADURA

Durante el tiempo de paso de la corriente a través de las piezas, el esfuerzo de compresión tiene la misión de mantener el apriete obtenido en primer lugar , y asegurar una presión suficiente del electrodo sobre la chapa para mantener un valor muy bajo la resistencia electrodo – chapa.

Soldadura por Puntos

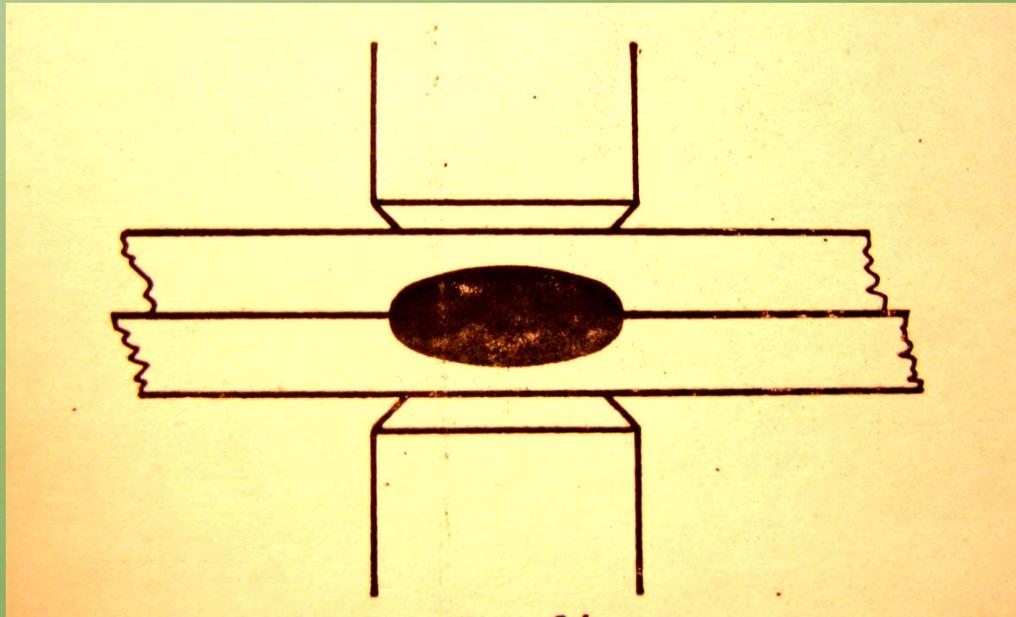
ASPECTOS METALÚRGICOS DE LA SOLDADURA POR PUNTOS

La soldadura por puntos es una verdadera operación metalúrgica.

Consiste en llevar a la temperatura de fusión un volumen determinado de metal situado en la zona de contacto de las dos piezas a unir, y después enfriarlo.

Soldadura por Puntos

ASPECTOS METALÚRGICOS DE LA SOLDADURA POR PUNTOS



Soldadura por Puntos

ASPECTOS METALÚRGICOS DE LA SOLDADURA POR PUNTOS

El proceso térmico según el cual se realiza la soldadura y las cualidades tanto metalúrgicas como mecánicas del punto de soldado, dependen:

- **De las características de los metales a soldar**
- **De los factores de regulación:**
 - **Intensidad de corriente**
 - **Tiempo de soldadura**
 - **Esfuerzo de compresión entre componentes.**

Soldadura por Puntos

ASPECTOS METALÚRGICOS DE LA SOLDADURA POR PUNTOS

PERIODO DE CALENTAMIENTO.

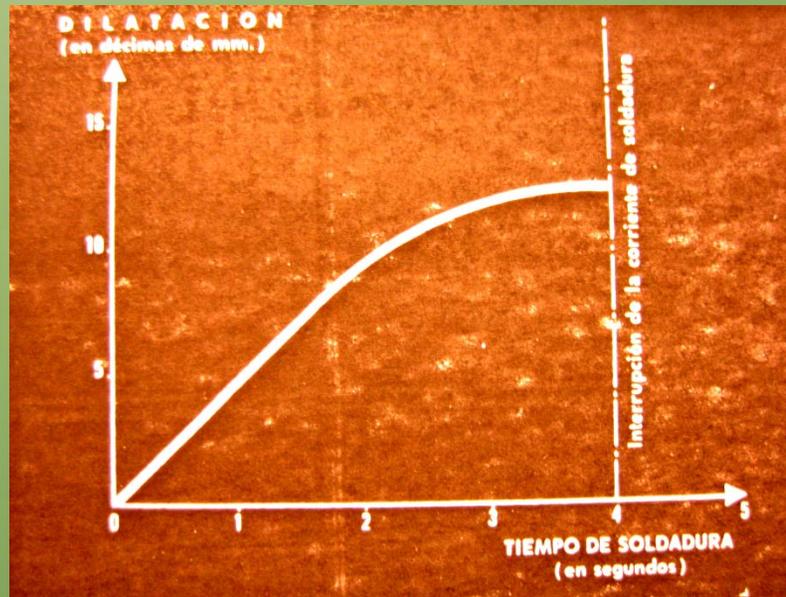
El paso de corriente da lugar a un calentamiento muy localizado en el contacto de las dos chapas, que conduce rápidamente a la fusión de un núcleo de metal perteneciente a ambas chapas.

Soldadura por Puntos

ASPECTOS METALÚRGICOS DE LA SOLDADURA POR PUNTOS

PERIODO DE CALENTAMIENTO.

Durante el calentamiento progresivo, el metal se dilata.



Soldadura por Puntos

ASPECTOS METALÚRGICOS DE LA SOLDADURA POR PUNTOS

PERIODO DE CALENTAMIENTO.

El momento en el que se alcanza la temperatura de fusión, la pequeña masa líquida que constituye el punto de soldadura presenta una fuerte tendencia a escaparse entre las piezas.

El empuje del metal en fusión, para salir del crisol metálico que le rodea, debe ser neutralizado mediante la intervención de un esfuerzo de compresión suficiente.

Soldadura por Puntos

ASPECTOS METALÚRGICOS DE LA SOLDADURA POR PUNTOS

PERIODO DE CALENTAMIENTO.

Aparece así una nueva misión muy importante del esfuerzo de compresión aplicado mediante los electrodos.

Soldadura por Puntos

ASPECTOS METALÚRGICOS DE LA SOLDADURA POR PUNTOS

PERIODO DE CALENTAMIENTO.

Si el esfuerzo es demasiado débil, el metal se escapa entre las chapas bajo forma de partículas mas o menos importante denominadas “proyecciones”.

Soldadura por Puntos

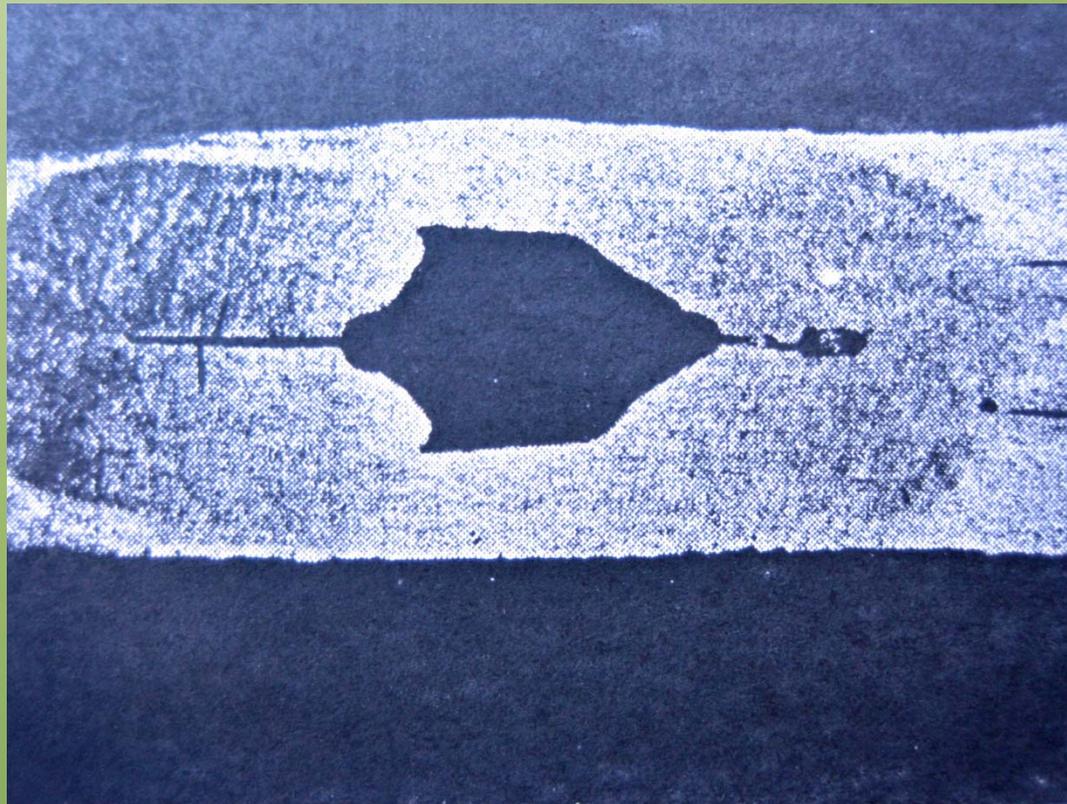
ASPECTOS METALÚRGICOS DE LA SOLDADURA POR PUNTOS

PERIODO DE CALENTAMIENTO.

Este fenómeno de las proyecciones lleva consigo la expulsión de una parte del metal que forma el punto de soldadura y puede de ésta forma, originar defectos internos (vacíos, porosidades) que alteran considerablemente la calidad del punto.

Soldadura por Puntos

ASPECTOS METALÚRGICOS DE LA SOLDADURA POR PUNTOS



Soldadura por Puntos

ASPECTOS METALÚRGICOS DE LA SOLDADURA POR PUNTOS

PERIODO DE CALENTAMIENTO.

Las proyecciones de metal fundido deben ser eliminadas o al menos reducidas, no solamente dando un valor suficiente al esfuerzo de compresión , sino tambien evitando generar un exceso de energía, dosificando perfectamente el valor RI^2t .

Soldadura por Puntos

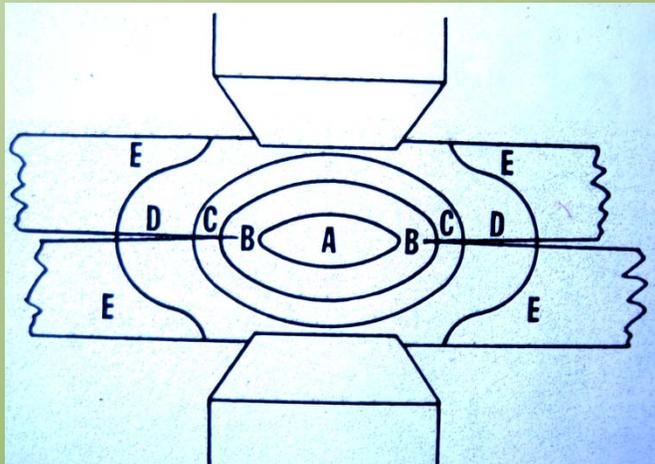
ASPECTOS METALÚRGICOS DE LA SOLDADURA POR PUNTOS

PERIODO DE CALENTAMIENTO.

En el momento de corte de la corriente de soldadura, cuando cesa la aportación de energía calorífica al punto y a las masas que lo rodean, el estado térmico es como se ve en la siguiente figura:

Soldadura por Puntos

ASPECTOS METALÚRGICOS DE LA SOLDADURA POR PUNTOS



- Zona central (A) a la temperatura de fusión.
- Zona (B) especie de funda de metal en estado plástico, muy superior a la temperatura crítica (A_3), que rodea a la zona central en fusión.
- Una zona (C) que casi alcanza la temperatura crítica.
- Una zona (D) a temperatura inferior a la crítica.
- Una zona (E) que permanece a la temperatura ambiente.

Soldadura por Puntos

ASPECTOS METALÚRGICOS DE LA SOLDADURA POR PUNTOS

PERIODO DE CALENTAMIENTO.

La interrupción de la corriente de soldadura determina el final del periodo de calentamiento y marca el comienzo de la segunda fase de la operación: la fase de enfriamiento o solidificación del punto de soldadura.

Soldadura por Puntos

ASPECTOS METALÚRGICOS DE LA SOLDADURA POR PUNTOS

ENFRIAMIENTO DEL PUNTO DE SOLDADURA.
El núcleo de metal fundido se encuentra en el seno de una masa metálica refrigerada relativamente importante, constituida por las mismas piezas soldadas y por los electrodos

Soldadura por Puntos

ASPECTOS METALÚRGICOS DE LA SOLDADURA POR PUNTOS

ENFRIAMIENTO DEL PUNTO DE SOLDADURA.

En el caso de enfriamiento bajo presión los electrodos, provistos como siempre de un dispositivo de refrigeración, constituyen una fuente fría mantenida a una temperatura casi constante y directamente en contacto con las superficies exteriores de las chapas frente al punto de soldadura.

Soldadura por Puntos

ASPECTOS METALÚRGICOS DE LA SOLDADURA POR PUNTOS

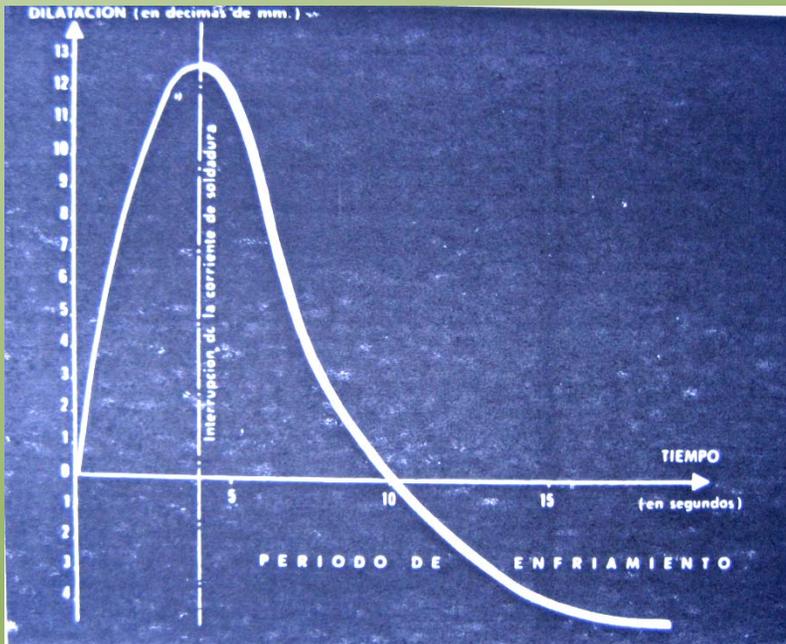
ENFRIAMIENTO DEL PUNTO DE SOLDADURA.

En seguida estudiaremos el importante papel que juega la presión de los electrodos durante ésta última fase de la operación de la soldadura.

Soldadura por Puntos

ASPECTOS METALÚRGICOS DE LA SOLDADURA POR PUNTOS

ENFRIAMIENTO DEL PUNTO DE SOLDADURA.



Variación de los espesores de dos chapas en el lugar del punto de soldadura, durante el período de enfriamiento del punto. Chapas de acero al carbono de 6 mm de espesor.

Soldadura por Puntos

ASPECTOS METALÚRGICOS DE LA SOLDADURA POR PUNTOS

Al final del enfriamiento , la dilatación registrada es negativa y muestra el trabajo mecánico efectuado en caliente por los electrodos después de interrumpirse la corriente de soldadura.

Soldadura por Puntos

ASPECTOS METALÚRGICOS DE LA SOLDADURA POR PUNTOS

El enfriamiento del núcleo fundido ha sido comparado al enfriamiento de un metal colado en lingotera, pero este núcleo o punto de soldadura se adhiere por todas partes a las paredes de su lingotera.

Soldadura por Puntos

ASPECTOS METALÚRGICOS DE LA SOLDADURA POR PUNTOS

Los gases disueltos en el metal en fusión quedan en libertad y forman burbujas cuya importancia y número dependerá del metal base y de la temperatura

Soldadura por Puntos

ASPECTOS METALÚRGICOS DE LA SOLDADURA POR PUNTOS

Una parte de esas burbujas se desprende cuando el metal está todavía suficientemente líquido .

Soldadura por Puntos

ASPECTOS METALÚRGICOS DE LA SOLDADURA POR PUNTOS

Después del corte de la corriente de soldadura, la temperatura de la zona soldada disminuye progresivamente y el metal del núcleo se hace cada vez más viscoso.

Soldadura por Puntos

ASPECTOS METALÚRGICOS DE LA SOLDADURA POR PUNTOS

En estas condiciones, las burbujas tienden a quedar atrapadas en el núcleo bajo la forma de oquedades.

Soldadura por Puntos

ASPECTOS METALÚRGICOS DE LA SOLDADURA POR PUNTOS

Al pasar del estado líquido al estado sólido, el núcleo de la soldadura experimenta una contracción volumétrica muy importante y el enfriamiento no es uniforme.

Soldadura por Puntos

ASPECTOS METALÚRGICOS DE LA SOLDADURA POR PUNTOS

La solidificación del núcleo empieza en la periferia y la contracción de las capas periféricas solidificadas tiende a formar, en el seno del punto formado, cavidades o huecos denominados RECHUPES.

Soldadura por Puntos

ASPECTOS METALÚRGICOS DE LA SOLDADURA POR PUNTOS

El esfuerzo de compresión transmitido por los electrodos durante la solidificación, obliga al metal frío que rodea al núcleo a deformarse y seguir la contracción del metal caliente.

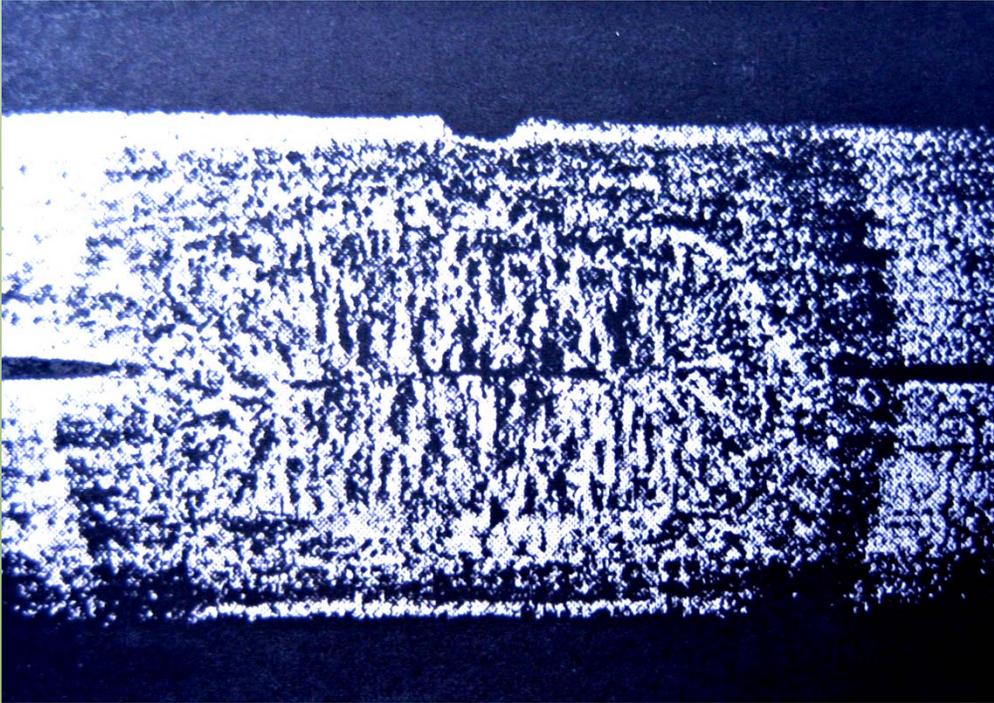
Soldadura por Puntos

ASPECTOS METALÚRGICOS DE LA SOLDADURA POR PUNTOS

De ésta manera, un esfuerzo de compresión suficiente durante la fase de enfriamiento impide la formación de burbujas y rechupes en el punto soldado.

Soldadura por Puntos

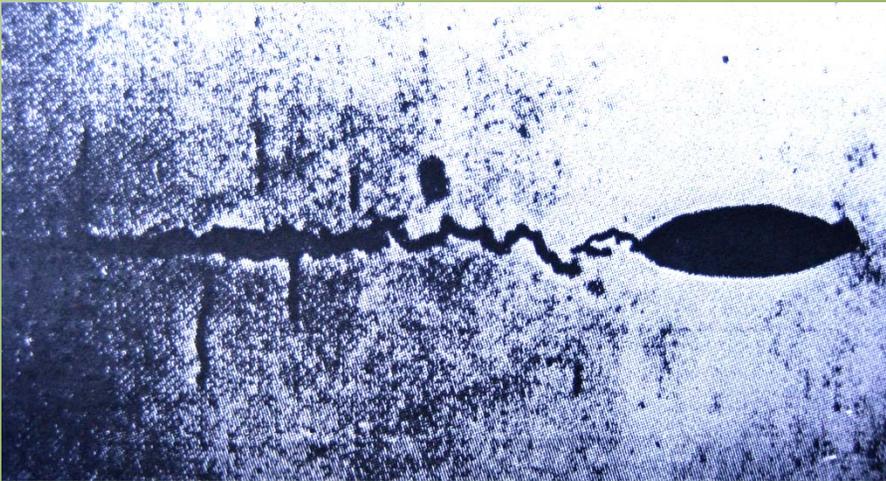
ASPECTOS METALÚRGICOS DE LA SOLDADURA POR PUNTOS



Frecuentemente subsiste un pequeño rechupe central en los puntos de buena calidad

Soldadura por Puntos

ASPECTOS METALÚRGICOS DE LA SOLDADURA POR PUNTOS



Al tener lugar el enfriamiento del punto de soldadura en el seno de una masa a temperatura relativamente baja, y por lo tanto poco deformable, se originan en todo el punto esfuerzos de tracción.

Si estas tensiones son superiores a la resistencia mecánica del metal, se producen en el núcleo de soldadura roturas en forma de grietas

Soldadura por Puntos

ASPECTOS METALÚRGICOS DE LA SOLDADURA POR PUNTOS

Las burbujas de gas y los rechupes, que disminuyen la sección del punto soldado y en consecuencia su resistencia mecánica a las tensiones internas de contracción, favorecen la formación de grietas.

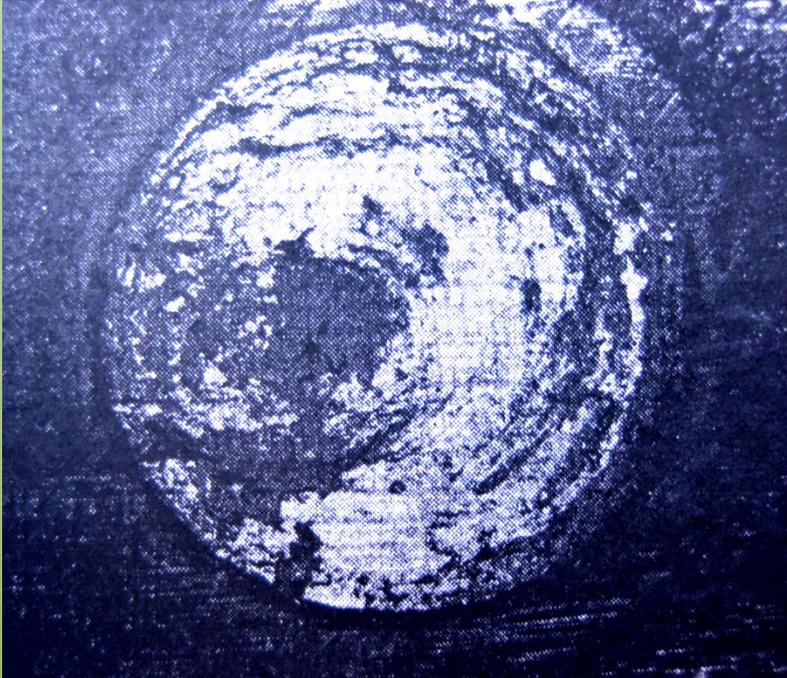
Soldadura por Puntos

ASPECTOS METALÚRGICOS DE LA SOLDADURA POR PUNTOS

La misión desempeñada por el mantenimiento del esfuerzo de compresión de los electrodos durante el enfriamiento del punto es por lo tanto de primordial importancia para la supresión o limitación de las oquedades, rechupes y grietas que tienden a formarse durante la solidificación del núcleo.

Soldadura por Puntos

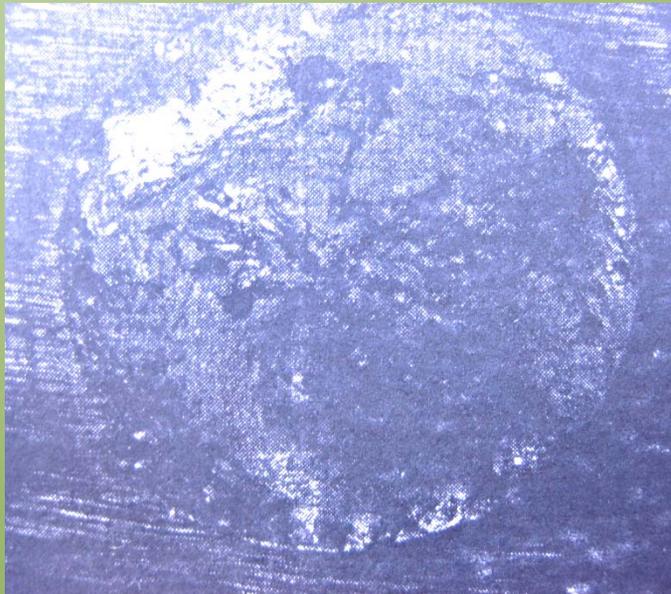
ASPECTOS METALÚRGICOS DE LA SOLDADURA POR PUNTOS



La rotura de un punto enfriado con mantenimiento del esfuerzo de compresión es sana y homogénea.

Soldadura por Puntos

ASPECTOS METALÚRGICOS DE LA SOLDADURA POR PUNTOS



La rotura de un punto enfriado libremente, sin presión, presenta siempre un gran número de huecos internos, porosidades y fisuras.