

ELECTROEROSION DE ACEROS PARA HERRAMIENTAS

ELECTROEROSION DE ACEROS PARA HERRAMIENTAS

La importancia de la electroerosión en las técnicas actuales de producción es un hecho indiscutible. El objetivo inicial de la electroerosión fue la mecanización de materiales de alta resistencia. El proceso de mecanización por electroerosión (EDM = Electrical Discharge Machining) comprende todos aquellos procesos en los que la eliminación de material electroconductor se realiza a base de descargas eléctricas en un fluido dieléctrico. La electroerosión consiste en la erosión de material por medio de una serie de descargas eléctricas aisladas y sucesivas. Estas descargas se producen principalmente por chispas con voltajes de más de 20 V en el fluido dieléctrico.

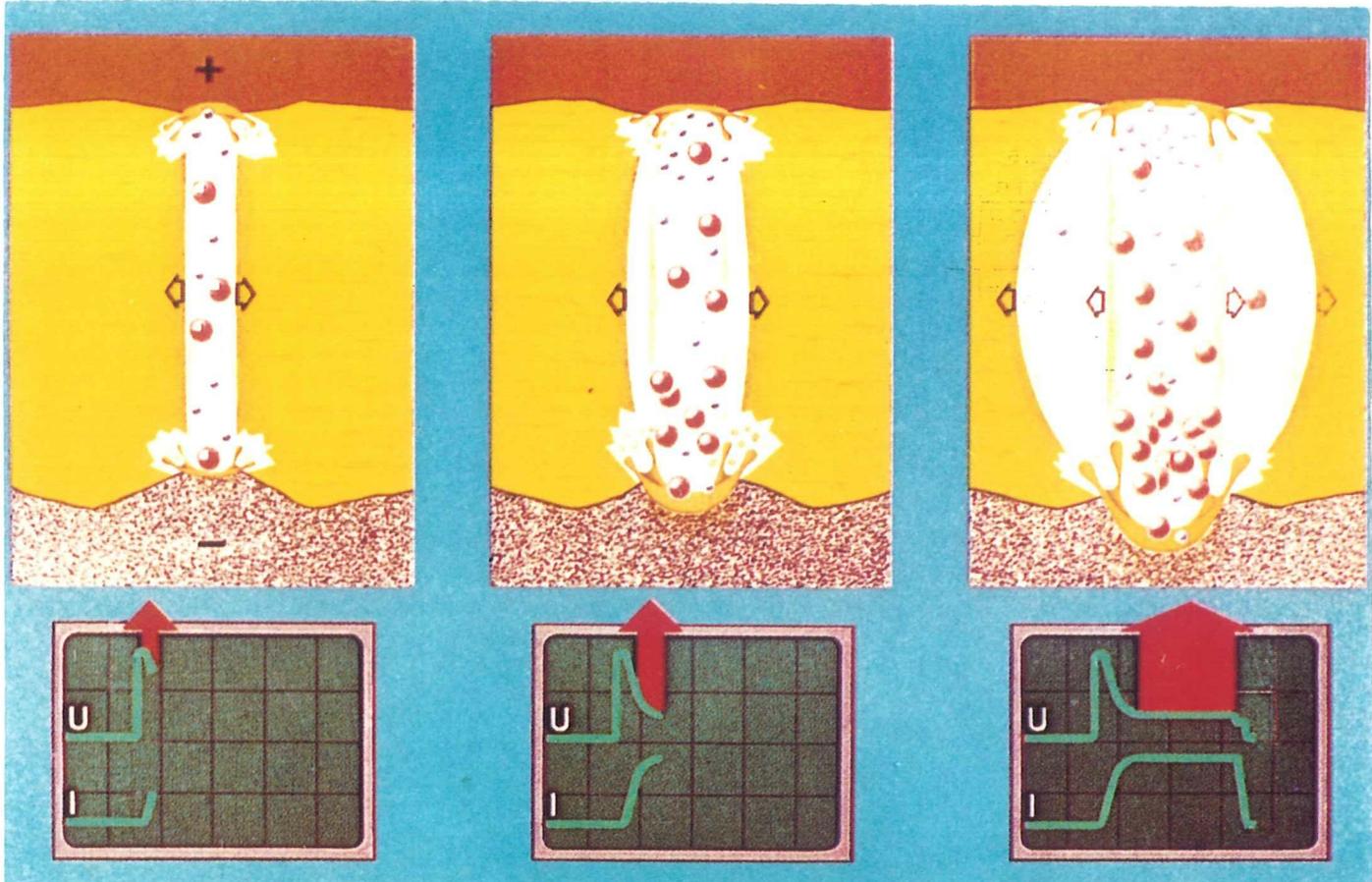
La mecanización por electroerosión se puede dividir en tres grupos:

- Desbaste por electroerosión
- Corte por electroerosión
- Rectificado por electroerosión

En el desbaste por electroerosión coinciden la velocidad relativa media entre el electrodo y la pieza con la velocidad de penetración. A menudo, la técnica de desbaste electroerosivo se subdivide en taladrado y grabado electroerosivos. El corte electroerosivo se puede realizar con ayuda de una lámina, hilo, fleje o de un disco rotativo. En la práctica, el corte se efectúa generalmente con un hilo.

En el rectificado por electroerosión se diferencia entre rectificado cilíndrico exterior, rectificado cilíndrico interior y rectificado de perfiles. La electroerosión es una mecanización por eliminación de metal.

Una rápida sucesión de impulsos eléctricos produce descargas (chispas) entre el útil (electrodo) y la pieza que se procesa. Cada una de estas descargas elimina una pequeña parte del material por fusión y vaporización. Entre la pieza y el útil fluye un líquido aislante y refrigerante (dieléctrico), que además arrastra las partículas extraídas del metal. Este líquido se somete a un tratamiento especial (reciclado) con el fin de ser utilizado continuamente.



Entre el útil y la pieza se crea una tensión eléctrica (fig. 1 - 3 muy ampliada). Súbitamente sobreviene la descarga - la chispa. Partículas con carga eléctrica se proyectan contra la pieza provocando la eliminación de material.

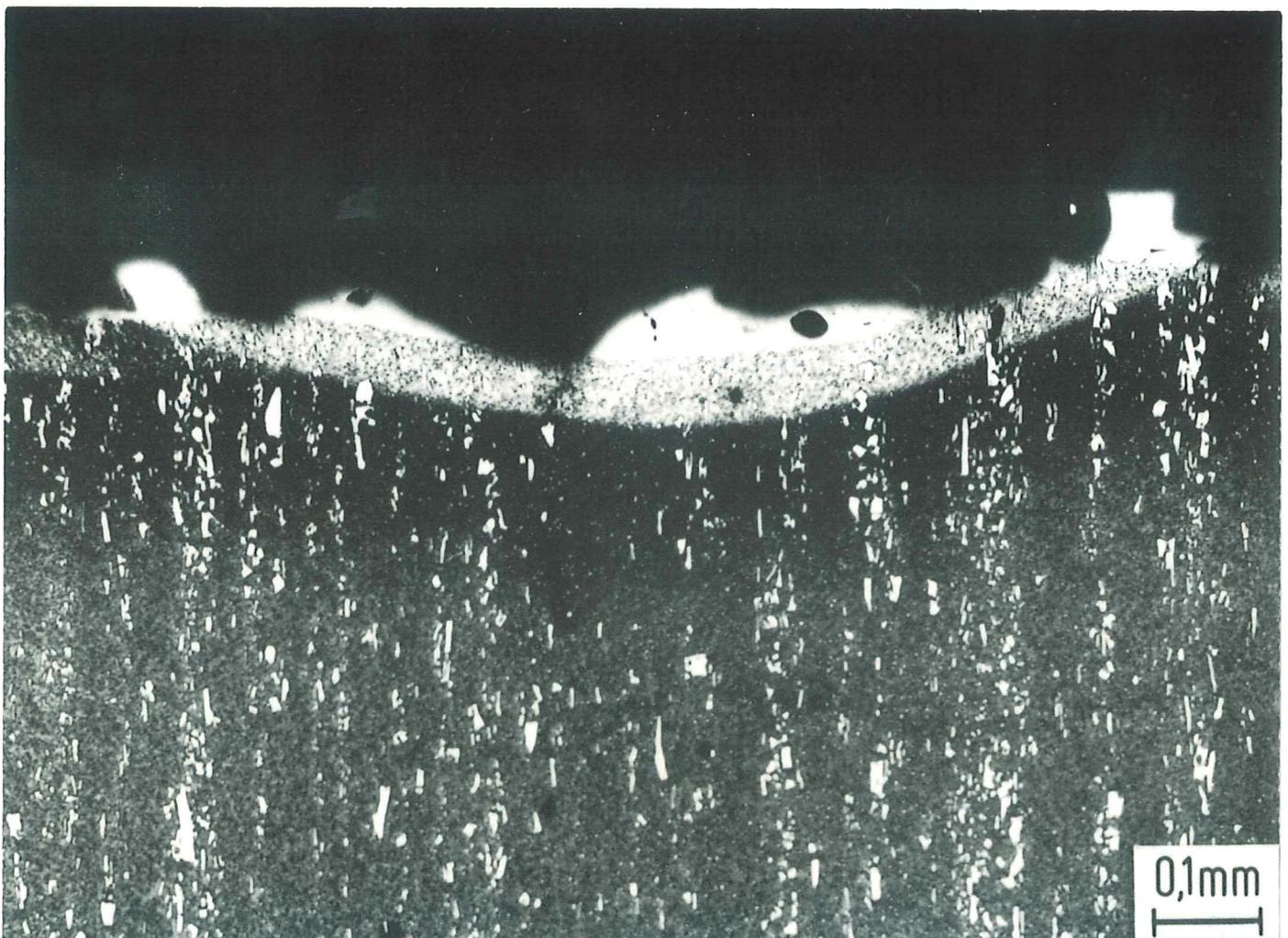
ALTERACIONES DE LAS PROPIEDADES DEL MATERIAL Y SUS COMPONENTES DEBIDAS A LA ELECTROEROSION

El factor económico ha sido el que principalmente ha popularizado este nuevo método de corte por electroerosión con hilo entre los fabricantes de herramientas de corte. Sin embargo, la condición indispensable para aplicar esta técnica es el conocimiento a fondo de los parámetros que determinan las propiedades de corte y desgaste. Así, los útiles producidos mediante las técnicas de rectificado, desbaste por electroerosión o corte con hilo, se diferencian principalmente de las otras por las características de las zonas externas térmicamente afectadas, que son las sometidas a desgaste en la aplicación práctica.

Considerando que tanto el corte por electroerosión con hilo como el desbaste por electroerosión son procesos térmicos de mecanizado, en el corte con hilo se producen en la zona de corte las mismas alteraciones químicas y mecánicas. Estas alteraciones precisan un examen más a fondo, que se consigue tomando microsecciones metalográficas de las zonas térmicamente afectadas (fig. 2).

La micrografía muestra una capa externa de color claro, no-corroible, de espesor irregular, que frecuentemente no cubre la totalidad de la zona y que se ha formado por refundición en el proceso EDM, y cuya composición química ha sufrido modificaciones. La micrografía también revela una zona rugosa más oscura en la que se han sucedido procesos de temple con el consiguiente cambio de estructura, y también una zona en la que se ha producido un revenido a una profundidad de 15 mm hasta 40 mm. El aspecto estructural de esta zona se asemeja a la del material de base, y limita con la estructura de base térmicamente inalterada que comienza a una profundidad de 40 mm hasta 45 mm.

Influencia de la electroerosión en la superficie de una probeta del material X210Cr12



VARIACIONES DE DUREZA EN LA ZONA SUPERFICIAL DE UN ACERO LEDEBURITICO CORTADO POR ELECTROEROSION CON HILO

Zona 1:

La zona 1 del útil de acero ledeburítico X165CrMoV12 (BÖHLER K105) no se altera por el corte por electroerosión con hilo.

Zona 2:

En la zona 2, el corte electroerosivo genera un calor entre 450 y 680 K.

La martensita inicia un proceso de distensión y de precipitación del carbono de fina dispersión. A partir de los 520 K se transforma también la austenita residual. En general, la estructura pierde dureza según se refleja en el gráfico del revenido.

Zona 3:

En la zona 3, las temperaturas oscilan entre los 670 y 810 K. Sigue el proceso de distensión de la martensita y continúa la precipitación de carbono de dispersión fina. Sin embargo, en esta zona y con este tipo de corte electroerosivo se alcanzan temperaturas tan altas que los elementos de aleación del acero se combinan con el carbono precipitado formando carburos, también de dispersión fina, del tipo M₃C, M₇C₃ y M₂₃C₆. Este proceso contrarresta la bajada de dureza provocada por la distensión de la martensita, de forma que, finalmente, se produce un nuevo aumento general de la dureza.

Zona 4:

La temperatura de esta zona se mueve entre los 810 y los 960 K. Finaliza la formación de carburos y la distensión de la martensita. Los carburos, antes finamente repartidos, se agrupan formando islas de grandes carburos, provocando así la caída súbita de la dureza. El nivel mínimo de dureza se sitúa a 1220 K aproximadamente, que corresponde al del recocido blando.

Zona 5:

La disolución de los carburos del tipo M₃C comienza a temperaturas entre 960 y 1270 K, provocando la formación de carbono libre, que a su vez se combina con hierro para formar el cristal mixto austenita.

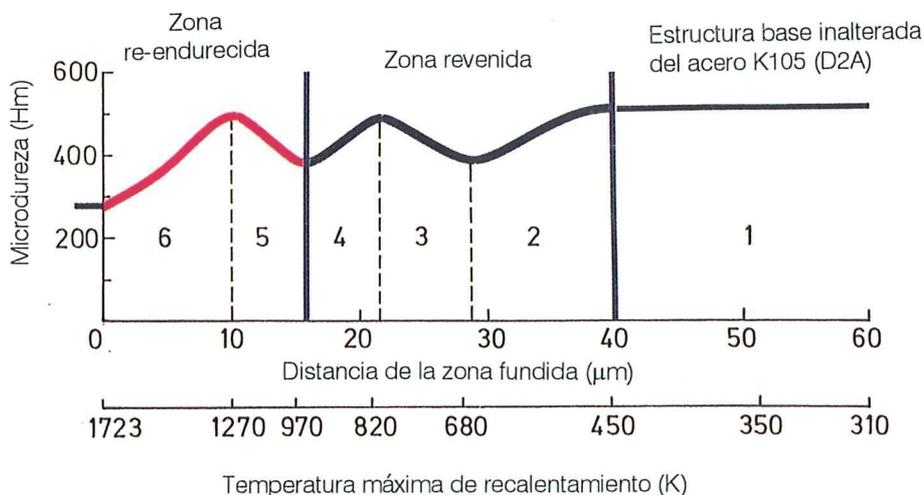
La refrigeración mediante un dieléctrico frío transforma la estructura nuevamente en martensita con deformación tetragonal por tensión, provocando un aumento de la dureza.

Zona 6:

En esta zona las temperaturas se sitúan entre 1270 K y la temperatura de fusión, aproximadamente 1723 K.

Se crea una estructura sobrecalentada que, por su alto contenido de carbono en disolución, provoca una elevación muy por encima del 40% del contenido de austenita residual y, en consecuencia, un pronunciado descenso de la dureza.

Los valores de dureza de 250 Hm (microdureza) obtenidos, correspondientes a la zona superficial extramadamente clara y de recubrimiento irregular, son muy bajos e indican que se ha producido una alteración total de la estructura. El motivo no puede ser atribuible a una alteración total de la estructura, ya que en realidad, por el efecto del enfriamiento dieléctrico, cabría esperar un endurecimiento de la misma. En teoría, la causa de los bajos valores de dureza puede ser la no reconversión en una estructura "dura". Ocasionalmente se produce una oxidación en los límites de los granos, y cuando las formas son geoméricamente complejas se forman fisuras.

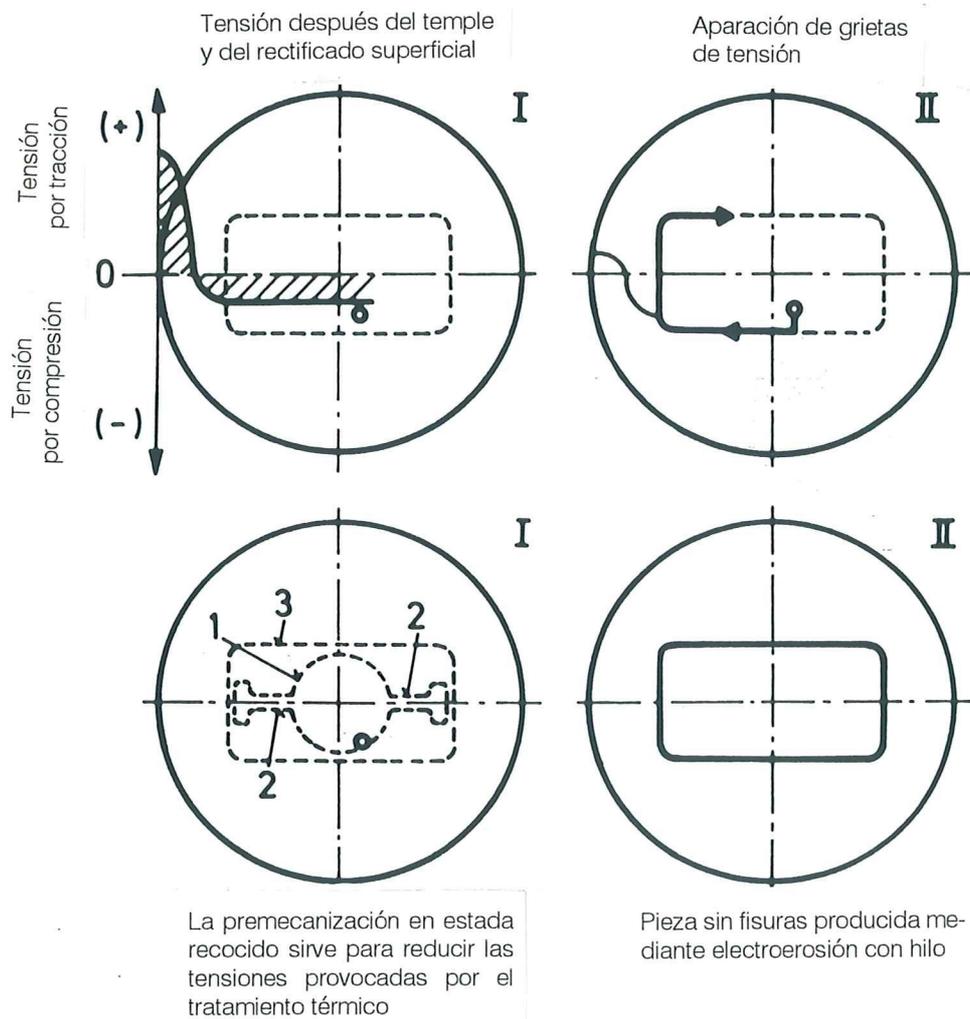


EXPERIENCIAS OBTENIDAS EN CASOS CONCRETOS DE DEFECTOS EN UTILES FABRICADOS POR ELECTROEROSION

Para juzgar la susceptibilidad al agrietamiento de los componentes templados de herramientas es conveniente observar las tensiones mediante ilustraciones gráficas (fig. 4).

Particularmente en componentes de herramientas de aceros ledeburíticos para trabajos en frío y de aceros rápidos, cuya dureza casi siempre oscila entre 60 y 66 HRC, la interacción de las tensiones propias fruto de la mecanización, con el tratamiento térmico y la electroerosión genera a menudo grietas y deformaciones en la pieza. Este fenómeno se puede aliviar en parte creando entallas de descarga. También es preciso tener en cuenta que los hilos de diámetros reducidos provocan durante el corte mayores concentraciones de tensión, aumentando así el riesgo de la formación de grietas.

Prevención de agrietamiento en útiles producidos por electroerosión

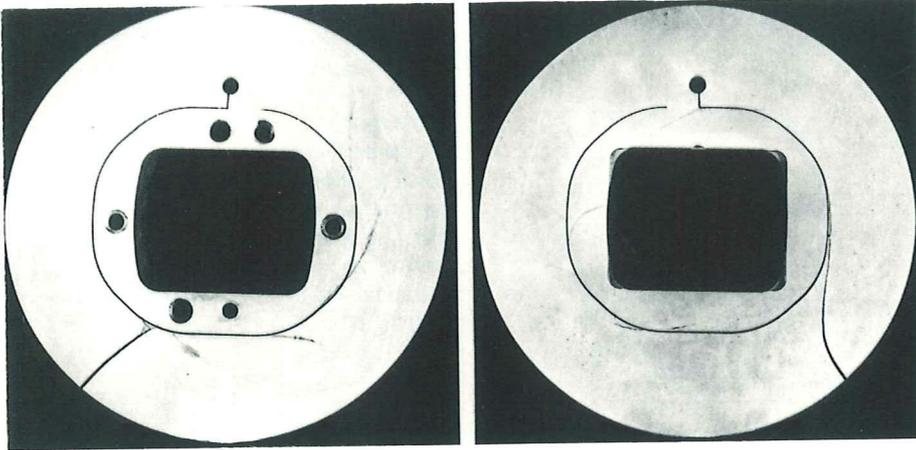


APARICION DE GRIETAS EN LA MECANIZACION, MEDIANTE LA ELECTROEROSION DE UN PUNZON DE EMBUTICION

La fig. 5 muestra un punzón de embutir defectuoso.

La pieza de base en este caso fue un disco macizo, tratado térmicamente y rectificado, con un diámetro de 140 mm y un espesor de 52 mm, provisto de cinco agujeros roscados ciegos, así como un agujero ciego de fijación y dos agujeros de salida para el corte por hilo. La mecanización de la figura se realizó mediante electroerosión por hilo. Tras la elaboración de la forma interior, se efectuó un cambio de herramienta y se cortó el perfil exterior. Durante este último proceso se formaron grietas por la liberación de tensiones internas. El fabricante de la pieza detectó las grietas después de la mecanización. Se comprobó que se trataba de acero de la calidad X165CrMoV12 1 ESR (refundido en escoria electroconductora).

Fig. 5. Eliminación de tensiones por la aparición de grietas durante el corte por hilo por electroerosión de chispa



El análisis de la avería proporcionó el siguiente resultado:

1. Tensiones propias del material de base producidas por
 - 1.1. la premecanización y los agujeros roscados ciegos y agujeros de fijación,
 - 1.2. un tratamiento térmico mal aplicado
 - 1.3. rectificado plano de ambas superficies frontales
2. Desde el punto de vista metalúrgico, el disco macizo de 143 mm de diámetro y 52 mm de espesor es excesivamente grande para el alojar la figura del punzón. Antes del corte por hilo no se había confeccionado ningún tipo de entallas de descarga.
3. La figura se había cortado siguiendo un programa preestablecido a una velocidad excesivamente alta de 1,3 mm/min.

MEDIDAS DE PRECAUCION

Al fabricar el punzón de embutición de recambio, se premecanizó la figura interior antes del temple, y los agujeros ciegos de los machos de roscar se sujetaron con clavija. Después del temple se efectuó un revenido con la duración correcta.

Las superficies planas se sometieron a un rectificado radial y la velocidad del corte por hilo se redujo a 0,5 mm/min. De esta forma se evitaron riesgos de grietas en el corte por hilo. Al efectuar el proyecto para la fabricación del punzón, se tuvo en cuenta que las medidas del material fueran adecuadas. Así se consiguió por una parte que las propiedades metalúrgicas del material fueran adecuadas, y por otra se redujo el material sobrante.

INFLUENCIA DEL NIVEL DE INCLUSIONES NO METALICAS EN LA MECANIZACION ELECTROEROSIVA

Se examinaron una serie de probetas de acero X210Cr12 con diferentes inclusiones de escoria, admisibles en la gama de dispersión. El valor total de las inclusiones de escoria, según Jernkontoret, oscilaba entre 0,58 y 1,15 en las probetas analizadas.

Un análisis de la influencia del contenido de impurezas en el acero X210Cr12 (tanto en valores totales como en valores máximos ASTM) sobre la maquinabilidad por electroerosión reveló que no existe relación entre el nivel de inclusiones y la maquinabilidad.

El acero para moldes de plástico 40CrMnMoS8 6 tiene un alto contenido de azufre (aprox. 0,08%) con el fin de mejorar su maquinabilidad.

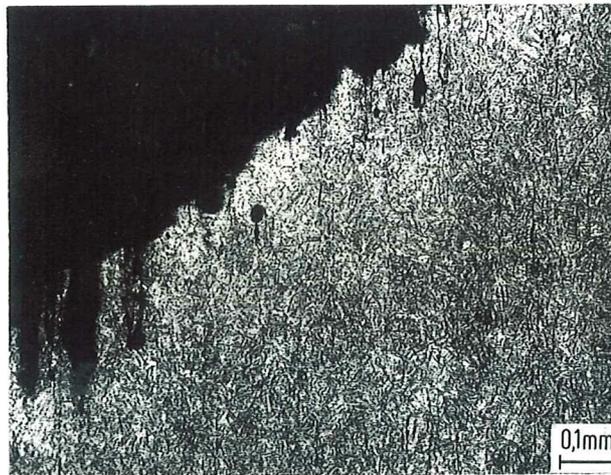
La fotografía 6 revela que en el acero para moldes, la pérdida de material por electroerosión de chispa es más pronunciada en las zonas próximas a las bandas de azufre.

En casos desfavorables, cuando las piezas que se trabajan tienen formas geométricas complejas, este fenómeno puede favorecer la formación de grietas.

Aun en caso de no aparecer grietas, las bandas de azufre tienen un efecto negativo sobre la calidad de la superficie.

Por lo tanto, no es recomendable utilizar aceros con azufre cuando la fabricación del molde implica en gran parte el método electroerosivo.

Superficie erosionada de un acero para moldes de plástico con alto contenido de azufre (BÖHLER M210)



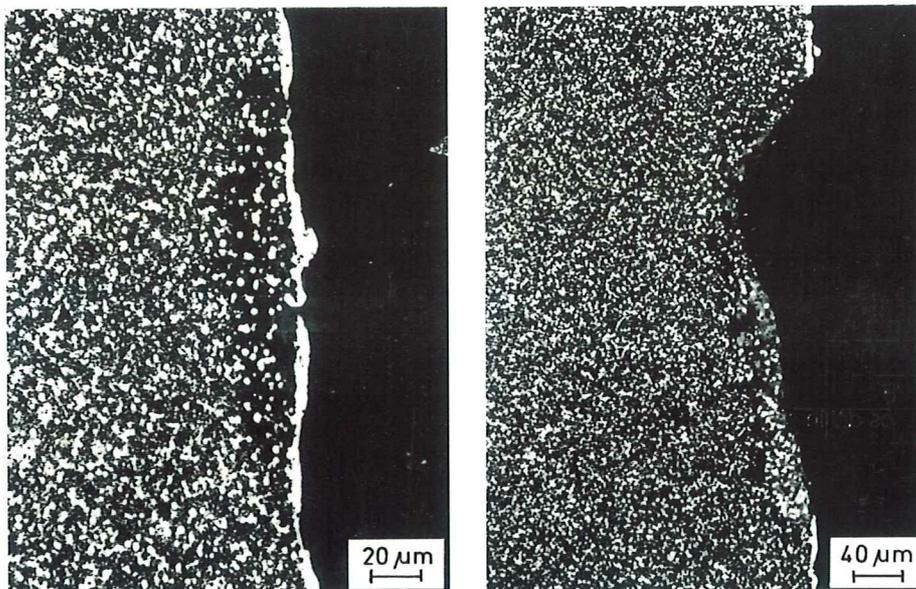
PREVENCION DE ELECTROLISIS SIMULTANEA

Actualmente se utiliza principalmente agua desmineralizada para el corte por electroerosión, que actúa en forma de electrólito débil. Para procesos de corte rápido se incrementan a menudo los valores de conductibilidad del agua.

Los voltajes que acompañan a la descarga provocan una electrólisis simultánea que, debida a los campos de dispersión, actúa allí donde el agua establece una conexión eléctrica entre ambos electrodos.

En estas circunstancias son preferibles los generadores estáticos de impulsos, porque en el intervalo entre descargas no queda voltaje en los electrodos. Para evitar esta electrólisis de campos dispersos, que además provocan una pérdida de rendimiento de la zona erosionada, es conveniente procurar una total evacuación del agua y limitar su cantidad. En caso contrario, se produce un ataque electrofítico en forma de puntos sobre la superficie de la pieza, en especial en los límites de los carburos, que hace necesario un tratamiento adicional de la superficie. Como medidas preventivas se suelen aplicar productos protectores en forma de spray o recubrimientos, cuando el tiempo de exposición del electrodo de hilo en la superficie de la pieza no se puede limitar. La electrólisis simultánea es particularmente perjudicial cuando provoca un reblandecimiento del material dentro de la zona de corte, p. ej. en los cantos de la incisión, por disolución parcial de la estructura cristalina. Este fenómeno se debe tener muy en cuenta si el material que se corta es metal duro o acero sinterizado. Otro remedio en estos casos son los cortes de nivelación.

Corrosión en la superficie erosionada de un acero pulvimetalúrgico causada por electrólisis de campo disperso



CALIDAD DEL FLUJO DIELECTRICO

El flujo dieléctrico ejerce influencia sobre:

- La tecnología
- Las propiedades de corrosión
- La zona periférica
- La rugosidad superficial

El agua debe reunir las siguientes condiciones:

- PH de 7,5 - 8,5
- Conductividad de $<150\mu\text{S}$
- Contenido de cloruro $\text{Cl}^- <20 \text{ mg/l}$
- Contenido de sulfato $\text{SO}_4^{2-} <12\text{mg/l}$
- Dureza $\text{Ca}_2 + <120 \text{ mg/l}$ (16 dH°, 29 fH°)

Si el agua disponible no cumple los requisitos arriba citados es necesario acondicionarla.

Tratamiento en el reciclado de flujo dieléctrico:

- Ajustar el valor de conductibilidad según las tablas tecnológicas de valores standard.
- No añadir nunca sales, en especial sales con contenido de cluros
- No filtrar en diatomea
- No emplear nunca productos de limpieza con cloro en el mismo recinto

Référence: _____
Cortesía de:



BÖHLER EDELSTAHL GMBH & CO KG
MARIAZELLER STRASSE 25
POSTFACH 96
A-8605 KAPFENBERG/AUSTRIA
TELEFON: (+43) 3862/20-6297
TELEFAX: (+43) 3862/20-7576
e-mail: publicrelations@bohler-edelstahl.at
www.bohler-edelstahl.at

“Les indications données dans cette brochure n’obligent à rien et servent donc à des informations générales. Les indications auront caractère obligatoire seulement au cas où elles seraient posées comme condition explicite dans un contrat conclus avec notre société. Lors de la fabrication de nos produits, des substances nuisibles à la santé ou à l’ozone ne sont pas utilisées”

“Los datos que figuran en este folleto han de considerarse como meramente informativos y por lo tanto no están sujetos a obligación o compromiso alguno por parte de la empresa. Los datos adquirirán carácter obligatorio sólo en el caso de que así se especifique de forma explícita mediante contrato firmado con la empresa. En el proceso de fabricación de nuestros productos no se utilizan ningún tipo de sustancias nocivas para la salud ni perjudiciales para la capa de ozono de la atmósfera.”