

Procesos avanzados de maquinado

Por Andrés Monjo

Resumen

En la presente monografía se describirán métodos no convencionales de maquinado. Se analizará en qué caso se usa cada uno de éstos métodos así como las ventajas y desventajas, aplicaciones típicas, limitaciones, precisión, características de las superficies producidas, y el aspecto económico de cada uno de ellos.

Introducción

La mayoría de los procesos tradicionales de maquinado quitan material formando virutas, o lo hacen por abrasión. No obstante, existen numerosos casos en que estos procesos no son satisfactorios o simplemente no son posibles por alguna de las siguientes razones:

- El material tiene dureza o resistencia muy elevada, o el mismo es demasiado frágil
- La pieza es demasiado flexible o resulta difícil sujetar las partes
- La forma de la pieza es compleja
- El acabado superficial y la tolerancia dimensional son muy rigurosos
- El aumento de la temperatura y los esfuerzos residuales en la pieza no son deseables ni aceptables.

Dado que el uso de procesos avanzados de maquinado ofrece mayores ventajas técnicas y económicas que los convencionales, se procederá a describir los métodos avanzados más importantes utilizados en la actualidad.

Maquinado químico

Este método se basa en que algunas sustancias como soluciones ácidas (para aceros) o alcalinas (para el aluminio) corroen al metal por disolución química y le quita pequeñas cantidades de material de su superficie. En la figura 1 se puede observar el esquema del proceso. Es importante notar que no intervienen fuerzas ni herramientas como si ocurre en las técnicas convencionales.

El maquinado químico se aplica en la industria aeroespacial para eliminar capas superficiales de material en partes grandes de aviones o cubiertas de misiles. También se utiliza para fabricar dispositivos microelectrónicos como tarjetas de circuito impreso o chips de microprocesadores. Este proceso tiene la característica de que los costos de herramientas y equipos son bajos y es adecuado para corridas cortas de producción.

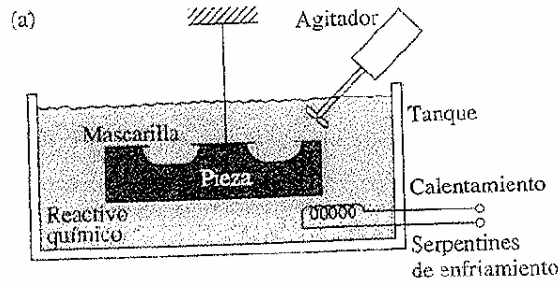


figura 1 : esquema del proceso de maquinado químico

En el fresado químico se producen cavidades superficiales de hasta 12 mm sobre placas o láminas con el objetivo de reducir el peso total. El ataque es selectivo y se logra agregando capas removibles (enmascaramiento con cintas, pinturas o plásticos) o por inmersión parcial del reactivo.

El troquelado fotoquímico es una modificación del fresado químico y el material se elimina de una lámina delgada y plana mediante técnicas fotográficas. Posee la ventaja de poder troquelar formas complicadas sin rebabas. Se utiliza para fabricar laminaciones de motores eléctricos, mascarillas para televisión a color y para grabar superficies. Los costos de herramienta son bajos, el proceso se puede automatizar y es económico para volúmenes medianos a altos de producción. El inconveniente principal del troquelado químico son los desechos de los subproductos químicos.

Maquinado electroquímico

El principio de funcionamiento de esta técnica es el de electrodeposición invertida y se puede apreciar en la figura 2. Un electrolito (sal inorgánica muy conductora) funciona como portador de corriente y la gran rapidez de movimiento del electrolito en el espacio entre la herramienta y la pieza, arrastra y retira los iones metálicos de la pieza (ánodo) antes de que tengan oportunidad de depositarse sobre la herramienta (cátodo). La velocidad de penetración de la misma es proporcional a la densidad de corriente y no se afecta por la resistencia, dureza, o la tenacidad de la pieza.

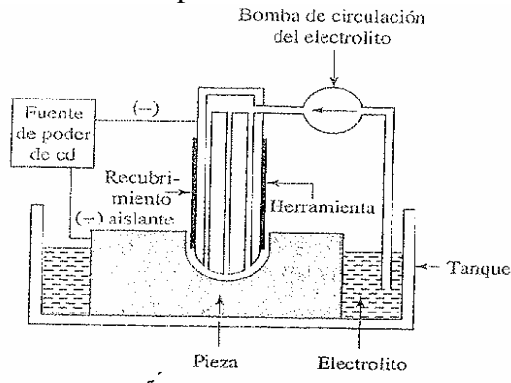


figura 2 : esquema del proceso de maquinado electroquímico

El maquinado electroquímico se utiliza en la industria aeroespacial, para la producción en masa de álabes de turbinas y partes de motor de reacción y toberas. Tiene las ventajas de no causar daños térmicos en la pieza, no produce desgaste de herramienta, y puede producir formas complicadas con cavidades profundas en materiales duros. En la actualidad existen centros de maquinados controlados numéricamente que logran la mayor rapidez de remoción de material entre todos los procesos no tradicionales de maquinado.

Como desventaja, este método posee herramientas y equipos costosos y consume mucha energía. Asimismo, éste no es conveniente para producir esquinas agudas ni fondos planos ya que el electrolito tiende a erosionar y quitar perfiles agudos.

Rectificado electroquímico

Esta técnica combina el maquinado electroquímico con el rectificado normal. La piedra rectificadora es un cátodo giratorio embebido en partículas abrasivas (figura 3). Los abrasivos tienen las funciones de servir como aislantes entre la piedra y la pieza y de quitar mecánicamente los productos de la electrólisis del área de trabajo. Ya que sólo alrededor del 5% de la remoción es por acción del abrasivo (el resto es por el electrolito), el desgaste de la piedra es muy bajo.

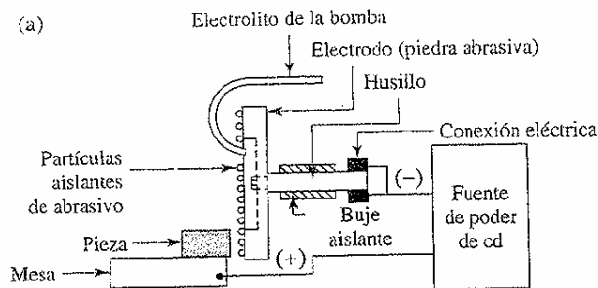


figura 3 : esquema del proceso de rectificado electroquímico

Como ventaja principal, el proceso presenta mayor rapidez de remoción que en el rectificado convencional con una duración de herramienta mucho más grande inclusive para materiales con elevada dureza.

Electroerosión

El proceso de electroerosión es uno de los procesos avanzados de maquinado que más se usan en la actualidad. Su principio de funcionamiento se basa en la erosión de los metales mediante chispas de descarga eléctrica. En la figura 4 se muestra el esquema de operación en el cual la herramienta de formado y la pieza están conectadas a una fuente de corriente continua, ambas inmersas en un fluido dieléctrico (aceite mineral). Las funciones del mismo son actuar como aislante hasta cierta diferencia de potencial, limpiar y retirar desechos, y servir de refrigerante. Cuando la diferencia de potencial entre la herramienta y la pieza llega a un valor crítico, se descarga una chispa que atraviesa el fluido y quita una cantidad pequeña de metal de la superficie de la pieza.

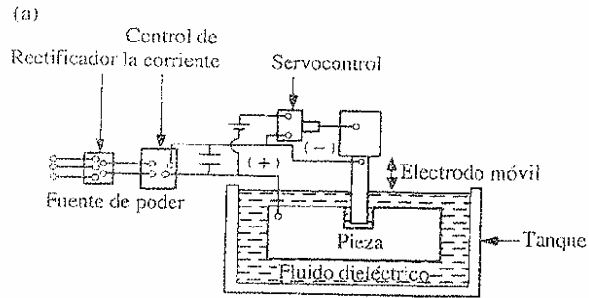


figura 4 : esquema del proceso de electroerosión

La electroerosión se puede utilizar en cualquier material que sea conductor eléctrico y la dureza, tenacidad y resistencia del material no influyen sobre la velocidad de remoción. Para controlarla, se puede variar la frecuencia de descarga o la energía por descarga así como el voltaje y la corriente.

Entre las aplicaciones más típicas se encuentra la producción de cavidades de matrices para componentes grandes de carrocerías automotrices. Se pueden lograr cortes y formado de partes muy complicadas con materiales duros. Mediante centros de maquinado controlados numéricamente se pueden lograr grandes producciones con alta precisión y repetibilidad aunque las herramientas y equipos son costosos. También se usa como proceso de rectificado y corte, pero para tener una producción económica a gran escala, el acabado superficial no debe ser muy fino

Electroerosión con alambre

Es una variación del proceso de electroerosión y también se lo conoce como electroerosión de hilo. En la figura 5 se puede ver como un alambre (que se mueve lentamente) describe una trayectoria predeterminada y corta la pieza. Las chispas de descarga funcionan como dientes de corte. El alambre suele ser de cobre o tungsteno y debe tener la resistencia tensil y tenacidad suficiente, así como gran conductividad eléctrica y capacidad de arrastrar los desechos producidos durante el corte.

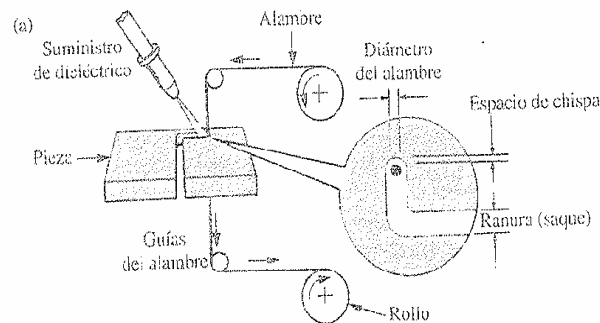


figura 5 : esquema del proceso de electroerosión con alambre

Las máquinas de electroerosión con alambre de última generación poseen controles computarizados para regular la trayectoria de corte del alambre, tienen varios cabezales

para cortar varias piezas simultáneamente e incluyen funciones de control para evitar la ruptura del alambre. Estas máquinas son extremadamente caras pero poseen la capacidad de cortar placas de hasta 30 cm de espesor.

Maquinado con rayo láser

En este caso, la energía luminosa proveniente de una fuente láser se concentra sobre la superficie fundiendo y evaporando de forma controlada la pieza (figura 6). Los parámetros relevantes son la reflectividad y la conductividad térmica de la pieza, así como sus calores específicos y latentes de fusión y evaporación.

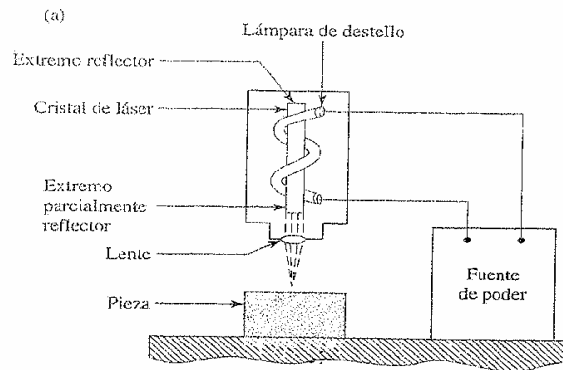


figura 6 : esquema del proceso de maquinado con láser

El maquinado con rayo láser se usa para taladrar y cortar metales, materiales no metálicos, cerámica y materiales compuestos y pueden cortar placas hasta de 32 mm. También se usan para soldar, para hacer tratamientos térmicos localizados y para marcar partes. Esta técnica se usa cada vez más en las industrias automotriz y electrónica compitiendo con el maquinado por electroerosión.

Como desventaja, se ve que la superficie obtenida por este método es áspera y tiene una zona afectada por el calor, que luego habrá que remover o tratar térmicamente. Además, los equipos involucrados son muy costosos y consumen mucha energía.

Maquinado con haz de electrones y corte con arco de plasma

La fuente de energía está formada por electrones de alta energía que chocan con la superficie de la pieza y generan calor (figura 7). Se usan voltajes del orden de los 100kV para llevar a los electrones a velocidades de casi el 80% de la velocidad de la luz. En términos de aplicaciones es muy parecido al maquinado por rayo láser con la diferencia que necesita de un vacío.

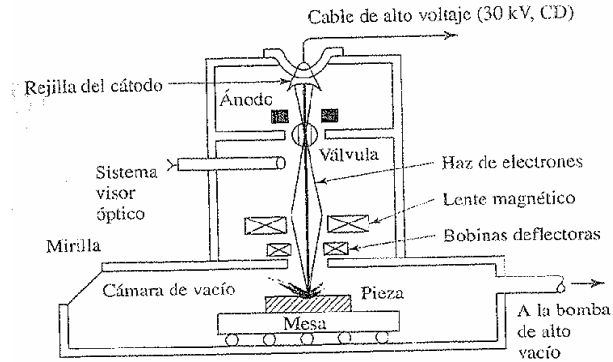


figura 7 : esquema del proceso de maquinado con haz de electrones

Este proceso realiza cortes muy exactos para una amplia gama de metales. Como se mencionó antes, tiene la gran desventaja de necesitar de un vacío para trabajar. También es importante resaltar que la interacción del haz de electrones con la superficie produce rayos X los cuales son perjudiciales. Por tanto, estas máquinas deben ser manipuladas por personal altamente capacitado.

En el corte con arco de plasma se usan chorros de gas ionizado (plasma) para cortar rápidamente placas y láminas metálicas. Se trabaja con temperaturas que pueden llegar hasta los 10000°C , y gracias a las altas velocidades de operación, el acabado superficial es muy bueno. Otras ventajas son la de poder cortar placas hasta de 15 cm con buena reproducibilidad y más rápido que con procesos de electroerosión. La desventaja mayor de este método es su necesidad de tener una cámara de vacío que limita los tamaños de las piezas a cortar.

Maquinado con chorro de agua

En este método se utiliza la fuerza debida al cambio de la cantidad de movimiento del chorro en operaciones de corte y desbarbado. El chorro funciona como una sierra y corta una ranura angosta en la pieza (figura 8).

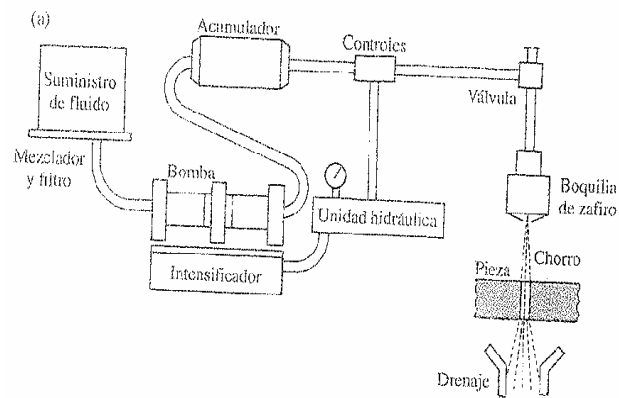


figura 8 : esquema del proceso de maquinado con chorro de agua

Se pueden cortar materiales como madera, telas, ladrillos, cuero y papel de hasta 25 mm de espesor. Se usa para cortar tableros de instrumentación en automóviles, y algunas láminas de carrocería. Es una operación eficiente y limpia, y por eso se utiliza en la industria de alimentos para cortar productos alimenticios.

Este procedimiento muestra numerosas ventajas. Es adecuado para materiales flexibles (ya que no se producen flexiones) y las rebabas producidas son muy pequeñas. La pieza se humedece muy poco y puede iniciarse el corte en cualquier lugar sin necesidad de un hueco pretaladrado. Por último, no produce calor, y es un proceso seguro para el ambiente (aunque es muy ruidoso).

Si al chorro de agua se le agregan partículas abrasivas, se puede aumentar notablemente la velocidad de remoción del material. Recordemos que un abrasivo es una partícula dura, pequeña y no metálica que tiene aristas agudas y forma irregular. Este procedimiento es adecuado en especial con los materiales sensibles al calor que no se pueden maquinar con procesos que involucren generación de calor.

Maquinado con chorro abrasivo

Se apunta un chorro de alta velocidad de aire seco (o nitrógeno) con partículas abrasivas a la superficie de la pieza (figura 9). El choque genera una fuerza concentrada apta para cortar materiales metálicos y no metálicos, para desbarbar o eliminar esquirlas, o para limpiar una pieza con superficie irregular.

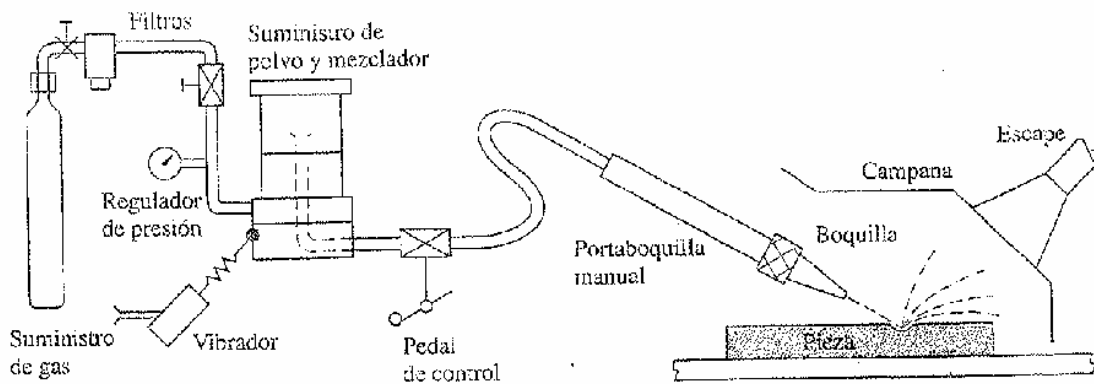


figura 9 : esquema del proceso de maquinado con chorro abrasivo

El método de maquinado con chorro abrasivo tiende a redondear las aristas agudas en esquinas. Otra desventaja que presenta es el riesgo causado por las partículas abrasivas suspendidas en el aire.