

# FLUIDOS DE CORTE

---

## QUÉ SON

Los fluidos de corte se utilizan en la mayoría de las operaciones de mecanizado por arranque de viruta. Estos fluidos, generalmente en forma líquida, se aplican sobre la zona de formación de la viruta, para lo que se utilizan aceites, emulsiones y soluciones. La mayoría de ellos se encuentran formulados en base a un aceite de base mineral, vegetal o sintético, siendo el primero el más utilizado, pudiendo llevar varios aditivos (antiespumantes, aditivos extrema presión, antioxidantes, biocidas, solubilizadores, inhibidores de corrosión...).

## Tipos de fluidos

Los principales tipos de fluidos de corte mecanizado son

- ▶ Los aceite íntegros.
- ▶ Las emulsiones oleosas.
- ▶ Las "soluciones" semi-sintéticas.
- ▶ Las soluciones sintéticas.

En la mayoría de los casos contienen aditivos azufrados de extrema presión, en un 70% de los casos parafinas cloradas y cada vez más aceites sintéticos (poliglicoles y ésteres). Es frecuente la adición de lubricantes sólidos como grafito, MoS<sub>2</sub> o ZnS<sub>2</sub>.

## Taladrinas

Los tres últimos tipos mencionados anteriormente son soluciones acuosas diluidas al 3,5% como media, y reciben el nombre genérico de taladrinas. El pH se sitúa en un ámbito ligeramente alcalino (pH 8-10).

Las taladrinas pueden contener todas o parte de las sustancias que se enumeran a continuación

- ▶ Aceites minerales (de tendencias nafténica o parafínica) \*
- ▶ Aceites animales o vegetales
- ▶ Aceites sintéticos (alquilbencenos...)
- ▶ Emulgentes
  - Catiónicos \*
  - Aniónicos (como Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) \*
  - No iónicos (como trietanolamina, poliglicoleter, alilfenol oxietilo)
- ▶ Inhibidores de corrosión
  - nitritos (NaNO<sub>2</sub>, nitrito de dicitlohexilamonio...) \*
  - aminas (mono-bi-trietanolamina, ciclohexilamininas)
  - boratos (bacterioestático) y carbonatos
  - otros ácido butilbenzoico, ...
- ▶ Bactericidas-fungicidas (como fenoles, formoles, pentaclorofenoles) \*

- ▶ Aditivos extrema presión
  - parafinas cloradas \*
  - aditivos azufrados \*
  - aditivos fosforados (dialquifosfato de cinc...)
  - aceites minerales y grasas, alcoholes
- ▶ Humectantes o estabilizantes (como poliglicoles, alcoholes y fosfatos de aminas) \*
- ▶ Antiespumantes (siliconas como dimetilsiloxan)
- ▶ Colorantes
- ▶ Acomplejantes (EDTA)
- ▶ Metales pesados (molibdeno, cinc)

**Nota:** Se ha marcado con un (\*) las sustancias más utilizadas en las taladrinas.

Las taladrinas se presentan como concentrados que posteriormente son diluidos en el momento de su utilización con agua en proporciones entre un 1,5% y un 15% de volumen. Las taladrinas se pueden dividir en tres tipos:

- a) Las emulsiones de aceite (mineral, sintético o vegetal/animal).

El concentrado se diluye al 4% como media (entre 2,5% y 15% según la clase) y contiene como base un 60% de aceites minerales, aproximadamente un 20% de emulgentes, un 10% de agua y un 10% de aditivos varios (anticorrosivos, bactericidas, aditivos de extrema presión).

Su uso se extiende a operaciones en las que la función lubricante de la taladrina es prioritaria como es la laminación, la extrusión, la deformación (estampación y embutido).

Es frecuente el uso de las taladrinas más concentradas (15%) como protección de metales, es decir, para crear una capa protectora anticorrosiva sobre superficies metálicas.

- b) Las taladrinas semisintéticas.

El concentrado se diluye al 4% como media (entre el 1,5% y 5%) y contiene como base cerca de 20% de aceite mineral o sintético, un 30% de emulgentes, un 40% de agua y un 10% de aditivos varios (importantes bactericidas).

Su uso se extiende a operaciones en las que lubricación y refrigeración son importantes como es el mecanizado (taladrado, fresado...).

- c) Las taladrinas sintéticas.

El concentrado se diluye el 2,5% (entre el 1,5 y el 12%) y contienen además de 15% de anticorrosivos, hasta un 25% de humectantes (glicoles), etc. (facultativo). Un 10% de aditivos varios y un 50-75% de agua.

Su uso se extiende a operaciones en las que la función refrigerante de la taladrina es prioritaria como el rectificado y la protección antioxidante.

## DATOS SOCIOECONÓMICOS

Actualmente su uso es muy frecuente en diversos procesos productivos, pero particularmente en el sector de máquina herramienta.

## LOCALIZACION DE LA ACTIVIDAD

A pesar de las investigaciones y de los avances que se vienen fraguando en materia de sustitución de los fluidos de corte, su consumo sigue siendo importante. En el Estado español el consumo se concentra en la Comunidad Autónoma Vasca, particularmente en el sector de máquina herramienta de Guipuzcoa. El IHOBE ha estimado que en 1.994 el consumo de fluidos de corte en dicha Comunidad se cifró en 3.225 Toneladas/año de concentrados, que tras su dilución y utilización en las operaciones de mecanizado -donde se puede llegar a perder hasta un 30% del fluido inicial por evaporaciones, por ser arrastrado por las virutas y en menor proporción por las piezas mecanizadas- ofrecen un total de residuo final de 48.600 Tm/año, según las mismas fuentes.

## PROCESOS PRODUCTIVOS EN LOS QUE INTERVIENEN LOS FLUIDOS DE CORTE

### Procesos productivos y materiales a transformar

Los procesos productivos son muy variados pudiendo enumerar como principales las siguientes:

- ▶ Rectificados (plano, cilíndrico, sin centro y lento).
- ▶ Torneado / fresado.
- ▶ Roscado / escariado.
- ▶ Taladrado (profundo).
- ▶ Corte (con sierra).
- ▶ Otros (troquelado, enderezado, etc.).

Por su parte las principales actividades industriales en las que se usan fluidos de corte son:

- ▶ Primera transformación de metales (laminación, corte...).
- ▶ Fabricación de tubos.
- ▶ Segunda transformación de metales (corte, troquelado...).
- ▶ Mecánica de precisión (construcción herramientas, máquinas...).
- ▶ Industria del vidrio.

Los metales a transformar en los procesos antes citados son fundamentalmente:

- ▶ Acero al carbono (para la construcción resistencia media a tensión).
- ▶ Acero inoxidable (como cromo aleaciones resistencia alta tensión).
- ▶ Acero para herramientas (con titanio, níquel... resistencia alta tensión).
- ▶ Fundición de hierro.
- ▶ Metales ligeros aluminio y aleaciones de magnesio.
- ▶ Metales de "color" cobre y aleaciones.

## Funciones de los fluidos de corte

- ▶ **LUBRICACIÓN:** Reducir el coeficiente de fricción entre la herramienta y la pieza y entre la herramienta y la viruta que está siendo eliminada.
- ▶ **REFRIGERACIÓN:** El fluido debe eliminar el elevado calor que se produce en la operación de mecanizado.
- ▶ **ELIMINACIÓN DE VIRUTA:** El fluido debe retirar eficientemente la viruta lejos de la zona de operación para no interferir en el proceso y permitir la calidad superficial requerida.
- ▶ **PROTECCIÓN FRENTE A LA CORROSIÓN:** El fluido acuoso podría oxidar y corroer la pieza, la herramienta o la máquina, para evitarlo las formulaciones incorporan protectores frente a la corrosión.

## DAÑOS PARA EL MEDIO AMBIENTE Y LA SALUD HUMANA

### Inconvenientes del uso de fluidos de corte

- ▶ Pueden tener efectos muy negativos sobre el medio ambiente, por ser contaminantes.
- ▶ Pueden ser causa de riesgos para la salud del operario.
- ▶ Pueden ocasionar bajo ciertas condiciones efectos negativos sobre la secuencia de producción.
- ▶ Son el motivo de costos considerables gastos de adquisición, almacenamiento, mantenimiento y eliminación de residuos.

Hay cuatro componentes en los fluidos de corte que se consideran peligrosos para la salud humana y el medio ambiente. Estos componentes han sido considerados como peligrosos por entidades o programas como National Toxicology Program en USA, la Convención de Oslo y un proyecto de Directiva de la Unión Europea.

### Dietamina y derivados

El Programa Nacional de Toxicología USA ha considerado las siguientes características tóxicológicas de la Dietanolamina.

- ▶ Dietanolamina Clara evidencia de actividad carcinogénica (ratón macho y hembra).
- ▶ Dietanolamina del ácido de aceite de coco Clara evidencia de actividad carcinogénica en ratón macho y hembra.
- ▶ Dietanolamina del ácido láurico Alguna evidencia de actividad carcinogénica en ratón hembra, sin evidencia en ratón macho ni ratas.
- ▶ Dietanilmina del ácido oleico En este caso no se han dado evidencias de carcinogenicidad, pero se han planteado reservas para los usos en actividades.

## Nitrito sódico, alquilfenoles y ácido cresílico

Sustancias en periodo de sustitución o eliminación por la Control Of Substances Hazardous to Health. Algunas instituciones ruegan encarecidamente a sus asociados que eviten el uso de estos aditivos.

- ▶ Nitrito sódico Veneno sistémico por ingestión y puede ser absorbido por la piel. Formulaciones que contienen del 1 al 5% se catalogan como dañinas, las de > 5% como tóxicas. Además de tóxico para la salud es muy tóxico para el medio ambiente acuático. Además el nitrito puede pasar a nitrato y con compuestos nitrogenados formar nitrosaminas de las que el 80% son cancerígenas.
- ▶ Alquilfenoles y ácido cresílico Usados como emulgentes en fluidos acuosos, tienen la máxima toxicidad (piel, acuática) y mismos límites de % en los preparados que el nitrito sódico. Muy tóxico para los peces incluso a conc. < 1 ppm. Los límites de exposición ocupacional son 5 ppm (en vapor), 19 mg/m<sup>3</sup> (niebla).

## Parafinas cloradas

Diversas instancias y protocolos internacionales han tratado sobre el producto de las parafinas cloradas en los fluidos de corte alertando sobre su peligrosidad y proponiendo su eliminación y sustitución:

- ▶ La convención de Oslo para la prevención de la polución marina decidió prohibir el uso de parafinas cloradas de cadena corta (C10-C13) para el año 1999.
- ▶ La comisión europea 793/93 (evaluación y control de riesgo de sustancias químicas) concluye que el área de uso en fluidos de corte es de gran preocupación y se necesitan medidas de reducción de riesgos.
- ▶ La DG III está en la actualidad elaborando las medidas apropiadas.
- ▶ La United Nation Economic Comision for Europe, en su protocolo de contaminantes orgánicos persistentes, ha puesto en cabeza de lista de espera a las parafinas cloradas de cadena corta con previsión de inclusión en la lista definitiva de eliminación o sustitución para el año 2002. No hay aún referencias a las de cadena media (C14-C17) o larga >C17, pero en EE UU se acaba de iniciar un estudio formal de valoración de riesgos para ellas.

## Biocidas

Hay gran cantidad de biocidas distribuidos en cuatro grupos principales y 23 subgrupos:

- ▶ Desinfectantes y biocidas en general.
- ▶ Conservantes.
- ▶ Pesticidas
- ▶ Otros productos biológicos.

La Directiva relativa a Biocidas se espera que se apruebe en breves fechas y entre en vigor en el 2000.

## Principales grupos de aditivos

	<b>FUNCIÓN</b>	<b>COMPOSICIÓN</b>	<b>MODO DE ACCIÓN</b>	<b>INCONVENIENTES AMBIENTALES Y PARA LA SALUD</b>
<b>EMULGENTES</b>	Estabilidad emulsión	Jabones iónicos sulfonatos óxidos de etileno	Favorecen la formación de micelas	DQO vertidos de los cursos de agua
<b>INHIBIDORES DE CORROSIÓN</b>	Protección contra la corrosión de pieza y herramienta	Largas cadenas (-) Nitritos -----> Sales de ácidos orgánicos, aminas, amidas, comp. De b.	Largas cadenas atraídas y retenidas por el metal Pasivación	Formación nitrosaminas Boro, muy tóxico
<b>ESTABILIZADORES SOLUBIZADORES AGENTES ANTIESPUMA</b>	Estabilizan el concentrado y evitan espumas	Alcoholes, glicoles, fosfatos y siliconas	Varían tensión superficial	DQO
<b>ADITIVOS E.P.</b>	Forman capas intermedias lubricando el corte	Parafinas cloradas, cloro, azufre y comp. De fósforo	Utilizan la t y p para reaccionar y formar capas	Derivados clorados muy contaminantes
<b>BIOCIDAS</b>	Impedir el desarrollo de bacterias en el fluido con el tiempo	Isotiazolonas triazinas, formilas, fenoles	Bactericida y bacteriostático	Atacan la microflora de los ecosistemas, son muy tóxicos; relación con dermatitis

## Algunos compuestos químicos nocivos para el hombre y el medio

<b>MONO, DI Y TRIETANOLAMINAS</b>	Inhibidor de corrosión	Irritante y alérgico
<b>POLIETILENGLICOL Y PROPILENGLICOL</b>	Base en fluidos sintéticos	Alérgico
<b>CROMO Y CROMATOS</b>	Proviene del metal cortado	Alérgico
<b>ADITIVOS SULFOCLORADOS Y PARAFINAS CLORADAS</b>	Aditivos e.p.	Irritantes y riesgos cancerígenos
<b>ALQUILDITIOFOSFATO DE CINC</b>	Aditivos antidesgaste y antioxidante	Irritantes, alérgicos, causan polineuritis
<b>AMINAS GRASAS</b>	Inhibidores de corrosión	Irritante y forma nitrosaminas cancerígenas
<b>FENOLES, FORMOLES, DERIVADOS Y COMPUESTOS DE BORO</b>	Aditivos anti desarrollo microbiano	Irritante. Alérgicos y ambientalmente muy nocivos
<b>NITRITOS</b>	Aditivos anticorrosion	Formación de nitrosaminas cancerígenas

## LEGISLACION APLICABLE

Si bien por extensión se puede aplicar diferentes normativa, todavía está en desarrollo la generación de una normativa legal específica. Nos parece de interés el exponer las normas ISO que afectan a los fluidos de corte.

## Catalogación de los fluidos

Los fluidos de corte son productos industriales regulados por la norma ISO 6743/7-1986 (E) que los cataloga como productos industriales ISO-L-M. (**M** Familia *Metalworking*). (**L** – Clase *"Lubricants"*). La mencionada norma divide los fluidos en dos categorías **MH** o Aceites PUROS; **MA** o Fluidos ACUOSOS.

## Clasificación de los fluidos de corte (según ISO 6743/7-1986 (E))

	Código ISO-L	Tipo de Producto y principales propiedades					
		Aceites minerales o fluidos sintéticos	Otros	Propiedades reductoras de la fricción	Propiedades Extremas Presión químicamente no activas	Propiedades Extremas Presión químicamente activas	No
Aceites Puros	MHA	*					
	MHB	*		*			
	MHC	*			*		
	MHD	*				*	
	MHE	*		*	*		
	MHF	*		*		*	
	MHG		*				Grasas
	MHH		*				Jabones

	Código ISO-L	Tipo de producto y principales propiedades						
		Emulsiones	Micro emulsiones	Soluciones	Otros	Propiedades reductoras de la fricción	Propiedades Extrema presión	Not
Fluidos acuosos	MAA	*						
	MAB	*				*		
	MAC	*					*	
	MAD	*					*	
	MAE		*					
	MAF		*				* y/o *	
	MAG			*				
	MAH			*			* y/o *	
	MAI					*		Grasas Pastas

Fuente Tekniker

## BUENAS PRÁCTICAS

- ▶ Utilización de aceites base de origen vegetal o sintético, biodegradables y de bajo impacto.
- ▶ Tendencia a la utilización de aditivos que den lugar a bajos valores de demanda de oxígeno para su degradación.
- ▶ Eliminación de los hidrocarburos clorados en las formulaciones.
- ▶ Reducción del nivel de aromáticos por debajo del 8% por su relación con el cáncer de piel.
- ▶ Reducción del uso de nitrito sódico como inhibidor de corrosión.
- ▶ Estudio y reducción de la utilización de biocidas.
- ▶ Eliminación del uso de metales pesados (Zn,Cu) en las formulaciones
- ▶ Reducción del uso de lubricantes miscibles en agua.

## Tipos de sistemas

	VENTAJAS	INCONVENIENTES
<b>INDIVIDUAL</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Menor riesgo de la pérdida de calidad de un baño.</li> <li>▶ Flexibilidad en el uso puntual de un fluido inhabitual en una máquina concreta.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Mantenimiento laborioso de los baños.</li> <li>▶ Varios tipos de fluidos de corte en uso.</li> <li>▶ Posibilidad de baños frecuentemente en desuso.</li> </ul>
<b>CENTRALIZADO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Labores de mantenimiento y control simplificadas.</li> <li>▶ Unificación del tipo de fluido de corte en uso.</li> <li>▶ Toda la masa de fluido constantemente en movimiento y homogeneización.</li> <li>▶ Condiciones de compra más ventajosas por cantidad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Riesgo grande.</li> <li>▶ Los periodos de cambio paralizan la producción.</li> </ul>

## Medidas tecnológicas

	Instalación/proceso	Adecuado para la separación		Eficacia/grado de separación	Inversión	Mantenimiento
		Sólidos extraños	Aceites extraños			
<b>Aceites extraños</b>	Desnatador (de discos, banda, tubo)		X	Media	Baja	Bajo
	Separador de coalescencia		X	Alta	Media	Medio
	Separados de aceite de cámara anular	(X)	X	Media	Media	Bajo
<b>Sólidos</b>	Separados (de dos fases)		X	Alta	Alta	Medio
	Separados magnético	X		Baja	Baja	Bajo
	Filtro de banda, filtro de banda continuo, filtro de banda de gravedad, de vacío, de sobrepresión	X		Media/(alta)	Media (alta)	Bajo
	Depósito de sedimentación (eventualmente con depósito de evacuación)	X		Media	Baja	Sencillo
	Filtro de disco de flujo reversible	X		Media	Media	Sencillo
	Filtro de masa filtrante sobre tamices para aceites de corte	X		Alta	Alta	Elevado
	Hidrociclones	X		Media	Baja	Bajo
<b>Sólidos y aceites extraños</b>	Depósito de sedimentación con dispositivo de eliminación de aceite	X	X	Media	Baja	Bajo
	Clarificador de láminas oblicuas	X	X	Media/(alta)	Media	Medio
	Separadores centrífugos					
	Separadores de tres fases	(X)	X	Alta	Alta	Medio/(bajo, medio)
	Decantadores de tres fases	X	X	Alta	Alta	

Fuente Tekniker

## Tabla de valores límites

	Unidades	Valores Límites
Ph	---	6 – 7
Dureza	ºd	>10 ; <30
Contenido en Cloruros	Mg/L	<100
Contenido de Sulfatos	Mg/L	<100
Nitratos	Mg/L	<50
Residuo Seco (100ºC)	Mg/L	<500
Contenido en Bacterias	Ufc/ml	<10

## ALTERNATIVAS

En vista de los problemas ambientales y de salud para los operarios en contacto con los fluidos de corte, se viene prestando especial atención a la eliminación de los fluidos de corte de los procesos productivos o a reemplazar sus bases lubricantes por otras biodegradables, no tóxicas y respetuosas con el medio ambiente. Actualmente bajo el término "biodegradable" se incluyen aceites vegetales, poliglicol éteres y ésteres sintéticos y entre los esteres diésteres, polyol ésteres y fosfato esteres.

De hecho, el mecanizado en seco o con estos fluidos de corte alternativos, se ha convertido en tema prioritario de investigación en aquellos países de la UE donde los costes de gestión de los residuos encarecen notoriamente los procesos de fabricación con fluidos convencionales. La mayoría de ellos se están realizando en Alemania, liderados por empresas tan significativas como Bosch, BMW y Mercedes Benz. Sin duda la demanda de la sociedad por el respeto al medio ambiente afecta también a nuestra industria con una presión todavía incipiente pero sin duda creciente, por lo que conviene ir actualizando nuestros sistemas productivos a las nuevas exigencias.

Se presentan cuatro alternativas a la utilización de los fluidos de corte convencionales el mecanizado en seco, las técnicas de mínima lubricación (MQL), con fluidos de corte biodegradables y no tóxicos, la utilización de gases refrigerantes, y el proceso COLDCUT.

### Mecanizado en seco

El mecanizado en seco supone la eliminación completa del fluido de corte. De forma que cuando se desempeña un proceso de este tipo, se deben adoptar medidas para que las funciones que normalmente ejerce el fluido sean asumidas por otros medios.

Para implantarlo se requiere realizar un profundo análisis de las condiciones límites de la operación en conjunción con el conocimiento detallado de las complejas interacciones asociadas al proceso, entre la herramienta de corte, la pieza a mecanizar y la máquina herramienta. Sobre esta base, se pueden identificar y adoptar medidas y soluciones para lograr implementar el mecanizado en seco.

Los factores a los que se les otorga mayor influencia en el desgaste de la herramienta son la adhesión y la abrasión para velocidades de corte bajas y la difusión y la oxidación a altas velocidades y elevadas temperaturas de corte. En consecuencia, el material de la herramienta

debe presentar baja tendencia a la adhesión con el material de la pieza así como elevada dureza y resistencia al desgaste a alta temperatura. Los materiales de herramientas actualmente disponibles, responden de desigual forma a las mencionadas características.

Las herramientas recubiertas son ejemplo de materiales que permiten que el mecanizado en seco se extienda a áreas en las que los lubricantes se consideran actualmente como esenciales. Los avances en el campo de los materiales de corte están contribuyendo a la eliminación de los lubricantes, incluso en el caso de operaciones que se consideran extremadamente difíciles debido a la complejidad de la geometría de la herramienta y/o a la cinemática del proceso.

Un tema estrechamente relacionado con el mecanizado en seco es la creciente sustitución del rectificado por procesos de mecanizado con filos de corte geoméricamente definidos (mecanizado duro). Mientras el uso de los fluidos de corte es esencial en casi todas las operaciones de rectificado, estas piezas templadas se pueden tornejar en seco utilizando herramientas cerámicas.

La energía mecánica introducida en el proceso de corte se transforma casi íntegramente en calor. Mientras en el mecanizado húmedo la mayor parte del calor del mecanizado es absorbido y extraído por el refrigerante, en el mecanizado en seco, la herramienta, la pieza y la máquina están sujetas a mayores niveles de tensión térmica, lo que puede traducirse en desviaciones dimensionales y de forma en las piezas. El diseño del proceso de mecanizado en seco debe tener muy en cuenta este aspecto.

El nivel de precisión alcanzable de la pieza en condiciones de mecanizado en seco depende principalmente de la cantidad de calor que recibe y de sus dimensiones geométricas. Resulta esencial diseñar el proceso de corte de forma que minimice la cantidad de calor transferido a la pieza.

En general, se puede decir que las operaciones de mecanizado en seco son siempre posibles cuando la pieza no requiere gran precisión dimensional de forma.

Un factor secundario que ejerce influencia sobre la precisión de las piezas es el comportamiento de la máquina cuando no se usa refrigeración. La refrigeración además de extraer las virutas y limpiar los elementos de guiado también reduce la temperatura de los componentes de la máquina, lo que garantiza un mecanizado de precisión. Esta función no se cumple en el mecanizado en seco. Se necesitan tomar medidas especiales para garantizar que las virutas calientes se extraigan rápida y eficazmente de la zona de corte, y que se compense el calor introducido en los elementos de la máquina. Esto representa un desafío para los fabricantes de máquina-herramienta, desarrollar un concepto de máquina adaptado para cumplir con las necesidades específicas del mecanizado en seco. Los usuarios que tratan de invertir en una máquina deberían añadir la capacidad de mecanizar en seco a las especificaciones que reúne el fabricante.

De hecho en la práctica, si el mecanizado en seco no ha desarrollado su potencial de forma significativa a pesar de la disponibilidad de materiales de herramienta eficaces, es debido a varios factores. Uno de éstos es seguramente que en muchas empresas, una gran parte de las piezas y materiales se mecanizan aplicando el criterio de la disponibilidad de máquinas. Otro

es que el refrigerante en la mayoría de las máquinas se utiliza sin prestar atención al material, a la herramienta y al método de mecanizado. Aunque el refrigerante en muchos casos no es técnicamente necesario y tiene incluso un efecto adverso en el corte interrumpido, es a menudo útil para funciones secundarias como la extracción de virutas. En estos casos no es posible introducir la política del mecanizado en seco.

### Mecanizado con mínima cantidad de lubricante (sistemas MQL)

Existen muchas operaciones en las que se viene utilizando este sistema de mecanizado con mínima cantidad de lubricante con fluidos de corte biodegradables y no tóxicos.

Se conocen principalmente tres tipos diferentes de sistemas MQL:

- ▶ Por una parte, se encuentran los sistemas de pulverizado a baja presión, donde el fluido de corte se introduce en una corriente de aire y se transmite a la superficie activa en forma de mezcla.
- ▶ Estos sistemas que se distinguen porque los flujos de lubricante son aproximadamente de 0.5-10 l/h se utilizan principalmente para emulsiones y producen una notable atomización, pudiéndose dosificar sólo de manera bastante tosca.
- ▶ Un segundo tipo de sistemas (sistema de aire) utiliza bombas dosificadoras, las cuales alimentan mediante pulsos una cantidad determinada de fluido de corte que se aplica sobre la superficie activa sin aire, utilizándose sobre todo en procesos intermitentes.
- ▶ El tercer tipo de sistemas de lubricación mínima es el más utilizado. En estos sistemas el lubricante se transporta a la boquilla mediante una bomba a través de un tubo de suministro. En la boquilla se mezcla con el aire y éste y el lubricante pueden ajustarse independientemente. Al mismo tiempo, la mezcla coaxial del lubricante y el aire en la boquilla evita la posible formación de nieblas. En este caso se recomienda el uso de aceites base no tóxicos de alta viscosidad con adaptaciones en el campo de los aditivos.

La utilización de este **tercer tipo de sistemas MQL** representa una alternativa interesante que combina por una parte la funcionalidad del fluido de corte con un extremadamente bajo consumo de lubricante de 5-50 ml/h. Esta alternativa, que supone la mezcla de lubricante y aire, representa un paso intermedio entre el mecanizado en seco y la lubricación convencional.

Si en la lubricación convencional se produce una inundación de fluido en la zona de mecanizado, los sistemas MQL humedecen estrictamente la zona de corte (herramienta-pieza-viruta) con muy poca cantidad de lubricante (que por consumirse en las operaciones de mecanizado no necesita la aditivación con conservantes, biocidas...).

### Utilización de gases refrigerantes

Otra alternativa que puede emplearse como apoyo a un mecanizado en seco es la aplicación adicional de gases. Por ejemplo, el aire es un lubricante límite efectivo. También se han realizado algunos intentos para mejorar la capacidad refrigerante del aire mediante su enfriamiento. Gases como el argón, helio y nitrógeno se utilizan algunas veces para prevenir la oxidación de la pieza y las virutas, pero el alto coste de estos gases generalmente no los hace rentables para aplicaciones en la producción.

Como variante de este sistema alguna documentación proveniente de Rusia revela el desarrollo de una técnica diferente, que mediante la ionización de aire presurizado aplicado en la zona de corte, pretende conseguir las propiedades que ofrecen los fluidos de corte; en la que el aire a presión cumple con las funciones refrigerantes y su ionización con las funciones lubricantes a través de la oxidación que produce en la zona puntual de mecanizado.

### Proceso "coldcut"

El Sistema Coldcut pretende eliminar la utilización de aceites de corte, taladrinas, etc, mediante su sustitución por aire frío y muy pequeñas cantidades de lubricantes de base vegetal/sintético no peligroso y con tendencia a biodegradarse. Esta tecnología aumenta la productividad del proceso, la vida de la herramienta de cortar, las tolerancias y la reducción de las temperaturas de la maquinaria.

Este sistema utiliza el aire frío y un sistema de aplicación del lubricante de alta precisión. El aire frío reemplaza al agua o aceite utilizados como refrigerantes. Se estima que este proceso puede constituir una reducción del uso de aceites de corte y taladrinas de un 98% y la eliminación de aquellos particularmente tóxicos.

## MEJORAS CON LAS ALTERNATIVAS

### Mecanizado en seco

La operación de mecanizado en seco ha dado muy buenos resultados en herramientas recubiertas por PVD; por ejemplo, el mejor comportamiento logrado en seco son el **brochado** y el **tallado de engranajes**. En el caso de tallado de engranajes, en el que se ha obtenido el mejor comportamiento logrado en seco, con herramientas de metal duro, se debe a que la refrigeración resulta desaconsejable, porque favorece la aparición de mecanismos como la fatiga térmica que pueden producir fenómenos de micro-spalling y el astillado de la arista de corte en los carburos y, en consecuencia, un deterioro de la herramienta más rápido. Así pues, este es un tipo de operación de corte en seco, en el que se puede lograr incluso prolongar la vida de la herramienta.

### Mecanizado con mínima cantidad de lubricante (sistemas MQL)

Las ventajas de utilizar esta nueva técnica de lubricación respecto a la lubricación convencional son claras y entre ellas podemos destacar las siguientes:

- ▶ La proporción de lubricante empleado con la técnica MQL en relación al volumen de piezas mecanizadas es menor que en el caso de lubricación convencional.
- ▶ No existen gastos de mantenimiento, control, y eliminación de los fluidos de corte (no son necesarios los sistemas de recirculación de los fluidos), ya que son eliminados con la viruta, la pieza y por evaporación.
- ▶ Las piezas mecanizadas se encuentran casi secas, por lo que en muchos casos no es necesaria una posterior operación de limpieza.

- ▶ El bajo contenido de aceite residual sobre las virutas no es crítico para su reutilización. En consecuencia supone una menor cantidad de residuos y una notable reducción de costos.

Desde hace varios años esta técnica está siendo aplicada satisfactoriamente en varios procesos de corte como son el corte con sierra y el conformado metálico. Cabe esperar por consiguiente que sus ventajas puedan aplicarse en el futuro a un mayor número de operaciones de mecanizado.

Este sistema está dando buenos resultados en algunas empresas importantes como son WZL (Aachen), Bosch (Stuttgart), Universitat Stuttgart (Stuttgart) y Kennametal-Hertel obteniéndose resultados muy prometedores en algunas operaciones de mecanizado por arranque de viruta.

### **Proceso "Coldcut"**

Este sistema es el más novedoso que hemos podido encontrar en las diversas experiencias consultadas. Los resultados varían dependiendo de las aplicaciones experimentadas. Por ejemplo ha dado muy buenos resultados en el roscado con macho, taladro, fresado, etc. En otras experiencias como el rectificado de superficie o en maquinaria de control numérico, los resultados han sido buenos; en taladro con broca grande los resultados han sido inferiores y en otros casos como el serrado en cinta ha sido un fracaso.

## INDICE DE FOTOS



Vista de maquinaria-herramienta en las que se emplean fluidos de corte



Vista de maquinaria-herramienta en las que se emplean fluidos de corte



Vista de maquinaria-herramienta en las que se emplean fluidos de corte



Vista de maquinaria-herramienta en las que se emplean fluidos de corte



Vista de maquinaria-herramienta en las que se emplean fluidos de corte



Vista de maquinaria-herramienta en las que se emplean fluidos de corte



Vista de maquinaria-herramienta en las que se emplean fluidos de corte



Máquinas vibradoras, limpieza de piezas



Máquinas vibradoras, limpieza de piezas



Máquinas vibradoras, limpieza de piezas



Máquinas vibradoras, limpieza de piezas



Máquinas vibradoras, limpieza de piezas



Rectificadoras y taladros en los que se emplean fluidos de corte.



Operarios rebarbando impurezas. Usan fluidos de corte.



Rectificadoras y taladros en los que se emplean fluidos de corte.



Rectificadoras y taladros en los que se emplean fluidos de corte.