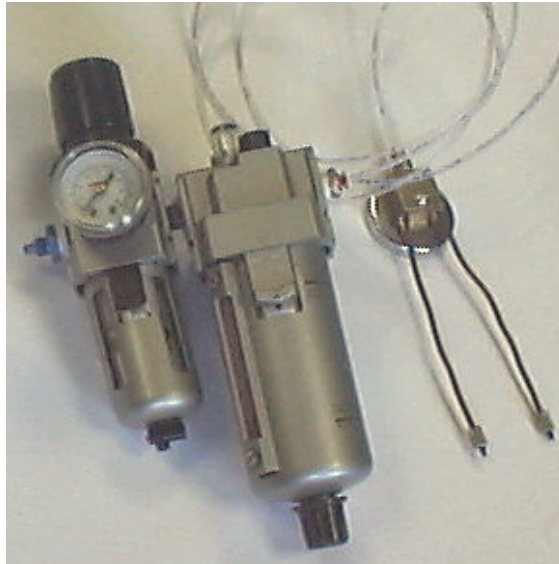


MOLYDUVAL[®] Spezialschmierstoffe



MOLYDUVAL Procut Minimalmengenschmierung

1. ALLGEMEINES	2	4. MINIMALMENGSCHMIERUNG	6
2. KONVENTIONELLE KÜHLSCHMIERUNG	2	4.1 Allgemeines zur Minimalmengenschmierung	6
3. TROCKENBEARBEITUNG	3	4.2 Anforderungen für den Einsatz von MMKS.....	8
3.1 Das Temperaturproblem.....	4	4.3 Beispiele für den Einsatz von MMKS	8
3.1.1 Werkzeug.....	4	4.4 Produkte	8
3.1.2 Werkstück.....	5	4.5 Systeme und Anlagen.....	8
3.1.3 Maschinen	6		

MOLYDUVAL GmbH * Halskestr. 6 * D-40880 Ratingen * Germany
Tel. +49 (2102) 9757-00 Fax -07 * www.molyduval.com sales@molyduval.com

Minimalmengenschmierung

1. Allgemeines

Bei der Einschätzung der Qualität eines Produktes wird mehr und mehr dessen Umwelt- und Humanverträglichkeit einfließen. Daneben muß natürlich die technische Funktion gewährleistet sein. Ein Produkt ist demnach von hoher Qualität, wenn es über seinen gesamten Lebenszyklus hinweg die drei Kriterien:

- Nützlichkeit
- Gesundheitsverträglichkeit für Mensch und Umwelt
- minimaler Verbrauch an Energie und Stoffen

bestmöglich erfüllt, also Ökonomie und Ökologie im Einklang stehen.

Nach einer weit verbreiteten Statistik (1) bestehen die Herstellungskosten eines Werkstücks zu 9 % aus Lohn-, zu 39 % aus festen und zu 7 % aus variablen Maschinenkosten, zu 28 % aus Gemein- sowie zu 17 % aus Kühlschmierstoffkosten (Bild 1). Auch wenn diese Darstellung hinsichtlich des Kühlschmierstoffanteils möglicherweise überzogen erscheint, sind die Kosten für das Kühlschmierstoffmanagement in den metallverarbeitenden Betrieben nicht zu unterschätzen.

Im Jahre 1994 wurden in Deutschland 83.000 t Kühlschmierstoffe verbraucht (Bild 2). Davon entfallen für:

Umformung	8%	6.640 t
Ziehöle	8%	6.640 t
Sonderprodukte	4%	3.320 t
Schneidöle	29%	24.070 t
Korrosionsschutz	10%	8.300 t
Walzöle	8%	6.640 t
wassermischbare Kühlschmierstoffe	33%	27.390 t

2. Konventionelle Kühlschmierung

Die Forderung nach Oberflächengüte, Form- und Maßhaltigkeit oder schwer zerspanende Werkstoffe machen auch in der Zukunft den Einsatz von Kühlschmierstoffen in den meisten Fällen unverzichtbar.

Der relativ hohe Anteil an den Prozeßkosten, die die Kühlschmierstoffe verursachen, sind zum Teil auch dadurch bedingt, daß meist mehr als ein Kühlschmierstoff benötigt wird. Unbestreitbar ist daher wohl der Traum jeden Anwenders von Kühlschmierstoffen nur einen Stoff für alle Bearbeitungen im Betrieb zu haben. Das würde die Kosten drastisch senken und die betrieblichen Abläufe ganz wesentlich vereinfachen. Zur Zeit ist man von der Realisierung weit entfernt. Warum? Bei der Konzipierung und beim Einsatz von Kühlschmierstoffen, gleich ob Emulsion oder Öl, sind eine Reihe von Faktoren und Einflüssen, die auf den Kühlschmierstoff einwirken, zu berücksichtigen (Bild 5). Bei anspruchlosen Bearbeitungen

Minimalmengenschmierung

ist es sicher möglich nur einen Kühlschmierstoff einzusetzen; die zahlreichen Spezialfälle bedürfen aber besonderer Lösungen. Natürlich gäbe es auch hier die Möglichkeit einen alles überdeckenden Kühlschmierstoff zu entwickeln. Dieser läge dann in den Kosten weit über den zur Zeit üblichen und würde daher kaum zum Einsatz gelangen. Wenn ein Universal- Kühlschmierstoff zur Senkung der Prozeßkosten aus den vorab geschilderten Gründen gegenwärtig noch mehr Traum denn Realität ist, gibt es doch Möglichkeiten bei Einsatz von Kühlschmierstoffen, die mehrere Funktionen erfüllen, die Prozeßkosten zu senken. Beispielhafte Produkte sind in dieser Hinsicht Multifunktionsöle.

1. Verminderung der Reibung zwischen Werkzeug und Werkstück
Verminderung der Reibung zwischen Werkzeug und Span
2. Verschleiß der Werkzeuge, Verschleißminderung der Werkzeuge
3. Abfuhr von Wärme aus dem Werkstück
4. Transport von Spanmaterial von der Zerspanungsstelle
5. Reinigung und Sauberhaltung von Maschinenkomponenten
6. Korrosionsschutz von Werkstoff und Maschine

Zusammengefaßt zeigt Abb. 5 die Hauptaufgaben bei den wichtigsten Fertigungsverfahren. Die Wirkungen der Schmierstoffe zur Erfüllung dieser Aufgabenstellung sind gut dokumentiert und stehen auf einer sicheren physiko-chemischen Basis. Hierzu wird in den folgenden Vorträgen sicherlich genauer eingegangen.

Die Entwicklung der Schmierstoffe erfolgt mit dem Ziel, Reibung und Verschleiß bei der Metallbearbeitung zu senken und einem wirtschaftlichen Fertigungsablauf zu erzielen.

In jüngster Zeit werden -besonders unter politischem, ökologischem und ökonomischen Druck- vermehrt Anstrengungen unternommen, das Tribosystem auf seine einfachste Form zu reduzieren, d.h. unter Verzicht aller Zwischenstoffe auf das nackte Kollektiv aus Werkzeug und Werkstück.

3. Trockenbearbeitung

Die optimale Lösung der von Kühlschmierstoffen verursachten Kosten und Probleme wäre der völlige Verzicht auf diese Bearbeitungsflüssigkeiten.

In den letzten Jahren ist oft und viel über die Ablösung von Kühlschmierstoffen durch Trockenbearbeitung diskutiert worden (Bild 3). Einige Bearbeitungen sind durchaus ohne Kühlschmierstoffe zu bewältigen. Schneidstoffe wie Hartmetall, CBN, Cermets und Diamant sind für die Bearbeitung ohne Kühlschmierstoffe geeignet. Eine Trockenbearbeitung ist im Bereich des Möglichen, wenn an die Genauigkeit der Bauteile keine so hohen Anforderungen gestellt werden, d. h. also Bauteile, die noch einem Nachbearbeitungsschritt unterzogen werden. Als Arbeitsverfahren bieten sich Drehen und Fräsen eher für die Trockenbearbeitung an, als Bohren, Reiben sowie Gewindeformen und -bohren. Beim Bohren entsteht

Minimalmengenschmierung

Wärme sowohl an der Bearbeitungsstelle als auch an der Bohrlochwand. Ebenso ist die Zahl der durchzuführenden Bearbeitungsschritte bei der Einführung der Trockenbearbeitung zu beachten. Handelt es sich um Einzelmaschinen, auf denen gleichartige Bearbeitungen durchgeführt werden, z. B. Drehen, Wälzfräsen, Räumen, so läßt sich relativ einfach feststellen, ob Trockenbearbeitung möglich ist. Sofern Maschinen betroffen sind, auf denen mehrere Bearbeitungsverfahren zum Einsatz kommen, so ist Trockenbearbeitung schon wesentlich schwieriger zu realisieren. Am schwierigsten ist die Situation bei Transferstraßen zu beherrschen.

Die Haupteigenschaften eines Kühlschmierstoffs, nämlich kühlen und schmieren sind bei der Trockenbearbeitung natürlich nicht mehr gegeben und müssen kompensiert werden. Ebenso ist der Korrosionsschutz, der durch Kühlschmierstoffe zumindest temporär gegeben ist, zu bedenken. Probleme können sich aus der Erwärmung von Maschine und Werkstück und vor allem aus einer ungenügenden Späneabfuhr ergeben. Der Problemkreis Metalstaub und damit verbundene Risiken für den Gesundheits- und Arbeitsschutz (kanzerogene Stäube; Explosionen durch Staub z.B. bei der Graugußbearbeitung) tritt bei der Trockenbearbeitung noch gesondert hervor.

3.1 Das Temperaturproblem

Was ändert sich bei der Umstellung eines nassen zu einem trockenen Prozeß ?

Der Wegfall des tribologisch aktiven Zwischenstoffs bedeutet eine stärkere Reibung zwischen Werkzeug und Werkstück sowie Span und Werkzeug. Hoeraus folgt unmittelbar eine stärkere thermische Belastung von Werkzeug, Werkstück, Span, Maschine und Umgebung. Alle Maßnahmen zur Verringerung der Zerspanungswärme bedingen eine neue Konzeption des Zerspanungskollektivs und können hier nur exemplarisch besprochen werden.

3.1.1 Werkzeug

Für die Zersparlung mit geomethsch bestimmter Scineide sind folgende Ansatzpunkte zur Verringerung der Zerspanungswärme denkbar:

- Werkzeuggeometrie: Größere positive Spanwinkel, somit Verringerung der Schnittkraft
Angepaßte Spanleitstufen
- Werkzeugmaterial: Verwendung von Materialien, die eine bessere Wärmeabfuhr über das Werkstück ermöglichen (CEN anstelle von Keramik, metallische Bindung von Schleifscheiben)
Beschichtung, die eine Wärmeübertragung in das Werkzeug verhindern (Sperrfunktion von Hartstoffschichten)
- Schnittbedingungen: Reduzierung der Schnittkraft durch Erhöhung der Schnittgeschwindigkeit
Reduzierung des Spanvolumens durch Near-Net-Shape-Werkstücke

Minimalmengenschmierung

Besonders die Werkzeugauslegung hat durch die Wahl des Grundmaterials und die Möglichkeiten der Aufbringung von Hartstoffschichten einen großen Sprung nach vorne getan. Es werden Schneidstoffe gesucht, die der erhöhten thermischen Belastung widerstehen:

Beschichtete Hartmetalle (PVD, CVD)

- Cermets (Kompostoff aus Metall und Keramik)
- Keramik
- CBN (Kubisches Bornitrid)
- PKD

Bereits schon klassisch zu nennen ist der Einsatz von Hartmetallen zum trockenen Fräsen.

3.1.2 Werkstück

Wesentlichen Temperaturbelastungen bei der Trockenbearbeitung ist natürlich auch das Werkstück ausgesetzt. Hier ist allerdings der Wärmeeintrag in seiner Wahlmöglichkeit normalerweise stark eingeschränkt. Kenngrößen der Werkstoffe, die den Wärmetransport beschreiben, sind

- Wärmeleitfähigkeit
- spezifische Wärmekapazität
- Dichte
- Schmelztemperatur
- Wärmeausdehnungskoeffizient

Durch die entstehende Temperatur sind im Werkstoff / Werkstück verschiedene Auswirkungen zu berücksichtigen:

- Maßhaltigkeit
- Formgenauigkeit
- Oberflächenveränderungen
- Gefügeveränderungen
- Randzonenausbildung

Als quasi-Werkstück soll hier auch der Span nicht unerwähnt bleiben, der in der Energie-Wärme-Bilanz aller Zerspanprozesse ganz erheblich zu Buche schlägt:

Minimalmengenschmierung

Span	80 % der Prozeßenergie
Werkstück	15 % der Prozeßenergie
Werkzeug	5 % der Prozeßenergie

Somit wird deutlich, wie wichtig die sofortige Sparabfuhr für den gesamten Prozeß ist.

3.1.3 Maschinen

Zum derzeitigen stand der Maschinenauslegung für die Trockenbearbeitung lassen sich folgende Aussagen aus Literatur und Praxis zusammenstellend

Die einfache Umstellung von Naß- auf Trockenbearbeitung mit dem derzeitigen Maschinenpark ist nur in Ausnahmefällen möglich, aufgrund von - Problemen der Späneabfuhr - Platzproblem im Maschinenraum - ungeeignet für Mehrspindler

- Umstellung nur für Einzelmaschinen denkbar
- In Transferstraßen oder als Teil einer Zentralanlage nicht möglich
- Neue Maschinenkonzepte sind notwendig, z.B. Drehen über Kopf
- Thermosymmetrisches Maschinenbett
- exzellente Staubabsaugung
- Durchschnittliches Alter des Maschinenparks

4. Minimalmengenschmierung

4.1 Allgemeines zur Minimalmengenschmierung

Für einen Kompromiß zwischen Ökologie, Arbeitshygiene, Betriebswirtschaft und Forderungen an Bearbeitungsqualität, Produktivität und Effektivität gibt es ein breites Spektrum von technologischen Lösungen. Eine Möglichkeit ist die Minimalmengenschmierung mit Hochleistungssprühsmierstoffen. Diese bieten folgende Vorteile

- minimaler Schmierstoffverbrauch
- nachfolgende Reinigungen (wenn Oberhaupt notwendig) benötigen nur noch geringen Entsorgungsaufwand
- weitgehende Vermeidung der Aerosolbildung (bei geeigneten Auftragssystemen)
- Minimierung der Belastung der Werker und der Umwelt.

Minimalmengenschmierung

Hauptfunktion der Minimalmengenschmierstoffe ist natürlich die Schmierung. Die Kühlfunktion ist wegen der geringen zur Anwendung kommenden Substanzmengen (20 - 40 ml/h) gering. Durch geeignete Additive sind die Bearbeitungstemperaturen aber wesentlich geringer als bei der Trockenbearbeitung, da durch eine verbesserte Schmierung die Reibung zwischen Werkzeug und Werkstück stark vermindert ist.

Auch bei Umformvorgängen tragen die geringen Mengen an Schmierstoff, ca. 1 - 5 ml/h, zur Entlastung der Kostenrechnung bei. In die Entfettungsanlagen gelangen wesentlich weniger Schmiermittel pro Zeiteinheit als bei konventioneller Schmierung. Dadurch verlängert sich die Standzeit der Reinigungsbäder ganz enorm, was sich sehr positiv auf die Entsorgungskosten auswirkt.

Die geringen Mengen Minimalmengenschmierstoff verdampfen oder verdunsten natürlicherweise schneller als konventionelle Kühlschmierstoffe, gelangen somit schneller in die Umwelt. Daher ist ein ganz wichtiger Aspekt, schon bei der Konzeption und Formulierung von Minimalmengenschmierstoffen darauf zu achten, daß nur biologisch abbaubare und gesundheitlich unbedenkliche Substanzen zur Anwendung gelangen. Es scheint relativ widersprüchlich, ein gut biologisch abbaubares Trägersystem mit schwermetallhaltigen umweltrelevanten Additiven auszurüsten. Zudem ist sicher mit weiteren Forderungen hinsichtlich des Arbeits- und Umweltschutzes, z.B. TRGS 900 (MAK-Werte), zu rechnen.

Als Trägerflüssigkeiten haben sich Fettalkohole sowie natürliche und synthetische Ester durchgesetzt. Diese Produktklassen besitzen aufgrund ihrer Chemie eine gute Schmierwirkung.

Ein nicht zu unterschätzender Aspekt bei der Minimalmengenschmierung ist die Applikationstechnik. Die Aufbringung kann automatisch und vor allem berührungsfrei erfolgen. Sind größere Flächen zu befeuchten, z. B. bei Umformoperationen, ist sicher eine Sprühnebel-schmierung zu bevorzugen. Diese sollte allerdings in gekapselten Anlagen erfolgen, zum einen wegen der Umweltbelastung zum anderen wegen des Brand- und Explosionsschutzes, da Aerosole mit Luft unter Umständen sehr zündfähige Gemische bilden können. Punktgenaue Schmierung, wie sie bei der Zerspanung, aber auch bei einigen Stanz- und Ziehvorgängen notwendig ist, kann mit Präzisionstropfendosierern erzielt werden. Mit diesem System ist es möglich, zu einem genau definierten Zeitpunkt kleinste Ölmengen an schwer zugängliche Stellen im Werkzeug zu bringen, ohne den Schmierstoff zu zerstäuben. Hierzu werden die einzelnen Öltropfen über eine Druckleitung freigesetzt und durch hohe Austrittsgeschwindigkeit in die gewünschte Richtung gebracht. So werden größere Entfernungen überbrückt und damit auch im engen Werkzeugbereich eine optimale Schmierung erreicht. Die Forderung "so viel wie nötig, so wenig wie möglich" ist durch Auswahl der entsprechenden Düse leicht zu realisieren.

Aus dem WZL der TH Aachen stammt eine weitere Unterteilung anhand der Volumenströme bzw. der Verbräuche:

Mindermengenkühlschmierung (MKS) bei

definierter Schneide $V < 2.000 \text{ ml/h (2 l/h)}$

Minimalmengenschmierung

undefinierter Schneide $V < 60.000 \text{ ml/h}$ pro mm Schleifscheibenbreite (60 l/h)

Minimalmengenkühlschmierung (MMKS) bei

$V < 50 \text{ ml/h}$ (0,05 l/h)

4.2 Anforderungen für den Einsatz von MMKS

Für den erfolgreichen Einsatz von MMKS sind einige wichtige Punkte zu erfüllen-

- Wirtschaftlichkeit: Die Systemkosten müssen niedriger sein als der KKS-Einsatz
- Sicherer, zuverlässiger Einsatz der Sprühsysteme
- Richtige Auswahl der Düsengeometrie
- Richtige Auswahl des Schmierstoffs
- Verträglichkeit der Maschinenkomponenten mit dem Schmierstoff
- Werkzeuggestaltung.- Innere Aerosolzufuhr, Schnittstellenproblematik, Strömungsverhältnisse
- Ausschluß der Gefährdung durch Schmierstoff-Aerosole und deren Zersetzungsprodukte Absaugungen an Werkzeugmaschinen
- Kapselung
- Maßnahmen zur Späneabfuhr

4.3 Beispiele für den Einsatz von MMKS

Hierzu gibt es bereits eine Vielzahl von Applikationen, z.B. aus den Bereichen Sägen, Umformen, Fräsen

4.4 Produkte

	<i>Vorteile</i>	<i>Nachteile</i>	<i>Produkt</i>
<i>Pflanzliche Ester</i>		Verharzungsneigung Stockpunkt Hydrolyse	MOLYDUVAL Procut
<i>Synthetische Ester</i>		Viskosität Hydrolyse Preis	MOLYDUVAL Procut E
<i>Fettalkohole</i>		Nebelbildung	MOLYDUVAL Procut S

4.5 Systeme und Anlagen

Minimalmengenschmierung

Marktgängige Systemvarianten seien kurzerhand anhand der folgenden Übersicht besprochen.

1. Eher als Mindermengendosiersysteme sind die ohne Druckluft arbeitenden Dosierpumpen zu bezeichnen. Sie fördern definierte Mengen Schmierstoff an den Wirkort, z.B. bei der Blechbearbeitung.
2. Ein zweiter Bautyp erzeugt eine Luft - Schmierstoffmischung und führt dieses Aerosol der Bearbeitungsstelle zu.
3. Die geringsten applizierten Mengen werden durch getrennte Luft- und Schmierstoffleitungen erst kurz vor dem Wirkort zerstäubt. Aufgrund getrennter Zufuhr ist eine Dosierung sowohl der Druckluft als auch des Mediums möglich

Bei jeder dieser Applikationsmethoden stellt die Wärmeabfuhr ein erhebliches Problem dar. Der Vergleich der wärmetechnischen Kennwerte verdeutlicht die Unterschiede der einsetzbaren Systeme. im Vergleich zur puren Trockenbearbeitung erlaubt die MMKS den Einsatz aller luftdosierbaren Schmierstoffe, also nichtwassermischbarer KSS, wassermischbarer KSS, wassergemischter KSS und Feststoffe

Hierdurch wird die Wärmeentwicklung durch den Zerspanungsprozeß gesenkt, da eine deutliche Verbesserung der Reibungsverhältnisse erzielt wird. Weiterhin wird durch das Verdampfen des Mediums dem System Energie in Form der Verdampfungsenthalpie entzogen, wodurch zusätzliche Belastungen am Arbeitsplatz auftreten. Es ist somit zwingend eine optimale Absaugung zu fordern. Hieraus lassen sich die Fähigkeiten zur Erfüllung der Hauptaufgaben der Kühlschmierstoffe, also Kühlen, Schmieren und Transportieren abschätzen,

	<i>Emulsion</i>	<i>Öl</i>	<i>Druckluft</i>	<i>MMKS</i>
<i>Kühlung</i>	+++	++	0	+
<i>Schmierung</i>	+	+++	-	++
<i>Spänetransport</i>	+++	++	0	0

Es wird deutlich, daß zum Einsatz der MMKS die Verwendung thermisch beständiger Werkzeugmaterialien unerlässlich ist, somit gelten die oben genannten Ausführungen analog.