

Schmierung in der Metallbearbeitung: Einen kühlen Kopf bewahren

Rüdiger Krethe, OilDoc GmbH



Einer Anekdote folgend soll James Watt beim Bau seiner Dampfmaschinen das richtige Spiel zwischen Kolben und Zylinderwandung unter Zuhilfenahme einer Penny-Münze geprüft haben: Konnte sie „gerade eben durchfallen“, so war das Spiel in Ordnung.

In heutigen Kolbenmaschinen, ob Kompressor oder Verbrennungsmotor, wird das mit Sicherheit nicht mehr funktionieren. James Watt hob durch seine Optimierungen den Wirkungsgrad der bis dato existie-

renden Dampfmaschinen immerhin von 1 % auf 3 % an. Moderne Motoren bringen es da locker auf mehr als das Zehnfache. Es ist nicht verwunderlich, dass Spiele, Toleranzen und Oberflächenqualitäten heute „wie von einem anderen Planeten sind“.

So viel Aufsehen heute eine fahrende Dampflokomotive hervorruft, umso selbstverständlicher sind Hochgeschwindigkeitsfahrten via ICE geworden, den Tablett-Computer mit einer Rechenleistung in der Hand, die sich vor Großrechnern von Gestern nicht verstecken muss.

Den Wenigsten ist angesichts dessen bewusst: Ohne hochpräzise Werkzeugmaschinen, optimierte oder neuartige Bearbeitungsverfahren und Hochleistungswerkzeuge könnten wir weder die Maschinen bauen, die zur Herstellung unserer High-Tech-Produkte notwendig sind noch die Endprodukte selbst.

Wenn schon die dazu nötigen, hinter geschlossenen Fabrikturen arbeitenden Produktionsmaschinen kaum im Alltags-Fokus stehen, so gilt das umso mehr für die in diesen Maschinen arbeitenden Kühlschmierstoffe.

Heute sind wir bei der Oberflächengüte von Komponenten wie Wälzlager, Hydraulikventile oder Pumpen unterhalb eines Mikrometers angekommen. Wir

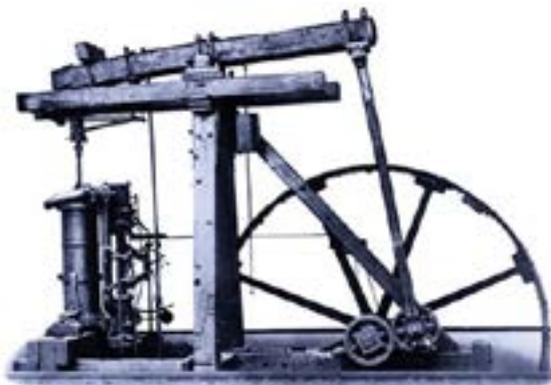


PLATE XII. THE "LAP" ENGINE, 1768
Courtesy of the Science Museum

Bild 1: Dampfmaschine von James Watt
(© Deutsches Museum)

verstehen es inzwischen nicht nur, eine extrem hohe Maßhaltigkeit zu garantieren. Wir geben dabei der Oberfläche auch genau die Textur, die die Komponenten zum optimalen Betrieb benötigen. Ohne eine präzise Abstimmung vom Maschine, Werkzeug, Werkstück, Bearbeitungsparameter und Kühlschmierstoff ist das nicht möglich. Kühlschmierstoffe sind längst ebenso „High-Tech“ wie die Maschinen und Endprodukte auch.

Bestimmt oder unbestimmt?

Die Verfahren der spanenden Formgebung werden in zwei Hauptgruppen unterteilt:

- › Spanen mit geometrisch bestimmter Schneide,
- › Spanen mit geometrisch unbestimmter Schneide.

Zur ersten Gruppe gehören alle Verfahren, bei denen ein Werkzeug eingesetzt wird, dessen Schneiden-Geometrie gezielt hergestellt wird. Neben dem Drehen gehört beispielsweise auch das Bohren, Fräsen, Hobeln, Räumen und das Reiben zu dieser Gruppe. Über Spanwinkel und Freiwinkel lassen sich der Spanabfluss und die Reibung beeinflussen. Das muss behutsam und auf den Prozess abgestimmt geschehen, da zu große Span- oder Freiwinkel zu Lasten der Stabilität der Schneide gehen.

Zur Gruppe der Verfahren mit geometrisch unbestimmter Schneide gehören zum Beispiel das Schleifen, Honen oder Läppen. Hier wird eine Vielzahl von Schneiden miteinander kombiniert, deren „Winkel“ nicht im Einzelnen gezielt erzeugt wurden. Bei einer Schleifscheibe wird vom „gebundenen Korn“ gesprochen, da die vielen Schleifkörner mit einem Bindemittel zur Scheibe zusammengefügt wurden, während beim Läppen das „lose Korn“ im Läppmittel verteilt ist.

Span um Span

Die Aufgabe des Kühlschmierstoffs wird bei einem kurzen Blick auf den Spanbildungsprozess deutlich (Bild 2).

Eigenschaft		Öl	Wasser
Spezifische Wärme	[J/gK]	1,8	4,2
Wärmeleitfähigkeit	[W/mK]	0,1	0,6
Verdampfungswärme	[kJ/g]	0,2	2,3
Kinematische Viskosität @20 °C	[mm²/s]	0,5 → 1000	1,0
Kühlwirkung		☹	☺
Schmierwirkung		☺	☹

Tabelle 1: Wasser und Öl im Vergleich (in Anlehnung an /1/)



Das Synonym für Ölpflege

Proaktiv Instandhalten



- ›› FEIN- UND TIEFENFILTRATION
+ lange Kontaktzeit von Filtermaterial und Öl
+ extrem hohe Schmutz- und Wasseraufnahme
- ›› EFFIZIENTE ÖLPFLEGE
+ keine chemische oder energetische Belastung
+ verbesserte Langzeitwirkung der Additive
- ›› 100 % ZELULOSE
+ CO₂- und O₂-Bilanz verbessern
+ einfache Entsorgung ohne zusätzliche Belastung für die Umwelt

- ›› PARTIKEL
+ Reinheitsklassen bis ISO 12 (ISO 4406) sichern
- ›› FREIES UND GELÖSTES WASSER
+ Wassergehalt < 100 ppm verbessern
- ›› VARNISH UND ÖLABBAU
+ MPC-Wert < 5 erzielen
- ›› SÄUREN
+ absorbieren/neutralisieren und vorbeugen

CJC® ALL-IN-ONE-SYSTEM OPTIMALER KOMPONENTENSCHUTZ



- ›› AUTOMATISCHES MONITORING
+ Reduzierung von administrativem Aufwand
+ Sicherung höchster Ölrreinheiten
- ›› PREDICTIVE MAINTENANCE
+ Indikator für Anomalien
+ Vermeidung ungeplanter Stillstände
- ›› AUTARK & INDIVIDUELL MODIFIZIERBAR
+ kundenspezifische Sensoren
+ schnell und einfach nachrüstbar

www.cjc.de



Bild 2: Prinzip des Spanens mit geometrisch bestimmter Schneide (© OilDoc)

Das Werkzeug dringt in das Werkstück ein. Die harte, scharfe Schneidkante schält Span um Span von der



Fachartikel | Schmierung in der Metallbearbeitung: Einen kühlen Kopf bewahren

Werkstückoberfläche. Die Spanbildung ist ein ziemlich komplexer Prozess von Stauchen, Scheren und Verformen des abgeschälten Spans. Die rot eingefärbte Zone ist von erheblicher mechanischer Beanspruchung und sehr hoher Reibung gekennzeichnet. Die extremen Temperaturen sind hauptsächlich auf die Umformarbeit und die Reibung zurückzuführen. Die meiste Hitze bleibt im Span selbst. Am Werkzeug sind Schneidkante und Spanfläche am meisten betroffen, weniger die grün gekennzeichnete Freifläche. Je nach Verfahren, den Werkstoffen von Schneide und Werkstück sowie den Zerspanungsparametern wie Spandicke und Schnittgeschwindigkeit sind Temperaturen an der Schneidkante von einigen Hundert Grad Celsius zu erwarten, beim Zerspanen mit Hartmetall-Werkzeugen sind Spitzen von 1000 °C keine Seltenheit.

Der Kühlschmierstoff hat folgende Aufgaben:

- › Kühlen → Wärmeabfuhr, Werkzeug- und Oberflächenschutz,
- › Schmieren → Werkzeugstandzeit erhöhen, Reibung senken,
- › Spülen → Abtransport der Späne,
- › Korrosionsschutz → Maschine und Werkstück.

In der untenstehenden Tabelle 1 finden Sie verschiedene Eigenschaften von Wasser und Öl im direkten Vergleich. Wenn es ums Kühlen geht, ist nicht von ungefähr Wasser das bevorzugte Mittel der Wahl. Es hat eine exzellente Kühlwirkung, jedoch ist Wasser schon allein aufgrund der niedrigen Viskosität ein schlechter Schmierstoff. Beim Öl ist es genau umgekehrt: Über die Viskosität lässt sich die grundlegende Schmierfähigkeit einstellen, jedoch ist die Kühlwirkung im Vergleich zu Wasser nur begrenzt:

Dem Kühlen kommt in der Regel das Primat zu, was sich auch im Begriff „Kühlschmierstoff“ widerspiegelt. Kühlen und Schmieren lassen sich im Me-

tallbearbeitungsprozess jedoch nicht völlig voneinander trennen. Einige Anwendungen sind ohne die Kühlwirkung des Wassers nicht darstellbar, anderen reicht die Kühlwirkung des Öls und sie profitieren von der besseren Schmierwirkung. Dritte Anwendungen können durch sehr gute Schmierung die Reibung derart senken, dass sie mit weniger Kühlleistung auskommen.

Auf dieser Basis haben sich zwei Hauptgruppen von Kühlschmierstoffen zur Metallbearbeitung etabliert (Tabelle 2):

- › Wassergemischt,
- › Nicht wassergemischt.

Aus dieser generellen Konstellation ergeben sich prinzipielle Vor- und Nachteile beider Gruppen (Tabelle 3).

Welche dieser Gruppen zur Anwendung kommt, hängt von einer ganzen Reihe an Faktoren ab. Zum Beispiel:

- › Bearbeitungsverfahren,
- › Maschinen- bzw. Systemkonfiguration,
- › Werkzeugtyp und -werkstoff,
- › Werkstoff des zu bearbeitenden Werkstücks,
- › Schnittgeschwindigkeit,
- › Spanvolumen,
- › Werkzeugstandzeit,
- › Oberflächengüte,
- › Einbettung in den Fertigungsprozess,
- › Wirtschaftlichkeit,
- › Umwelt und Gesundheit.

Die einzelnen Faktoren detailliert zu erläutern, würde den Rahmen dieses Artikels bei Weitem sprengen. Die Aufzählung soll jedoch die Komplexität der Thematik bewusstmachen.

Schon die Zerspanbarkeit der verschiedenen Materialien, vom niedrig- bis hochlegiertem Stahl, über Gusseisen bis hin zu Buntmetall-, anderen Leichtme-

Gruppe (DIN 51385)	Anlieferung		Einsatz
wassermischbar	Konzentrat, emulgierbar		KSS-Emulsion
	Konzentrat, wasserlöslich		KSS-Lösung
nicht wassermischbar	einsatzbereit		Schneidöl, Schleiföl,...

Tabelle 2: Arten von Kühlschmierstoffen (KSS)

Gruppe	Vorteile	Nachteile
Wassergemischte Kühlschmierstoffe	<ul style="list-style-type: none"> › Hohe Kühlleistung › Sehr gute Spülwirkung › Relativ niedrige Beschaffungskosten 	<ul style="list-style-type: none"> › Begrenzte Lebensdauer › Hoher Pflegeaufwand › Nährboden für Bakterien und Pilze
Nicht wassergemischte Kühlschmierstoffe	<ul style="list-style-type: none"> › Sehr gute Schmierwirkung › Guter Korrosionsschutz › Lange Lebensdauer › Geringer Wartungsaufwand 	<ul style="list-style-type: none"> › Begrenzte Kühlleistung › Moderate Spülwirkung › Hohe Beschaffungskosten › Relativ hohe Entsorgungskosten

Tabelle 3: Prinzipielle Vor- und Nachteile wassermischbarer und nicht wassermischbarer Kühlschmierstoffe /3/

Komponente	Funktion	wmKSS*	nwmKSS*
Basisöl	Grundlegende Schmierwirkung, Emulgierbarkeit oder Löslichkeit in Wasser	x	x
Antioxidantien	Ölstandzeitverlängerung		x
Korrosionsschutz-Additive	Schutz der Metallflächen vor Korrosion (Stahl, Buntmetalle)	x	x
Verschleißschutz-Additive	Erhöhung von Werkzeugstandzeit und Performance, Reibungsabsenkung	x	x
Entschäumer-Additive	Schaumbildung reduzieren	x	x
Emulgatoren	Bildung der Öl-Wasser-Emulsion	x	
Biozide	Wachstums-Hemmung für Pilze, Bakterien und Hefen	x	

*) wmKSS oder nwmKSS = wassermischbarer oder nicht wassermischbarer Kühlschmierstoff

Tabelle 4: Komponenten von Kühlschmierstoffen und deren Funktion

tall-Legierungen oder gar Kunststoffen ist ein weites Feld. Während für leicht zerspanbare Leichtmetall-Legierungen eher wässrige Kühlschmierstoffe verwendet werden, kommen bei hoch legierten, schwer zerspanbaren Stählen eher wasserfreie Produkte zum Einsatz. Wird die Zerspanbarkeit mit den unterschiedlichen Erfordernissen des Bearbeitungsverfahrens sowie Schnittgeschwindigkeit, Spanvolumen und Oberflächengüte kombiniert, lässt sich die Komplexität des Ganzen schon erahnen. Gilt beispielsweise das Schleifen allgemein als leichte Zerspanungsoperation, die höhere Anforderungen an die Kühl- und Spülwirkung stellt als an das Schmieren, kann das interessanterweise beim Hochgeschwindigkeits-schleifen mit speziellen Schleifscheiben auf der Basis von kubischem Bornitrid (CBN) genau andersherum sein.

Und die Additive?

Wie auch bei herkömmlichen Schmierstoffen ist die Leistungsfähigkeit moderner Kühlschmierstoffe ohne Additive nicht darstellbar. Beispielsweise können Schmierfähigkeit, Korrosionsschutz und Alterungsstabilität durch die Zugabe von Additiven deutlich erhöht werden.

In Tabelle 4 sind typische Komponenten von Kühlschmierstoffen und deren Zweck aufgeführt.

Der Aufbau eines wässrigen Kühlschmierstoffs ist im Vergleich zu einem Schneid- oder Schleiföl naturgemäß deutlich komplexer. Einerseits müssen Wasser und das nicht wassermischbare Öl in eine stabile Emulsion überführt werden. Andererseits ergeben sich aus der Mischung Wasser-Kohlenwasserstoff auch prinzipiell neue Herausforderungen.

Lizenziert für Gast am 24.10.2023 um 11:49 Uhr



AVIATICON

Schmierstoffe - Made in Germany -
 – halten Technik in Bewegung

Finke Mineralölwerk GmbH
 Rudolf-Diesel-Straße 1 • 27374 Visselhövede
 Tel. 0 42 62 - 7 98 • info@finke-oil.de • www.finke-oil.de



Fachartikel | Schmierung in der Metallbearbeitung: Einen kühlen Kopf bewahren

Der Kühlschmierstoff im Einsatz

Die volle Leistungsfähigkeit kann der Kühlschmierstoff entfalten, wenn er von Beginn an professionell behandelt wird. All das, was die Performance oder die Lebensdauer des Kühlschmierstoffs beeinträchtigt, sollte unter dem Blickwinkel der Wirtschaftlichkeit vermieden werden. Dabei geht es beispielsweise um folgende Punkte:

- › Lagerung,
- › Anmischung (wässrige KSS),
- › Befüllung,
- › Überwachung,
- › Pflege,
- › Behälter-/Systemreinigung,
- › Entsorgung.

Hersteller von Kühlschmierstoffen und Dienstleister unterstützen den Anwender bei der gezielten, produkt- und prozessorientierten Umsetzung der dazu notwendigen Maßnahmen. Die Unterstützung reicht von der Empfehlung konkreter technischer Maßnahmen über die Publikation genereller Richtlinien zum Umgang mit Kühlschmierstoffen bis hin zur Übernahme des gesamten Fluidmanagements.

Mensch und Umwelt

Zum Professionellen Umgang mit Kühlschmierstoffen gehört es ebenso, Mensch und Umwelt im Fokus zu haben. Dank der langjährigen Zusammenarbeit von Anwendern, Kühlschmierstoff-Herstellern, Berufsverbänden und Berufsgenossenschaften existieren eine ganze Reihe bewährter Lösungen, die das Restrisiko für Mensch und Umwelt beim Einsatz von Kühlschmierstoffen auf ein vertretbares und handhabbares Maß absenken. Ob es sich dabei um Schutzeinrichtungen in der Werkhalle oder an der Maschine handelt, um professionelle Arbeitsmittel, Schutzausrüstung, Hautschutzpläne oder andere Regeln beim persönlichen Umgang mit Kühlschmierstoffen: Diese sichern den Einsatz von Kühlschmierstoffen bestmöglich ab. So hilft beispielsweise die VDI-Richtlinie, Blatt 3035 die technischen Anforderungen an die Maschinen zu definieren oder die VDI-Richtlinie, Blatt 3397 und die DGV-R 109-003, den Umgang mit Kühlschmierstoffen in der Praxis sicher zu gestalten.

Auf den richtigen Partner kommt es an

In der Welt der Schmierstoffe ist kein Anwendungsgebiet derart dynamischen Veränderungen unterworfen wie das der Metallbearbeitung. Zugleich weisen Kühlschmierstoffe einen sehr hohen Grad an Komplexität sowohl hinsichtlich der Anforderungen als auch der chemischen Zusammensetzung auf. Für den Anwender von Kühlschmierstoffen ist es zunehmend

eine Herausforderung, stets auf dem Laufenden zu bleiben. Gut, dass professionelle Anbieter von Kühlschmierstoffen und Service-Unternehmen den Anwendern weit über die Herstellung und die Lieferung des Produktes selbst hinaus hilfreich zur Seite stehen.

Literaturangaben

- [1] Kühlschmierstoffe. Theorie für die Praxis. Rhenus Wilhelm Reiners GmbH, Mönchengladbach, www.rhenus-lub.de
- [2] Die Welt der Schmierstoffe. Fuchs Europe Schmierstoffe GmbH, www.fuchs-europe.de
- [3] Verband Schmierstoff-Industrie e.V.: Technische Information Kühlschmierstoffe. www.vsi-schmierstoffe.de/schmierstoffe/technische-information/kuehlschmierstoffe.html

© Eingangsabbildung Oelcheck GmbH



JOSEF KOLERUS
EDWIN BECKER

Condition Monitoring
und Instandhaltungs-
management

Interesse?

www.narr.de

expert