

Kühlschmierstoffe auf dem Prüfstand

Einfluß der Konzentration auf das Bearbeitungsergebnis

STUTT GART - Lieber heute als morgen würden die Metallbearbeiter auf Kühlschmieremulsionen verzichten. Doch ist dies überhaupt realistisch? Sind Trockenbearbeitung oder reines Wasser als Medium eine Alternative? Diesen Fragen gingen die jüngsten Untersuchungen des Instituts für Werkzeugmaschinen nach.

Angesichts der immer größer werdenden Problematik der Abfallentsorgung im Bereich der Kühlschmierstoffe stellt sich zunehmend die Frage, inwieweit die herkömmliche Art der Kühlschmierung in der Metallverarbeitung noch zeitgemäß ist.

Jährlich werden in den alten Bundesländern der Bundesrepublik Deutschland zirka 93 000 t Öle für die Metallbearbeitung verbraucht. Davon sind rund 58 500 t nichtwassermischbare Öle sowie 34 500 t wassermischbare, wasserlösliche oder emulgierbare Konzentrate, die zudem mit großen Mengen Wasser verdünnt werden.

Kühlschmierstoffe bestehen in der Regel aus einem Grundöl, das ein Mineralöl, ein natives Öl oder ein Ester sein kann. Durch entsprechende Additivierung werden die Öle den Anforderungen, die an sie gestellt werden, angepasst.

Für die Emulsionen und Öle besteht

primär die Forderung, daß durch ihre Verwendung die Bearbeitungskosten bei gleichzeitig gesteigerter Qualität gesenkt werden. Viele der Stoffe, die Kühlschmierstoffen die gewünschten Eigenschaften verleihen, sind jedoch zum Teil stark gesundheits- oder umweltgefährdend, so daß bereits in der Vergangenheit einige Additive durch andere, weniger gefährliche, ersetzt wurden. Teilweise sind die Stoffe, die sich durch chemische Reaktionen bilden können, kanzerogen (krebserregend), zum Beispiel Nitrosamine. Sehr viel weiter verbreitet als Krebserkrankungen sind Haut- und Atemwegserkrankungen sowie Allergien, die durch den Umgang mit Kühlschmiermitteln verursacht werden. Die Auswirkungen der einzelnen Komponenten auf den menschlichen Körper ist wegen weiterer, individuell verschiedener Einflüsse, schwer abschätzbar.

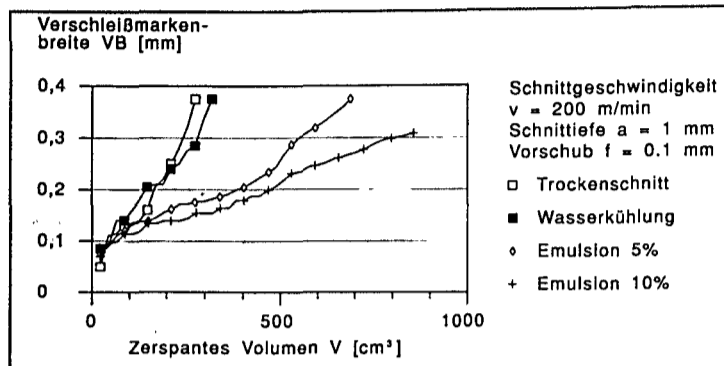
Neben den Aspekten der Gesundheitsgefährdung gewinnen in letzter

Enorme Kosten für Entsorgung

Zeit aber auch wirtschaftliche Gesichtspunkte, die durch die Entsorgungsproblematik der zu beseitigenden Stoffe entstehen, bei einer kritische Betrachtung des Einsatzes von Kühlschmierstoffen zunehmend an

Bedeutung. Die zur Entsorgung gebrauchter Kühlschmierstoffe notwendigen finanziellen Aufwendungen sind enorm und übersteigen teilweise die Werkzeugkosten. Damit lassen sich Metallbearbeitungsöle und Emulsionen in der metallverarbeitenden Industrie eigentlich nicht mehr als Ferti-

men beschäftigt sich eine Arbeitsgruppe am Institut für Werkzeugmaschinen der Universität Stuttgart seit Mitte vergangenen Jahres mit der Untersuchung von werkzeug- und werkstückrelevanten technologischen Kenngrößen in Abhängigkeit von der Ölkonzentration in der Kühlschmier-



Verlauf der Verschleißmarkenbreite

Bilder: IfW

gungs-Hilfsstoff bezeichnen.

Um die durch den Einsatz von Kühlschmieremulsionen entstehenden Kosten zu senken, sind bereits verschiedene Lösungsansätze diskutiert worden. Dazu gehören beispielsweise der Ersatz von Emulsion durch nichtwassermischbare Öle, zunehmende Anwendung der Trockenzerpannung und gezielte Zusammensetzung bzw. Additivierung von Metallbearbeitungsölen und -konzentraten.

Unterstützt von verschiedenen Fir-

emulsion beim Drehen.

Die fortschreitende Entwicklung von Schneidstoffen hin zu immer größerer Verschleißbeständigkeit läßt in Zusammenhang mit der stetigen Weiterentwicklung von Werkzeugmaschinen immer höhere Zerspanleistungen zu. Um mit den damit möglichen Schnittgeschwindigkeiten und Vorschüben qualitativ hochwertige Werkstücke herstellen zu können, bestehen hohe Anforderungen an die technologischen Eigenschaften der

Kühlschmierstoffe. Die hohen entstehenden Temperaturen erschweren das Einhalten enger Maßtoleranzen. Gleichzeitig wird aufgrund einer thermischen Ausdehnung des Werkzeugs eine konische Werkstückoberfläche erzeugt. Durch den Einsatz von Kühlschmierstoffen lassen sich diese Abweichungen weitestgehend vermeiden.

Im Fall der Trockenzerpannung tritt im Bereich der Werkzeugschneide eine starke Erwärmung des Werkstücks und damit eine Materialerweichung auf, was eine Verminderung der Schnittkräfte zur Folge hat. Bei Verwendung von Kühlschmierstoffen wird dieser Effekt durch die starke Kühlwirkung weitgehend unterbunden. Dagegen wird die Reibung durch die Schmiereigenschaften der Kühlschmieremulsion stark vermindert, so daß die Ergebnisse in Bezug auf Werkzeugstandzeit und erreichter Oberflächengüte der Trockenzerpannung überlegen sind.

Gegenstand der Untersuchungen ist der Einfluß der Ölkonzentration einer Kühlschmieremulsion auf das Bearbeitungsergebnis am Beispiel des Drehens von Wälzlagerstahl 100Cr6 mit praxisüblichen beschichteten Hartmetall-Wendeschneidplatten. Die erzielte Oberflächengüte und das Verschleiß- bzw. Standzeitverhalten der Werkzeugschneide stellten einen Schwerpunkt der Versuchsreihe dar.

In den Versuchsreihen erfolgte einerseits eine Variation der Ölkonzentration in der Kühlschmieremulsion, um eine Aussage über die Kühl- bzw. Schmierwirkung in Abhängigkeit des Ölanteils zu erhalten, andererseits wurde die Schnittgeschwindigkeit im Bereich zwischen 50 m/min und 250 m/min variiert, um den Einfluß der Prozeßtemperatur auf den Zerspanungsvorgang zu untersuchen. Das eingesetzte Kühlschmierkonzentrat enthält die Bestandteile Mineralöl, Emulgatorkombinationen aus Carbonsäuresalzen und Borsäureverbindungen primärer Alkanolamine, Esteröle und Schwefeladditive sowie geringe Mengen eines Fungizides und wurde in fünf- bzw. zehnpromzentiger Verdünnung angesetzt. Zusätzlich wurden Versuchsreihen unter Anwendung von Wasser als Kühlmittel und ohne Kühlschmierstoff durchgeführt.

Überraschendes bei niedriger Geschwindigkeit

Bei der Untersuchung der zerspannten Werkstoffvolumina in Abhängigkeit von Kühlschmierstoff und Schnittgeschwindigkeit bis zum Erreichen einer Verschleißmarkenbreite von 0,3 mm zeigte sich, daß bei besonders niedrigen Schnittgeschwindigkeiten von beispielsweise 50 m/min die Standzeit mit Kühlschmieremulsion geringer ist als im Trockenschnitt. Bei diesen niedrigen Schnittgeschwindigkeiten werden die zum Ansprechen bestimmter Additive notwendigen Temperaturen nicht erreicht und durch den hier überwiegenen Kühleffekt der Emulsion noch zusätzlich unterdrückt. Die im Trockenschnitt entstehenden Temperaturen führen zu einer Erweichung des Werkstoffes, wodurch niedrigere Schnittkräfte notwendig sind, was wiederum zu vermindertem Werkzeugverschleiß führt.

Im Gegensatz dazu liegen im Bereich höherer Schnittgeschwindigkeiten die unter Einsatz von Kühlschmierstoff erreichbaren Werkzeug-

Weiter auf Seite 29

Fortsetzung von Seite 28

Prüfstand

standzeiten teilweise deutlich über den Werten des Trockenschnitts. Verdeutlicht wird dies durch den im Bild auf Seite 28 dargestellten Verlauf des Werkzeugverschleißes über dem zerspannten Volumen.

Während die Verschleißmarkenbreite im Fall der Trockenzerspannung oder Wasserkühlung stetig zunimmt und bereits nach kurzer Zeit die Verschleißmarkenbreite von 0,3 mm überschreitet, stellt sich unter Verwendung von Kühlschmieremulsion eine quasi stabile Phase, die sogenannte Arbeitsschärfe des Werkzeugs, mit nur geringfügig zunehmendem Verschleiß ein. Damit liegen die zerspannbaren Werkstoffvolumina bis zum Erreichen der Verschleißgrenze hier auch deutlich höher. Die zum Ansprechen der Hochdruckadditive der Emulsion erforderlichen Temperaturen werden erreicht. Diese reagieren mit der hochaktiven Metalloberfläche und bilden einen wirkungsvollen Schmierfilm.

Mit zunehmender Schnittgeschwin-

Hohe Konzentration bei hoher Geschwindigkeit

digkeit verlagert sich das jeweilige Optimum in Richtung höherer Ölkonzentration. So zeigen die Standzeitwerte bei einer Schnittgeschwindigkeit von 200 m/min ein Maximum bei einer Ölkonzentration von zehn Prozent. Gegenüber der Trockenzerspannung lassen sich mit einer zehnprozentigen Kühlschmieremulsion rund 200 Prozent mehr Werkstoffvolumen zerspannen, was einer etwa dreifachen Werkzeugstandzeit entspricht.

In Bezug auf die Oberflächengüte der gedrehten Werkstücke lassen sich durch Trockenzerspannung die besten Arbeitsergebnisse erzielen, wie die Graphik auf Seite 29 verdeutlicht. Bei der Verwendung von Wasser als Kühlmittel entstanden besonders im Bereich kleiner Schnittgeschwindigkeiten die schlechtesten Oberflächen. Bei einer Schnittgeschwindigkeit von 100 m/min liegt das erzielte Ergebnis mit $R_z=16,4$ mm um 12,2 mm über dem Wert des Trockenschnitts. Bei den beiden verwendeten Emulsionen konnte eine geringfügig schlechtere Oberfläche als beim Trockenschnitt beobachtet werden. Die Unterschiede betragen hier zwischen 2 und 3 mm gegenüber der Zerspannung ohne Kühlschmierstoff.

Mit zunehmender Schnittgeschwindigkeit nähern sich die erreichten Oberflächenwerte aller vier Versuchsreihen stark an. Allerdings ist bei der Trockenbearbeitung die starke Erwärmung des Werkstücks zu berücksichtigen, die sich insbesondere bei kleinen Werkstücken stark auf Maß- und Formhaltigkeit auswirkt. Nach der Beurteilung der an den fertigen Werkstücken aufgetretenen Anlaßfarben kann angenommen werden, daß sich die Proben während ihrer Bearbeitung auf bis zu 350 °C und zum Teil noch darüber erhitzen. Eine akzeptable Maßhaltigkeit dürfte damit nicht mehr gegeben sein.

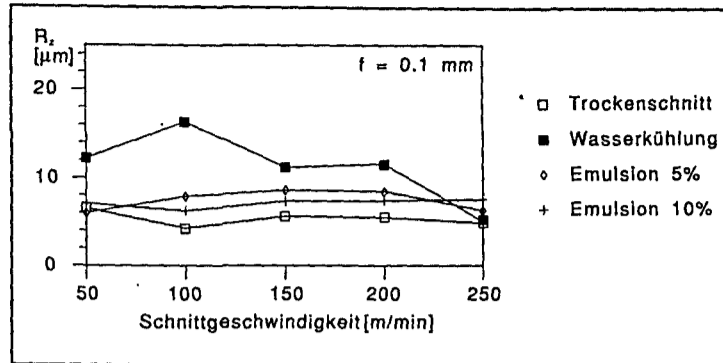
Die Auswertung der Versuchsergebnisse erlaubt den Schluß, daß in der spanenden Metallbearbeitung auch weiterhin der Einsatz von Kühlschmieremulsion wirtschaftlich vertretbar und technologisch notwendig ist. Die Untersuchungen zeigten, daß sich je nach Schnittgeschwindigkeit

und Vorschub in Abhängigkeit der Ölkonzentration im Kühlschmierstoff ein Standzeitmaximum ausbildet. Über den ganzen untersuchten-Schnittgeschwindigkeitsbereich wird eine gleichmäßige Oberflächenqualität erzielt.

Wasser ist als Kühlmittel ungeeignet

Wasser als Kühlmittel erscheint ungeeignet, da außer bei niederen Schnittgeschwindigkeiten keine befriedigende Werkzeugstandzeit erreicht werden kann. Die Qualität der damit erzielten Oberflächen widerspricht der Verwendung von Wasser ebenso wie die stark korrodierende Wirkung auf Werkstücke und Maschine.

Trockenbearbeitung wird insbeson-



Oberflächengüte in Abhängigkeit von der Ölkonzentration im Kühlschmierstoff und der Schnittgeschwindigkeit

dere im Bereich der Vorbearbeitung von Werkstücken mit relativ geringen Schnittgeschwindigkeiten und hohen Vorschüben interessant. Die dabei üblichen großen Spanquerschnitte erlauben eine verbesserte Wärmeabfuhr

und hohe Zeitspanvolumina. Die Maß- und Formgenauigkeit spielt wegen der nachfolgenden Fertigbearbeitung eine untergeordnete Rolle.

Allerdings wird angesichts steigender Entsorgungskosten zu bedenken

sein, ob die Trockenbearbeitung nicht auch in solchen Bereichen eingesetzt werden kann, wo bislang unter Verwendung von Kühlschmieremulsion noch geringe Standzeitvorteile erzielt werden können. Unter Berücksichtigung aller Einflußfaktoren wird sich dabei vermutlich zeigen, daß selbst mit geringeren Standzeiten aber ohne anfallende Entsorgungskosten wirtschaftlicher produziert werden kann.

Eine weitere Möglichkeit bietet die Verwendung nichtwassermischbarer Öle als Kühlschmierstoff. Gegenwärtig laufende Arbeiten am Institut für Werkzeugmaschinen lassen gute Ergebnisse in Bezug auf Werkzeugstandzeit und Werkstückoberfläche bei fast unbegrenzter Lebensdauer des Kühlschmierstoffs erwarten.

Prof. Dr.-Ing. Uwe Heisel,
Dipl.-Ing. Marcel Lutz