

INNOVATIVE KÜHLSCHMIER-SYSTEME IN DER METALLZERSPANUNG

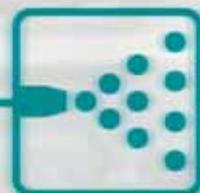
OPTIMIERUNG VON
HIGH SPEED CUTTING-PROZESSEN

VERBESSERUNG DES UMWELT-
UND ARBEITNEHMERINNEN-SCHUTZES

Nachwachsende
Rohstoffe



ArbeitnehmerInnenschutz



Reduzierte
Emissionen



Kosteneffizienz

ANSÄTZE ZUR NACHHALTIGEN OPTIMIERUNG DER HIGH SPEED CUTTING-TECHNOLOGIE

■ Die **Hochgeschwindigkeitsbearbeitung (High Speed Cutting/HSC)** ist ein innovatives Zerspanungsverfahren, das heute in der metallverarbeitenden Industrie zum Einsatz kommt. Im Vergleich zur konventionellen Zerspanung sind bei diesem Verfahren Schnittgeschwindigkeit und Vorschub um ein Vielfaches erhöht. Aufgrund der hohen Schnittgeschwindigkeiten reduzieren sich die Zerspanungskräfte bei der HSC-Bearbeitung um bis zu 30 %. Neben höheren Werkzeugstandzeiten ergeben sich bei diesem Verfahren auch Vorteile bei der Bearbeitung komplizierter Bauteile. Umweltrelevante Vorteile entstehen durch die bessere Oberflächenqualität, wodurch nachfolgende Bearbeitungsgänge in vielen Fällen entfallen können. Beim Fräsen mit dem HSC Verfahren kann nahezu Schleifqualität erreicht werden.

Wie in der konventionellen Fertigungstechnik ist auch bei der Zerspanung mittels HSC Technologie der Einsatz von **Kühlschmierstoffen (KSS)** notwendig. Schätzungen gehen davon aus, dass in Österreich jährlich ca. 7.000 t Öle und Emulsionskonzentrate bei der Metallzerspanung verbraucht werden. Der überwiegende Anteil der Kühlschmierstoffe basiert auf Mineralölfractionen, nachwachsende Rohstoffe werden kaum eingesetzt. Bei der Bearbeitung werden erhebliche Anteile der Kühl-

schmierstoffe zerstäubt, durch den Wärmeeintrag im Zerspanungsprozess verdampft und gelangen so in die Arbeitsluft. Aufgrund ihrer komplexen Zusammensetzung sind KSS als gefährliche Arbeitsstoffe eingestuft. 2001 wurde in Österreich erstmals eine maximale Arbeitsplatzkonzentration für KSS-Nebel festgelegt. Um die Umweltprobleme und Belastungen durch KSS für die ArbeitnehmerInnen zu reduzieren, sind aufwändige Investitionen und hohe laufende Kosten für die Luftfiltration und die Belüftung der Produktionshallen notwendig.

Ein nachhaltiger Ansatz zur Lösung dieser Problematik kann nur die weitgehende Vermeidung der Bildung von KSS-Nebel im Fertigungsprozess sein. Eine bereits erfolgreich eingesetzte Strategie ist dabei die **Minimalmengenkühlschmierung (MMKS)**, die gegenüber der herkömmlichen Überflutungsschmierung den Bedarf an Kühlschmierstoffen wesentlich reduziert. Dabei wird so wenig Kühlschmierstoff auf die Bearbeitungsstelle aufgebracht, dass dieser direkt verbraucht wird und keine Rückleitung notwendig ist. So können auch Reinigung, Pumpen und Wartungsmaßnahmen vermieden werden. Ein neuer – bisher noch kaum erprobter – Ansatz bei der Minimalmengenkühlschmierung ist die Verwendung von Öl-in-Wasser-Emulsionen auf Basis



Foto: Profactor Produktionsforschungs GmbH

nachwachsender Rohstoffe. Die beiden innovativen Technologien, HSC und MMKS, stehen noch am Beginn ihrer Einführung in die industrielle Praxis. Bisher müssen beim High Speed Cutting-Verfahren die Bearbeitungsstrategien für jeden einzelnen zu fertigenden Bauteil experimentell ermittelt werden. Für eine Verbreitung dieser umweltfreundlichen Technologie sind weitere Praxiserfahrungen sowie Prozessmodelle notwendig, die diese experimentellen Erfahrungen systematisch nutzen.

Im Rahmen der Programmlinie **„Fabrik der Zukunft“** wurden zwei Forschungsprojekte durchgeführt, die sich mit der Optimierung dieser Technologien beschäftigen. Im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung wurden in diesen Projekten neben den Anforderungen der Fertigung auch Aspekte des Umwelt- und Arbeitnehmerschutzes ins Zentrum gerückt. Während im ersten Projekt ein Prozessmodell entwickelt wurde, das die vielfältigen Zusammenhänge zwischen den produktionstechnischen Anforderungen und den Auswirkungen auf Mensch und Umwelt darstellt, wird im Folgeprojekt die Prozessoptimierung weiterentwickelt und anhand konkreter Anwendungen bei verschiedenen Produktionsbetrieben in der Praxis getestet.

Projekt 1

Entwicklung eines ganzheitlichen Vorgehensmodells zur Berücksichtigung von Aspekten des ArbeitnehmerInnen- und Umweltschutzes bei der Gestaltung von HSC-Prozessen

Profactor Produktionsforschungs GmbH, Steyr 2002

Projekt 2

Bio-Minimum-Lubrication

Profactor Produktionsforschungs GmbH, Agatex Feinchemie GmbH, Steyr 2005



FABRIK
der Zukunft

Die in diesem Forschungsforum vorgestellten Projekte wurden im Rahmen der Programmlinie **„Fabrik der Zukunft“** durchgeführt:

Mit dem Forschungs- und Technologieprogramm **„Nachhaltig Wirtschaften“** hat das Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (bmvit) bereits 1999 eine Initiative gestartet, die zukunftsfähige Wirtschaftsweisen durch Forschung effektiv unterstützt. Im Rahmen von mehreren Programmlinien werden seither Forschungs- und Entwicklungsprojekte sowie Demonstrations- und Verbreitungsmaßnahmen unterstützt, die wichtige Innovationsimpulse für die österreichische Wirtschaft setzen. Die Programmlinie **„Fabrik der Zukunft“** hat das Ziel, richtungweisende Pilotprojekte im Bereich nachhaltiger Technologieentwicklung zu forcieren. Modellbeispiele können innovative Produktionsprozesse, zukunftsweisende Produkte oder vorbildliche Betriebe sein.

GANZHEITLICHES MODELL ZUR GESTALTUNG VON HSC-PROZESSEN



■ In diesem Projekt wurde eine systematische Vorgehensweise zur Gestaltung und Optimierung von HSC-Prozessen für die Metallzerspanung entwickelt. Neben den klassischen Faktoren wie Fertigungszeit, -qualität und -kosten lag der Schwerpunkt der Untersuchung auf Fragen des ArbeitnehmerInnen- und Umweltschutzes. Die Prozessoptimierung wurde in enger Zusammenarbeit mit dem metallverarbeitenden Betrieb PIESSLINGER anhand eines konkreten Aluminium-Bauteils in die Praxis umgesetzt. Dieser Bauteil wird hier bereits seit längerer Zeit erfolgreich mit Hochgeschwindigkeits-Technologie und Minimalmengenkühlschmierung in großen Stückzahlen gefertigt.

Die wichtigsten Erwartungen der Firma Piesslinger waren die Verbesserung der Arbeitsbedingungen in Bezug auf Raumluft und -klima, Lärm und Ergonomie, die Wertsteigerung von Reststoffen, wie Aluminium-Spänen, die Einsparung von Kühlschmierstoffen im Hinblick auf effektiven Ressourceneinsatz und die Erhöhung von Produktivität und Produktqualität.

Folgende Arbeitsschritte wurden im Rahmen des Projekts durchgeführt:

- Experten-Workshop zur Ist-Stand-Erhebung und Formulierung der Zielsetzungen
- Entwicklung des Prozessmodells
- Planung und Durchführung von Fräsversuchen im Labor von Profactor
- Planung und Durchführung von Aerosolmessungen im Labor
- Mitarbeiter-Befragung mittels Fragebogen
- Mitarbeiter-Workshop: Präsentation der Versuchsergebnisse und Definition eines Referenzarbeitsplatzes
- Implementierung der festgelegten Maßnahmen
- Workshop zur Evaluierung der Praxiserfahrungen und Festlegung des weiteren Handlungsbedarfs

ERGEBNISSE DER FRÄSVERSUCHE

Für die technologische Optimierung wurden im Zerspanungslabor Fräsversuche an einem ausgewählten Referenzwerkstück (ein Aluminium-Dekorteil für Kaffeemaschinen) durchgeführt

und dabei die wichtigsten Parameter variiert. Insgesamt wurden 31 Einstellungen getestet. In den Fräsversuchen konnte jeweils eine günstige Kombination aus Werkzeugbeschichtung und Kühlschmier-System – MMKS mit optimiertem Öl-Einsatz und MMKS unter Verwendung von Emulsion – ermittelt werden, mit denen der (Kühl)-Schmierstoffverbrauch reduziert werden kann.

Bisher wurde bei der Bearbeitung des Bauteils ca. 1 Liter Schmierstoff (Öl) pro Schicht verbraucht. Dies entspricht einem Schmierstoffverbrauch von 6,6 ml/min. **Durch Änderung bzw. richtige Auswahl folgender Parameter kann der Verbrauch um bis zu 75 % verringert werden:**

- Werkzeugbeschichtung
- Korrekte Einstellung der Sprühdüsen
- Erhöhung des Vorschubwerts (von $f = 4000$ mm/min auf $f = 5000$ mm/min)
- Art des (Kühl)-Schmierstoffes

Vor allem beim Einsatz von MMKS mit Emulsion (6 % Öl, 94 % Wasser) lässt sich der KSS-Verbrauch stark senken. Zusätzlich wurde in den Versuchen mit diesem System auch eine verbesserte Oberflächenqualität erreicht. Die Verwertung der im Prozess anfallenden Reststoffe (Aluminium-Abfall) ist stark vom Verschmutzungsgrad abhängig. Eine reduzierte Kühlschmierstoff-Menge wirkt sich daher auch positiv auf die Qualität der anfallenden Aluminium-Späne aus. Wird die Minimal-

Quelle: Profactor Produktionsforschungs GmbH

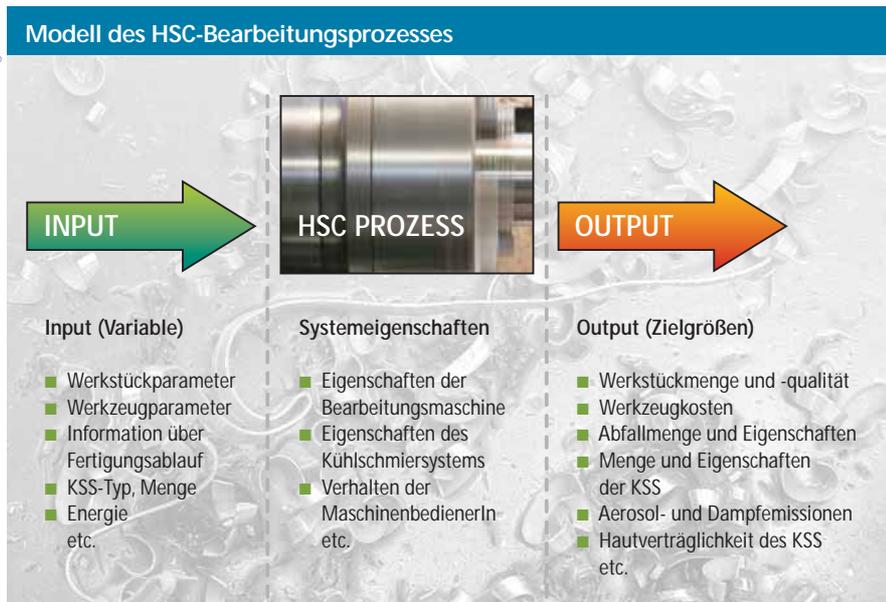
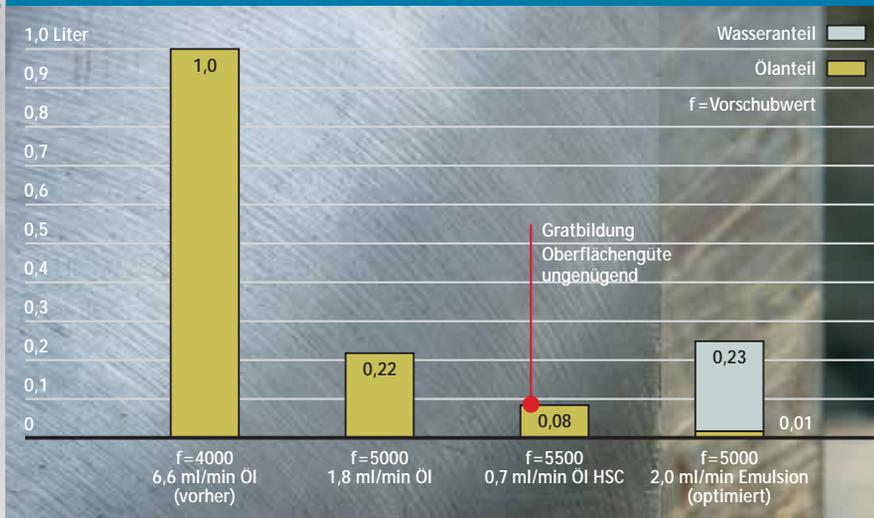


Foto: Profactor Produktionsforschungs GmbH



Foto: Profactor Produktionsforschungs GmbH

Ergebnis der Fräsversuche: KSS-Verbrauch vor und nach der Optimierung



Im Rahmen der Fräsversuche wurde der Vorschubwert erhöht und die KSS-Menge reduziert. Es zeigte sich, dass bei erhöhtem Vorschubwert der Schmierstoff deutlich reduziert werden kann. Erst bei einer Menge von nur 0,7 ml/min kam es zu Qualitäts-einbußen. Beim Einsatz von Emulsion reduziert sich der Ölanteil auf nur 0,01 ml/min.

mengenschmierung von Öl auf Emulsion umgestellt, sinkt die Verunreinigung weiter ab, weil ein großer Teil des Wassers während bzw. nach der Fräsbearbeitung verdunstet.

Da bei der Minimalmengenschmierung nach der Bearbeitung sowohl Werkstück als auch Werkstoff praktisch trocken sind, muss der eingesetzte Kühlschmierstoff in Form von Aerosolen und Dämpfen in die Arbeitsluft gelangt sein. Die Nebelemissionen in die Arbeitsluft wurden daher im Labor mit Hilfe eines Kaskaden-Impaktors gemessen und die Abhängigkeit der Aerosolbildung vom Kühlschmierstoffsystem und von der aufgetragenen Kühlschmierstoff-Menge ermittelt. Für beide Systeme (Öl und Emulsion) wurde ein klarer Zusammenhang von eingebrachter Kühlschmierstoff-Menge und Aerosol-Konzentration im Abstrom der Werkzeugmaschine erkennbar.

Da MMKS-Systeme Druckluft zur Unterstützung der Zerstäubung benötigen, ergibt sich für diese tendenziell eine stärkere Vernebelung als bei den konventionellen Überflutungssystemen. Dieser Effekt kann jedoch mit einer konsequenten Minimierung des Kühlschmierstoff-Verbrauchs kompensiert werden. Zudem könnte ein verbessertes Düsendesign, das die punktgenaue Aufbringung des Kühlschmierstoffes ermöglicht, diese Problematik lösen.

IMPLEMENTIERUNG

Für nachhaltige Optimierungen in industriellen Prozessen ist eine ganzheitliche Betrachtung des Gesamtsystems und die Nutzung von Know-How und Erfahrungen der MitarbeiterInnen von großer Bedeutung. Im Rahmen des Projekts wurden sämtliche relevanten Akteure aus dem Betrieb in die Planung und Gestaltung der Prozesse und Arbeitsplätze einbezogen. Die Labor-Ergebnisse wurden mit den MitarbeiterInnen diskutiert und die Vor- und Nachteile der beiden im Labor getesteten Systeme (MMKS mit optimiertem Öleinsatz und MMKS mit Emulsion) gegenübergestellt.

In der Folge wurde ein Referenzarbeitsplatz geschaffen, der folgende Maßnahmen beinhaltet:

- Umstellung von Öl-MMKS auf Emulsion
- Erhöhung der Vorschubgeschwindigkeit
- Verbesserte Beleuchtung bei der Qualitätskontrolle
- Ergonomische Verbesserungen
- Verbesserte Kommunikation bei der Schichtübergabe
- Verbindliche Verantwortlichkeiten für die Wartung der Luftfilter
- Beseitigung organisatorischer Mängel

Der wichtigste Eingriff in den Produktionsprozess stellt der Wechsel zur Minimalmengenschmierung mit Emul-

sion dar. Die Erfahrungen zeigen, dass die Fertigung mit den im Labor ermittelten höheren Vorschubgeschwindigkeiten und dem minimierten Einsatz von Kühlschmierstoff in der Praxis möglich ist. Neben der Reduzierung des KSS-Verbrauchs konnten verbesserte Oberflächenqualitäten bei gleichbleibend hohen Werkzeugstandzeiten erreicht werden.

Späne und bearbeitete Werkstücke sind praktisch trocken und kaum verölt. Das erleichtert die Reinigung und Qualitätskontrolle sowie die Recyclierfähigkeit der Reststoffe. Insgesamt wurden die durchgeführten Maßnahmen von den Maschinenführern sehr positiv aufgenommen.

Vergleichende Messungen ergaben eine faktorielle Verringerung der Nebelemissionen von ca. 10 mg/m³ auf 0,6 mg/m³. Voraussetzung dafür ist die konsequente Beibehaltung der aufgetragenen Emulsionsmenge von 2 ml/min. Die verbesserte Luftqualität in der Produktionshalle wurde von den MitarbeiterInnen wahrgenommen und positiv beurteilt.

Probleme ergaben sich mit dem Aufbringungssystem für die Emulsion, da sich die eingesetzte Zweistoffdüse im geforderten Regelbereich nicht stabil einstellen lässt. Für eine dauerhafte Prozessumstellung ist daher die Implementierung eines speziellen Aufbringungssystems notwendig. Im Rahmen des Folgeprojekts wurde an der Entwicklung eines besseren Pumpen/Düsen-Systems für die Minimalmengenschmierung gearbeitet.



■ Zielsetzung dieses Projekts war es, ein geeignetes System zur Minimalmengenkühschmierung („Bio-Minimum-Lubrication“) zu entwickeln, das mit einer Öl-in-Wasser-Emulsion auf Basis von nachwachsenden Rohstoffen betrieben wird. Das Projekt wurde von Profactor in Zusammenarbeit mit den Firmen AGATEX Feinchemie GmbH und TPS Technische Produkte durchgeführt.

Das **Anforderungsprofil für das neue MMKS-System** erstellte das Projektteam gemeinsam mit Vertretern verschiedener Partnerfirmen (Protan Produktionstechnik, Josef Haidlmair Werkzeugbau und VA Tech Mechatronics). Das Profil umfasst die Fertigungstechnologie, chemische und physikalische Eigenschaften des Kühschmierstoffes, Dosierung und Aufbringung, Arbeits- und Umweltschutz sowie Verfügbarkeit der Rohstoffe. Gewünschte Bearbeitungsverfahren sind Fräsen mit Schwerpunkt HSC, Drehen, Gewindeschneiden, Reiben, Bohren, Sägen und in weiterer Folge auch Stanzen und Ziehen. Als zu bearbeitende Werkstoffe kommen Buntmetalle (Kupfer, Bronze), (rostfreier) Stahl, Verbundmaterialien (z.B. Kupfer und Stahl), Sintermetalle, Kunststoffe und Aluminium in Frage.

Eine im Rahmen des Projekts durchgeführte **Studie zur heimischen Rohstoffbasis** ergab positive Ergebnisse.



Foto: Profactor Produktionsforschungs GmbH

Das Flächen- und Ertragspotenzial für Ölpflanzkulturen wurde anhand von Raps, Sonnenblume, Soja, Ölkürbis, Öllein, Mariendistel, Leindotter und Saflor (Färberdistel) untersucht. Als Potenzial für zusätzliche Anbauflächen stehen ca. 100.000 ha rotierende Stilllegungsflächen zur Verfügung. Unter Berücksichtigung der Kulturfolge könnten ca. 25 % davon für zukünftige Ölpflanzkulturen herangezogen werden. Das würde einen Ertrag von ca. 62.000 t Öl ergeben. Zusätzlich wurden Produktionskapazität, Auslastung und technische Ausstattung österreichischer Ölmühlen erhoben.

LABORTESTS

Im Labor der Firma AGATEX wurden zunächst 20 Emulgator/Schmierstoffkombinationen entwickelt und deren Eigenschaften untersucht. 2 Versuchsprodukte kamen bei den nachfolgenden Praxis-Versuchen am Pumpen/Düsen-System zum Einsatz. Von drei von Profactor getesteten Aufbringungssystemen wurde ein handelsübliches Sprühsystem ausgewählt und in Hinblick auf Flexibilität und optimale Einstellbarkeit adaptiert.

Bei den Versuchen im Zerspanungslabor wurden die Anwendungen der Projektpartner möglichst genau abgebildet und optimierte Zerspanungs- und Kühschmierparameter gesucht. Zielgrößen waren dabei technologische und wirtschaftliche Aspekte sowie Schmierstoffverbrauch und die Emissionsmenge. In 35 Sprühversuchen wurden die Druckverhältnisse für die Einbringung des Kühschmierstoffes und für die Luftzufuhr sowie das KSS-Medium variiert. Es kamen 2 Arten von Emulsion, Öl sowie verschiedene Mischverhältnisse

der Emulsionen zum Einsatz. Die Druckverhältnisse und die Zusammensetzung des Schmierstoffes erwiesen sich als Haupteinflussfaktoren für die Aerosol-Gesamtkonzentration. Sowohl beim Verbrauch als auch hinsichtlich der Emissionen konnten positive Ergebnisse für die Varianten mit Emulsion erzielt werden.

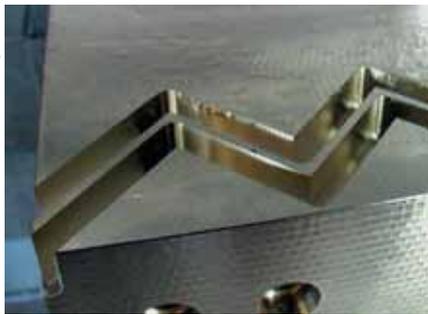
Bei den folgenden Fräsversuchen wurden drei praxisnahe Anwendungen für die Minimalmengenkühschmierung mit unterschiedlichen Werkstoffen (Messing Fräsen, Sinterstahl Gewindeformen und C45 Fräsen) untersucht. Während bei der Messingbearbeitung die Ermittlung der Emissionen im Vordergrund stand, war die Zielsetzung der zweiten Versuchsreihe, die Anwendbarkeit der MMKS mit Emulsion beim Bohren bzw. Gewindeformen zu prüfen. In der dritten Versuchsreihe wurden unterschiedliche Geometrien aus einem Stahlblock herausgefräst. Dabei wurde das Nebelbildungspotenzial und die Abnutzung des Fräskopfes untersucht.

Insgesamt zeigte sich in den Labortests, dass das vorgeschlagene MMKS-System gegenüber konventioneller Überflutungsschmierung und auch gegenüber der Minimalmengenschmierung mit Öl geringere Emissionen erzeugt. Werkzeugverschleiß, Oberflächenqualität der Werkstücke, Maßhaltigkeit und Schnittgrößen können mit den anderen Systemen konkurrieren. Werkzeugstandzeiten konnten allerdings im Rahmen der Labortests nicht ermittelt werden. >>



PRAXISTESTS UND PERSPEKTIVEN

Foto: Profactor Produktionsforschungs GmbH



■ Die Implementierung des im zweiten Projekt entwickelten MMKS-Systems mit Emulsion erfolgte in den Betrieben Protan Produktionstechnik und Josef Haidlmair Werkzeugbau. Es sollten besonders schwierige Anwendungen erprobt werden, um die Grenzen und Probleme der Technologie aufzuzeigen. So wurde in tiefen Kavitäten gearbeitet, um den Spänetransport und die Zufuhr von Kühlschmieremulsion an ungünstige Stellen zu untersuchen. Schwächen zeigten sich unter anderem in einer erhöhten Korrosionsneigung von benetzten Oberflächen und in kürzeren Werkzeugstandzeiten.

Im Bereich der Emissionen konnten teilweise vielversprechende Ergebnisse erzielt werden. So ließ sich z.B. bei der Firma Protan (hier wurde eine Langlochbohrung an einem Zahnkranz aus Sinterstahl durchgeführt) durch den Einsatz von MMKS mit Emulsion die Aerosol-Gesamtkonzentration von

ursprünglich 16,22 mg/m³ bei Überflutungsschmierung auf 1,88 mg/m³ reduzieren. Das bedeutet eine Verbesserung der Emissionsbelastung um ca. 90 %.

Die Praxiserfahrungen zeigen, dass die chemischen, physikalischen und technologischen Eigenschaften der Kühlschmierstoffe durch sorgfältige Auswahl von Additiven auf die Prozesse eingestellt werden müssen. Entwicklungsbedarf besteht nach wie vor im Bereich der Düsensysteme, da geeignete Lösungen technisch relativ komplex und teuer sind. Weitere Lösungskonzepte müssen auch für noch bestehende prinzipielle Schwachstellen der Minimalmengenschmierung, wie z.B. den schlechten Spänetransport, entwickelt werden.

Insgesamt belegen die Forschungsarbeiten aber das hohe Entwicklungspotenzial der Minimalmengenschmierung mit Emulsion auf Basis von nachwachsenden Rohstoffen. Die Ergebnisse bilden wichtige Voraussetzungen für eine weitere Verbreitung der neuen Technologien. Die Projektpartner AGATEX Feinchemie GmbH und TPS Technische Produkte können auf Basis der Praxiserfahrungen die Optimierung der „Bio-Minimum-Lubrication“ weiter verfolgen.

PROJEKTPARTNER/INNEN

Projekt 1

Entwicklung eines ganzheitlichen Vorgehensmodells zur Berücksichtigung von Aspekten des ArbeitnehmerInnen- und Umweltschutzes bei der Gestaltung von HSC-Prozessen

Profactor Produktionsforschungs GmbH, Steyr 2002

www.profactor.at

Projekt 2

Bio-Minimum-Lubrication

Profactor Produktionsforschungs GmbH, Agatex Feinchemie GmbH, Steyr 2005

INFORMATIONEN PUBLIKATIONEN

Die Endberichte zu den oben genannten Studien sind in der Schriftenreihe „Berichte aus Energie- und Umweltforschung“ des bmvit mit den Nummern 16/2005 und 23/2006 erschienen und erhältlich unter:

www.NachhaltigWirtschaften.at

PROJEKTFABRIK

A-1180 Wien, Währinger Straße 121/3

versand@projektfabrik.at



Foto: Profactor Produktionsforschungs GmbH

FORSCHUNGSFORUM im Internet:

www.NachhaltigWirtschaften.at

in Deutsch und Englisch

Eine vollständige Liste der Schriftenreihe „*Berichte aus Energie- und Umweltforschung*“ des bmvit mit Bestellmöglichkeit findet sich auf der HOMEPAGE: www.NachhaltigWirtschaften.at

IMPRESSUM

FORSCHUNGSFORUM informiert über ausgewählte Projekte aus dem Bereich „Nachhaltig Wirtschaften“ des bmvit. Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie; Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien; Leitung: Dipl.Ing. M. Paula; Renngasse 5, A-1010 Wien. Fotos und Grafiken: Profactor Produktionsforschungs GmbH, W. Bledl/SunSquare Kautzky, Projektfabrik. Redaktion: Projektfabrik, A-1180 Wien, Währinger Straße 121/3. Gestaltung: Wolfgang Bledl, gdwb@council.net. Herstellung: AV+Astoria Druckzentrum GmbH, A-1030 Wien, Faradaygasse 6.

► FORSCHUNGSFORUM erscheint vierteljährlich und kann kostenlos abonniert werden bei: Projektfabrik, A-1180 Wien, Währinger Straße 121/3, versand@projektfabrik.at

P.b.b. Erscheinungsort Wien, Verlagspostamt A-1010 Wien.