



Arbeitsblatt

Gewährleistung der Langzeitstabilität von wassergemischten Kühlschmierstoffen in Werkzeugmaschinen

AiF-Nr.:
17035 N

Obmann:
Prof Dr. Joachim Schulz

beteiligte Unternehmen
Acmos Chemie KG, Blaser Swisslube AG,
Deutsche BP AG, Fuchs Europe Schmierstoffe
GmbH, Lehmann & Voss & Co., Lenze
Operations GmbH, MKU-Chemie GmbH,
Oelheld GmbH, Oemeta Chemische Werke
GmbH, Paukstat, Polo Filter-Technik GmbH,
Rhenus Lub GmbH & Co. KG, Schülke & Mayr
GmbH, Shell Macron GmbH, Tandler Zahnrad-
und Getriebefabrik GmbH & Co. KG, Wisura
GmbH, Zeller+Gmelin GmbH & Co. KG

Laufzeit:
01.07.2011 – 31.12.2013

Erstelldatum:
20.05.2014

Forschungsstellen:
Stiftung Institut für Werkstofftechnik Bremen
Universität Bremen (FG 06)

Projektleiter:
Dr. Andreas Rabenstein

Sachbearbeiter:
M. Sc. Marvin Redetzky

Forschungsvereinigung:
AWT

Projektbegleitender Fachausschuss
FA 23 (Ressourcenschonende
Metallbearbeitung)

Zielsetzung und Lösungsweg

Wissenschaftliche Untersuchungen zum Einfluss von Spansedimenten, die sich in der Praxis in Werkzeugmaschinen (WZM) ansammeln, auf die Entwicklung der mikrobiellen Belastung von Kühlschmierstoffen (KSS) waren bisher nicht bekannt. Es gab jedoch in der Vergangenheit Hinweise darauf, dass solche Sedimente den mikrobiologischen Zustand von Kühlschmierstoffen stark beeinflussen können.

Das durchgeführte Vorhaben sollte bisher nicht vorhandene Erkenntnisse zu den Wechselwirkungen zwischen dem Arbeitsergebnis und der mikrobiellen Besiedlung von Spanablagerungen in Werkzeugmaschinen liefern. Das übergeordnete Ziel war es, den Einfluss von mikrobiologisch besiedelten Spansedimenten auf die technische Qualität von wassergemischten Kühlschmierstoffen zu beschreiben und den daraus resultierenden Einfluss auf den Prozessverlauf und das Fertigungsergebnis zu erfassen. Um das beschriebene Forschungsziel zu erreichen, war eine enge Kooperation mit Vertretern aus der Industrie notwendig. Dies geschah durch die Einbindung der Experten in dem

Projektbegleitenden Ausschuss (PA) und durch den Austausch in dem Fachausschuss 23 der AWT.

In dem Vorhaben fand ein Scale-up vom Labormaßstab in die Praxis statt. Grundlegende Untersuchungen zur Analyse der auf Metallspänen siedelnden Mikroorganismen, deren Diversität sowie deren Abbau von Kühlschmierstoff-Komponenten wurden mit der gezielten Alterung eines Kühlschmierstoffs auf einer Werkzeugmaschine im Technikumsmaßstab korreliert und die Ergebnisse in die Praxis übertragen. Somit konnte ein mikrobiologischer Aspekt von Werkzeugmaschinen beleuchtet werden, über den bisher noch keine ausreichenden Erkenntnisse vorlagen. Die Erkenntnisse aus den Forschungsarbeiten werden daher gerade kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) helfen, kostensparende Maßnahmen gegen eine frühzeitige mikrobielle Schädigung von Kühlschmierstoffen zu entwickeln.

Ergebnisse

Nachweis von Biofilmen in Werkzeugmaschinen mittels einer modifizierten Robbins-Vorrichtung

Die mit dieser Methode ermöglichte Abschätzung der Biofilmbildung im Kühlschmierstoffsystem ließ Rückschlüsse auf die Besiedlung vorhandener Spansedimente zu. Bild 1 zeigt schematisch das Prinzip der Robbins-Vorrichtung. In Bild 2 ist eine fluoreszenzmikroskopische Aufnahme der Oberfläche eines Probenkörpers aus einem mehrmonatigen Versuch zu sehen.

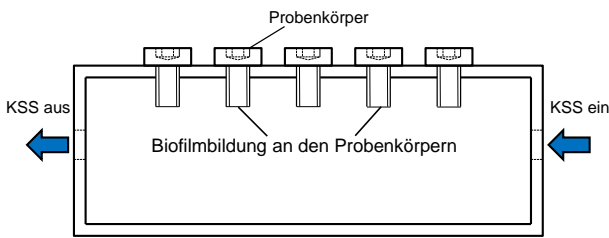


Bild 1: Schema der eingesetzten Robbins-Vorrichtung

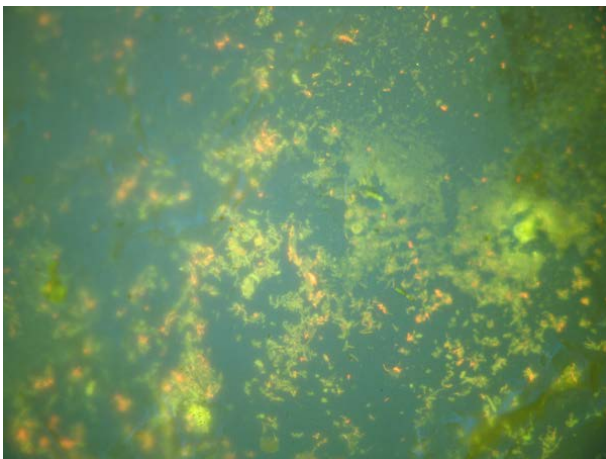


Bild 2: Biofilm auf einem Robbins-Probenkörper nach 18 Wochen im KSS-System einer Werkzeugmaschine

Einfluss von Spansedimenten auf den mikrobiellen Abbau von KSS-Komponenten

Besonders hervorzuheben ist hier, dass in Gegenwart der Metallspäne der Schwefelträger fast ebenso hohe Aktivitäten hervorbrachte wie die beiden gut abbaubaren Emulgatoren (Emulgator 2 EO/ Emulgator 11 EO) (siehe Bild 3 und 4). Es war offenbar zu Wechselwirkungen zwischen den Metallspänen und der schwefelhaltigen Substanz gekommen, die letztere einem Angriff durch Mikroorganismen zugänglich machte. Hiermit wurde die These bekräftigt, dass Spansedimente einen Einfluss auf die mikrobiologische Stabilität von Kühlschmierstoffkomponenten aufweisen.

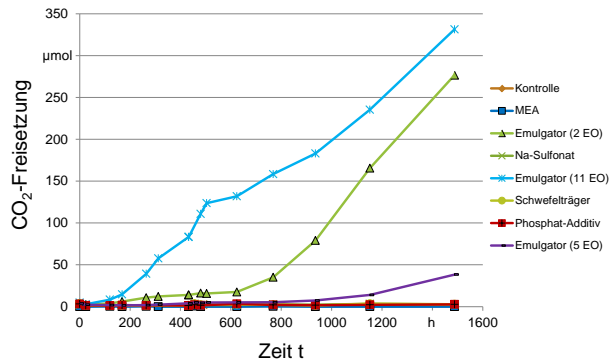


Bild 3: Mikrobielle Freisetzung von CO₂ aus KSS-Komponenten in Abwesenheit von Spansedimenten

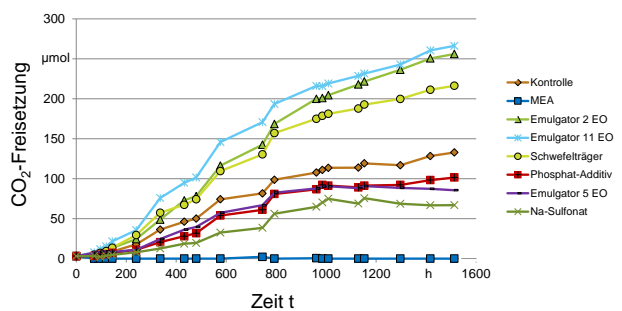


Bild 4: Mikrobielle Freisetzung von CO₂ aus KSS-Komponenten in Gegenwart von Spansedimenten

Einfluss von Spansedimenten auf die Kühlschmierstoffqualität im Technikumsmaßstab und in der Praxis

Zur Ermittlung des Einflusses von Spansedimenten auf die Qualität von Kühlschmierstoffen wurden Langzeitversuche sowohl im Technikumsmaßstab, als auch in der Praxis über einen Zeitraum von einem halben Jahr durchgeführt. Um den Einfluss der Spansedimente auf den KSS zu bestimmen, wurde parallel ein nicht mit Metallspänen kontaminiertes Referenzbad, eingesetzt, in dem der Kühlschmierstoff ausschließlich kontinuierlich umgepumpt wurde.

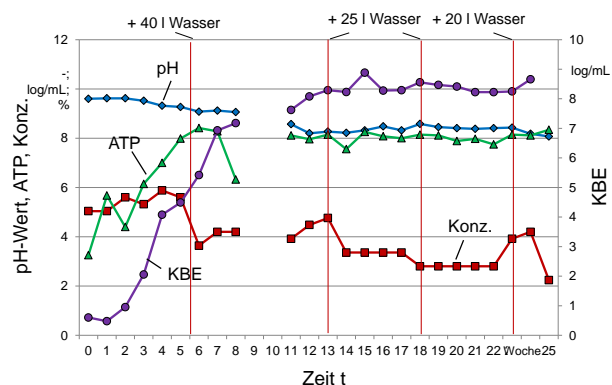


Bild 5: Korrelation zwischen dem mikrobiellen KSS-Befall der Werkzeugmaschine (KBE) und der aufgenommenen KSS-Kenngrößen (pH-Wert, KSS-Konzentration, ATP-Gehalt)

Es zeigte sich, dass in der Werkzeugmaschine innerhalb weniger Wochen eine starke mikrobielle Kontamination auftrat, die mit zeitweise 10^9 koloniebildenden Einheiten (KBE)/mL im Vergleich zum Referenzbad deutlich höhere Werte aufwies (siehe Bild 5 und Bild 6). Der mikrobielle Befall folgte dabei einem typischen Verlauf der charakteristisch für Mikroorganismen-Populationen unter kontrollierten Wachstumsbedingungen ist.

Des Weiteren war in dem Tank der Werkzeugmaschine ein höherer Abfall der KSS-Konzentration festzustellen. Der beschleunigte Verlust kann dabei auf den KSS-Austrag über die bearbeiteten Werkstücke sowie über die Späne zurückgeführt werden. Der pH-Wert verhielt sich, ähnlich wie im Referenzbad, zu Beginn der Langzeitversuche konstant, bis ein Großteil des pH-Puffers durch die Mikroorganismen abgebaut worden war und anschließend ein kontinuierlicher Abfall durch mikrobielle Stoffwechselprodukte und/oder den weiteren Abbau von Mono- bzw. Triethanolamin einsetzte. Der Abbau wurde dabei nicht ausschließlich durch die höheren Zellzahlen in der Werkzeugmaschine, sondern insbesondere durch die höhere mikrobielle Aktivität (zu erkennen am ATP-Gehalt) der Mikroorganismen beschleunigt.

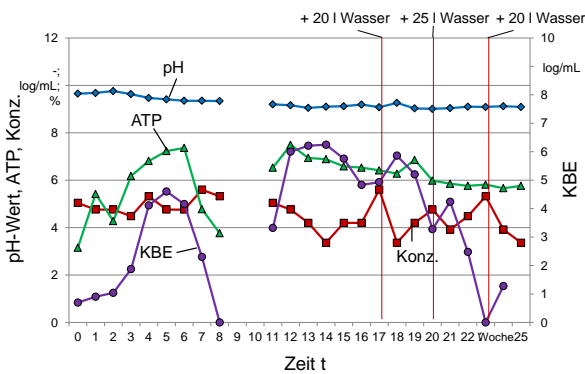


Bild 6: Korrelation zwischen dem mikrobiellen KSS-Befall des Referenzbades und der KSS-Kenngrößen (pH-Wert, KSS-Konzentration, ATP-Gehalt)

Bei den Langzeitversuchen, die bei der Firma Tandler Zahnrad- u. Getriebefabrik GmbH & Co. KG durchgeführt wurden, ist auffällig, dass die Neubefüllungen des Systems in den Wochen 0, 9 und 24 zu keiner Reduzierung des mikrobiellen Befalls führten (siehe Bild 7). Neben der Tatsache, dass keine Biozide eingesetzt wurden, führten möglicherweise nicht entfernte Spannester sowie die in den Untersuchungen zu den koloniebildenden Einheiten nicht erfassten Mikroorganismen in Biofilmen (im Tank und in den Leitungen der Werkzeugmaschine) zu einer rapiden Neuverkeimung des Systems.

Ausschließlich die Neubefüllung in Woche 16 führte zu einer Abnahme des mikrobiellen Befalls, wobei die Reduzierung höchstwahrscheinlich auf den Einsatz von Systemreinigern und die gründliche Säuberung der gesamten Maschine zurückzuführen war.

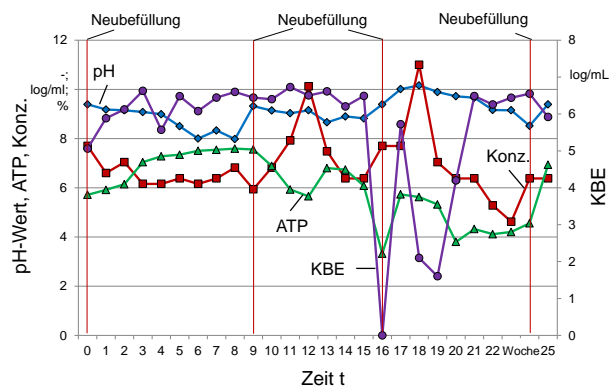


Bild 7: Korrelation zwischen dem mikrobiellen KSS-Befall der Werkzeugmaschine im Praxisversuch und der KSS-Kenngrößen (pH-Wert, KSS-Konzentration, ATP-Gehalt)

In den Versuchen konnte des Weiteren eine gute Korrelation zwischen der mikrobiellen Zellzahl und der mikrobiellen Aktivität festgestellt werden, wobei durch die Praxisversuche die Ergebnisse aus den vorherigen Untersuchungen bestätigt werden konnten.

Zusammenfassung

In den durchgeführten Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass mit Metallspänen kontaminierte KSS-Systeme einem deutlich höheren mikrobiellen Wachstum und damit verbunden einem beschleunigten Abfall der KSS-Qualität ausgesetzt sind. In dem mit Spänen kontaminierten Tank der Werkzeugmaschine zeigte sich, durch das höhere Nährstoffangebot, eine deutlich höhere Zellzahl sowie mikrobielle Aktivität. Die mikrobielle Besiedlung verhielt sich zudem deutlich stabiler als in dem eingesetzten Referenzbad. Die hohe mikrobielle Aktivität führte sowohl im Tank der Werkzeugmaschine, als auch im nicht mit Spänen kontaminierten Referenzbad durch den Abbau von KSS-Komponenten und durch die Absenkung des pH-Wertes zu einer Verschlechterung der Kühlschmierstoff-Qualität, wobei der Verlust im Tank der Werkzeugmaschine deutlich beschleunigt auftrat. Aufgrund der Bestätigung der bestehenden Thesen, ist es daher notwendig, KSS-Systeme zukünftig so auszulegen, dass sich Verunreinigungen wie z.B. Metallspäne nicht in hohem Maße anreichern können. Filteranlagen sowie strömungstechnisch optimierte Werkzeugmaschinen-Tanks und -komponenten können hier Abhilfe schaffen. Davon würden nicht ausschließlich deren Hersteller profitieren, sondern insbesondere die KSS-Anwender zu denen viele KMU zählen. Der reduzierte Eintrag von Nährstoffen in Form von Verunreinigungen bzw. die vereinfachte Reinigung der Werkzeugmaschinen kann zu einer Verzögerung bzw. Reduzierung des mikrobiellen Befalls führen. Obwohl sich die Mikroorganismen nicht vollständig aus dem KSS-System entfernen lassen, resultiert daraus eine deutlich längere KSS-Standzeit. Somit werden von den erzielten Forschungsergebnissen die in Deutschland ansässigen Kühlschmierstoffanwender profitieren.

Durch die Notwendigkeit strömungstechnisch optimierter und leicht zu reinigender bzw. zugänglicher KSS-System-Komponenten und angepasster Filtersysteme, können sich für die Produkte der Werkzeugmaschinen- und Filteranlagenhersteller neue Anwendungsbereiche bzw. neue Absatzmärkte auch auf dem internationalen Markt ergeben.

Die Ziele des Forschungsvorhabens wurden insbesondere durch die enge Kooperation mit den Firmen des projektbegleitenden Ausschusses erreicht.

Danksagung

Das IGF-Vorhaben Nr. 17035 N der Arbeitsgemeinschaft Wärmebehandlung und Werkstofftechnik e. V. wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Es wurde vom Fachausschuss 23 (Ressourcenschonende Metallbearbeitung) der AWT betreut.

Kontakt:

Dr. Andreas Rabenstein
Stiftung Institut für Werkstofftechnik (Unterabteilung Mikrobiologie)
Paul-Feller-Str. 1
28199 Bremen
Tel. +49 421 53708 16
Fax 49 421
rabenstein@mpa-bremen.de