

Thomas Koch

# Mikrobiologie der Kühlschmierstoffe

Mit 21 Bildern und 3 Tabellen



expert  verlag®

Thomas Koch

Mikrobiologie  
der Kühlschmierstoffe



# Mikrobiologie der Kühlschmierstoffe

Dr. rer. nat. Thomas Koch

Mit 21 Bildern und 3 Tabellen

### **Bibliografische Information Der Deutschen Bibliothek**

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://www.dnb.de> abrufbar.

### **Bibliographic Information published by Die Deutsche Bibliothek**

Die Deutsche Bibliothek lists this publication in the Deutsche Nationalbibliografie; detailed bibliographic data are available on the internet at <http://www.dnb.de>

**ISBN 978-3-8169-3171-3**

Bei der Erstellung des Buches wurde mit großer Sorgfalt vorgegangen; trotzdem lassen sich Fehler nie vollständig ausschließen. Verlag und Autoren können für fehlerhafte Angaben und deren Folgen weder eine juristische Verantwortung noch irgendeine Haftung übernehmen. Für Verbesserungsvorschläge und Hinweise auf Fehler sind Verlag und Autoren dankbar.

© 2015 by expert verlag, Wankelstr. 13, D-71272 Renningen  
Tel.: +49 (0) 71 59-92 65-0, Fax: +49 (0) 71 59-92 65-20  
E-Mail: [expert@expertverlag.de](mailto:expert@expertverlag.de), Internet: [www.expertverlag.de](http://www.expertverlag.de)  
Alle Rechte vorbehalten  
Printed in Germany

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

## Vorwort

---

Kühlschmierstoffe (KSS) sind seit über einhundert Jahren ein wesentlicher Bestandteil in der industriellen Metallbearbeitung. Ihr Nutzen für den produktiven Zerspan- und Umformprozess ist unumstritten. Mit ihren primären Funktionen Kühlen, Schmier- und Spantransport leisten KSS einen wesentlichen Beitrag in der Fertigungspraxis, ihr Anteil an dem Bearbeitungsergebnis ist dem der Werkzeuge gleichzusetzen.

Die Leistungsmerkmale und -fähigkeit eines Kühlschmierstoffes im Einsatz werden nicht nur allein durch seine Funktionalität bestimmt, sondern sind auch von der Pflege und der Transparenz in der Überwachung abhängig. Insbesondere bei wassergemischten KSS ist aufgrund der mikrobiellen Besiedlung der KSS ein umfassendes Maßnahmenkonzept angezeigt. Technische und hygienische Probleme beim Gebrauch von wassergemischten Kühlschmierstoffen, die ihren Ausgangspunkt im Befall und Wachstum von Mikroorganismen haben, gilt es auch heute noch bei der Anwendung wassergemischter KSS zu verhindern. Hier ist eine interdisziplinäre Betrachtung aus technischer und mikrobiologischer Sicht notwendig, um Kühlschmierstoffe zielführend einsetzen zu können.

Das vorliegende Buch setzt diesen fachübergreifenden Ansatz praxisnah um. Neben der Auswertung von aktuellen und historischen Literaturquellen fließen veröffentlichte Erkenntnisse aus verschiedenen, vom Autor begleiteten, Forschungsvorhaben in das Buch ein und spiegeln den aktuellen Stand der Kenntnisse wider.

Mein Dank gilt allen Menschen, die mich bei der Erstellung des Buchs begleitet und unterstützt haben, ganz besonders meiner Frau Sabine Beyer und meinen Eltern, die mir diesen Weg ermöglicht haben. Für die redaktionelle Unterstützung danke ich Frau Katia Münstermann.



# Inhaltsverzeichnis

---

<b>Vorwort</b> .....	<b>1</b>
<b>1 Allgemeiner Überblick, Anforderungen an Kühlschmierstoffe, historische Entwicklung</b> .....	<b>5</b>
1.1 Anforderungen an Kühlschmierstoffe.....	5
1.2 Historie Fertigungstechnik.....	7
1.3 Historische Betrachtung des Kühlschmierstoff-Einsatz.....	9
<b>2 Einführung in die Mikrobiologie der wassergemischten Kühlschmierstoffe: Grundlagen zu Mikroorganismen</b> .....	<b>15</b>
2.1 Grundlagen der Mikrobiologie.....	15
2.2 Bakterien.....	16
2.2.1 Aufbau der Bakterienzelle.....	16
2.2.2 Fähigkeiten der Bakterien.....	19
2.3 Pilze.....	22
2.3.1 Aufbau der Pilzzelle.....	22
2.3.2 Fähigkeiten der Pilze.....	24
2.4 Mikrobielle Biofilme.....	25
2.4.1 Entstehung von Biofilmen.....	25
2.4.2 Mikrobielles Leben im Biofilm.....	28
<b>3 Mikrobielle Schädigung des Kühlschmierstoffs</b> .....	<b>31</b>
3.1 Einführung in die Mikrobiologie der wassergemischten Kühlschmierstoffe....	31
3.2 Mikrobieller Abbau von Kühlschmierstoff-Bestandteilen und der Einfluss auf die technische Qualität.....	34
3.2.1 Mikrobieller Abbau der Mineralöl- und Kohlenwasserstoff-Bestandteile.....	34
3.2.2 Mikrobieller Abbau von weiteren Kühlschmierstoff-Bestandteilen.....	37
3.3 Biofilme in Kühlschmierstoff-Anlagen.....	41
<b>4 Überwachungs- und Nachweisverfahren</b> .....	<b>46</b>
4.1 Einleitung.....	46
4.2 Vor-Ort-Methoden.....	47
4.2.1 Wahrnehmbare Veränderungen.....	47
4.2.2 pH-Wert-Messung.....	47
4.2.3 Kühlschmierstoff-Konzentration.....	48
4.2.4 Test des Korrosionsschutzes von wassermischbaren Kühlschmierstoffen....	48
4.2.3 Messung des Nitrat- / Nitrit-Gehalts.....	48

4.3	Monitoring mikrobieller Belastungen .....	49
4.3.1	ATP-Messung .....	49
4.3.2	Dip Slides .....	50
4.3.3	Bestimmung der Koloniebildenden Einheiten KBE .....	51
4.3.4	Bestimmung der Most Probable Number MPN .....	52
4.4	Molekularbiologische und chemisch-analytische Verfahren .....	52
<b>5</b>	<b>Mikrobiell induzierte Korrosion .....</b>	<b>55</b>
5.1	Einleitung .....	55
5.2	Mikrobiell induzierte Korrosion in Kühlschmierstoff-Anlagen .....	55
<b>6</b>	<b>Gegenmaßnahmen .....</b>	<b>61</b>
6.1	Einleitung .....	61
6.2	Pflegemaßnahmen, Systemreinigung .....	63
6.2.1	Ansatz der Gebrauchslösung, Pflegemaßnahmen .....	63
6.2.2	Anforderungen an die Auslegung der Kühlschmierstoff-Anlage, Beteiligung der Mitarbeiter .....	64
6.2.3	Systemreinigung .....	65
6.3	Physikalische Verfahren zur KSS-Entkeimung .....	66
6.3.1	Ultraviolette Bestrahlung .....	66
6.3.2	Ultraschall .....	66
6.3.3	Filtration .....	67
6.3.4	Druck .....	67
6.3.5	Hitze .....	67
6.3.6	Antimikrobielle Oberflächenbeschichtungen .....	68
6.4	Chemische Konservierungsmittel zur Keimreduktion in wassergemischten Kühlschmierstoffen .....	69
6.4.1	Einleitung .....	69
6.4.2	Anwendung von Bioziden .....	70
6.5	Zusammenfassung Gegenmaßnahmen .....	72
<b>Literatur .....</b>		<b>74</b>
<b>Glossar .....</b>		<b>86</b>

# 1 Allgemeiner Überblick, Anforderungen an Kühlschmierstoffe, historische Entwicklung

---

## 1.1 Anforderungen an Kühlschmierstoffe

In der Fertigungstechnik sind viele Umform- und Zerspanprozesse auf den Einsatz von Kühlschmierstoffen (KSS) angewiesen. Die Prozesse weisen in der Regel einen hohen Energieeinsatz und -umsatz auf, welcher in der Scher-, Trenn- und Reibungsarbeit in der Kontaktzone zwischen Werkstück und Werkzeug darstellt und sich durch die Entwicklung großer Wärmemengen auszeichnet. Kühlschmierstoffe übernehmen in diesen Prozessen die fundamentalen Aufgaben der Wärmeabfuhr, die Reduzierung der Reibung durch Schmierung sowie in spanenden Prozessen den Transport der Späne aus der Zerspanzone.

Kühlschmierstoffe werden nach DIN 51385 in drei Klassen eingeteilt: nichtwassermischbare, wassermischbare und wassergemischte Kühlschmierstoffe. Wassermischbare Kühlschmierstoffe bezeichnen ein KSS-Konzentrat, welches durch die Zugabe von Wasser in den Anwendungszustand wassergemischter KSS überführt wird. Wassermischbare KSS werden nach ihrem Lösungsverhalten weiterhin in zwei Gruppen unterteilt: Emulsionen und Lösungen. Emulgierbare KSS-Konzentrate enthalten in der Regel als Hauptbestandteil ein Grundöl (20-70%) auf mineralischer, synthetischer oder nativer Basis. Bei der Mischung mit Wasser bilden sie Emulsionen vom Typ Öl in Wasser (O/W). Das heißt die wasserabstoßende, hydrophobe Phase Öl ist die innere Phase und wird vom Wasser, der äußeren Phase umgeben. Die Entstehung und Stabilität der Emulsion wird durch den Zusatz von Tensiden und Lösungsvermittlern ermöglicht und aufrechterhalten. Wasserlösliche Kühlschmierstoffe dagegen sind reine Lösungen. Sie sind, wie bspw. viele Salze nahezu unendlich mit Wasser verdünnbar. Ein typischer wassergemischter Kühlschmierstoff setzt sich aus einem Grundöl, Emulgatoren und Lösungsvermittlern (z.B. Fettalkohole, Aminoalkohole), Korrosionsschutz- (Fettsäuren, Amine, Borate) und weiteren Additiven wie Extreme Pressure-Zusätzen, Entschäumern oder Bioziden zusammen. Nichtwassermischbare Kühlschmierstoffkonzentrate haben als Basissubstanz Mineralöle mit unterschiedlichem Raffinationsgrad, Hydrocracköle, Poly- $\alpha$ -olefine oder synthetische Ester welche ebenfalls mit Additiven zur Leistungsverbesserung versetzt sein können. Sie verfügen über eine bessere Schmierwirkung und schlechtere Kühlwirkung als wassergemischte Kühlschmierstoffe [1].

Die ersten Verwendungen von Hilfsstoffen zum Kühlen und Schmieren der Bearbeitungsprozesse lassen sich bis zum Beginn des Maschinenzeitalters datieren. Für die Erfüllung der Primärfunktionen Kühlen, Schmieren sowie Spänetransport waren einfache Seifenwässer, natürliche Fette und Öle auf pflanzlicher oder tierischer Basis ausreichend. Mit den steigenden Anforderungen hinsichtlich der Bearbeitungsleistung und -qualität durch schnellere Prozesse und verbesserte Werkzeuge mussten die KSS jedoch weitere Aufgaben übernehmen. Kühlschmierstoffe verfügen aktuell über eine Vielzahl von Sekundäranforderungen, welche durch die Zumischung von spezifisch wirkenden Additiven erreicht werden. Insbesondere sind zu nennen [2, 3]: