

Application Report

Schäumbarkeit und Schaumstabilität

Application Report: AR270d
Industry section: Cooling Lubricants
Author: FT, TJS
Date: 2012



Method:



Dynamic Foam Analyzer – DFA100

Keywords: foamability, foam stability, cooling lubricants, surfactants, anti-foamer

Untersuchung des Schäumungsverhaltens von Kühlschmierstoffen und der Wirkung von Schauminhibitoren (Antifoamern)

Beim Einsatz von Kühlschmierstoffen (KSS) wird Wert auf möglichst geringe Schaumbildung gelegt, da Schaum die Bearbeitung des Werkstücks, die Nachbereitung und schließlich das Recycling des KSS erschwert. Deshalb werden vor dem Einsatz des KSS oft Schauminhibitoren (Antifoamer) hinzugefügt – oder sind bereits Teil der KSS-Rezeptur.

Die Neigung zur Schaumbildung und die Wirksamkeit von Antifoamern kann im Labor anhand von Schaumhöhenmessungen überprüft werden. Unter reproduzierbaren Bedingungen können solche Messungen zur Verbesserung der KSS-Rezeptur oder zur Optimierung der Antifoamerdosierung beitragen.

Im Rahmen dieses Applikationsberichts wurden Proben dreier industriell eingesetzter KSS-Produkte mit dem Dynamic Foam Analyzer – DFA100 untersucht, wobei die entstehende Schaummenge im Langzeitversuch und bei zyklischem Aufschäumen betrachtet wurde.

Hintergrund

„Bohrmilch“ werden sie häufig genannt: Kühlschmierstoffe (KSS) sind bei der maschinellen Metall-, Glas- oder Keramikbearbeitung fast immer Teil im Einsatz. Der Schwerpunkt liegt entweder auf der Kühlwirkung oder auf der Schmierwirkung – je nach Material und Geschwindigkeit werden besser schmierende, ölfreiche oder besser kühlende, ölarme oder ölfreie wasserbasierende Gemische verwendet.

Bei den meisten Anwendungen muss Schaumbildung vermieden werden. Schaum verschlechtert die Kühlwirkung und das Abfließen vom Werkstück, erschwert das Filtrieren des KSS vor der zyklischen Rückführung und kann im Extremfall sogar zum Maschinenstillstand führen.



Abb. 1: Kühlschmiermittel im Einsatz: Schaum unerwünscht

Häufig werden im Prozess Schaumhemmer (Antifoamer) beigefügt; oft sind diese schon Teil der Rezeptur eines KSS. Wie weit der Schaumbildung entgegengesteuert werden muss, hängt von der Art und der Geschwindigkeit des Verarbeitungsprozesses ab, für den der KSS vorgesehen ist.

Die Wirkung eines Antifoamers oder die Schaumbildungsneigung eines KSS können im Vorfeld des Einsatzes oder bei der Entwicklung einer Rezeptur durch Schäumungsversuche mit dem Dynamic Foam Analyzer – DFA100 geprüft werden.

Experimenteller Teil

Untersuchte Proben

Untersucht wurden 5%ige Lösungen dreier industriell eingesetzter, zum Teil Antifoamer enthaltender Konzentrate, wobei es sich um zwei ölfreie KSS (Proben A und B) und um ein Reinigungsmittel (Probe C) handelte, welches für den Einsatz im Anschluss an die Werkstückbearbeitung eingesetzt wird.

Beim Reiniger ist Schaumarmut ebenfalls wichtig; für den Reinigungsvorgang selbst, aber auch, weil an der Schnittstelle zwischen den Teilprozessen Bearbeitung und Reinigung eine Restmenge des Reinigers in den recycelten KSS gelangt.

Probe A ist ein KSS ohne Antifoamer. Die Rezeptur von Probe C (Reiniger) enthält Antifoamer; Probe B ebenfalls, und zwar doppelt so viel wie Probe C. Vom Hersteller wird Probe B als besonders schaumarm ausgewiesen.

Probe	Produkt	enthält Antifoamer
A	KSS	nein
B	KSS, schaumarm	ja, doppelte Menge wie C
C	Reiniger	ja

Tabelle 1: Untersuchte Proben

Die Schäumbarkeit hängt meist vom Härtegrad des verwendeten Prozesswassers ab, wobei weiches Wasser zu stärkerer Schaumbildung neigt. Weil in manchen Prozessen voll entsalztes Wasser (VE-Wasser) verwendet wird, wurden die verdünnten Proben mit destilliertem Wasser angesetzt.

Aufbau und Messablauf

50 ml der jeweiligen Probe wurden im Probengefäß des DFA100 vorgelegt (Abb.2a).

Über den porösen Boden (G2; Porengröße 40 - 100 µm) des Probengefäßes wurde die Probe bei einem konstanten Volumenstrom ($Q = 0,7 \text{ L/min}$) mit Luft durchströmt (Abb. 2b).

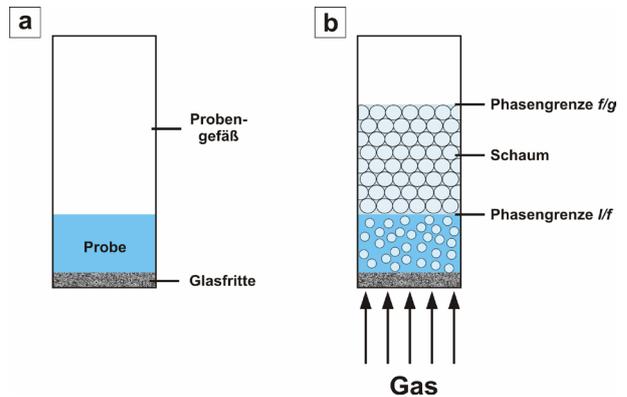


Abb. 2: Aufschäumen durch Luftstrom mit dem DFA100

Mit dem Gerät wird die Gesamthöhe h (Flüssigkeitshöhe h_l + Schaumhöhe h_f) während des Aufschäumens und, bei Bedarf, während des anschließenden Schaumzerfalls gemessen. Bei transparenten Flüssigkeiten kann die Höhe des Flüssigkeitsspiegels h_l separat erfasst werden, um Aussagen über den Feuchtigkeitsgehalt zu treffen. Letzterer war bei der vorliegenden Untersuchung nicht relevant; im Vordergrund stand die gebildete Menge an Schaum und nicht dessen Struktur.

Die Höhendetektion erfolgt *in situ* durch zeitabhängige Messung der Lichttransmission mit Hilfe einer Leuchtdiodenreihe und eines Zeilensensors, zwischen denen sich die Säule befindet (Abb. 3).

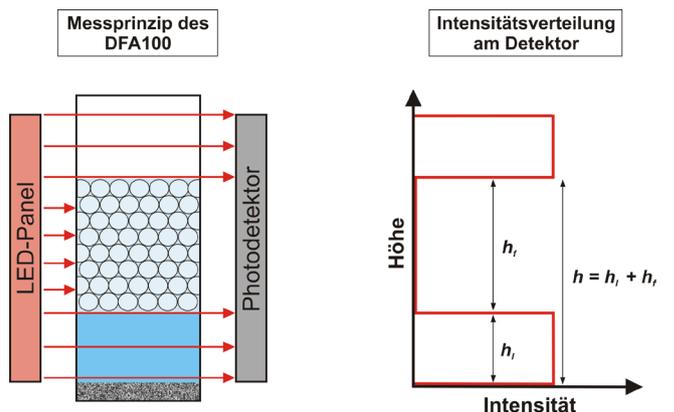


Abb. 3: Höhendetektion beim DFA100 bei transparenter Flüssigkeit

Bei der vorliegenden Untersuchung stand neben dem Vergleich zwischen den Proben das Langzeitverhalten im Fokus, da sich bei der zyklischen Prozessführung die Schaumbildung mit der Zeit häufig verändert.

Die Höhe des Schaums wurde jeweils bei permanentem Aufschäumen über einen Zeitraum von 100 min gemessen. Zudem wurden Schaumhöhenmessungen mit 30 Zyklen durchgeführt – beim DFA100 sind solche Wiederholungsmessungen ohne Neufüllung, vollautomatisch und unter exakt gleichen Bedingungen möglich. Die Aufschäumzeit betrug jeweils 12 s und die Messzeit 45 s mit einer anschließenden Wartezeit von 30 s. Bei allen Proben war die Schaumsäule nach dieser Zeit vollständig abgebaut.

Ergebnisse

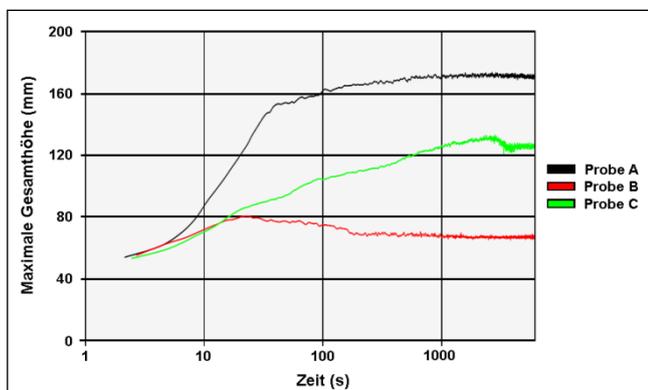


Abb. 4: Langzeit-Aufschäummessung an den drei Proben

Bei den Langzeitmessungen (Abb. 4) steigt die Gesamthöhe in den ersten 20 bis 30 Sekunden stark an. Danach stellt sich ein Gleichgewicht zwischen Schaumbildung und Schaumzerfall ein, welches am Wendepunkt der Kurven zu erkennen ist. Die frühe Stagnation der Gesamthöhe und die schnelle Einstellung des Gleichgewichts sind typisch für instabile Schäume. Für die moderat schäumenden Proben A und C lässt sich also konstatieren, dass der gebildete Schaum schnell wieder abgebaut wird. Für den Prozess bedeutet dies, dass Schaum womöglich bei der Werkstückbearbeitung auftritt, aber aller Voraussicht nach vor der zyklischen Rückführung der Flüssigkeit zerfallen ist.

Die Neigung zur Schaumbildung nimmt in der Reihenfolge A > C > B ab – Produkt C hält demnach die vom Hersteller angegebene geringe Schaumbildung ein. Zugleich bildet diese Reihenfolge den Antifoamergehalt (kein, wenig, viel Antifoamer; s. Tab. 1) ab.

Bei den Proben A und C verändert sich die Lage des Bildungs-Zerfalls-Gleichgewichts in der Langzeitbetrachtung: Die Tendenz zur Schaumbildung steigt deutlich an, bis zwischen 1000 und 2000 s ein stabiler Endwert erreicht wird. Anders verhält sich die KSS-Probe B: Die ohnehin geringe Neigung zur Schaumbildung lässt mit der Zeit weiter nach.

Ein ähnliches Bild bieten die zyklischen Aufschäummessungen (Abb. 5).

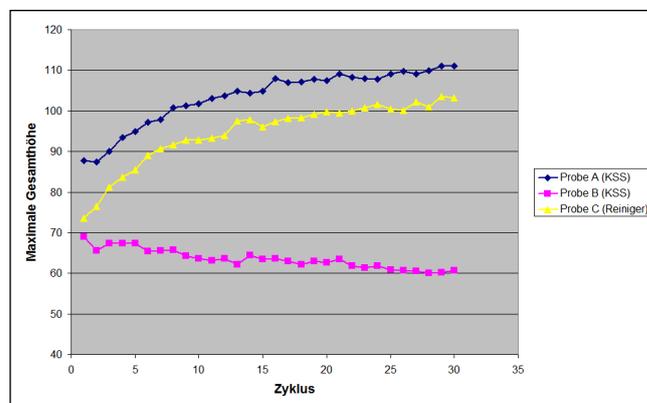


Abb. 5: Änderung der maximalen Gesamthöhe bei zyklischem Aufschäumen

Die Auftragung der gemessenen Maximalhöhe nach zwölfsekündigem Aufschäumen gegen die Anzahl Zyklen zeigt bei den Proben A und C wie schon beim Langzeitversuch eine Zunahme der Schaumhöhe. Wie die Langzeitkurven laufen auch die Kurven für die zyklischen Messungen in ein Plateau. Bei der schaumarmen Probe B ist auch im zyklischen Versuch eine Abnahme der Schäumbarkeit zu verzeichnen.

Die im Versuch bei zwei Proben festgestellte Zunahme der Schaumbildung mit der Zeit bzw. der zyklischen Wiederholung ist bei KSS und Reinigern oft auch im technischen Prozess zu beobachten. Über die Ursachen kann hier keine Aussage getroffen werden. Die Ergebnisse deuten aber nicht darauf hin, dass die Wirkung des Antifoamers nachlässt. Erstens verhalten sich die Proben A und C ähnlich, obwohl A keinen Antifoamer enthält. Zweitens bleibt die geringe Schäumbarkeit der Antifoamer enthaltenden Probe B erhalten.

Zusammenfassung

Aufschäumversuche an zwei industriell eingesetzten Kühlschmierstoffen (KSS) und einem Reiniger – zum Teil mit Antifoamern in der Rezeptur – brachten deutliche Unterschiede bei der Schaumentstehung zum Vorschein. Eine der KSS-Proben und der Reiniger zeigten eine moderate Bildung eines schnell zerfallenden Schaums. Bei einer zweiten, mit erhöhter Antifoamer Menge versehenen KSS-Probe war die Schaumbildung sehr gering ausgeprägt.

Im Langzeitversuch neigten die stärker schäumende KSS-Probe und der Reiniger zu einer zunehmenden Schaumbildung. Der hinsichtlich Schaumarmut optimale zweite KSS hingegen wurde im Langzeitversuch tendenziell noch besser.

Dasselbe Verhalten der drei Proben konnte anhand zyklischer Aufschäumversuche belegt werden.

Das Schäumungsverhalten der Proben im Versuch bildet gut deren Gehalt an Antifoamer ab. Insgesamt erwies sich die Höhenmessung bei Aufschäumen mittels Gasfluss als effektive Methode, um das Kurz- und Langzeit-Schäumungsverhalten von Kühlschmierstoffen zu untersuchen, die Wirkung von Antifoamern zu quantifizieren und Unterschiede zwischen den Proben herauszuarbeiten.

Die Autoren danken der Oemeta Chemische Werke GmbH für die Proben und die freundliche Mithilfe bei diesem Bericht.

Auf unserer Webseite finden Sie viele weitere interessante Applikationsberichte und Technical Notes unter

<https://www.kruss.de/de/service/schulung-theorie/literatur/applikationsberichte/>