

# Entschäumer zur besseren Kühlung

Da Mikroschaum die Kühlleistung herabsetzt, muss dem entgegengewirkt werden.

Dr. Kai Wirz (Evonik Nutrition & Care) erläuterte auf dem im Vorfeld des UNITI Mineralöltechnologie-Forums stattgefundenen „NYNAS Industrieschmierstoff-Forum“ in Stuttgart einen speziellen Test, der es ermöglicht, optimale Entschäumer für einen sparsamen, effizienten Einsatz wasserbasierter Kühlflüssigkeiten zu finden.

**S**chaumbildung ist nicht nur beim Befüllen von Fahrzeug- oder Lagertanks hinderlich, sondern beeinträchtigt auch die Wirkung von Kühlschmierstoffen. So hängt die Abkühlungsgeschwindigkeit einer wasserbasierten Kühlflüssigkeit stark von dem Tempo ab, mit dem die darin enthaltene Luft mitgerissen wird. Oder anders formuliert: Die Kühlleistung verhält sich proportional zur spezifischen Wärmekapazität und Wärmeleitfähigkeit einer Flüssigkeit. Und dies hängt in starkem Maße von der Menge an Mikroschaum ab, die sich in der Flüssigkeit befindet.

## So wirkt Schaum

Zunächst wird zwischen sogenanntem Oberflächenschaum – oder auch Makroschaum – und nicht auf den ersten Blick sichtbarem Mikroschaum unterschieden. Ersteren kennt jeder, der schon mal ein frisch gezapftes Bier getrunken hat oder das Problem hatte, dass der Grenzwertgeber beim Betanken zu zeitig anschlägt. Doch nicht nur die Neigung des Überschäumens, auch eine verstärkte Oxidations- und Zersetzungsrates durch die vergrößerte Grenzfläche zwischen Flüssigkeit und Luft sind nachteilige technische Effekte des Makroschaums mit einer Blasengröße von etwa 1.000 Mikrometer ( $\mu\text{m}$ ).

Wesentlich kleiner – etwa  $10 \mu\text{m}$  – sind die Blasen von Mikroschaum, die sich in der Flüssigkeit verteilen und entsprechend schwerer zu lösen sind. Das kann Fehlfunktionen in der Pumpe verursachen und wird beispielsweise

bei Hydraulik-Flüssigkeiten als kritisch bewertet.

Da der Schaum überdies eine geringere Wärmeleitfähigkeit hat als die eigentliche Kühlflüssigkeit und die Lebensdauer eines Werkzeuges bei entsprechenden Prozessen stark von der Bearbeitungstemperatur abhängt, ist eine möglichst umfassende Reduzierung des Mikroschaumanteils in der Flüssigkeit erstrebenswert.

Ein Vergleich zeigt, dass bei einer Flüssigkeitsdichte von rund einem Kilogramm pro Liter ( $\text{kg/l}$ ) die thermische Leitfähigkeit bei  $0,591 \text{ Watt pro Meter und Kelvin}$  liegt. Sinkt die Dichte auf  $0,7 \text{ kg/l}$ , verringert sich die thermische Leitfähigkeit auf etwa  $0,414 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ . Entsprechend nimmt die Kühlleistung des Mediums ab – von 100 auf 50 bis 70 Prozent. Dr. Wirz erläutert dazu: „Hier liegt ein exponentieller Zusammenhang vor: Die Kühlleistung hängt unter anderem von der Wärmeleitfähigkeit und der Wärmekapazität

des Mediums ab. Zur Abschätzung der Kühlleistung werden diese miteinander multipliziert. Nimmt die Dichte also beispielsweise auf  $0,7 \text{ kg/l}$  ab, so sinkt die Geschwindigkeit, mit der dasselbe Volumen (nicht die Masse!) der Flüssigkeit die Wärme abführen kann, auf 70 Prozent. Zudem kann die Flüssigkeit auch nur noch etwa 70 Prozent so viel Wärmemenge aufnehmen. Bei Multiplikation dieser Werte ergibt sich ein Wert von 0,49 für die relative Kühlleistung. Daher reduziert sich im Extremfall die Kühlleistung auf bis zu etwa 50 Prozent, mindestens aber um 30 Prozent, wenn das Medium sehr schnell fließt. Die Wärmekapazität spielt dann eine untergeordnete Rolle.“

## Dynamischer Test

Mittels Entschäumern kann der Mikroschaum aus der Kühlflüssigkeit entfernt werden. Dazu muss aber über Tests der passende Zusatzstoff gefunden werden, der sich am besten für die jeweilige Flüssigkeit und die Umgebungsbedingungen eignet.

Wie Dr. Wirz beschrieb, eignen sich die üblichen Tests für Öle (ASTM D 892, ISO 6247 oder ISO 9120) nur bedingt. Da diese herkömmlichen Methoden eher langsam und für unverdünnte Öle anwendbar sind, war es notwendig, eine neue Methode zu nutzen. Die Wahl fiel auf einen Zirkulationstest mit eingebauter Coriolis-Zelle, in der die durchströmende Flüssigkeit einer rotierenden Bewegung ausgesetzt wird. So war es möglich, die Dichte und die Fließgeschwindigkeit der Flüssigkeit über einen gewissen



Dr. Kai Wirz (Evonik Nutrition & Care) untersuchte gemeinsam mit seinen Kollegen die Wirkung von Entschäumern in Kühlflüssigkeiten.

Zeitraum sehr dynamisch zu messen (siehe Grafik 1).

Ein solcher dynamischer Mikroschaumtest besteht aus drei Schritten und beansprucht nur eine Laufzeit von 105 Minuten. Im ersten Schritt lässt man vollentsalztes, mikroschaumfreies Wasser mit einer Dichte von rund einem Kilogramm pro Liter bei 20 °C zirkulieren. Nach einer Minute wird als Schritt 2 ein Tensid zugegeben, mit dem die Oberflächenspannung der Flüssigkeit herabsetzt sowie die Bildung von Dispersionen ermöglicht wird und es wird Mikroschaum generiert.

Nach etwa 15 Minuten stellt sich bei einer Dichte von ca. 0,7 kg/l ein Gleichgewichtszustand ein und als Schritt 3 kann nun der Entschäumer zugegeben werden. Aus den am Sensor gemessenen Werten (Volumenfluss und Dichte) können der Massenfluss (kg/h) und die transportierte Gesamtmasse (kg) berechnet werden. Letztere ist der Wert, mit dem das Testergebnis in einer Zahl zusammengefasst werden kann. Anhand dieses Wertes lassen sich geeignete und unpassende Entschäumer schnell erkennen.

Bei den von Wirz genannten Tests ergaben sich deutliche Unterschiede. Lag die transportierte Gesamtmasse ohne Zusatz bei 53,4 kg, ergab bei-

spielsweise der eingesetzte Entschäumer 1 einen Wert von 68,5 kg, während Entschäumer 2 mit 49,7 kg sogar unter dem Vergleichswert lag.

In ähnlicher Weise zeigen sich dank der dynamischen Schaumbeobachtung im Vergleichstest die Stärken und Schwächen der jeweiligen Entschäumer in unterschiedlichen Systemen. Dazu wurden verschiedene Tenside (anionisches, nichtionisches und amphoterisches Tensid) eingesetzt. Für die unterschiedlichen Entschäumer ergaben sich teilweise erhebliche Veränderungen der transportierten Gesamtmasse gegenüber der unadditivierten Flüssigkeit von bis zu 59,7 Prozent.

Als Ergebnis konnte demonstriert werden, dass die Zugabe der richtigen Entschäumer den Durchfluss, die Dichte des Kühlmediums und demzufolge die Abkühlgeschwindigkeit stark verbessern kann (siehe Grafik 2) und dass die Testanordnung mit Coriolis-Zelle ein effizientes Prüfsystem ermöglicht.

## Effiziente Anwendungen

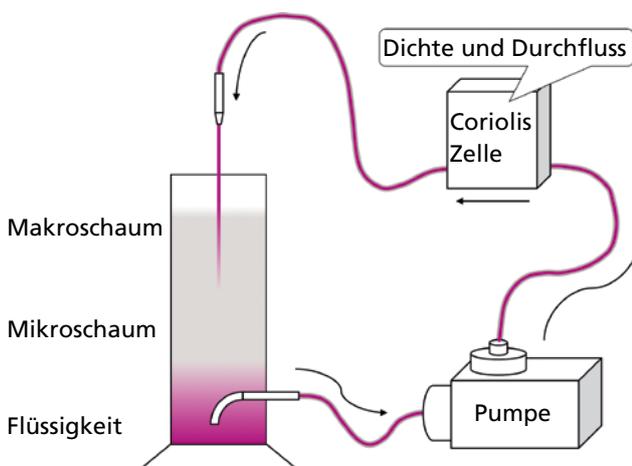
In der Praxis ergeben sich daraus deutliche Vorteile: Je besser es gelingt, die passenden Entschäumer für das jeweilige System zu finden, umso stärker kann der Massendurchfluss und

damit der Kühleffekt gegenüber einem System ohne oder mit nicht optimalem Entschäumer verbessert werden. Wie Wirz verdeutlichte, lässt sich durch Einsatz eines geeigneten Entschäumers der Massendurchfluss sogar exponentiell erhöhen: „Der Anstieg ist dabei höher als die reine Summe aus Dichte- und Durchflusszunahme.“

Ohne Entschäumer müsste die Pumpe die fehlende Wirkung des Entschäumers durch eine erhöhte Leistung ausgleichen, um mit größerer Durchflussmenge die gleiche Wirkung zu erreichen. Dies würde zu zusätzlichen Energie-, Material- und Wartungskosten führen. In einem beispielhaften Szenario mit einer 4-kW-Pumpe konnten durch die Verwendung eines Entschäumers pro Jahr 380 Euro an Stromkosten gespart und die CO<sub>2</sub>-Emissionen um 1,2 Tonnen gesenkt werden.

Mit dem von Dr. Wirz beschriebenen Testverfahren ist es problemlos möglich, die dynamische Schaumüberwachung an diverse Bedingungen anzupassen. Der Zirkulationstest mit eingebauter Coriolis-Zelle erlaubt für die Praxis eine schnelle und sichere Entscheidung, welcher Entschäumer für die jeweiligen Einsatzbedingungen am besten geeignet ist. Systeme können auf diese Weise energie- und kosteneffizient optimiert werden. ◀ HHManz

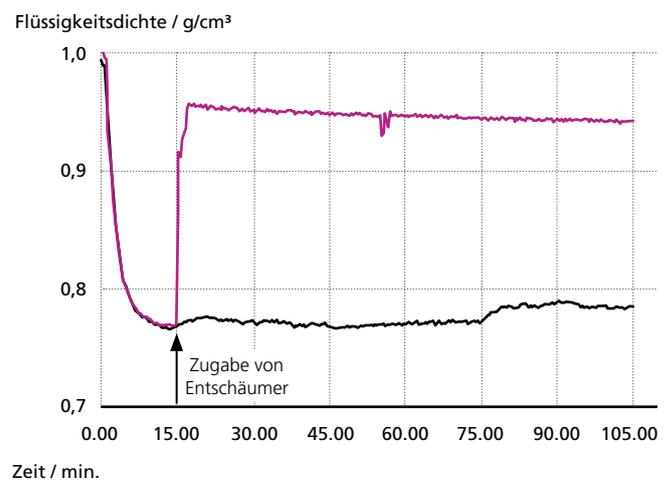
Grafik 1



Schematischer Aufbau des Zirkulationstests mit einer Coriolis-Zelle zur Bestimmung der Flüssigkeitsdichte

Quelle: Evonik

Grafik 2



■ Blindwert ohne Entschäumer ■ Mit Entschäumer

Korrelation von Flüssigkeitsdichte und verstrichener Zeit nach Beginn des Kreislauftests mit einer nicht-ionischen Tensidmischung