

17.08.2010, 13:10

# Korrelation zwischen Labortests und Praxis bei der Untersuchung von Metallbearbeitungsölen

Im Rahmen einer Produktentwicklung werden unterschiedlich additivierte nicht-wassermischbare Kühlschmierstoffe labortechnisch und praktisch (bei Verschleiß-Messungen) untersucht. Von den Laboruntersuchungen war nicht nur eine Abschätzung der Schmierstoff-Eigenschaften (unter bestimmten Bedingungen) erwartet worden, sondern auch eine gewisse Korrelation zur Praxis, die zukünftig eine genauere Anpassung der möglichen Rezepturen bereits in der Anfangsphase der Entwicklung ermöglicht.

Bei den Untersuchungen werden Schneidöle mit aktiven, inaktiven und mittelaktiven Schwefeln in unterschiedlichen Konzentrationen eingesetzt. Der mittelaktive Schwefel ist so gewählt worden, dass er den Aktivitätsbereich der aktiven und der inaktiven Schwefel überdeckt (Kombination aus unterschiedlich aktiven Schwefeln). Die restlichen Komponenten (Basisöl, Phosphorträger, etc.) bleiben in Art und Konzentration unverändert; denn wenn in einem Schneidöl die AW-Komponente an Ihren Grenzen stößt, ist die Minimierung des Werkzeugverschleißes nur über die Optimierung auf der EP-Seite möglich. Diese Optimierung erfolgt dann mit der Wahl des richtigen Schwefel-Trägers, der im idealen Fall ein „Selbstpolieren“ des Werkzeuges ermöglicht.

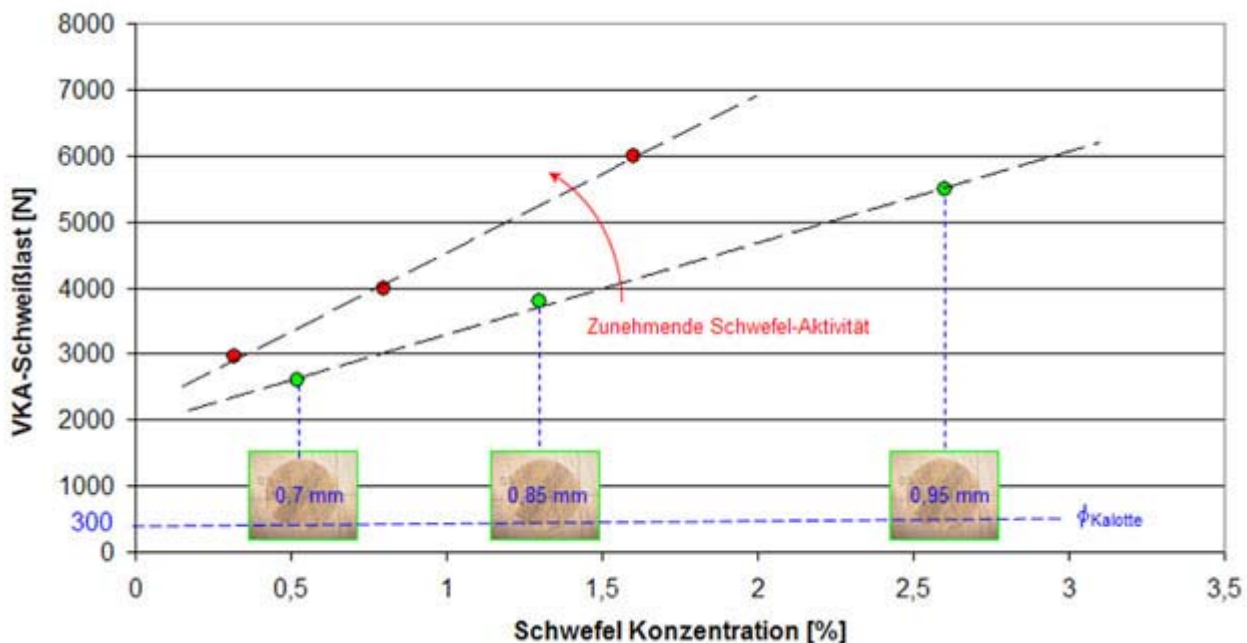


Abb. 1: Gegenüberstellung der Schweißkräfte im VKA-Test

## EP- und AW-Untersuchungen am Vier-Kugel-Apparat:

Bei der Prüfung eines Schmierstoffes in einem Vier-Kugel-Apparat nach DIN 51350-2 werden die charakteristischen Eigenschaften unter einer hohen Pressung im Mischreibungsbereich untersucht. Das Verhalten eines Schneidöles im Mischreibungsbereich ist von großer Bedeutung, deshalb stellt dieser Test ein wichtiger Bestandteil der Labor-Untersuchungen dar. Dies ermöglicht in erster Linie einen direkten Vergleich der verschiedenen Additiverungen, der - aufgrund der unterschiedlichen Werkstoff-Paarungen in der Anwendung - ein anderes Ergebnis liefern kann. Fakt ist aber, dass sehr schlechte VKA-Werte auf eine schlechte Filmtrennung in der Schmierung hindeuten und kein gutes Ergebnis im Praxis-Fall liefern können.

Wie Abbildung 1 zu entnehmen, bestätigt sich der Einfluss des Schwefels auf die Schweißlast im VKA-Test: Bei steigender Konzentration (Erhöhung des EP-Gehaltes) erhöht sich die Schweißkraft deutlich. Auch bei zunehmender Aktivität des Schwefels (Prüfung nach ASTM D-1662) im Prüföl steigen die VKA-Schweißkräfte deutlich an. Dieser Anstieg soll jedoch nicht als Anzeichen für bessere EP-Eigenschaften interpretiert werden. AW-Tests bei 300 Newton bestätigen, dass bei höherer Aktivität des Schwefels der Werkstoff an der Oberfläche der Kugel weicher wird. Denn Je aktiver und je höher die Schwefel-Konzentration ist desto größer werden die Kalottendurchmesser im VKA-Verschleiß- Test.

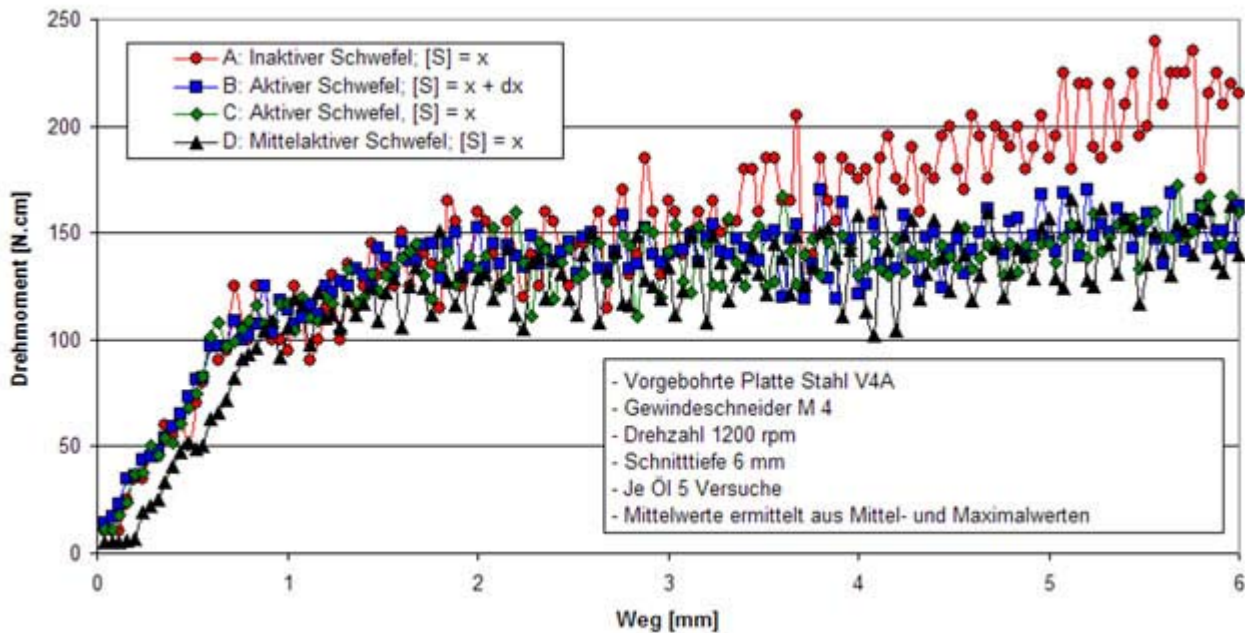


Abb. 2: Drehmomente beim Gewindeschneiden mit unterschiedlich geschwefelten Schneidölen  
 Deshalb soll auch bei der Interpretation von VKA-Ergebnissen berücksichtigt werden, dass die größeren Kalottendurchmesser (größere Kontaktfläche) die Schweißkraft positiv beeinflussen. Dieses Phänomen wird bei der folgenden praxisnäheren Untersuchung genauer erläutert.

**Der MicroTap-Test**

Der Tapping-Torque-Test bietet eine gute praxisnahe Unterstützung in der Entwicklungsphase von Kühlschmierstoffen. Er ermöglicht eine direkte Beurteilung der Schmierleistung von Kühlschmierstoffen unter festgelegten Bedingungen. Der Test basiert auf der Messung von Reibmomenten beim Gewindeschneiden in einer vorgebohrten Platte (aus V4A-Stahl), die Messdaten werden per Computer aufgezeichnet und anschließend ausgewertet: Mittelwerte werden aus den einzelnen Mittelwerten und aus den einzelnen Max-Werten berechnet. Die Berücksichtigung der Maximalwerte ist ein Maß für die Kontinuität der Schmierung (Filmriss).

Wie bei den VKA-Untersuchungen wird die Schwefel-Konzentration ebenfalls variiert. Die dabei ermittelten Drehmomente sind in Abbildung 2 dargestellt.

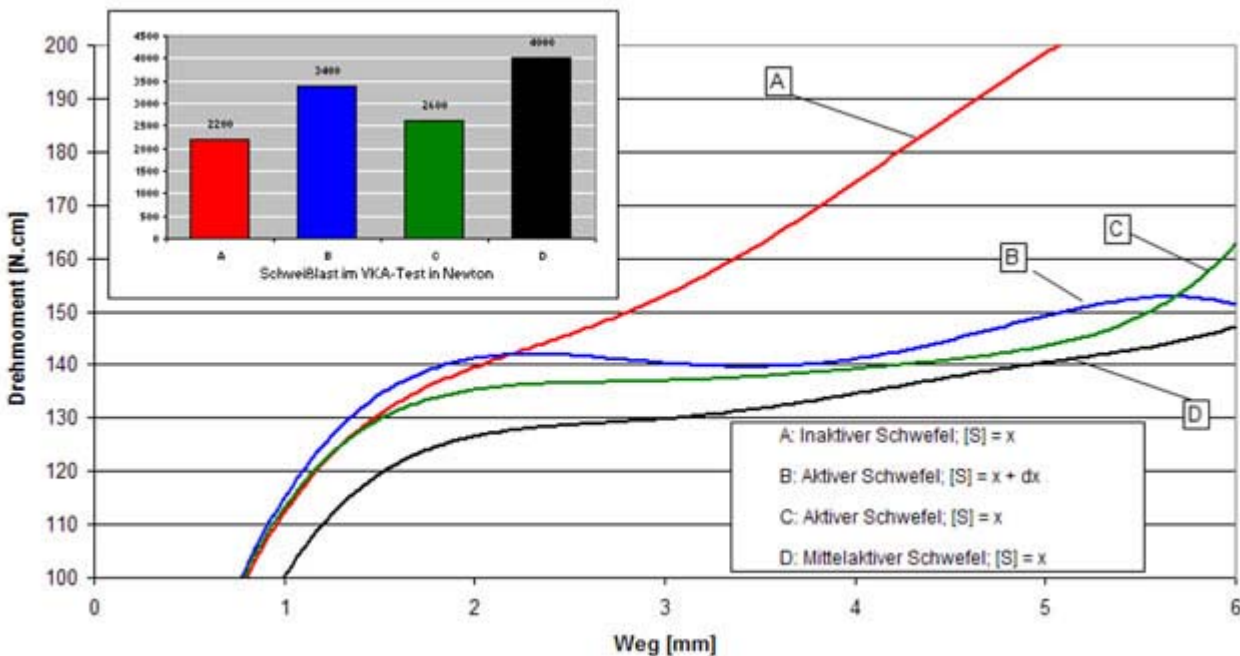


Abb. 3: Trendlinien aus den Reibmomentenverläufen

Um eine übersichtliche Darstellung zu erhalten werden aus den einzelnen Verläufen Trendlinien erstellt. Eine Begrenzung auf den aussagefähigen Reibmomentenbereich zwischen 100 und 200 Ncm ermöglicht eine klare Unterscheidung der einzelnen Verläufe (Abbildung 3).

Die Ergebnisse aus den VKA-Untersuchungen lassen sich bei diesem Versuch zum großen Teil bestätigen (siehe kleines Bild in Abbildung 3). Während die Aktivität des Schwefels einen großen Einfluss auf die Reibmomente aufweist (nicht stark ausgeprägt im VKA-Test), bringt die höhere Schwefel-Konzentration keinen Vorteil mit sich, d.h. es gibt zwei unterschiedlich optimale Schwefel-Konzentrationen für jeden Test. Dies kann auf die höheren Temperaturen (schlechtere

Wärme-Übertragung) bei den Micro-Tap-Versuch zurückgeführt werden, die den Schwefel aktiver wirken lässt: Weniger Schwefel -> mehr Reibung -> mehr Wärme -> mehr Schwefel-Aktivität. Dennoch hat es sich bestätigt, dass sehr schlechte VKA-Werte auf eine schlechte Filmtrennung in der Schmierung hindeuten und ebenfalls kein gutes Ergebnis bei dieser Untersuchung erwarten lassen können (siehe Verlauf und VKA-Wert von Schneidöl A in Abbildung 3).

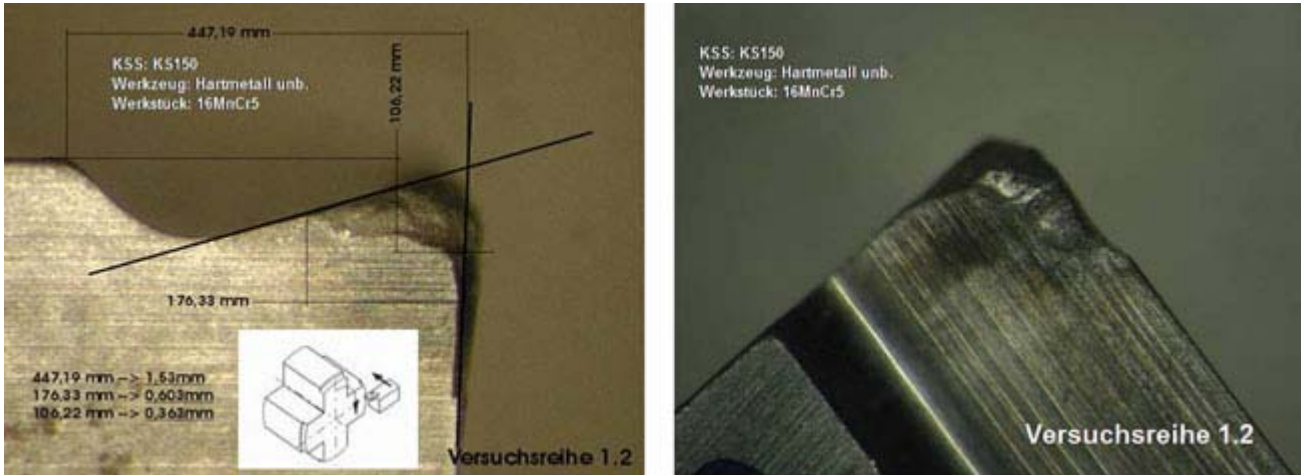


Abb. 4: Schneidplatte nach Drehversuch mit deutlichem Verschleiß

Die temperaturabhängige Schwefel-Aktivität wird in Abbildung 2 deutlich veranschaulicht: Bis zu einer Tiefe von 2,5 mm ist der Kontakt zwischen Werkstück und Werkzeug noch nicht zu groß, um große Reibungen und somit hohe Temperaturen zu erzeugen; deshalb sehen die Reibmomentenverläufe A, B, und C in diesem Bereich ähnlich aus. Ab einer Tiefe von 2,5 mm steigt die Temperatur an und während der aktiven Schwefel (Verläufe B und C) die Reibleistung deutlich mindert steigen die Reibwerte beim in aktiven Schwefel (Verlauf A) deutlich an.

Der mittelaktive Schwefel mit dem breiten Aktivitätsbereich (Verlauf D) weist auf der gesamten Schneidstrecke die niedrigsten Reibwerte auf. Dass sich der mittelaktive Schwefel selbst im Niedrig-Temperatur-Bereich (Schneidtiefe zwischen 0 und 1 mm in Abbildung 2) vom inaktiven Schwefel unterscheidet ist ein Zeichen dafür, dass es in diesem Bereich ein Optimum an Aktivität gibt, das von diesem Produkt bei dieser Temperatur getroffen wird.

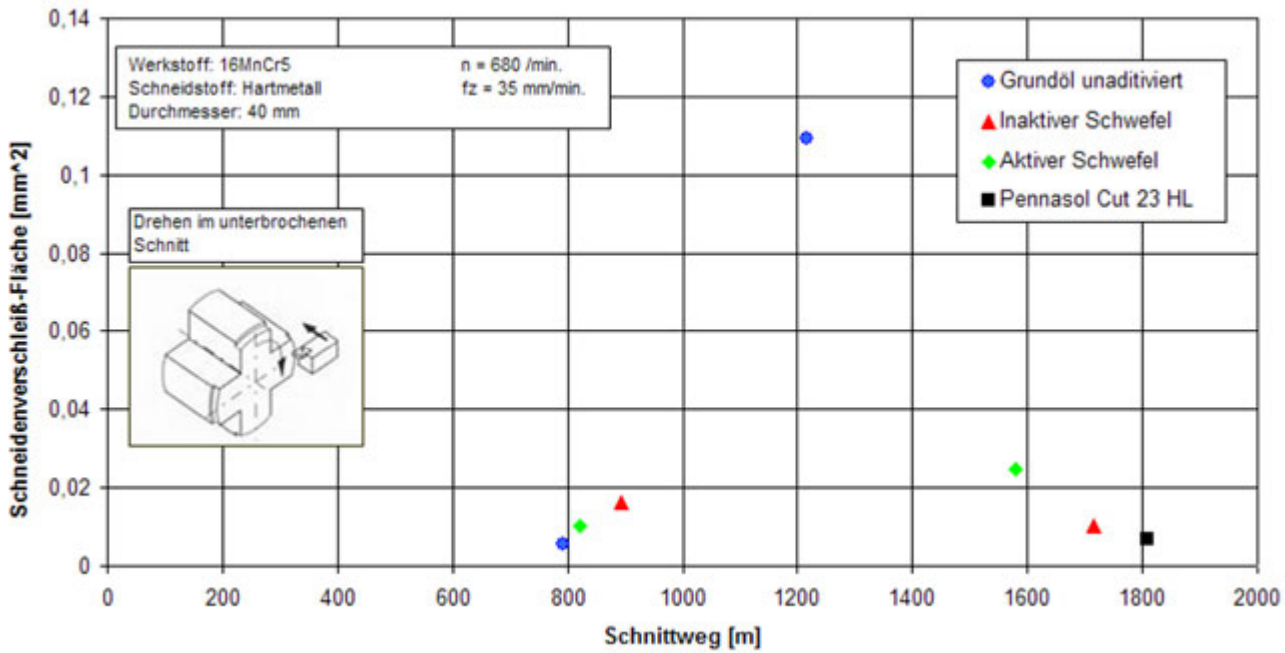


Abb. 5: Verschleiß in der Hartmetall-Schneide

**Praxistest mit dem beschleunigten Werkzeugverschleiß**

Bei einem Drehversuch im unterbrochenen Schnitt wird das Werkzeug stärker belastet und somit eine Beschleunigung des Verschleiß-Mechanismus simuliert. Dabei wird der Schneidverschleiß einer unbeschichteten Hartmetall-Schneidplatte – nach Längsdrehung einer genuteten Welle (aus 16MnCr5) mikroskopisch untersucht und einen „geometrischen“ Verschleißwert zugeordnet. Dieser Wert wird aus den geometrischen Änderungen im Schneidbereich (Abbildung 4) in der Span- und in der Freifläche berechnet und soll einen quantitativen Praxis-Vergleich der unterschiedlich additivierten Schneidöle ermöglichen. Die Werte des unadditivierten Basisöles zeigen, dass die Werkzeuge ohne die Präsenz der erforderlichen EP- und AW-Zusätze nur bis zu einem Schnittweg von etwa 800 m standhalten. Danach nimmt der Werkzeug-Verschleiß stark zu; nach 1200 m Schnittweg erhöht sich der Verschleiß- Wert um das 10-Fache.

Während die Aktivität des Schwefels die Ergebnis se im VKA- und im Micro-Tap-Versuch positiv beeinflusste (A und C in Abbildung 3), erhöht sie den hier ermittelten Werkzeugverschleiß. Das zeigt, dass der Schwefel nicht nur die Oberfläche am Werkstück, sondern auch die Schneidplatte angreift und deren Verschleiß erhöht. Es ist deutlich zu sehen, dass eine hohe



Dr. Ing. Hatem Baly, Leiter  
Produktentwicklung, Mineralöl-Raffinerie  
Dollbergen GmbH

Aktivität im Schwefel den  
Werkzeug-Verschleiß  
stärker beschleunigt als  
eine hohe Temperatur  
(Inaktiver Schwefel). Der  
mittelaktive Schwefel (im  
hier genannten Pennasol  
Cut 23 HL) bietet – wie in  
den vorigen Tests  
bestätigt – den besten  
Werkzeug-Schutz. Der  
leichte Verschleiß-Abfall  
nach langem Schnittweg  
bei dem inaktiven  
Schwefel ist der Streuung  
im Verschleiß-Prozess  
zuzuordnen.

**Fazit:** Die  
Untersuchungen am  
Vier-Kugel-Apparat und  
am Micro-Tap-Gerät sind  
gute Hilfsmittel bei der  
Entwicklung von Metallbearbeitungsölen. Und selbst wenn diese mehr auf



Dr. Detlev Bruhnke (links), Geschäftsführer,  
Mineralöl-Raffinerie Dollbergen GmbH

das Verhalten des Lasttragevermögens gerichtet sind; richtig interpretiert- korrelieren deren Ergebnisse mit den des Verschleißversuchs. Mit der richtigen Interpretation ist die Berücksichtigung der variablen Kontaktfläche im EP-Test des Vier-Kugel-Apparates gemeint.

[«zurück](#)