

Verfahrensnaher Prüfung von Gesenkschmierstoffen

Die Schmierung der Gesenke ist ein essenzieller Bestandteil von Gesenkschmiedeprozessen zur Warmumformung metallischer Werkstoffe. Zielsetzungen sind dabei die Ausbildung einer stabilen, homogenen Schicht auf den heißen Gesenkoberflächen sowie die Gewährleistung einer ausreichend guten Trenn- und Schmierwirkung. Verfahrenrelevante Testmethoden wie ein Benetzungstest und ein Einpresstest können maßgeblich zur Beurteilung entsprechender Produkteigenschaften im Prüflabor der Hersteller beitragen.

AUTOREN



Dr.-Ing. Helge Hartwig

ist Vertriebsingenieur
bei der FUCHS LUBRITECH GmbH
in Kaiserslautern



Dr. rer. nat. Thomas Miekisch

ist Business Development Manager
im Segment Forging für die Region EMEA
bei der FUCHS LUBRITECH GmbH
in Kaiserslautern



Jens Christoffel

ist Senior Specialist Hot Forming
bei der FUCHS LUBRITECH GmbH
in Kaiserslautern



Oliver Zamponi, B. Sc.

ist Entwickler für Umformschmierstoffe
bei der FUCHS LUBRITECH GmbH
in Kaiserslautern



Sina Di Martino-Fumo

ist Entwicklerin für Umformschmierstoffe
bei der FUCHS LUBRITECH GmbH in
Kaiserslautern

Bei der Schmierung von Gesenken müssen die polaren metallischen Oberflächen von Werkzeug und Werkstück bei Gleitbewegungen unter hohen mechanischen Spannungen getrennt werden, um vorrangig adhäsiven Verschleiß in Form von Metallauftrag auf das Schmiedegesenk zu verhindern. Ein niedriger Reibwert reduziert hierbei die Kontaktschubspannungen, begünstigt das Fließen des Metalls in die Gravur und reduziert die Abrasion zerrütteter Gesenkoberflächen.

Trotz großer Formenvielfalt der Schmiedeteile und Anwendung auf Maschinen mit unterschiedlicher Kinematik wie Hämmern, mechanischen und hydraulischen Pressen sind alle Schmiedevorgänge gekennzeichnet durch „schwere“ Gleitreibung und Erwärmung der Gesenke. Besonders ausgeprägt ist der Wärmeintrag in die Gesenke bei langen Druckberührzeiten beim Schmieden tiefer Konturen beziehungsweise bei langsamen Stoßelgeschwindigkeiten der Pressen sowie bei sehr kurzen Taktzeiten in der Massenfertigung, wenn die Sprüh- und somit Kühlzeiten nur im Zehntelsekundenbereich liegen.

Grundvoraussetzung für die Wirksamkeit eines Gesenkschmierstoffs ist die Ausbildung einer homogenen, fest haftenden Schicht. Bei den hauptsächlich angewendeten Gesenkschmierstoffen auf Wasserbasis setzt das Leidenfrost-Phänomen bezüglich der Benetzungstemperatur Grenzen nach oben. Moderne Schmiedetechnologien verlangen aber die Benetzung der Gesenke bei höheren Oberflächentemperaturen. Ziel ist hierbei einerseits die Verkürzung von Sprüh- und Taktzeit, andererseits die Vermeidung von Gefügeunterschieden zwischen Kern und Oberflächenschicht, insbesondere beim Schmieden

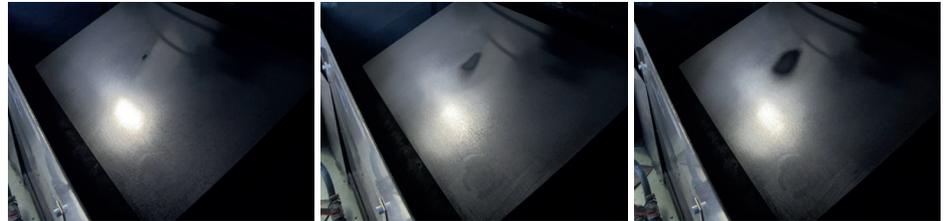
von Nichteisenmetallen wie Aluminium-Legierungen. Durch den Auftrag des Gesenkschmierstoffs mit effektiver Sprühtechnik können die Kühlleistung erhöht, der Leidenfrost-Punkt beeinflusst und damit die notwendige Sprühzeit verkürzt werden, da die Benetzungstemperatur schneller erreicht wird [1]. Aber auch durch gezielte Schmierstoffformulierungen und -herstellung lässt sich die Benetzungstemperatur erhöhen.

Von Bedeutung sind sichere Trennung und gute Schmierung nicht nur für den Formfüllungsvorgang, sondern auch für das Lösen der geschmiedeten Teile aus den Gesenkgravuren und somit für einen stabilen Prozessablauf. Dies soll das Anhaften geschmiedeter Teile im Obergesenk verhindern und zugleich können die Auswerferkräfte reduziert werden. Das primäre Verschleißphänomen bei Gleitreibung unter hohen Normalspannungen/Flächenpressungen ist die Adhäsion, die sich im Metallauftrag vom „weicheren“ Werkstück auf das „härtere“ Werkzeug zeigt [2].

Beim Gesenkschmieden bilden sich im Kontaktbereich sehr hohe Druck- und Schubspannungen aus, in deren Folge sich die kontaktierenden polaren Oberflächen sehr eng anschmiegen. Obwohl beim Schmieden die Stoßelgeschwindigkeiten relativ hoch und die Berührzeiten entsprechend kurz sind, treten an den Gesenken doch auch sehr kleine Relativgeschwindigkeiten auf, zum Beispiel am unteren Stoßelstotpunkt am Ende des Schmiedevorgangs, in der Umgebung sich ausbildender Fließscheiden am Werkstück und an vorzeitig komplett ausgefüllten Gravurbereichen. Niedrige Relativgeschwindigkeiten befördern adhäsiven Verschleiß. Werkstückwerkstoffe wie nichtrostende



Bild 1: Sprühstand für den Benetzungstest



Schmierstoff 1

Schmierstoff 2

Schmierstoff 3

Bild 2: Benetzungsflecke von drei Schmierstoffen bei Platten temperatur von 400 °C

Stähle und Aluminium-Legierungen neigen besonders zu metallischen Bindungen. Da die Prozessbedingungen bei jedem Schmiedevorgang speziell sind, entscheidet letztlich nur ein Serientest beim Anwender über die Eignung und nutzbringende Anwendung eines Gesenkschmierstoffs. Praxisversuche beim Kunden sind für diesen in der Regel aber mit großem Aufwand verbunden.

Als Anbieter von Gesenkschmierstoffen verfügt die FUCHS LUBRITECH GmbH (FLT) über schmiedeverfahrensrelevante Labortests. Damit kann das Unternehmen wesentliche Schritte einer zielgerichteten Produktentwicklung im eigenen Haus unterstützen und potenziellen Anwendern im Ergebnis ein anwendungsoptimiertes Produkt empfehlen. Zwei wesentliche Tests sind ein Benetzungstest/Sprühtest zur qualitativen Bewertung von Benetzungstemperaturen sowie ein Einpresstest zur Beurteilung von antiadhäsiven Eigenschaften (Trenn- und Schmierwirkung) von Schmierstoffschichten.

Ein besonderer Schwerpunkt der Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten richtet sich bei den Gesenkschmierstoffen der Marke LUBRODAL aktuell auf das Schmieden von Aluminium-Legierungen. Ein neu entwickelter Schmierstoff (im Folgenden als Schmierstoff 3 bezeichnet) wurde in beiden Tests drei Produkten gegenübergestellt, die bereits in der Schmiedep Praxis etabliert sind. Alle vier Schmierstoffe sind wassermischbar und enthalten eine Ölkomponente. Die Schmierstoffe 1 bis 3 enthalten Grafit, Schmierstoff 4 ist grafitfrei.

- Schmierstoff 1 wird sehr verbreitet bei Klein- und Mittelserien eingesetzt; er kann dabei sehr stark verdünnt werden,
- Schmierstoff 2 findet in der Großserienfertigung Anwendung und hat eine höhere Benetzungstemperatur,
- Schmierstoff 3 ist eine Neuentwicklung für höchste Benetzungstemperaturen,
- Schmierstoff 4 findet für einfachere Umformvorgänge sowie in der Vorformgebung Anwendung.

Bild 1 zeigt den Aufbau des Benetzungstests bei FLT. Unter konstanten Sprühbedingungen (Sprühdüse, Sprühdruk und -zeit, Abstand und Auftreffwinkel) werden unterschiedlich stark aufgeheizte Stahlplatten mit einem Schmierstoff-Luft-Gemisch bestrahlt. Ein qualitatives Beurteilungskriterium für die Höhe der maximalen Benetzungstemperatur ist die offensicht-

liche Verkleinerung des benetzten Flecks bei einem höheren Temperaturniveau. In Bild 2 ist das vergleichende Ergebnis der drei grafitartigen Schmierstoffe bei einer Platten temperatur von 400 °C zu sehen. Auch aus dieser Gegenüberstellung ist ersichtlich, dass die Benetzungstemperatur von Schmierstoff 1 am niedrigsten und von Schmierstoff 3 am höchsten ist. Die Benetzungsflecke des grafitfreien Schmierstoffs 4 sind schlecht sichtbar; es wird ein Ergebnis wie bei Schmierstoff 1 erreicht.

Das Prinzip eines für die Massivumformung modifizierten Einpresstests (Bild 3) wurde bereits mehrfach beschrieben [3]. Ein zylindrischer Bolzen aus Werkzeugwerkstoff wird mit einem definierten Übermaß in eine Hülse aus Werkstückwerkstoff eingepresst. Zur Beurteilung des Testergebnisses werden mögliche Verschleißmarken an den Probekörpern herangezogen. Der Verlauf der Einpresskraft lässt ebenfalls Rückschlüsse auf das Vorliegen adhäsiven Verschleißes zu. Unter Verwendung des Maximalwerts der Kraftkurve nach dem vollständigen Einpressen kann die Schmierwirkung der Stoffe

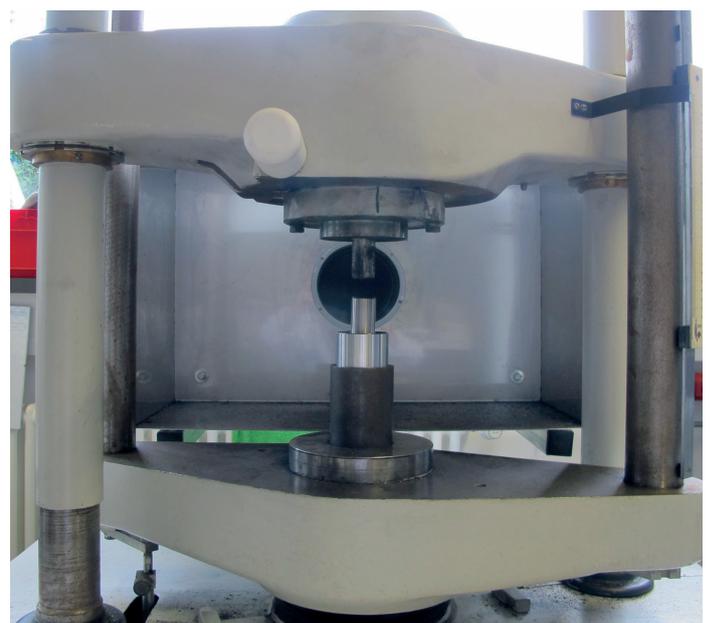


Bild 3: Aufbau des Einpresstests bei der FUCHS LUBRITECH GmbH



Schmierstoff 1 Schmierstoff 2 Schmierstoff 3 Schmierstoff 4

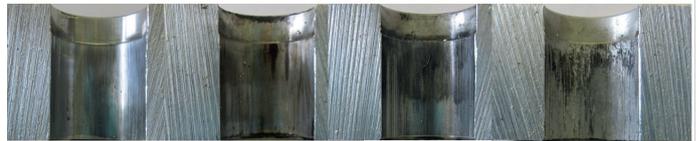
Bild 4: Verschleißmarken an den Einpressbolzen

verglichen werden. Die verfahrensrelevante Gestaltung des Tests für die Bedingungen der Halbwarmumformung von Stahl wurde in [4] beschrieben. Hier wurden die Kontaktbedingungen, die örtlichen und zeitlichen Verläufe von Kontaktspannung und Kontakttemperatur, während der Testdurchführung berechnet und mit der Schmiedepaxis verglichen.

Für die Beurteilung von Schmierstoffen für das Gesenkschmieden von Aluminiumlegierungen können die Kontaktbedingungen durch den Test recht einfach und genau abgebildet werden. Die Hülsen werden auf 520 °C erwärmt, die mit Schmierstoff vorbeschichteten Bolzen auf 200 °C bis 300 °C. Bild 4 zeigt die Bolzen nach dem Pressvorgang. Es ist ersichtlich, dass bei allen drei grafithaltigen Schmierstoffen keine wesentlichen Verschleißmarken entstehen, während der Bolzen mit dem grafitfreien Schmierstoff deutlichen Metallauftrag zeigt. Das unterschiedliche Verschleißverhalten wird auch aus der Betrachtung der Hülsenbohrung deutlich (Bild 5).

Bild 6 stellt die Verläufe der Einpresskraft gegenüber. Bei den grafithaltigen Schmierstoffen 1 bis 3 fällt die Kurve nach dem vollständigen Einpressen gleichmäßig ab, wohingegen die Kurve beim grafitfreien Schmierstoff 4 in Folge des metallischen Kontakts und adhäsiven Verschleißes einen weiteren Anstieg zeigt.

Die Ergebnisse der beiden Tests geben die aus der Schmiedepaxis bekannten Eigenschaften der Schmierstoffe wieder. Der neu entwickelte Gesenkschmierstoff 3 erfüllt die Erwartungen bezüglich einer sehr hohen Benetzungstemperatur und weist ähnlich gute Trenn- und Schmiereigenschaften auf. Eine erste Praxisanwendung wurde bereits bei einem sogenannten



Schmierstoff 1 Schmierstoff 2 Schmierstoff 3 Schmierstoff 4

Bild 5: Verschleißmarken an den Einpresshülsen

isothermen Schmiedevorgang realisiert, bei dem Schmiedeteil und Gesenk eine annähernd gleiche Temperatur von 500 °C haben.

Mit den beiden beschriebenen praxisnahen Modelltests stehen somit effiziente Hilfsmittel zur Unterstützung einer zielgerichteten, verfahrensnahen Entwicklung neuer Gesenkschmierstoffe für die Schmiedepaxis zur Verfügung.

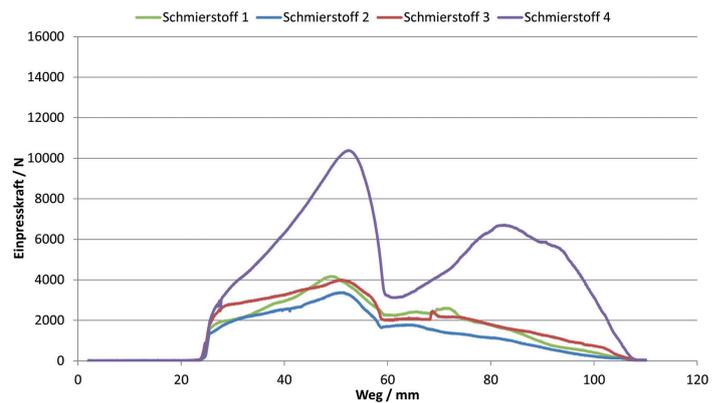


Bild 6: Einpresskraftkurven Bilder: Autoren



[1] Tenzer, F; Roisman, I; Tropea, C; Hussong, J.: Sprühkühlung: Effizienz durch neue Vorhersagemodelle. massivUMFORMUNG September 2020, S. 44 – 48

[2] Hartwig, H.: Verschleiß an Werkzeugen der Massivumformung. Studie FWF 2606, Forschungsvereinigung Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik e. V., November 2004

[3] Hartwig, H; Junghans, R; Neukirchner, J.: Modifizierter Einpresstest zur Schmierstoffprüfung für die Massivumformung. Tribologie und Schmierungstechnik 45(1998)1, S. 21 – 24

[4] Neugebauer, R; Hartwig, H; Geiger, M; Bitter, S.: Halbwarmumformung von Stahl: Prozessgrundlagen, Schmiedejournal, September 2003, S. 12 – 14



FUCHS LUBRITECH GmbH
 Werner-Heisenberg-Straße 1
 67661 Kaiserslautern
 Tel.: +49 6301 3206-0
 E-Mail: lubritech@fuchs.com
 Internet: www.fuchs.com/lubritech