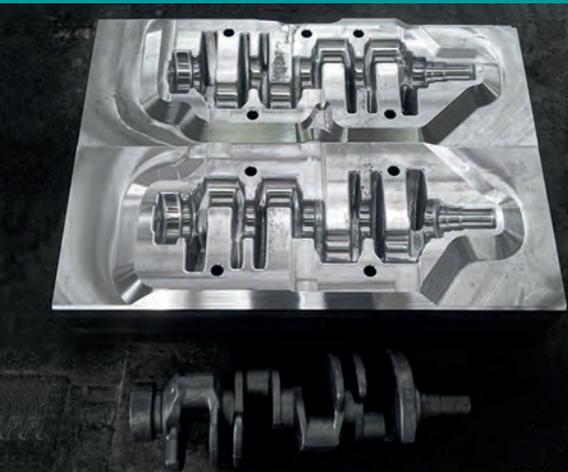


# Wie können Schmierstoffe die einzelnen Produktionsstufen der Massivumformung unterstützen?



Nahezu alle Produktionsstufen der Massivumformung werden durch Umformschmierstoffe und spezielle Werkzeug-/Werkstück-Beschichtungen maßgeblich unterstützt. Die Potentiale moderner Schmierstoffe zur Produktivitätsoptimierung werden oft unterschätzt und nicht ausgeschöpft. Dieser Beitrag gibt einen Einblick in den chemischen Aufbau und die Formulierungen diverser Schmierstoffgruppen und zeigt Kriterien zu deren Auswahl auf. Aufgrund der zumeist recht einfachen und kostengünstigen Möglichkeit, unterschiedliche Schmierstoffe in der Massivumformung vergleichend im Betrieb zu testen, ergibt sich erhebliches Optimierungspotenzial.

AUTOR



Dipl.-Ing. Ingo M. Köhle

ist Vertriebsleiter der CONDAT GmbH,  
Vertriebsgesellschaft der französischen  
CONDAT groupe, in Blankenheim (Eifel)

Die Massivumformung folgt den Anforderungen des Markts nach technologisch anspruchsvollen und wirtschaftlich konkurrenzfähigen Teilegeometrien und Fertigungsverfahren. Heutige Hochleistungsumformungen erfordern eine sorgfältige Teilekonstruktion und angepasste Werkzeug-/Prozessauslegung.

Die maximal mögliche Umformung wird durch mehrere Faktoren sowohl beeinflusst als auch begrenzt: Dazu gehören unter anderem die Werkstoffeigenschaften des Umformteils, die Belastbarkeit der Werkzeuge und die Eigenschaften der Umformaggregate. Im Fokus stehen hier jedoch die tribologischen Eigenschaften in der Umformzone, das heißt im Bereich zwischen Werkzeug und Werkstück. Diese tribologischen Parameter finden bisher bei den klassischen Finite-Elemente-(FEM-)Berechnungen und der vorbereitenden Prozessauslegung kaum Beachtung. Gerade bei bestehenden Prozessen bieten moderne Gesenktrennstoffe hohe und zumeist ungenutzte Optimierungspotenziale. Deren Produktauswahl lässt sich in technischen Gesprächen sehr effektiv evaluieren, ihre praxisrelevante Eignung und Performance im Betrieb lässt sich zumeist einfach und mit geringen Produktionseingriffen nachweisen.

Der Kostenanteil für Schmierstoffe an den Gesamtkosten eines Umformteils beträgt durchschnittlich zirka ein Prozent. Fälschlicherweise führt dies häufig dazu, dass das Betriebsmittel Gesenktrennstoff (bei Einsatz in der Warmumformung) beziehungsweise Fließpressöl (bei Einsatz in der Kaltumformung) eine untergeordnete Beachtung findet. Das beeinflussbare Einsparpotenzial im Gesamtprozess ist hingegen weitaus höher, da Materialkosten und Ausbringung in der Regel mit etwa 50 bis 60 Prozent Kostenanteil zu Buche schlagen und den größten Kostenblock darstellen. Durch den Einsatz moderner und adaptierter Schmier-/Trennstoffe lassen sich hier zumeist problemlos Einsparungen von bis zu 25 Prozent realisieren. Die Werkzeugkosten betragen zirka 15 bis 20 Prozent – Einsparungen und messbare Standzeiterhöhungen von bis zu 30 Prozent sind hier keine Seltenheit.

Energieeinsparungen können nachweislich durch reduzierte Presskräfte, höhere Ausbringung und geringere Nacharbeiten erreicht werden. Der Faktor Arbeitskraft geht mit 15 bis 20 Prozent in die Gesamtkosten ein. Hier werden Erleichterungen durch kürzere Produktionsunterbrechungen, geringere Prüf- und Nacharbeiten, aber auch durch erhöhten Arbeitsplatzkomfort und Betriebssicherheit erreicht. In der Instandhaltung greifen diese Einsparpotenziale durch angepasste Schmierfette oder Öle in vergleichbarer Gewichtung, da die Instandhaltungskosten zwischen 5 und 10 Prozent liegen.

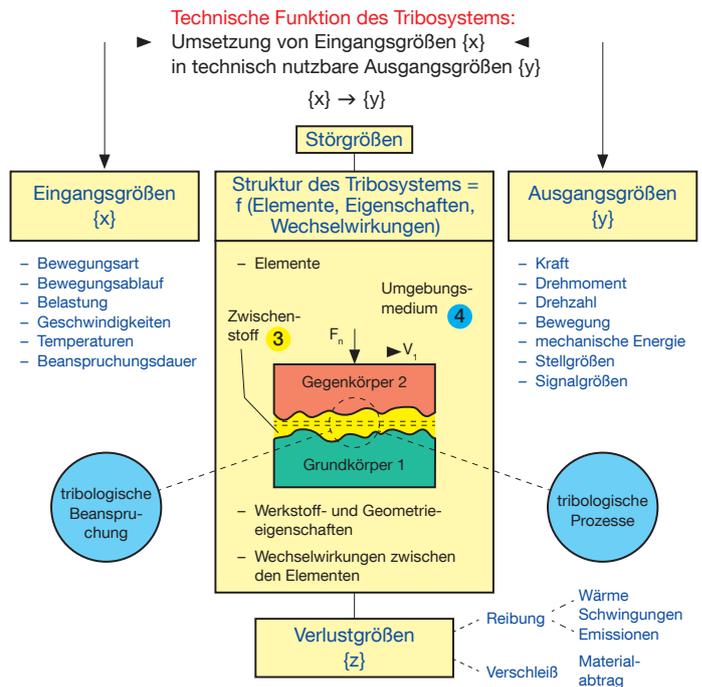


Bild 1: detailliertes tribologisches System [1]

THEORETISCHE MODELLE – LABORTECHNIK

Zur Wirkung von Schmierstoffen gibt es diverse mathematisch-tribometrische Modelle: Deters [1] definiert das tribologische System (TTS) detailliert hinsichtlich Funktion, Eingangsgrößen, Störgrößen, Ausgangs- und Verlustgrößen sowie Systemstruktur, wie im Bild 1 dargestellt. Die Systemstruktur beschreibt das Körperpaar Grundkörper 1 und Gegenkörper 2 in Bezug auf die stofflichen Parameter (Werkstoff, Geometrie, Oberfläche etc.) und die dazwischenliegenden tribologischen Prozesse und Beanspruchungen. Als Eingangsgrößen werden Bewegungsart, Bewegungsablauf, Belastung, Geschwindigkeiten, Temperaturen und Beanspruchungsdauer bezeichnet. Ungewollte Eingangsgrößen werden als Störgröße gesondert beschrieben und beeinflussen die Ausgangs- und Verlustgrößen. Als Verlustgrößen treten Verschleiß und Reibung auf. Kraft-, Bewegungs-, Energie- und Signalgrößen gelten als die technisch nutzbaren Ausgangsgrößen des Systems.

Faktoren wie Relativgeschwindigkeit zwischen den Körperpaaren 1 und 2, aber auch Temperaturen, Oberflächenrauigkeiten und -härten beeinflussen nachhaltig die tribologischen Eigenschaften in der Reibungszone. Die von Stribeck entwickelte Methodik zur Bestimmung der Stribeck-Kurve macht die unterschiedlichen Stoff- und Filmbildungseigen-

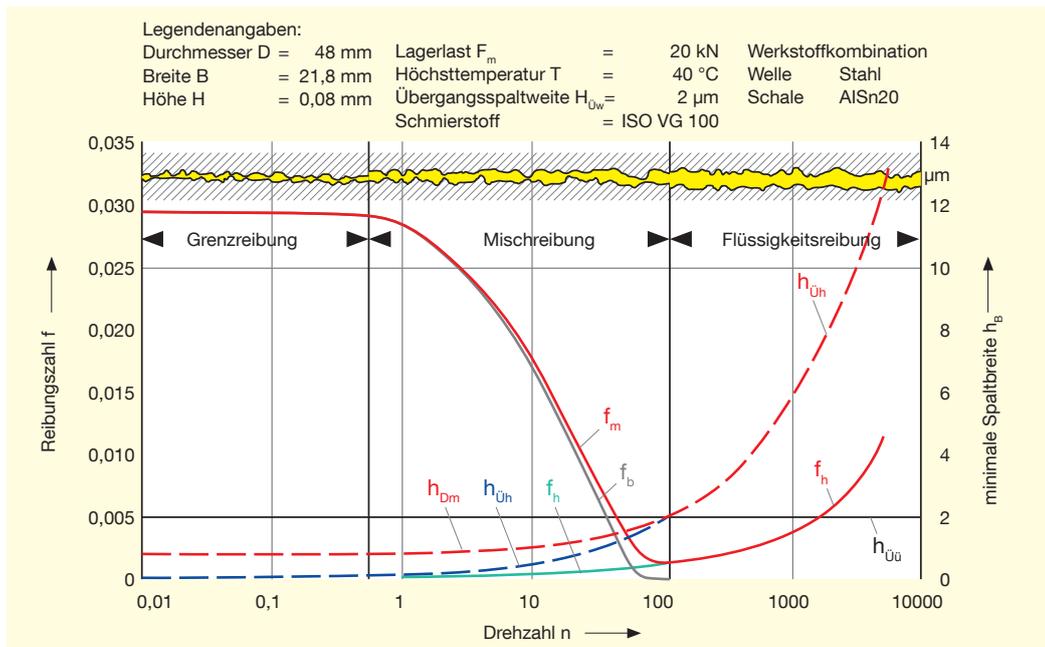


Bild 2: Stribeck-Kurven [1], [2]

schaften des Schmierstoffs zwischen den Körperpaaren und die Auswirkung auf den Reibungszustand messbar (Bild 2). Die Grenzreibung beschreibt die Reibung zwischen festen Grundkörpern und modifiziertem Grundmaterial, beispielsweise durch Reaktionsschichten. Ist zwischen den Grundkörpern kein zusammenhängender Schmierfilm vorhanden, können sich einzelne Rauigkeitsspitzen der Körperpaare berühren. Dieser Zustand wird als Mischreibung bezeichnet. Als Haft-Gleit-Effekt oder gebräuchlicher Stick-Slip-Effekt bezeichnet man das abwechselnde Haften und Gleiten einer Reibpaarung, wenn ein kontinuierliches Gleiten (noch) nicht erreicht wird.

Die Reibung innerhalb des Schmierfilms ist im Bereich der hydrodynamischen Flüssigkeitsreibung am geringsten und steigt linear mit der Geschwindigkeitszunahme an. Das erweiterte Stribeck-Diagramm [2] zeigt die genannten Reibungszustände mit Korrelation zur Schmierfilmdicke  $h$  (Bild 2).

Trotz der vielen theoretischen Modelle sind mathematische Beziehungen zur Berechnung oder Simulation von tribologischen Systemen nur für genau festgelegte und stationäre Spezialfälle verfügbar. Experimentelle Vergleiche sind in der Praxis unumgänglich. Mit Apparaturen, die die Praxis nachbilden, sind die Hersteller in der Lage, die Funktions- und Wirkweise der Schmierstoff-Formulierungen praxisnah im Labor zu verifizieren. Bewährte Prüfmethoden sind:

- Hochtemperaturtribometer
- Ringtauchversuch (Bild 3) und T-shape-Versuch
- MIPAC-Trennfilmbestimmung, temperaturabhängig (Bild 4)



Bild 3: Ringtauchversuch mit Sprühfeld beim IFUM [3]

## AUFBAU DER UMFORMSCHMIERTOFFE

Die größte Produktfamilie an Umformschmierstoffen für die Warmmassumformung stellen (noch) die graphithaltigen Gesenktrennstoffe dar. Hierzu zählen:

- Graphit-in-Wasser-Dispersionen
- Graphit-in-Öl-Schmierstoffe
- Graphit-Öl-Wasser-Emulsionen (Suspension)
- Graphit-Fette

In der Warmmassumformung werden zu etwa 80 Prozent wasserbasierte Trennstoffe eingesetzt, da diese einen entscheidenden Beitrag auch bei der Wärmeabfuhr leisten. 20 Prozent Anteil verbleiben für ölbasierte Trennstoffe.

Traditionell sind demnach graphithaltige Gesenktrennstoffe noch in der Überzahl. Makrokristalline Naturgraphite finden ebenso Anwendung wie der synthetische polykristalline Graphit. Die unterschiedlichen Abbaugelände für natürlichen Graphit sowie die synthetischen Verfahren führen zu einer interessanten Vielfalt des Graphitrohstoffs seitens Reinheit, Kristallstruktur, Porosität, aber wohl nicht bezüglich der Gleitbeziehungsweise Schmiereigenschaften [4]. Nach Yen und Schwickert ist, entgegen der landläufigen Meinung, die Gleiteigenschaft von Graphit keine intrinsische Eigenschaft für die Schmier-/Gleiteigenschaften ist zwingend die Präsenz von Wasserdampf erforderlich. Durch Einlagerung von Dampf-molekülen wird der Zwischenlagenabstand der Layer erhöht, was zu einer Schwächung und somit zu einem vereinfachten Gleiten der Graphitlayer führt.

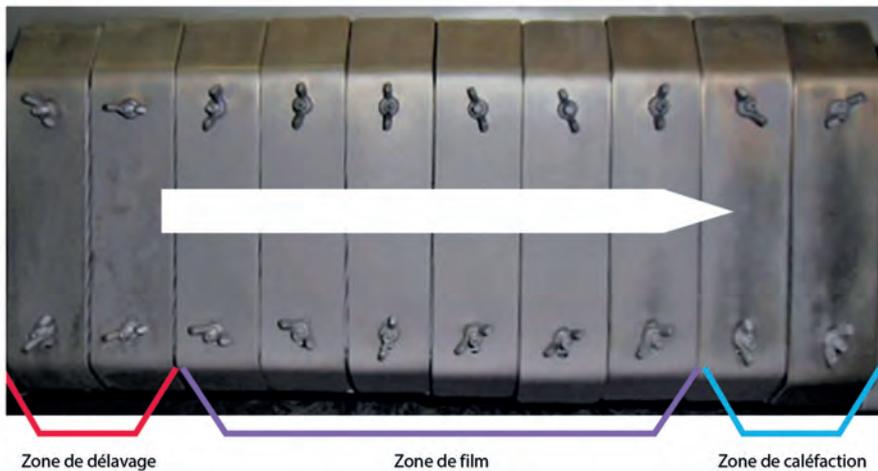


Bild 4: temperaturabhängiges Sprühergebnis [C]

Die unterschiedlichen Verarbeitungen und Formulierungen führen in den diversen finalen Gesenktrennstoff-Rezepturen aber sehr wohl zu ganz entscheidenden Unterschieden in der Anwendungspraxis in Bezug auf die

- Unterstützung des Metallflusses im Werkzeug
- Trenneigenschaften für leichtes Auswerfen
- Oberflächeneigenschaften des Werkstücks
- Oxidationsfestigkeit
- Ablagerungen im und am Werkzeug
- Korrosionseigenschaften
- Rauch-, Geruchs- und Arbeitsplatzbelastung
- Lagerung- und Handhabung

In der Anwendungspraxis ist vor allem auch die Partikelgröße ein gewichtiger Parameter für die Auswahl eines geeigneten Gesenktrennstoffs. Über spezielle und aufwendige Mahlverfahren (trocken/nass) werden die Graphite in definierte Mahlgrade oder Korngrößen gemahlen (Bild 5). Die Partikelgrößen haben entscheidenden Einfluss auf die Schmierstoffeigenschaften. Es gibt diverse Theorien und Studien, die zum Teil gegensätzliche Aussagen treffen. Grundsätzlich kann gesagt werden, dass

- große Graphitpartikel
  - gute Trenneigenschaften hinsichtlich des Ausformens bieten
  - Vorteile auf rauen oder verschlissenen Gesenkoberflächen bieten
  - zur Sedimentation im Konzentrat und besonders im Gemisch neigen
  - eine geringere Oxidationsneigung haben

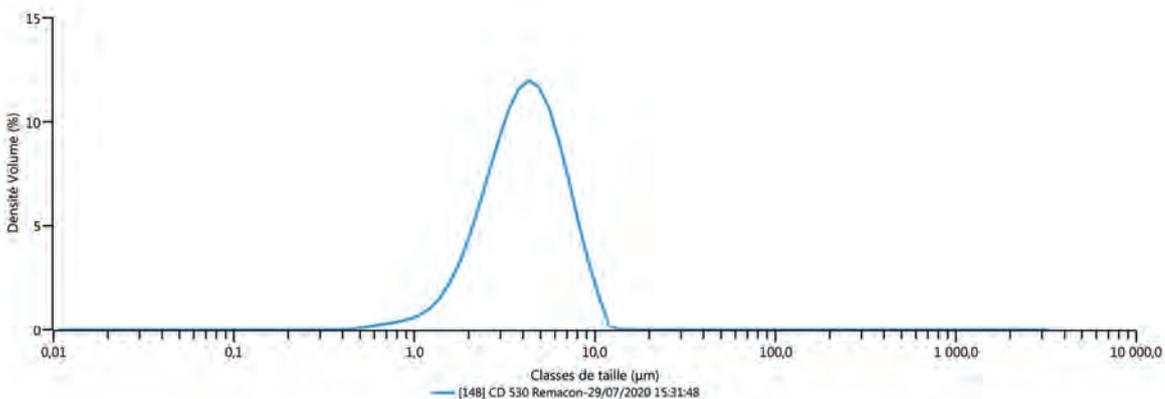


Bild 5: Mahlgrade [C]

- feine Graphitpartikel
  - eine bessere Oberflächenbenetzung im Gesenk bieten (Opazität)
  - dünnere Trennschichten auf den Gesenkoberflächen bieten
  - feine Oberflächenqualitäten (near net shape) des Schmiedeteils gewährleisten
  - die Fließeigenschaften des Metalls bei der Umformung unterstützen

#### ZUNDERSCHUTZ-BESCHICHTUNG/BILLET COATING

Vor der Umformung und Erwärmung des Rohlings können auf Kohlenstoffstähle Zunderschutz-Beschichtungen mittels Sprüh- oder Tauchverfahren aufgetragen werden. Die heutigen, wasserbasierten Dispersionen mindern durch spezielle Additive die Zunderbildung während der Ofenreise und reduzieren in der Umformung zusätzlich Reibung. Auch diese Zunderschutz-Produkte haben einen Graphitanteil. Die in der Luftfahrt und Medizintechnik eingesetzten Titanwerkstoffe und Sonderlegierungen werden vor der Ofenreise mit speziellen Verglasungen beschichtet (Bild 6).

#### VERGLASUNG VON SPEZIALLEGIERUNGEN

Bei Titan, Inconel und Sonderlegierungen werden Verglasungen auf den Rohling oder Block aufgetragen. Durch die Auswahl der Silikate und Additive (Metalloxide) sowie der Korngrößen können unterschiedliche Anwendungen und Ofenreisen von 30 Minuten bis 16 Stunden realisiert werden (Bild 7).

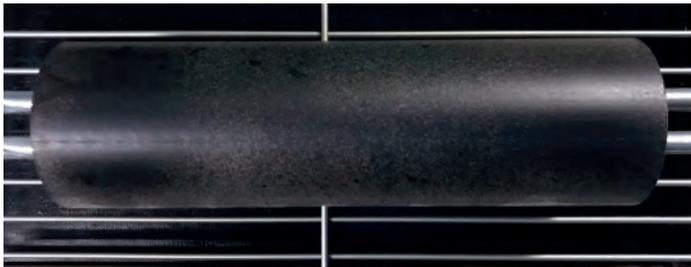


Bild 6: Zunderschutz-Beschichtung am Rohling [C]

Hierdurch werden maßgeblich folgende Parameter beeinflusst

- Oxydation/Zunder
- Reibung
- Wärmeabfuhr
- Wasserstoffdiffusion
- Phasenumwandlungen, gegebenenfalls  $\alpha$ -/ $\beta$ -Phase

## GRAPHITFREIE („WEISSE“) GEsENKTRENNSTOFFE

Die graphitfreien, sogenannten „weißen“ Gesenktrennstoffe haben in der Warmmassivumformung eine wachsende Bedeutung und verdrängen die graphithaltigen Produkte. Hierzu zählen:

- Seifen-/salzbasierte Trennstoffe
- Seifen-/salzbasierte Trennstoffe mit Polymeradditiven
- „graue“ Trennstoffe als Mischform. Dies sind „weiße“ Trennstoffe mit einem geringen Graphitanteil, die speziell in der Aluminiumumformung Anwendung finden.

Der interessante Vorteil dieser Trennstoffe gründet auf der „sauberen Fabrik“. Dazu zählen die feststofffreie Formulierung, geringe Rückstände im Werkzeug und dem Pressenraum, hoher Arbeitsschutz und gute Wirtschaftlichkeit. Speziell in diesem Produktsortiment wurden in den letzten Jahren durch neue Inhaltstoffe und Formulierungen nicht zu unterschätzende Fortschritte erzielt.

Moderne Gesenktrennstoffe und Beschichtungen unterstützen die Massivumformung in Bezug auf:

- Reibungsminderung zwischen Werkzeug/Gesenk und Werkstück
  - Trennwirkung/Ausformen
  - Materialfluss (Stauhen, Fließen, Steigen)
  - Verschleißminderung im Gesenk
- Wärmehaushalt/-abfuhr aus dem Werkzeug/Gesenk
- Geringe Belastung der Umwelt (Mensch/Maschine/Umwelt)



- [1] Deters, L.: Magdeburger Wissenschaftsjournal 1/2004,  
 [2] Sommer, K.; Heinz, R.; Schöfer, J.: Erweitertes Stribeck-Diagramm aus Verschleiß metallischer Werkstoffe, DOI 10.1007/978-3-8348-2464-6\_2, Springer 2014, S.12, Bild 2.4  
 [3] Ablauf Ringstauchversuch mit Sprühfeld, Institut für Umformtechnik und Umformmaschinen (IFUM) der Leibniz Universität Hannover  
 [4] Yen, B.K.; Schwickert, B.E.: IBM Almaden Research Center, 650, Harry Road, San Jose, CA 95120, SLAC-PUB-10429, May 2004; <http://www.slac.stanford.edu/cgi-wrap/getdoc/slac-pub-10429.pdf>  
 [C] Bildnachweise CONDAT-groupe, CONDAT S.A., F-Chasse-sur-Rhône



Bild 7: Verglasung von Titan [C]

Bilder: CONDAT

Zur Auswahl geeigneter Gesenktrennstoffe müssen folgende Faktoren/Parameter berücksichtigt werden:

- Art, Geometrie und Anforderungen des Schmiedeteils, Stufen-/Stadienverlauf
- Umformwerkstoff, Werkstoffparameter, Zustand
- Umformpresse, Equipment, Erwärmung, Sprühtechnik, Zykluszeiten
- Umformtemperatur, Werkzeugtemperaturen, allgemeiner Temperaturhaushalt

## SCHMIERTECHNIK

Neben den Umformschmierstoffen selbst ist für deren optimierte Funktionsweise die interdisziplinäre Zusammenarbeit mit der Sprüh- und Mischtechnik von ebenso großer Bedeutung. Auch bei der Dosier- und Sprühtechnik konnten interessante Entwicklungen realisiert werden. Für immer kleinere Losgrößen und zudem komplexere Geometrien gelten der Einsatz von angepassten Spezialprodukten sowie teilebezogene Mischungsverhältnisse und Applikationstechniken heute als unumgänglich.

In Verbindung mit automatischen Mischsystemen können Gesenktrennstoffe und deren teilespezifische Einsatzkonzentrationen für jeden Auftrag optimiert gefahren werden. Dies hilft nicht nur, die Trennstoffverbräuche zu minimieren, vielmehr verbessern adaptierte Trennstoffparameter ganz entscheidend deren Eigenschaften und darüber hinaus die Wirkung von Materialfluss, Werkzeugkühlung, Oberflächenbeschaffenheit und Trennwirkung.

Nicht zuletzt sind auch die Instandhaltungsschmierstoffe entscheidend für die Verfügbarkeit der Produktionsmittel sowie für die Arbeitssicherheit bis hin zum Brandschutz.

## ZUSAMMENFASSUNG UND FAZIT

Die Auswahl des Umformschmierstoffs hat speziell im Bereich der Warmmassivumformung eine große Bedeutung mit zumeist unterschätztem Einsparpotenzial. Die recht einfache und kostengünstige Möglichkeit, im Fertigungsprozess unterschiedliche Schmierstoffe anzuwenden, eröffnet mit regelmäßigen Produktbenchmarks und Trials ebenfalls erhebliche Optimierungspotenziale. Die etablierten Schmierstoffhersteller bieten neben fachkundiger Beratung vor Ort auch Schulungsmodule an. Auch die Zusammenarbeit mit der Sprüh- und Mischtechnik ist von entscheidender Bedeutung. Die Schmierstoffanwender können somit Performance und Corporate-Social-Responsibility-(CSR-)Strategien optimieren sowie Kosten reduzieren.



CONDAT GmbH  
 Köppenweg 3 | 53945 Blankenheim  
 Telefon+49 2449 206480  
 E-Mail: [ik@condat-schmierstoffe.de](mailto:ik@condat-schmierstoffe.de)  
 Internet: [www.condat-schmierstoffe.de](http://www.condat-schmierstoffe.de)