

Bild 1: Prozessablauf der klassischen Halbwarmumformung von 7xxx-Aluminiumlegierungen (oben) und mit Verwendung eines thermoplastischen Werkzeugs (unten) © Fraunhofer

FUNKTIONALE THERMOPLASTE IN HALBWARMUMFORMWERKZEUGEN

Und es geht doch!

Können Hochleistungsthermoplaste als aktive Werkzeugteile bei der Halbwarmumformung ohne Schmierstoffe eingesetzt werden? Das IGF-Projekt 'Polywerk' der Fraunhofer-Institute IWU und IST zeigt, unter Mitwirken der Ensinger GmbH: ja, dank tribologisch modifizierter Kunststoffe.

AUTOREN Serhii Vakulenko, Kai Weigel und Anton Schraner

Bauteile aus hochfesten Aluminiumlegierungen bieten ein hohes Leichtbaupotenzial, stoßen in der Praxis jedoch häufig an tribologische Grenzen. Mögliche Nachteile sind adhäsiver Aluminiumauftrag auf Stahlwerkzeugen, unvollständige Ausformungen, Riefen- und Rissbildung auf dem herzustellenden Formteil sowie ein hoher Schmier- und Reinigungsaufwand (Bild 1).

Ziel des Projekts 'Polywerk' war daher der Nachweis, dass aktive Werkzeugoberflächen aus marktverfügbaren Thermoplasten eine schmiermittelfreie und robuste Umformung bei 250 bis 300 °C ermöglichen. Dies wurde anhand der Legierung 'AA 7075-T6' demonstriert.

Herangehensweise

Ausgangspunkt war eine systematische Kombination aus Werkstoffcharakterisierung, tribologischen Versuchen, thermo-

mechanisch gekoppelten FE-Simulationen sowie industrienahen Umformtests. 2 mm dicke Bleche aus der Legierung AA 7075-T6 wurden bis 250 °C mittels Zug- und FLC-Test charakterisiert. Anschließend wurden die Materialkennwerte in 'LS-DYNA' als anisotrope, temperaturabhängige Materialkarten umgesetzt. Parallel wurden potenzielle Werkzeugpolymere mechanisch und thermisch bewertet.

PUR-Varianten schieden aufgrund mangelnder Temperaturstabilität aus, während PEEK-Typen, insbesondere das reibungsoptimierte 'TECAPEEK PVX' der Ensinger GmbH, mit hoher Zug- und Druckfestigkeit, moderater Wärmeausdehnung und sehr geringen polaren Oberflächenanteilen überzeugten.

Blick auf die kritischen Stellen

Entscheidend für die Praxis ist die Reibung am Radius. Im Streifenziehversuch mit Umlenkung, also direkt an der kriti-

schen Zieh- beziehungsweise Biegekannte, wurden bei 250 und 300 °C mit TECAPEEK PVX konstant niedrige Reibungskoeffizienten (μ) bestätigt. Die Messung des Reibungskoeffizienten im Kontakt mit dem AA 7075-T6 ergab einen Wert von 0,06 bis 0,08 (Bild 2). Der Referenzstahl 1.2379 zeigte demgegenüber deutlich höhere Reibwerte ($\mu \approx 0,35$ bis 0,37). Eine untersuchte CF_4 -Plasmabehandlung erwies sich als neutral; der beste Zustand war 'unbeschichtetes' TECAPEEK PVX. Diese Ergebnisse korrelieren mit Pin-on-Disk-Messungen und der Oberflächenenergieanalyse: Hohe disperse und niedrige polare Anteile bei PEEK minimieren die Adhäsion und somit auch die Riefenbildung.

Was ergibt der Praxistest?

Die Übertragung des tribologischen Vorteils auf die Bauteilqualität wurde in Umformversuchen mit einem Kreuz-

napfwerkzeug (Stempel: $90 \times 90 \times 15$ mm; Matrize: $\varnothing 190 \times 15$ mm) bei einer Blechtemperatur von rund 300°C untersucht.

Ohne Schmierung erreichte TECAPEEK PVX bei AA 7075-T6 mit der Blechdicke von 2 mm eine Ziehtiefe von 16 mm (Bild 3). Dies entspricht einem Plus von 45 Prozent gegenüber trockenem Stahl (11 mm Ziehtiefe) und einem Plus von 23 Prozent gegenüber der geschmierten Stahlreferenz (13 mm Ziehtiefe).

Die geformten Bauteile kamen riefenfrei und blank aus dem polymeren Werkzeug, sodass ein Reinigungsdurchlauf entfallen konnte. Auch die Werkzeugseite blieb unauffällig: Nach mehr als 100 Hübten mit Aluminium bei 300°C betrug der Masseverlust des PEEK-Stempels weniger als 0,01 Prozent und die gemessenen Außenmaße wichen um weniger als 0,02 mm ab. Darüber hinaus veränderten sich die Kantenradien lediglich im Bereich weniger Mikrometer (Bild 4).

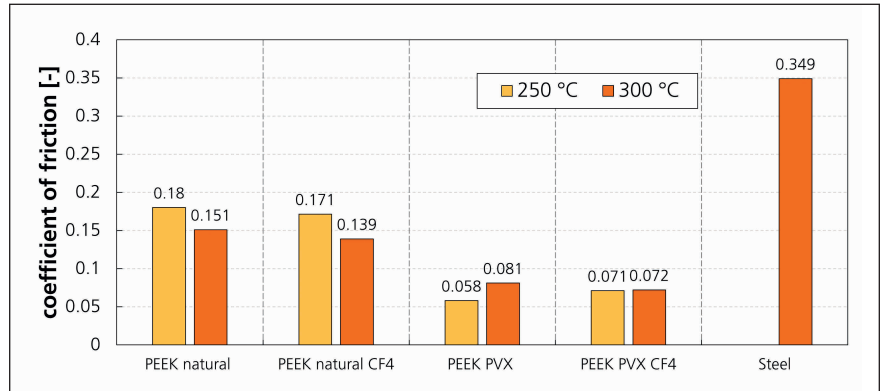


Bild 2: Reibungskoeffizienten von AA 7075-T6 auf TECAPEEK PVX und TECAPEEK natural © Fraunhofer

Von besonderem Nutzen bei kleinen Stückzahlen

Der Polymeransatz rechnet sich insbesondere bei Prototypen und Kleinserien. In die Cost-per-Part-Bilanz fließen Investitionskosten, Bearbeitungskosten der Aktivteile, Aufwand für Schmier- und Reinigungsmittel, Taktzeit, Standzeiten sowie die Rüststillstände ein. So reduzie-

ren PEEK-Typen die Werkzeugkosten um bis zu 60 Prozent, verkürzen den Hub durch den Wegfall der Schmierung und liefern bis etwa 300 Teile die niedrigsten Stückkosten.

Ab größeren Serien gleichen die langen Standzeiten von 1.2379-Stahlformen die Schmierkosten aus. Zusätzlich bieten Polymere blanke Oberflächen, erweiterte

Info

PROJEKTBETEILIGTE

Der Fokus des Fraunhofer IWU liegt auf der Entwicklung komplexer Produktionslösungen. Hauptzielbranchen sind die Automobil- und Maschinenbauindustrie sowie die Wasserstofftechnik, die Luft- und Raumfahrt, die Medizintechnik und die Elektrotechnik. Es verfügt über eine umfangreiche Anlagentechnik, darunter diverse Pressen, Stanz- und Biegemaschinen sowie Sondermaschinen.

Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU

09126 Chemnitz

Tel. +49 371 5397-0

www.iwu.fraunhofer.de

Das Fraunhofer IST steht für Oberflächentechnik mit Kompetenzen in den zugehörigen Produkt- und Produktionssystemen. Durch Modifizierung, Strukturierung und Beschichtung der Oberfläche werden unterschiedlichste Funktionen und Funktionalitäten, und damit zukunftsfähige Produkte und Systeme realisiert, auch unter der Maßgabe geschlossener Material- und Stoffkreisläufe.

Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST

38108 Braunschweig

Tel. +49 531 2155-0

www.ist.fraunhofer.de

MITGLIED DES PROJEKTBEGLEITENDEN AUSSCHUSSES

Die Ensinger Gruppe beschäftigt sich mit der Entwicklung, Fertigung und dem Vertrieb von Compounds, Halbzeugen, Composites, Fertigteilen und Profilen aus technischen Kunststoffen. Zur Verarbeitung der thermoplastischen Konstruktions- und Hochleistungspolymere setzt Ensinger eine Vielzahl von Herstellungsverfahren ein, u. a. Extrusion, mechanische Bearbeitung, Spritzguss, Formguss, Sintern und Pressen.

Ensinger GmbH

71154 Nufringen

Tel. +49 7032 819-0

www.ensingerplastics.com/de-de

AUTOREN

Serhii Vakulenko ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fraunhofer IWU

serhii.vakulenko@iwu.fraunhofer.de

Kai Weigel ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fraunhofer IST

kai.weigel@ist.fraunhofer.de

Anton Schraner ist Teamleiter Produktmanagement bei Ensinger

info.de@ensingerplastics.com

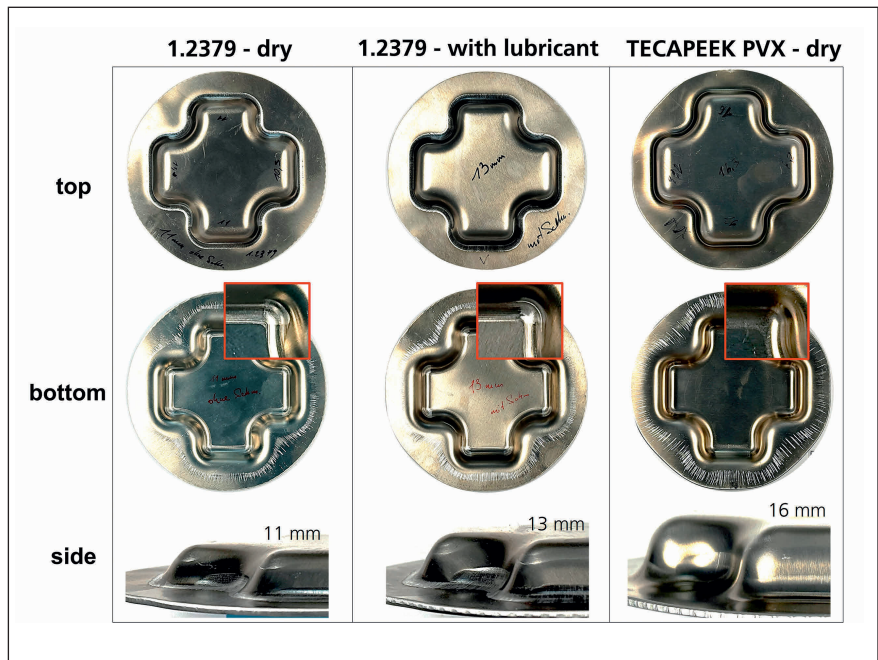


Bild 3: Tiefgezogene Kreuznöpfe aus AA 7075-T6 bei 300 °C unter Verwendung von drei Werkzeugvarianten © Fraunhofer

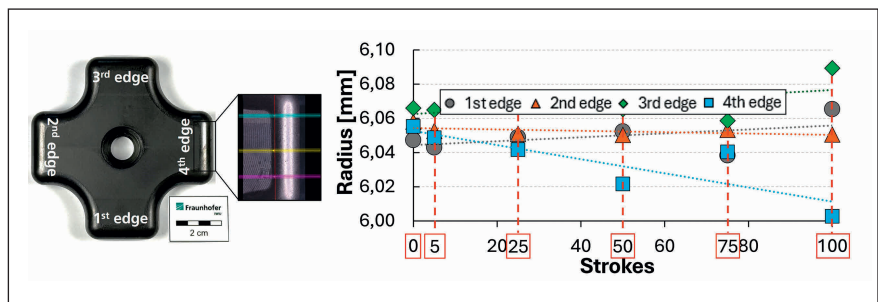


Bild 4: Auswertung des TECAPEEK-PVX-Stempelradius nach dem Umformen von AA 7075-T6 bei 0, 5, 25, 50, 75 und 100 Hübten © Fraunhofer

Ziehgrenzen und vereinfachte Prozessketten, stoßen jedoch bei scharfkantigen Geometrien und Massenteilen an ihre Grenzen.

Erfolgreicher Nachweis der Praxistauglichkeit

Insgesamt liefert das Projekt einen eindeutigen Nachweis: Durch die tribologische Modifizierung von PEEK wird das Umformfenster hochfester Leichtmetallbleche erweitert, die Reibung gesenkt und Adhäsion verhindert. Solange die Stückzahlen im Prototypen- und Kleinserienbereich bleiben, rechnet sich die Anwendung.

Eine ergänzende Ökobilanz würde die Kostenvorteile durch vermiedene Schmier- und Waschstufen quantifizieren. So entsteht für viele KMU ein niederschwelliger Einstieg in schmiermittelfreie

Halbwarmprozesse: Die Technologie ist schnell verfügbar, prozesssicher, sauber und in der passenden Losgröße deutlich günstiger.

Über das Projekt 'Polywerk'

Die hier vorgestellten Ergebnisse wurden im Zuge des Projekts der industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) mit dem Titel 'Polymerwerkzeuge für die temperierte Trockenumformung von Magnesium- und hochfesten Aluminiumblechen (Polywerk)' unter Federführung der Forschungsgemeinschaft Werkzeuge und Werkstoffe e. V. (FGW) erarbeitet. Die am Forschungsprojekt beteiligte Ensinger Gruppe war Mitglied des projektbegleitenden Ausschusses und überführt nun die Forschungsergebnisse in einen ihrer tribologisch modifizierten Kunststoffe. ◆