

Umformtribologie in der Kaltmassivumformung

Etablierung einer FEM-gestützten inversen Reibwertbestimmung unter Kaltmassivumformbedingungen

Diplomand



Ramon Mattle

Ausgangslage: In der Kaltmassivumformung werden hochbelastbare metallische Bauteile durch plastische Verformung bei Raumtemperatur hergestellt. Im Kontakt zwischen Werkzeug und Werkstück wirken dabei hohe Kontaktnormalspannungen, ausgeprägte Oberflächenvergrößerungen und komplexe Reibzustände. Die Reibung beeinflusst massgeblich den Materialfluss, die Umformkraft, die Werkzeugbelastung sowie die Masshaltigkeit und Prozessstabilität. Für realitätsnahe FEM-Simulationen von Umformprozessen sind daher zuverlässige und prozessrelevante Reibwerte unerlässlich. Konventionelle Reibprüfverfahren bilden die spezifischen Bedingungen der Kaltmassivumformung, insbesondere die hohen Drücke und Oberflächendehnungen, jedoch nur unzureichend ab. Aus diesem Grund wurde ein praxisnaher Versuchsaufbau entwickelt, der eine inverse Reibwertbestimmung unter kaltumformnahen Bedingungen ermöglicht. Durch den Vergleich simulativ erzeugter Bauteilgeometrien bei variierenden Reibwerten mit der experimentell gemessenen Verformung lässt sich der tatsächliche Reibwert rückschliessen.

Vorgehen / Technologien: Zur Untersuchung der tribologischen Bedingungen wurden drei Prüfmethoden analysiert und bewertet. Zwei leicht unterschiedliche Methoden zur Bestimmung des Reibwertes an der Stirnfläche (Stirnflächentest SFT) und einer für die Mantelfläche (Mantelfächentest MFT). Die Auslegung der Testkörper und Werkzeugeinsätze (Abb. 1) erfolgte simulationsgestützt mittels FEM. Die Bewertung umfasste die Reibwertsensitivität, die Kontaktnormalspannung, das Materialflussverhalten, die Werkzeugbelastung sowie die fertigungstechnische Herstellbarkeit und praktische Auswertbarkeit. Beim SFT wird ein ringförmiger Testkörper zwischen zwei planparallelen Werkzeugen gestaucht. In Abhängigkeit des Reibzustands verändert sich der Innendurchmesser charakteristisch. Mithilfe simulativ erzeugter Kalibrierkurven wird der mit dem Messschieber gemessene Innendurchmesser anschließend einem Reibwert zugeordnet (Abb. 2). Ergänzend wurden Kraft-Weg-Kurven zur Plausibilisierung des Reibmodells herangezogen.

Ergebnis: Der mechanische Versuchsaufbau (Abb. 1) erwies sich als robuste und flexible Grundlage für tribologische Modellversuche. Insbesondere der klassische SFT1 zeigte sich als praktikabler und sensibler Ansatz zur Charakterisierung der Stirnflächenreibung. Anhand der Innendurchmesseränderung konnten verschiedene Werkzeug- und Schmiermittelzustände differenziert und Reibwerte invers bestimmt werden. Für die untersuchten Werkzeugkombinationen lagen die ermittelten Reibwerte überwiegend im Bereich von $\mu=0.05$ bis 0.10 . Den höchsten Reibwert wies die unbeschichtete, ungeschmierte Werkzeugkombination auf. Durch gezielte Beschichtung und Schmierstoffapplikation wurde die Reibung stufenweise reduziert.

Der SFT2 bot demgegenüber keinen ausreichenden praktischen Mehrwert. Der zusätzliche Ring erschwerte die Fertigung, reduzierte die Reibwertsensitivität und begünstigte Instabilitäten im Testkörper. Der MFT wurde erfolgreich aufgebaut und experimentell erprobt (Abb. 3). Die weiterführende Auswertung konnte im gegebenen Zeitrahmen nicht abgeschlossen werden. Insgesamt belegt die Arbeit, dass eine prozessnahe Reibwertbestimmung für die Kaltmassivumformung mit vertretbarem Aufwand realisierbar ist. Der SFT bietet eine geeignete Grundlage, um praxisrelevante Reibparameter für FEM-Simulationen zu ermitteln und damit die Vorhersagegenauigkeit realer Umformprozesse zuverlässig zu steigern.

Abb. 1: Werkzeugarmierung mit austauschbaren Werkzeugen für den SFT und MFT
Eigene Darstellung

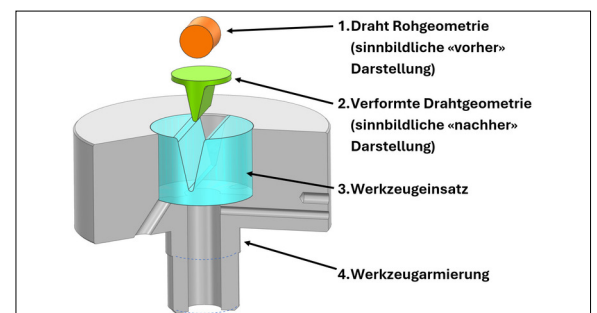


Abb. 2: SFT2, Querschnitt eines Testkörpers (beim klassischen SFT1 entfällt der am Innendurchmesser angeordnete Ring)
Eigene Darstellung

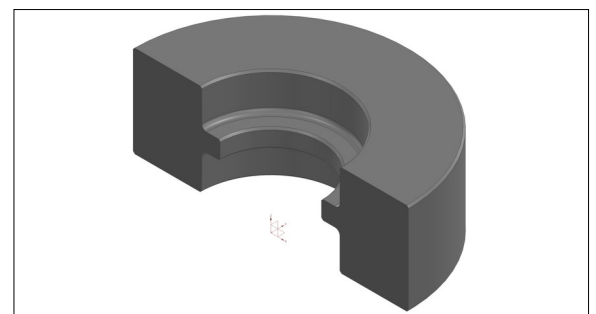
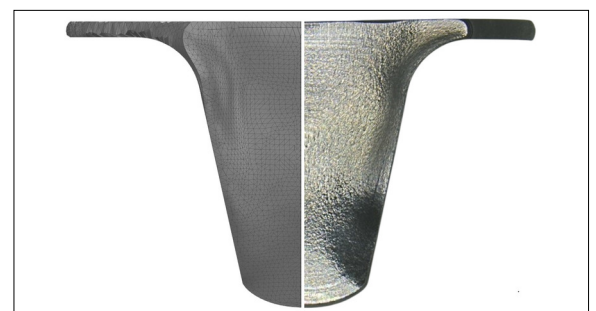


Abb. 3: MFT, Reibwertbestimmung an der Mantelfläche; FEM-Simulation (links), real verformte Geometrie (rechts)
Eigene Darstellung



Referent
Prof. Dr. Mario Studer

Korreferent
Dr. Daniel Marty,
Weidmann Medical
Technology AG

Themengebiet
Simulationstechnik

Projektpartner
SFS Group AG,
Heerbrugg, SG