

Entwicklung eines Prüfstands für ultraschallunterstützte Reibversuche

Untersuchung des tribologischen Vektoreffekts beim Tiefziehen

Diplomand



Pascal Lüthi

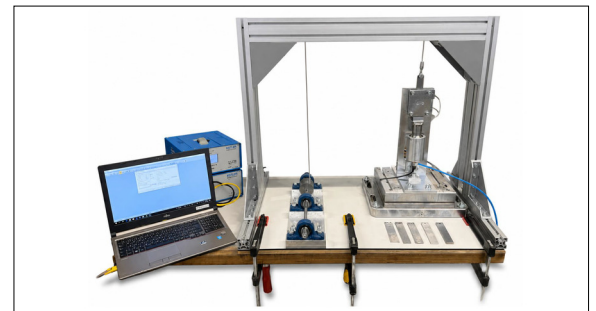
Ausgangslage: Beim Tiefziehen beeinflusst die Reibung zwischen Werkzeug und Blech den Materialfluss, die Prozesskraft und die Umformgrenze. Hohe Reibung behindert den Materialfluss, erhöht lokale Spannungen und begünstigt Faltenbildung oder Bauteilversagen. Ultraschallanregung gilt als vielversprechender Ansatz, um Kontaktbedingungen gezielt zu beeinflussen. Im Fokus dieser Arbeit steht der tribologische Ultraschall-Vektoreffekt: Eine hochfrequente tangentielle Schwingung wird dem Kontakt zwischen Blech und Werkzeug überlagert und reduziert dadurch die resultierende Reibkraft. Statt ein vollständiges Tiefziehwerkzeug zu optimieren, wurde ein vereinfachter Prüfstand entwickelt, der den Blech-Werkzeug-Kontakt als linearen Reibversuch abbildet und eine messbare Grundlage zur systematischen Untersuchung ultraschallbeeinflusster Reibung schafft.

Vorgehen: Zur Untersuchung wurde ein Reibprüfstand konstruiert, aufgebaut und in Betrieb genommen, der den realen Tiefziehprozess auf den tribologischen Kontakt reduziert. Eine Blechprobe wird zwischen zwei Gleitflächen geklemmt und in Längsrichtung gezogen. Die Normalkraft wird über zwei Drucksensoren eingestellt und erfasst, die Zugkraft über eine 3-Komponenten-Kraftmessplatte bestimmt und zur Auswertung des Reibverhaltens genutzt. Zentrales Element ist die Sonotrode: Sie überträgt die Ultraschallschwingung vom Transducer in den Kontaktbereich und dient gleichzeitig als angeregte Gleitfläche für die Probe. Ihre Geometrie wurde so ausgelegt, dass im Kontaktbereich eine geeignete Schwingungsform entsteht. Dabei mussten Resonanzfrequenz, Schwingrichtung, Bauraum, Steifigkeit und nutzbare Gleitfläche gemeinsam berücksichtigt werden. Aus Zugkraft und gesamter Normalkraft wird ein Systemreibwert ermittelt, der das Reibverhalten des gesamten Prüfaufbaus mit oberer und unterer Gleitfläche beschreibt. Die Versuche erfolgten mit und ohne Ultraschallanregung. Besonders betrachtet wurden der Haftreibungspeak beim Losgleiten, das anschließende Gleitverhalten und die Wiederholbarkeit der Messungen.

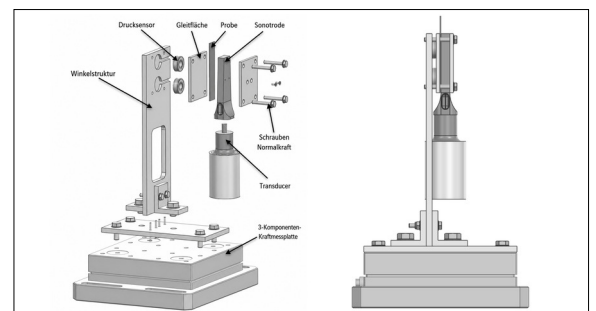
Ergebnis: Im Prüfstand zeigte sich ein messbarer Einfluss der Ultraschallanregung auf das Reibverhalten: Bei Stahlproben fiel der Haftreibungspeak geringer aus als ohne Anregung. Die Zugkraft sank danach kurz ab und stieg im weiteren Verlauf der Gleitphase wieder an. Damit konnte der tribologische Ultraschalleffekt im Modellversuch grundsätzlich bestätigt werden. Die Aussagekraft der Ergebnisse hängt jedoch stark von den Randbedingungen des Prüfstands ab: Steifigkeit der Struktur, Normalkrafteinstellung, simultane Krafterfassung und die Art der

Zugbewegung sind entscheidend. Bei Aluminiumproben traten teilweise Verkleben und instabile Bewegungszustände auf, sodass nicht immer ein eindeutiger Systemreibwert bestimmt werden konnte. Der Prüfstand bildet eine geeignete Grundlage für weiterführende Untersuchungen. Für belastbare quantitative Aussagen sollten die genannten Einflussfaktoren gezielt optimiert werden. Die Arbeit zeigt damit sowohl das Potenzial der Reibungsreduktion als auch zentrale Anforderungen an einen reproduzierbaren Prüfaufbau.

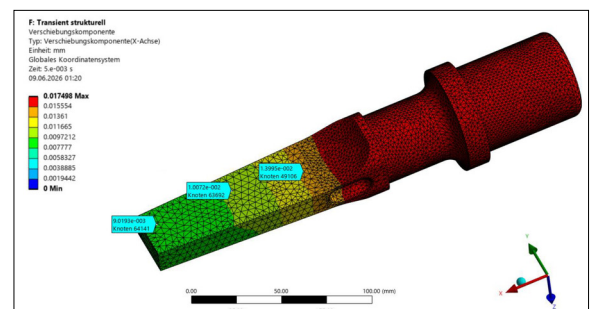
Gesamtaufbau des entwickelten Prüfstands Eigene Darstellung



Detailansicht der Klemmeinheit: Blechprobe zwischen Gleitfläche und Sonotrode Eigene Darstellung



Transiente FEM-Analyse der Sonotrode: longitudinale Schwingung im Kontaktbereich mit Amplituden von 9–14 µm Eigene Darstellung



Referent
Prof. Dr.Ing.
Mohammad Rabiey

Korreferent
Dr. Fredy Kuster

Themengebiet
Fertigungstechnik