
Entwicklung einer Streifenziehversuchsanlage zur Untersuchung des Reib- und Verschleißverhaltens von tribologisch beanspruchten Oberflächen

Bakir Mehic^a, Simon Engler^a, Aziz Huskic^b

^a FH OÖ Campus Wels, Forschungs- & Entwicklungs GmbH,
Stelzhamerstraße 23, A-4600 Wels, AUSTRIA

^b FH OÖ Campus Wels, Fakultät für Technik und Umweltwissenschaften,
Stelzhamerstraße 23, A-4600 Wels, AUSTRIA

KURZFASSUNG/ABSTRACT:

Der Flachstreifenziehversuch (FSZV) ermöglicht mehrere beim Tiefziehprozess wesentliche Beanspruchungskenngrößen gezielt zu variieren. Dazu zählen die Flächenpressung beziehungsweise die Normalkraft, die Ziehgeschwindigkeit des Bandes und die Temperatur der Reibbacken. Mit dem Werkzeug können Normalkräfte von 100 N bis 20 kN aufgebracht werden. Die aktive Reibfläche kann in einem Bereich von mehreren Quadratmillimetern bis zu etwa 2000 Quadratmillimetern gewählt werden und somit die in der Industrie herrschenden Kontaktnormalspannungen bis 3000 N/mm² simulieren. Die Ziehgeschwindigkeit des Blechbandes umfasst den für die meisten Tiefziehversuche relevanten Bereich von 5 bis zu 215 mm/s. Die Simulation der bei Tiefziehversuchen auftretenden Reibwärme ist ebenfalls möglich. Dazu kann die Reibbackentemperatur durch ein Heizsystem auf bis zu 300 °C eingestellt werden. In dieser Arbeit wurden mit der Streifenziehversuchsanlage Dauerversuche durchgeführt, die neben der Reibkenngröße auch Messdaten über die Systemparameter liefern. Durch die einfache Backengeometrie konnte das Zusammenspiel von unterschiedlichen Werkstoffen und somit die Eigenschaften der unterschiedlichen Materialpaarungen ermittelt werden. Der daraus ermittelte Reibkoeffizient gibt Auskunft über das Reib- und Verschleißverhalten von Körpern, welche in Relativbewegung zu einander stehen. Es konnten somit aussagekräftige Kennwerte verschiedener Werkstoffe ermittelt werden. Darüber hinaus lässt sich relativ einfach die Eignung eines Werkstoffes ermitteln, um so die Lebensdauer von z.B. Umformwerkzeugen vorherzusagen (GJL200 und GJS700). Die Untersuchungen zeigen, dass mit der an der FH entwickelten Streifenziehvorrichtung reproduzierbare Messwerte aufgenommen werden können. Darüber hinaus konnte der Temperatureinfluss, insbesondere bei den Graugusswerkstoffen GJL200 und GJS700, bestätigt werden.

1 EINLEITUNG

Die Reibung und der damit verbundene Verschleiß spielen bei allen technischen Geräten mit bewegten Komponenten eine große Rolle. In den meisten Fällen wird die Reibung als eine Störgröße definiert, welche Verschleiß an Bauteilen, die in Relativbewegung zueinander stehen, verursacht. Die Reibung grundsätzlich als negative Eigenschaft zu bezeichnen ist jedoch nicht zutreffend, viel mehr gibt es viele Bereiche, in welchen eine erhöhte Reibkennzahl erwünscht ist. Ein Paradebeispiel ist der Autoreifen. Beim Beschleunigen, Abbremsen und insbesondere bei Kurvenfahrten kann sich die Fahr-situation dementsprechend ändern. Die Bodenhaftung des Fahrzeuges sollte jedoch in jeder Lage möglichst hoch sein, um nicht die Kontrolle über das Fahrzeug zu verlieren.

Bei Umformverfahren, wie dem Tiefziehen, bei dem aus Stahlblechen in einem oder mehreren Schritten dreidimensionale Bauteile mittels Tiefziehwerkzeugen hergestellt werden, ist die Reibung eine wichtige Systemgröße. Durch die Umformung der Stahlwerkstoffe werden die formgebenden Teile des Umformwerkzeugs hohen mechanischen und tribologischen Beanspruchungen ausgesetzt. Diese Belastungen führen zu erhöhtem Verschleiß am Umformwerkzeug und sind ein maßgeblicher Faktor für seine Lebensdauer. Um diese zu optimieren, ist die Erfassung und Beschreibung der in den Kontaktzonen wirkenden Einflüsse auf das Reibverhalten

von entscheidender Bedeutung. Eine einfache Abbildung des Tiefziehprozesses kann mit dem Streifenziehversuch dargestellt werden.

2 PROBLEMSTELLUNG UND ZIELSETZUNG

In der Praxis wird die Ermittlung der Reibkenngrößen ausschließlich mit Hilfe von Modellverfahren vorgenommen. Unter Modellverfahren versteht man Untersuchungsmethoden, welche ein Umformverfahren annähern, selbst jedoch nicht als Umformverfahren gelten. Der Streifenziehversuch ist eine der Prüfmethoden, die im Bereich des Tiefziehens die größte Bedeutung hat und kann somit als Standardversuch zur Ermittlung der Reibkenngrößen gesehen werden. Die Anzahl der unterschiedlichen auf dem Markt erhältlichen Reibungsprüfstände ist groß. Bei vielen Streifenziehmaschinen müssen die Blechstreifen vor dem Versuch auf eine bestimmte Länge zugeschnitten werden. Anschließend werden die Blechstreifen gereinigt und beölt, um dann in einer Streifenziehmaschine durchgezogen zu werden. Dieser Vorgang wiederholt sich so oft bis der erforderliche Reibweg erreicht ist. Die Zykluszeit des manuellen Streifenziehversuches kann im Vergleich zum realen Tiefziehprozess durch die relativ lange Aufrüstzeit der Streifenziehmaschine nicht konstant gehalten werden. Dadurch sind die Reproduzierbarkeit der Untersuchung und der direkte Vergleich zum Tiefziehprozess nur beschränkt aussagekräftig. Die meisten Streifenziehversuchsanlagen besitzen den Nachteil, dass der Arbeitsaufwand hoch ist und somit die Versuchsdauer relativ viel Zeit in Anspruch nimmt. Nicht zu unterschätzen ist der menschliche Faktor, welcher zu einer erheblichen Steigerung der Fehlerquote und somit zur Verfälschung des Prüfergebnisses führen kann. Um den Arbeitsaufwand und somit die Fehlerquellen möglichst niedrig zu halten ist somit ein vollautomatischer Streifenziehversuchsstand erstrebenswert. Die Entwicklung eines solchen wird an der FH Wels seit mehreren Jahren durchgeführt.

3 STAND DER TECHNIK

Beim realen Tiefziehprozess tritt eine immer wiederkehrende Werkzeugbeanspruchung innerhalb einer definierten Prozesszeit auf (Abbildung 1). Durch die wiederkehrenden Werkzeugbeanspruchungen treten an den Werkzeugaktivflächen erhöhte tribologische Beanspruchungen auf, die zu erhöhter Verschleißneigung führen.

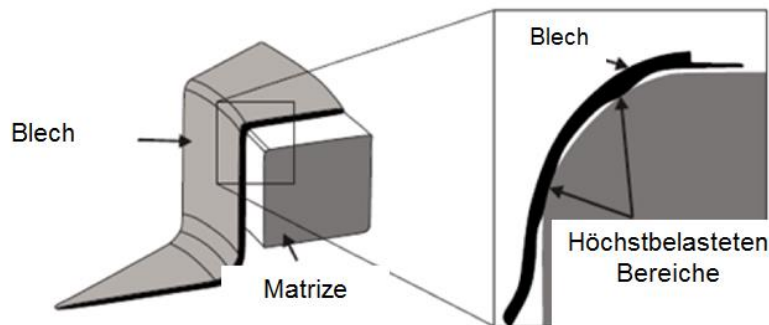


Abbildung 1. Beanspruchte Bereiche eines Tiefziehwerkzeuges [1]

Während des Tiefziehprozesses unterliegt ein Umformwerkzeug auch einer wechselnden thermischen Belastung. Wie in Abbildung 2 veranschaulicht, sind in der Anlaufphase die zugeführten Wärmemengen größer als die abgeführten. Dieses Ungleichgewicht bleibt solange erhalten, bis das Werkzeug eine bestimmte Temperatur erreicht. Ab diesem Zeitpunkt werden die prozessspezifischen Spitzentemperaturen erreicht und man spricht von einer stabilen Phase. Von Hub zu Hub ändert sich das thermische Feld innerhalb einer Periodenlänge zyklisch [2].

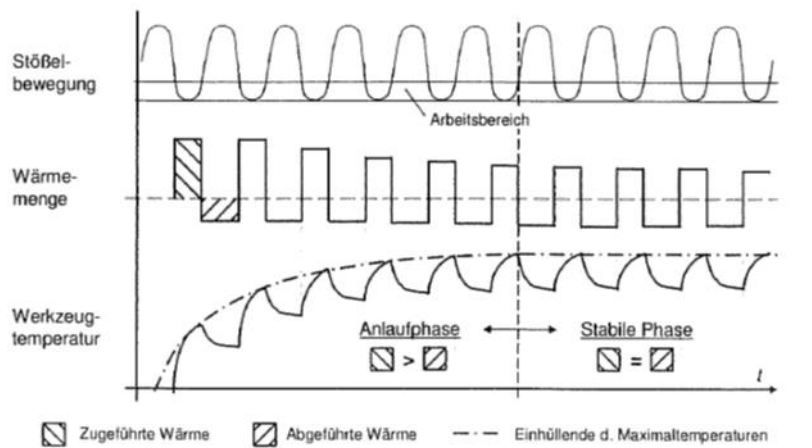


Abbildung 2. Schematische Darstellung der Erwärmung und Temperatur – Haushaltes von Umformwerkzeugen nach [2]

Aus der Praxis ist bekannt, dass bei Tiefziehprozessen mit sehr geringen Zykluszeiten Oberflächentemperaturen bis ca. 450 °C auftreten können. Die Temperatur an den Wirkflächen des Werkzeuges hat einen direkten Einfluss auf die Schmierstoffviskosität. Es ist bekannt, dass die Schmierstoffviskosität mit Erhöhung der Temperatur abfällt. Werden nun manche Regionen eines Tiefziehwerkzeuges sehr hohen Kontaktdrücken ausgesetzt (Stempel- und Ziehkantenradien), kann der Schmierstoff, aufgrund der geringeren Viskosität, besser abfließen [2]. Das führt zu einer erhöhten Festkörperreibung. Aufgrund dieser wechselnden thermischen Beanspruchungen, in Verbindung mit den unterschiedlichen Zykluszeiten, sind empirische Untersuchungen von höchster Bedeutung.

In der Praxis werden Untersuchungen der Reib- und Verschleißkenngrößen mittels Tribosimulatoren (Reib- und Verschleißprüfständen) ermittelt. Es existiert eine Vielzahl an Studien über Verschleißprüfstände und deren praktische Bedeutung [3],[4],[5],[6],[7]. Der Streifenziehversuch ist eine der Prüfmethode, die im Bereich des Tiefziehens die größte Bedeutung hat und kann somit als Standardversuch zur Ermittlung der Reibkenngrößen gesehen werden.

Eine bisher schnellere und einfachere Methode die Reibkenngrößen zwischen gleichen und unterschiedlichen Werkstoffpaarungen zu ermitteln ist der Einsatz von Pin-On-Disc Tribometer. Tribometer-Untersuchungen werden eingesetzt, um eine schnelle und kostengünstige Aussage über das Reib- und Verschleißverhalten von unterschiedlichen Arten von Werkstoffen zu liefern. Sie werden in der Werkstoff- und Schmierstoffentwicklung als auch in der Qualitätssicherung eingesetzt. In der Umformtechnik, speziell beim Tiefziehen, werden Tribometer zur Simulation der Reibungsverhältnisse im Bereich der Stempelkantenrundung und Ziehkantenrundung eingesetzt. Um möglichst reale Bedingungen, welche bei einem Tiefziehprozess auftreten, abbilden zu können ist ein handelsüblicher Pin-On-Disc Tribometer nicht geeignet, da dieser nur eine Kreisbahn abfahren kann. Um die Reibelastungen des Tiefziehprozesses möglichst realitätsnah nachzubilden wurde ein Spiraltribometer an der FH entwickelt, welches bereits erfolgreich im Einsatz ist. Das Spiralbahntribometer ermöglicht ein Abfahren des Reibweges bei stets neuer und unbeschädigter Blechoberfläche und erhöht somit die Aussagekraft der Reib- und Verschleißkenngrößen.

Ein Tiefziehbauteil besteht aus einer Vielzahl unterschiedlicher tribologischer Bereiche. Um alle diese Bereiche nachzubilden wurden verschiedene Modellverfahren des Streifenziehversuches entwickelt (Abbildung 3). Diese lassen sich wie folgt unterteilen: Ziehstückenversuch, Keilziehversuch, Umlenkversuch, Zylinder-Ebene-Versuch und Flachbahnversuch (auch Streifenziehversuch beziehungsweise Flachstreifenziehversuch).

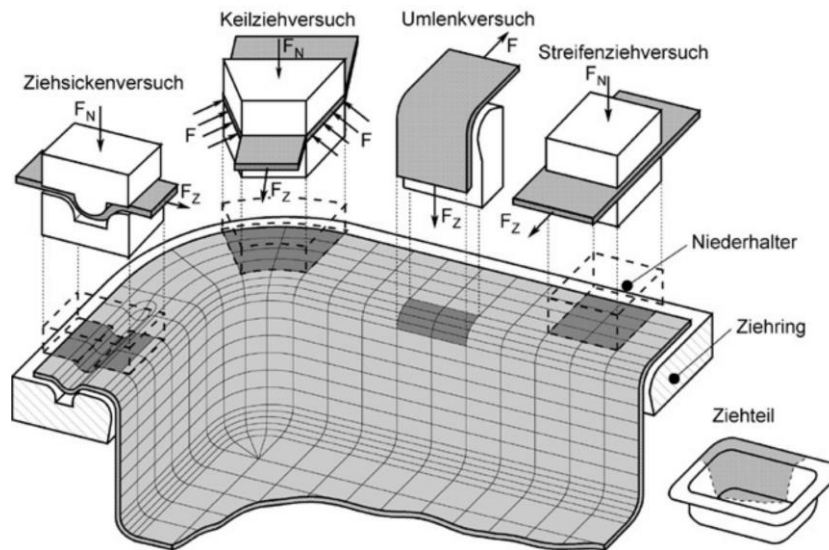


Abbildung 3. Die Prüfvarianten des Streifenziehversuchs [8]

Beim Flachbahnversuch wird das Blechband zwischen einem Ober- und Unterwerkzeug, die mit einer definierten Normalkraft auf das Blechband drücken, mit konstanter Geschwindigkeit hindurchgezogen. Die dafür notwendige Zugkraft wird gemessen und daraus der Reibkoeffizient bestimmt. Der Reibkoeffizient ist eine aussagekräftige Kennzahl und dient für Vergleiche der tribologischen Systeme mit unterschiedlichen Einflussparametern.

Um möglichst prozessnahe Bedingungen beim Streifenziehversuch zu erhalten ist eine Anlage, welche wechselnde Werkzeugbeanspruchungen über einen längeren Zeitraum aufbringen kann, notwendig.

4 ANLAGENAUFBAU

Der Versuchsstand ist multifunktional aufgebaut, so können neben den Streifenziehversuchen auch weitere umformtechnische Modellverfahren durchgeführt werden.

4.1 Bandanlage

Der gesamte Prüfstand wird als Bandanlage bezeichnet (Abbildung 4). Die Anlage ist über zwei Etagen aufgebaut und besteht aus folgenden Komponenten: Das Herzstück der Anlage bildet die hydraulische 4-Säulen Umformpresse mit einer Maximalkraft von 630 kN. Die hydraulische Umformpresse trägt das Flachstreifenziehwerkzeug (FSZWZ) und bringt die notwendige Normalkraft auf. Das Blechband wird von der Abwickelmaschine in der unteren Etage abgespult und nach zweifacher Umlenkung von der Aufwickelmaschine, welche auch für die Aufbringung der Zugkraft sorgt, wieder aufgespult. Währenddessen gelangt das Blechband durch einen Deckendurchbruch und über eine Umlenkung in eine horizontale Lage im Obergeschoß. Dort erfolgt der Eingriff durch das FSZWZ. Ein Kraftsensor im FSZWZ sorgt für die Erfassung der Normalkraft. Die messtechnische Erfassung der Zugkraft geschieht über die Kraftmesseinheit, welche auch gleichzeitig für die abermalige Umlenkung des Blechbandes in das Kellergeschoss sorgt.

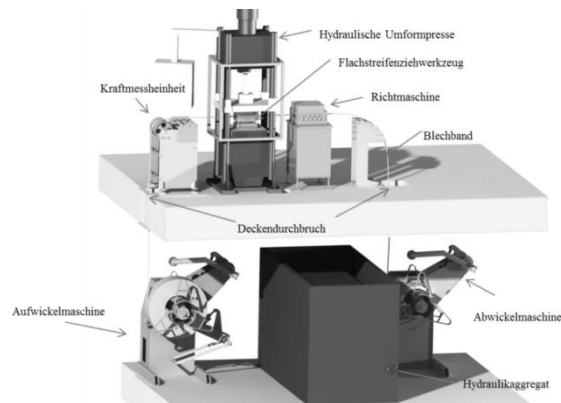


Abbildung 4. Gesamtansicht der Bandanlage über zwei Etagen

4.2 Flachstreifenziehwerkzeug

Der Reibkoeffizient μ wird aus der ermittelten Reib- und Normalkraft über die bekannte Formel

$$\mu = \frac{F_{Zug}}{2 \cdot F_{Normal}}$$

bestimmt¹. Durch die Geometrie der Reibbacken können unterschiedliche Kontaktfälle simuliert werden. In Abbildung 5, rechts ist ein flächiger Kontakt mit den Abmessungen 20x60 mm zu sehen. Die Reibbackengeometrie kann auch so gestaltet werden, dass zwischen oberer und unterer Reibbacke ein Linienkontakt herrscht.

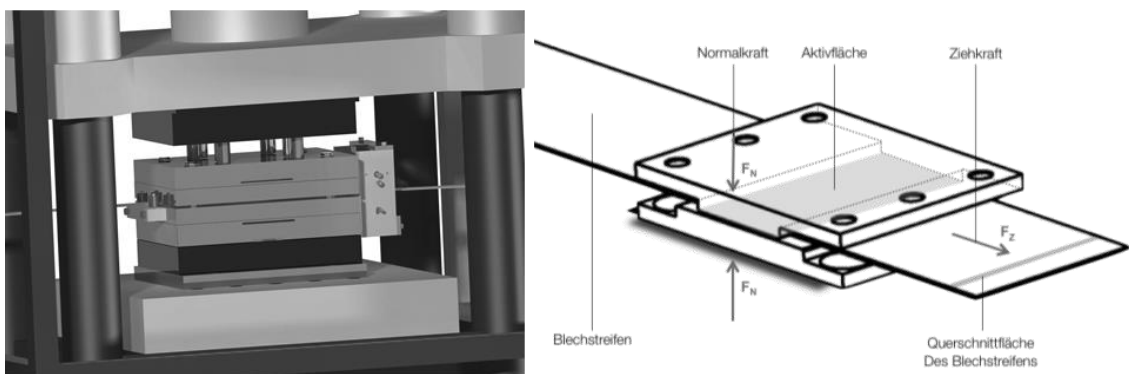


Abbildung 5. (links) FSZWZ in die Presse integriert (rechts) Schema der Reibbacken

Als Reibbackenmaterialien kommen Werkstoffe zum Einsatz, die bei Tiefziehwerkzeugen verwendet werden. Insbesondere können die Werkstoffe mit unterschiedlichen Beschichtungen versehen sein.

Da die Temperatur der Reibbacken einen Einfluss auf die tribologischen Eigenschaften des Systems hat, bietet das FSZWZ die Möglichkeit, die Reibbackentemperaturen zu ermitteln beziehungsweise vorzugeben. Dies erfolgt über die Reibbackenheizungen, auf denen die Reibbacken direkt aufsitzen (Abbildung 6, rechts). Die Temperaturmessfühler befinden sich 9 mm unterhalb der Reibbackenoberfläche und zeigen somit annähernd die Temperatur an der Oberfläche an. Es besteht die Möglichkeit die Position der Temperaturmessfühler zu variieren. Die Wärmeeinbringung in die Heizung erfolgt über Heizpatronen, mit einer Gesamtheizleistung pro Reibbacke von 800 W. Durch Abstandhalter und permanenten Luftaustausch im Innenraum in

¹ Der Faktor $\frac{1}{2}$ ergibt sich durch das beidseitige Wirken der Normalkraft auf das Blechband.

FSZWZ durch Druckluftanschluss wird sichergestellt, dass sich das FSZWZ nicht zu sehr erwärmt.

4.3 Leistungsfähigkeit des Versuchsstandes

Der FSZV ermöglicht mehrere beim Tiefziehprozess wesentliche Beanspruchungskenngrößen gezielt zu variieren. Dazu zählen die Flächenpressung respektive die Normalkraft von 0,1 bis 20 kN, die Ziehgeschwindigkeit des Bandes von 5 bis 215 mm/s sowie die Temperatur der Reibbacken von Raumtemperatur bis 300°C. Um die Leistungsfähigkeit des FSZV zu präsentieren, sind die drei wesentlichen Größen als dreidimensionaler Raum in Abbildung 6, links dargestellt. Weiters kann das Blechband vor dem Durchziehen durch das Werkzeug definiert beölt werden.

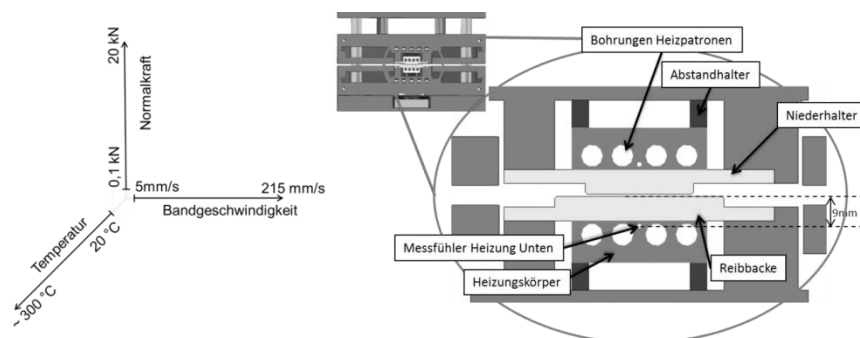


Abbildung 6.(links) Leistungsfähigkeit des Flachstreifenziehversuchs,(rechts) Schema Reibbackenheizung

5 VERSUCHSDURCHFÜHRUNG UND ERGEBNISSE

5.1 Vergleich der ermittelten Ziehkraft mit Simulation

Das primäre Ziel dieser Untersuchung ist der Aufbau eines aussagekräftigen Simulationsmodells, um die ermittelten Ergebnisse aus den Streifenziehversuchen auf ihre Plausibilität zu untersuchen. Hierbei werden Reibbacken aus dem Schnellarbeitsstahl S600 herangezogen, welche mit einer PVD-TiAlN Hartstoffschicht beschichtet werden. Hartstoffschichten eignen sich sehr gut für diese Art Untersuchung, da die Adhäsions- als auch Abrasionsneigung sehr gering ist. Als Gegenkörper wird ein Stahlband aus dem mikrolegierten Stahl HC380LA verwendet. Dieser Stahl besitzt eine erhöhte Streckgrenze und wird vorwiegend zum Kaltumformen verwendet.

Die Versuchsparameter sind in Tabelle 1 dargestellt. Bei dieser Untersuchung wird die Reibzahl aufgenommen und direkt in das Simulationsmodell eingebracht. Anschließend wird die ermittelte Ziehkraft aus den Streifenziehversuchen und der Simulation verglichen.

Tabelle 1. Versuchsmatrix – Vergleich der ermittelten Ziehkraft mit Simulation

| | Streifenziehanlage | Simulation |
|----------------------------------|--------------------|------------|
| Reibbackentemperatur [°C] | RT | |
| Blechwerkstoff | HC380LA | |
| Reibbacke-Werkstoff | S600 | |
| Normalkraft [N] | 8200 | |
| Ziehgeschwindigkeit [mm/s] | 20 | |
| Ziehweg [mm] | 19 x 500mm | 200mm |
| Schmierstoff | - | |
| Schmiermenge [g/m ²] | - | |

Dieses Modell soll in weiterer Folge als Grundmodell für den Aufbau eines Verschleißsimulationsmodelles beitragen.

Als Simulationssoftware wird DEFORM V11 (Design Environment for FORMing) vom Hersteller Battelle verwendet, welches als eines der Standardsimulationsprogrammen in der Industrie gilt. Zur Simulation der Ziehkraft wird ein ebenes Modell verwendet (2D). Dieses Modell eignet sich besonders, da die Aktivteile symmetrisch sind und die Rechenzeit im Vergleich zu einem 3D-Modell deutlich herabgesetzt wird.

In Abbildung 7 sind die Ergebnisse der Streifenziehversuche ersichtlich. Es sind die Reibzahlverläufe (links) und deren Mittelwerte (rechts) abgebildet.

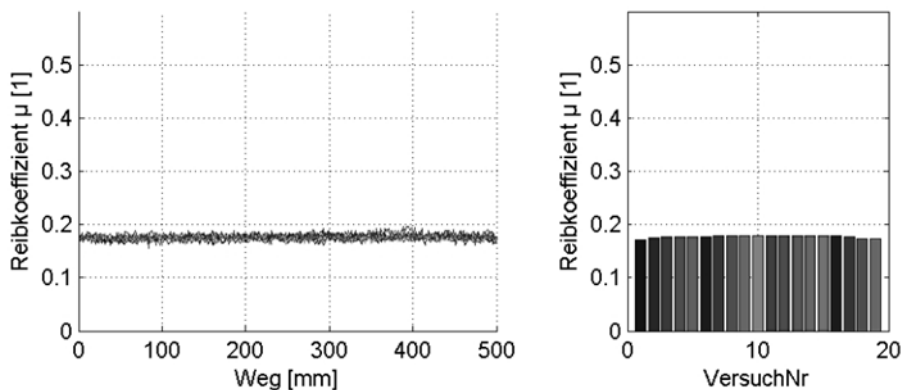


Abbildung 7. Reibzahlverläufe PVD-TiAlN / HC380LA

Die mittlere Reibzahl μ beträgt 0,19. Diese wird zur Simulation der Ziehkraft herangezogen. In Abbildung 8 ist aus Streifenziehversuchen ermittelte sowie die aus der Simulation erhaltene Ziehkraft dargestellt.

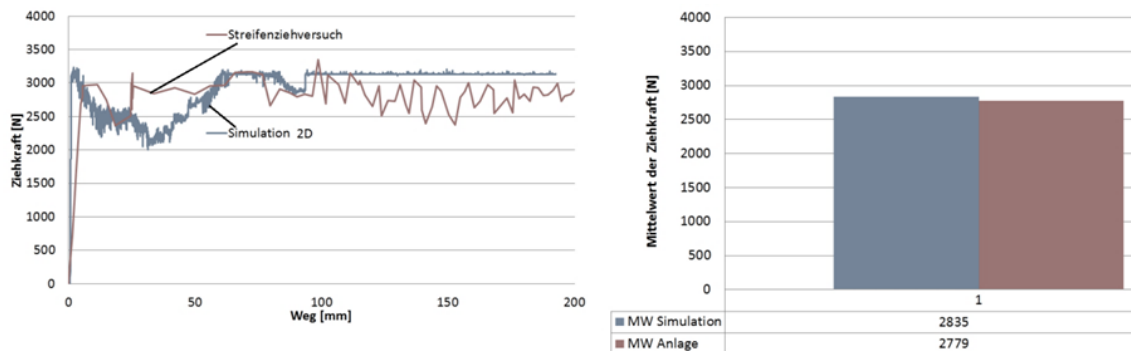


Abbildung 8. Vergleich der ermittelten Ziehkraft mit Simulation (DEFORM)

Es ist ersichtlich, dass die Ziehkraftverläufe geringe Unterschiede aufweisen. Zu beachten ist, dass Einflüsse wie geringe Abweichungen der Blechbanddicke während des Ziehprozesses in der Simulation nur schwer berücksichtigt werden können. Diese Schwankungen bewirken eine minimale Veränderung der Normalkraft und führen somit zur Veränderung dieser. Vergleicht man die Mittelwerte der simulierten mit denen der Streifenziehanlage ermittelten mittleren Ziehkraft, kann davon ausgegangen werden, dass die Ergebnisse qualitativ übereinstimmen.

5.2 Einfluss der Temperatur und Geschwindigkeit auf die Reibzahl

Die Ermittlung des Reibkoeffizienten wird an Werkstoffen durchgeführt, welche für großflächige Tiefziehwerkzeuge in der Praxis herangezogen werden. Die Reibbacken werden aus diesen

Werkstoffen hergestellt und dienen somit als Grundkörper des tribologischen Systems. Eingesetzt werden die Graugusswerkstoffe GJS 700 und GJL 200. Als Gegenkörper dient das Blechband aus den Werkstoff DX 54 D Z110, mit der Abmessung 50 x 0,75 mm.

Die Versuchsparameter sind in Tabelle 2 dargestellt. Bei dieser Untersuchung wird der Einfluss der Temperatur und Ziehgeschwindigkeit auf den Reibkoeffizienten untersucht. Das Erwärmen der Reibbacken erfolgt über die Heizpatronen mit eingebautem Thermoelement.

Tabelle 2. Versuchsmatrix – Einfluss der Temperatur und Geschwindigkeit auf die Reibzahl

| | | | | |
|----------------------------------|--------------|----|--------|----|
| Reibbackentemperatur [°C] | RT | 40 | 60 | 80 |
| Blechwerkstoff | DX 54 D Z110 | | | |
| Reibbacke-Werkstoff | GJL200 | | GJS700 | |
| Normalkraft [N] | 8400 | | | |
| Flächenpressung [MPa] | 4,8 | | | |
| Ziehgeschwindigkeit [mm/s] | 10 | | 50 | |
| Ziehweg [mm] | 3 x 300 | | | |
| Schmierstoff | PL61 | | | |
| Schmiermenge [g/m ²] | 1-1,3 | | | |

Es konnte festgestellt werden, dass die Temperaturänderung am Grundkörper (Reibbacke) zu einer Veränderung der Reibzahl führt. Insbesondere beim Graugusswerkstoff GJL200 ist ein höherer Temperatureinfluss erkennbar (Abbildung 9).

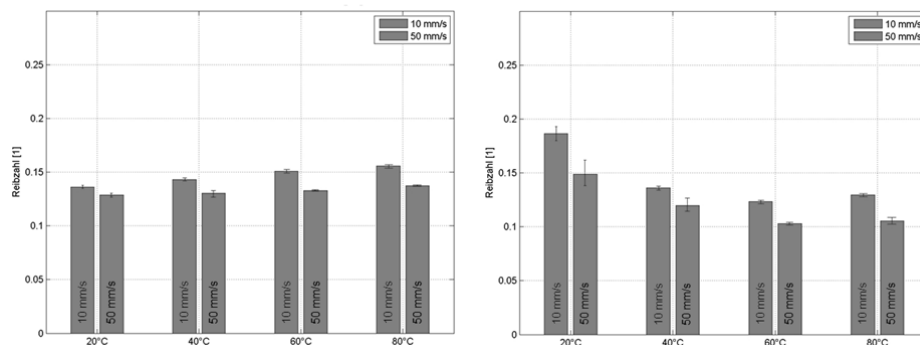


Abbildung 9. Ermittelte Reibkoeffizienten der Werkstoffe (links) GJS 700 und (rechts) GJL 200 bei verschiedenen Temperaturen und Reibgeschwindigkeiten

Bei Raumtemperatur (ca. 20 °C) konnten größere Unterschiede der Reibzahl zwischen den beiden Werkstoffen festgestellt werden. Als Ursache der erhöhten Reibzahl bei GJL200, wird angenommen, dass durch örtliche Spannungsspitzen, hervorgerufen durch die Rauheit des Gegenkörpers und der ungünstigen Verteilung der Graphitlamellen in Verbindung mit einer Gleitbewegung zu einer Deformation der oberflächennahen Bereichen des Matrixwerkstoffes kommt. Dieser Bereich wird durch die Gleitbewegung soweit gestreckt bis der Matrixwerkstoff örtlich versagt. Es entstehen Ausbrüche an der Oberfläche. Infolge der weiteren Gleitbewegung kann sich Zink an den Bruchstellen ansammeln, was zu einer Erhöhung der Reibzahl und in weiterer Folge zum adhäsiven Verschleiß des Grundkörpers (Reibbacke) als auch zum abrasiven Verschleiß des Gegenkörpers (verzinktes Blechband) führt (Abbildung 10).

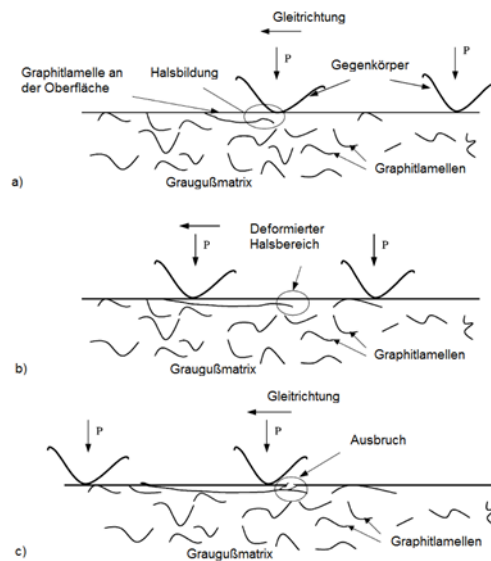


Abbildung 10. Schematische Darstellung der Oberflächen deformation und des Versagens des Matrixwerkstoffes durch Rauheitsspitzen induzierte Pressung mit Gleitbewegung bei Gusseisen mit Lamellengraphit nach [9]

Beim Graugusswerkstoff GJS700 ist ein Anstieg der Reibzahl mit Erhöhung der Temperatur erkennbar. Es wird angenommen, dass der Temperaturunterschied zu einer Absenkung der Viskosität führt und somit zu einer Erhöhung der Reibzahl. Bei GJL200 verhält sich die Reibzahl umgekehrt. Es konnte festgestellt werden, dass die Reibzahl bis 60 °C abfällt und bei 80 °C wieder ansteigt. Betrachtet man den Verschleiß der Reibbacken der verwendeten Werkstoffe, ist ersichtlich, dass der adhäsive Verschleiß bei GJS700 deutlich geringer ausfällt (Abbildung 11).



Abbildung 11. Reibbacken nach 7200 mm Ziehweg: (links) GJS700 (rechts) GJL200

Die Erhöhung des adhäsiven Verschleißes an den GJL200 Reibbacken führt zur Bildung einer Zinkschicht an der Reibbackenoberfläche (Abbildung 11, rechts). Das führt zu einem verbesserten tribologischen Verhalten aufgrund chemisch gleicher Reibpartner. Infolgedessen sinkt die Reibzahl [10] [11] [12].

Weiters ist ersichtlich, dass mit der Erhöhung der Reibgeschwindigkeit die Reibzahlen bei beiden Werkstoffen abfallen. Dieses Verhalten kann aufgrund der Minimalmengenschmierung dem Stribeck-Effekt zugeschrieben werden (Abbildung 12). Da bei Umformprozessen meist Grenz- oder Mischreibungszustände vorliegen, fällt die Reibzahl mit der Erhöhung der Geschwindigkeit [8] [13].

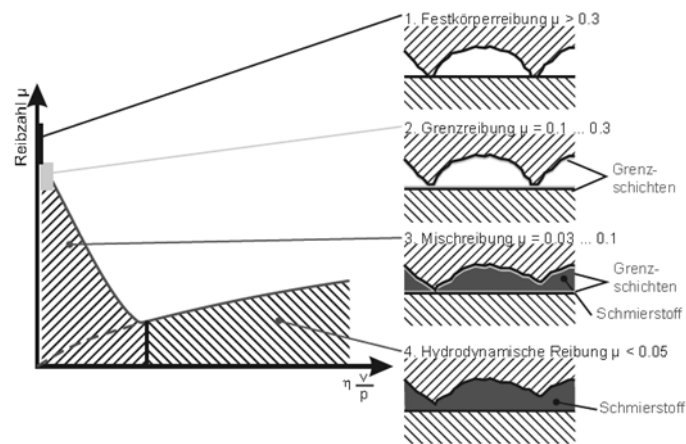


Abbildung 12. Stribeck-Diagramm und Reibzustände [8]

Um dieses Verhalten genauer zu untersuchen werden Untersuchungen bei sehr niedrigen bis hohen Geschwindigkeit durchgeführt, welche im Folgenden beschrieben werden.

5.3 Einfluss der Geschwindigkeit auf die Reibzahl

Die Versuchsparameter sind in Tabelle 3 dargestellt. Bei dieser Untersuchung wird der Einfluss der Geschwindigkeit auf den Reibkoeffizienten untersucht. Aufgrund der geringeren Neigung zum adhäsiven Verschleiß wird der Werkstoff GJS700 als Grundkörper verwendet. Es findet kein aktives Erwärmen der Reibbacken statt. Alle Versuche werden bei Raumtemperatur durchgeführt.

Tabelle 3. Versuchsmatrix – Einfluss der Geschwindigkeit auf die Reibzahl

| | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|--------------|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|
| Reibbackentemperatur [°C] | RT | | | | | | | | | |
| Blechwerkstoff | DX 54 D Z110 | | | | | | | | | |
| Reibbacke-Werkstoff | GJS700 | | | | | | | | | |
| Normalkraft [N] | 6000 | | | | | | | | | |
| Ziehgeschwindigkeit [mm/s] | 5 | 15 | 25 | 40 | 55 | 85 | 120 | 150 | 185 | 215 |
| Ziehweg [mm] | 3 x 300 | | | | | | | | | |
| Schmierstoff | PL61 | | | | | | | | | |
| Schmiermenge [g/m ²] | 1-1,3 | | | | | | | | | |

Es konnte festgestellt werden, dass die Reibgeschwindigkeitserhöhung zur Absenkung der Reibzahl führt und somit der Stribeck-Effekt bestätigt wird (Abbildung 13).

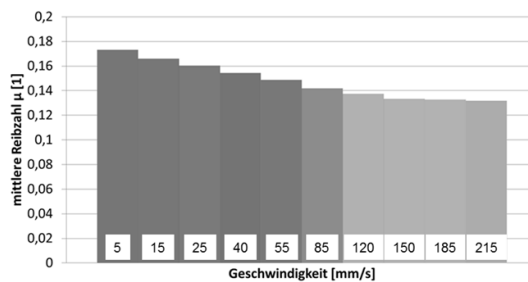


Abbildung 13. Einfluss der Geschwindigkeit auf die Reibzahl

6 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Die Untersuchungen zeigen, dass mit der an der FH entwickelten Streifenziehanlage reproduzierbare Messwerte aufgenommen werden können. Darüber hinaus konnte der Temperatureinfluss, insbesondere bei den Graugusswerkstoffen GJL200 und GJS700, bestätigt werden. Der Abgleich mit der Simulation zeigt qualitativ übereinstimmende Ergebnisse. Die Streifenziehanlage bietet zudem die Vorteile in Hinblick auf:

- Untersuchung des tribologischen Verhaltens von verschiedenen Werkstoffen und Oberflächenschichten
- Untersuchung der Schmierstoffeigenschaften
- Variation der Reibgeschwindigkeit (5 - 215 mm/s) sowie
- Untersuchungen des Temperatur- und Schmierstoffeinflusses auf den Reibkoeffizienten.
- Der FSZV ermöglicht unter anderem mehrere beim Tiefziehprozess wesentliche Beanspruchungskenngrößen gezielt zu variieren. Dazu zählen die Flächenpressung und die Normalkraft von 0,1 bis 20 kN.

Es konnte aufgezeigt werden, dass eine Fülle von Untersuchungsvarianten durchführbar sind. Zurzeit wird an der Fachhochschule Wels an einer Bandheizung als auch einer Bandreinigung gearbeitet. Die Bandheizung soll Temperaturen bis 400 °C gewährleisten, um Untersuchungen des Gegenkörpers unter Einfluss der Temperatur zu ermöglichen.

LITERATURVERWEISE

- [1] Doege, E; Behrens, B.A.; Handbuch Umformtechnik, Grundlagen Technologien, Maschinen, Springer Verlag 2006
- [2] Schneider, D.; Simulationsgestützte Untersuchung der Werkzeugbelastung beim Tiefziehen höchstfester Stähle, Forschungsberichte Prof.Dr.-Ing. H. Hoffmann, Technische Universität München, 2008
- [3] Podgornik, B.; Hogmark, S.; Pezdinik, J.; Comparison between different test methods for evaluation of galling properties of surface engineered tool surface, WEAR 257 (2004) 843-851
- [4] Ku, I.S.Y.; Reddyhoff T.; Choo J.H.; Holmes A.S.; Spikes H.A.; A novel tribometer for the measurement of friction in MEMS; Tribology International 43 (2010) 1087 – 1090
- [5] Sinha Sujeet K.; Thia Shi-Ling; Lim L.C.; A new tribometer for friction drives; Wear 262 (2007) 55-63
- [6] Moerlooze K. D.; Al-Bender F.; Hendrik Van Brussel; An experimental study of ball- on-flat wear on a newly developed rotational tribometer; Wear 271 (2011) 1005 – 1016
- [7] Huskic, A.; Mehic, B.; Kasper, M.; Douglas, V.; Development of a heating system for a spiral tribometer to investigate the influence of temperature on tribological systems, Advanced Materials Research Vols. 966-967 (2014) pp 87-95
- [8] Hoffmann, H.; Neugebauer, R.; Spur G.; Handbuch Umformen, Edition Handbuch der Fertigungstechnik, Carl Hanser Fachbuchverlag, 2012
- [9] Riahi, A.R.; Alpas, A.T.; Wear map for grey cast iron, Wear 2555 (2003) 401-409
- [10] Franz, V.; Korrelation neuer dreidimensionaler Werkzeugoberflächenkenngrößen und dem Auftreten von Galling beim Tiefziehen, Masterarbeit, Fachhochschule Oberösterreich, 2014
- [11] Kendel, M.; Reduzierung von Zinkaufbau durch die Optimierung der Tiefziehwerkzeuge und Prozessparameter, Diplomarbeit, Fachhochschule Oberösterreich-Wels, 2012
- [12] Filzek, J.: Kombinierte Prüfmethode für das Reib-, Verschleiß- und Abriebverhalten beim Tief- und Streckziehen (Berichte aus Produktion und Umformtechnik), Shaker- Verlag, Aachen 2004
- [13]. Czichos, H. und Habig, K.-H. (2010): Tribologie-Handbuch / Reibung und Verschleiß, 3. Auflage. Wiesbaden : Vieweg+Teuber Verlag / Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH