

Strukturierte Schneidstempel

Tribologische Optimierung von Schneidstempeln durch Mikrostrukturierung mittels maschinellem Oberflächenhämmern

Projektverantwortlicher	Philipp Schumann M. Sc.
Laufzeit	Februar 2021 – Juni 2023
Abteilung	Tribologie
Förderlinie	EFB 18/120, BMWK

Abstract

Die Standzeit von Stempeln beim Scherschneiden oder artverwandten Verfahren wird stark von der Oberflächenbeschaffenheit der eingesetzten Werkzeuge beeinflusst. Durch den Einsatz spezieller Hammerköpfe kann die Oberfläche von metallischen Werkstoffen durch maschinelles Oberflächenhämmern gezielt strukturiert werden. Die so erzeugten Mikroindentionen wirken als Schmierstoff- und Verschleißpartikelreservoir. Dadurch ist es möglich, die effektive Standzeit der Werkzeuge zu erhöhen.

Projektbeschreibung

Durch eine tribologische Optimierung von Werkzeugoberflächen mit Hilfe von maschinell erzeugten Mikrostrukturen lassen sich Stillstandszeiten bei gleichbleibend hoher Produktqualität minimieren. Speziell bei hohen Kontaktnormalspannungen durch hydrostatische und hydrodynamische Effekte können Reibwertreduzierungen von bis zu 30% erzielt werden. Zudem werden unvermeidlich auftretende Verschleißpartikel, die langfristig erheblich zum Werkzeugversagen beitragen, von den Mikrostrukturen aufgenommen. Dadurch wird das Einsetzen von Verschleißerscheinungen nachhaltig verzögert. Die Strukturierung durch maschinelles Oberflächenhämmern umfasst neben der Strukturierung simultan die Effekte der Einglätung, der Erzeugung oberflächennaher Druckeigenstressungen und der Härtesteigerung. Somit kann durch lediglich einen Bearbeitungsschritt der gesamte Produktlebenszyklus effizienter und effektiver gestaltet werden. Eine Manipulation mittels Mikrostrukturierung der Werkzeugfläche ist aufgrund der hohen Werkzeughärten bisher allerdings prozesstechnisch nicht realisierbar und die lokale tribologische Beanspruchung nur

unzureichend erforscht. Abbildung [1] zeigt einen Hammerkopfeinsatz mit Mikrospitze sowie die dadurch resultierenden Oberflächenstrukturen.

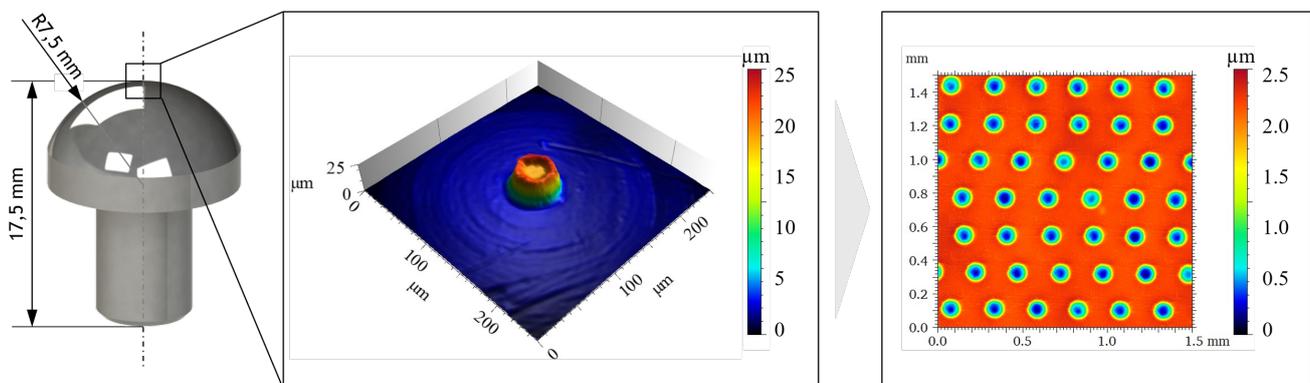
Ergebnisse

Strukturierung von Schneidstempeln

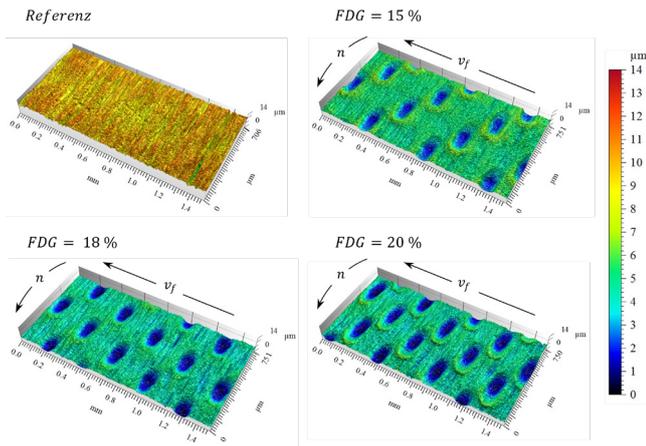
Zur Applikation der Struktur auf rotationssymmetrische Schneidstempel wird ein Strukturierungszentrum verwendet, dessen Kinematik vergleichbar mit einer Drehmaschine ist. Über eine Vorschubachse wird das MOH-System mit einem definierten Verhältnis aus Geschwindigkeit und Abstand entlang der Oberflächenkontur der Rotationsachse geführt. Durch eine zusätzliche Drehachse wird die Bearbeitung der gesamten Stempelmantelfläche erreicht. Dadurch ergibt sich eine spiralförmige Bearbeitungstrajektorie. Durch Steuerung der Schlagfrequenz sowie Vorschubgeschwindigkeit (v_f) und Drehzahl (n) können definierte Strukturierungsabstände eingestellt werden. So ist es möglich, unterschiedlich dichte Strukturierungsmuster auf die Mantelfläche zu applizieren. Das Verhältnis der Gesamtfläche der applizierten Kavitäten an der initialen Werkzeugoberfläche wird als Flächendeckungsgrad (FDG) bezeichnet und entscheidet maßgeblich über die erzielte Beeinflussung der Reibeigenschaften. Auf Basis vorgelagerter Tribometerstudien wurden industrielle Schneidstempel mit einem Durchmesser von 6 mm mit einem FDG von 15, 18 und 20 % strukturiert. Die Ausgangsoberfläche der industriellen Referenz sowie die erzielten Strukturen sind in Abbildung [2] dargestellt.

Einsatz im Scherschneidprozess

Die Funktionalität der erzeugten Strukturen auf den Schneid-



[1] Hammerkopf zugehörige Mikrospitze und resultierende Topografie



[2] Strukturierte Schneidstempeloberflächen

stempeln wurden an einer Schnellläuferpresse vom Typ BSTA 810-145 der Firma Bruderer überprüft. Das verwendete Schneidwerkzeug bildet eine einstufige konventionelle Scherschneidoperation mit Abstreifer ab. Im Werkzeug wird die Stanzkraft F_S durch einen Kistler Kraftsensor aufgezeichnet. Dieser basiert auf dem piezoelektrischen Effekt und ist direkt oberhalb des Stempelhalters integriert. Der in dieser Versuchsreihe betrachtete Schneidspalt beträgt $150\ \mu\text{m}$. Zur Erzeugung ausgeprägter Durchdrück- und Rückzugsphasen wurde die Eintauchtiefe der Stempel in die Matrize auf $7,4\ \text{mm}$ gestellt und die Beölung auf das Prelube des Versuchsmaterial beschränkt. Die Hubrate beträgt $300\ \text{l/min}$. Mit dem beschriebenen Parametersatz wurden für jeden der vorgestellten Schneidstempel 1.500 Hub durchgeführt. In Bild [3] sind die gemittelten Stempelkraftverläufe der Versuchsreihe gezeigt.

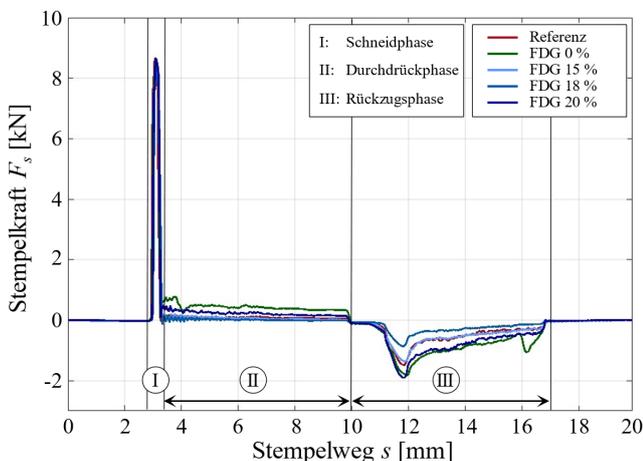
Beeinflussung der Lebensdauer

Zusätzlich wurde durch Erhöhung der Eintauchtiefe und Erhöhung der Hubrate ein zusätzlich Verschleiß provozierender Zustand erzeugt. Dies führt im Prozess zu höheren Relativgeschwindigkeiten und einem längeren Kontakt des Stempels mit dem Blech. Dadurch steigt die Belastung auf den Stempel deutlich an und eine rapide Verschleißentwicklung wird provoziert. Mit diesem angepassten Parametersatz wird in einer ergänzenden Betrachtung ein industrieller Referenzstempel ei-

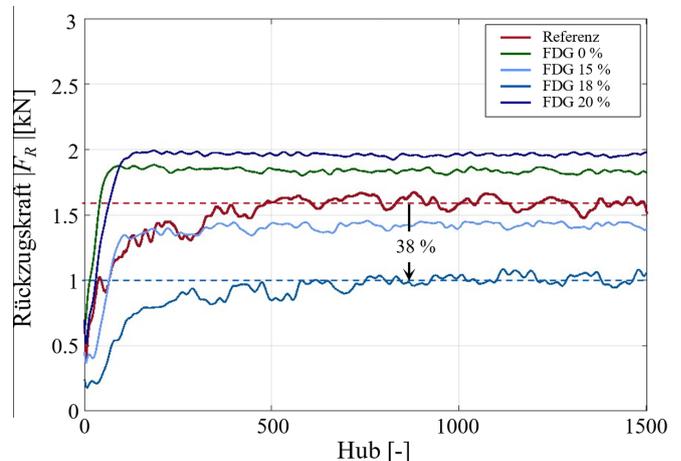
nem Schneidstempel mit FDG von $17\ \%$ gegenübergestellt. Bei diesen adaptierten Bedingungen setzt beim Referenzstempel nach 8000 Hub schwerer Verschleiß ein. Im Anschluss erfolgt die Gegenüberstellung mit dem strukturierten Pendant. Dieser zeigt nach 13.000 Hub keinen versagenskritischen Verschleiß. Bild 4 zeigt in einer Fotomontage die Schneidstempel nach Ende der Versuchsreihe. Die Aufschweißungen in Form eines goldenen Überzugs im Eintauchbereich der Mantelfläche sind deutlich erkennbar. Diese entstehen im Prozess zunächst schleichend, führen aber sukzessive zu einer Reduktion des effektiven Schneidspalts. Es steigt die wirkende Kontaktnormalspannung in Durchdrück- und Rückzugsphase, die dadurch wachsende Reibkraft führt zur Dissipation von Wärme. Damit erhöht sich die Adhäsionsneigung am Stempel weiter. Die Effekte amplifizieren sich gegenseitig bis der Prozess nicht mehr beherrschbar ist und das Werkzeug letztlich versagt. Dies belegen die Anlauffarben am Stempelschaft und die Mikroskopaufnahmen der $30\ \mu\text{m}$ starken Adhäsionsschicht im Eintauchbereich.

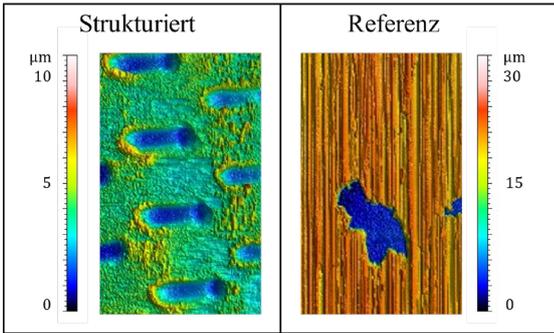
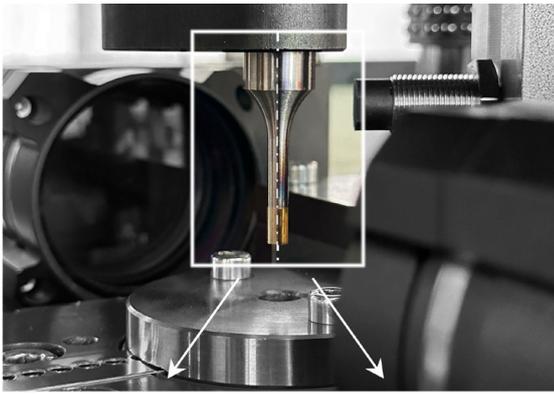
Zusammenfassung

Die Machbarkeit und Effektivität von Mikrostrukturierungen auf der Mantelfläche von Scherschneidstempeln durch maschinelles Oberflächenhämmern konnte nachgewiesen werden. Um eine Optimierung der tribologischen Eigenschaften zu erzielen, ist es erforderlich den Flächendeckungsgrad gezielt auf das betrachtete Tribosystem einzustellen. Dafür müssen Werkzeug, Schmierstoffsystem, Blechmaterial und die vorherrschenden Prozessparameter berücksichtigt werden. Bei gezielter Dimensionierung ist es so möglich, die Reibung zu reduzieren und die Lebensdauer des Schneidstempels zu erhöhen. Zur Ableitung von generalisierten Handlungsrichtlinien der Mikrostrukturierung durch maschinelles Oberflächenhämmern für weitere Tribosysteme sowie Prozesse der Blechverarbeitung sind zusätzliche Versuche und analytische Betrachtungen geplant. Die Technologie bietet bei konstruktiver Zugänglichkeit des Werkzeugs durch ein MOH-System das Potenzial eine große Bandbreite an Verfahren effizienter zu gestalten und ressourcenschonender auszulegen. Damit stellt die deterministische Oberflächenstrukturierung eine Schlüsseltechnologie für die Steigerung der Nachhaltigkeit in der Blechumformung dar.



[3] Schneidkraftverlauf der strukturierten Stempel





[4] Oberfläche der Schneidstempel nach Prozesseinsatz

Danksagung

Das IGF-Vorhaben 21560 N der EFB wird über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Das PtU dankt der Europäischen Forschungsgesellschaft für Blechverarbeitung e.V. und der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e.V. (AiF) sowie den folgenden Unternehmen für Ihre Beteiligung an der Durchführung des Forschungsprojektes.

Gefördert durch



Netzwerk



Projektpartner

