

Untersuchung und Optimierung der Tribologie beschichteter Messer für das Schneiden von Polymeren zur Ausbildung selbstschärfender Schneidwerkzeuge

Das IGF-Vorhaben (IGF 15782 BG) der Forschungsvereinigung Forschungsgemeinschaft Werkzeuge und Werkstoffe e.V. (FGW) und des Forschungsinstitut für Leder und Kunststoffbahnen gGmbH (FILK) wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung und –entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.



Die Langfassungen der Arbeiten bzw. Schlussberichte können bei der FGW gegen Erstattung der Kopierkosten [0,50€ je Seite] angefordert werden.

Ansprechpartner zum Vorhaben in der FGW : Samuel Zind

Am Forschungsvorhaben beteiligte Forschungsstellen sind das Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheit- und Energietechnik (UMSICHT, Oberhausen), das Institut für Werkzeugforschung und Werkstoffe (IFW, Remscheid) und das Forschungsinstitut für Leder und Kunststoffbahnen (FILK, Freiberg)

Wissenschaftliche Problemstellung

Die technische Entwicklung hat in den letzten Jahrzehnten zahlreiche neue dünne Beschichtungssysteme hervorgebracht, welche u.a. zur Verbesserung von Zerspanungswerkzeuge eingesetzt werden. Die neuen Beschichtungssysteme

unterscheiden sich sowohl von dem abgedichteten Materialien (Carbide, Nitride, Hartmetalle, keramische Oxide, Kohlenstoffverbindungen oder Diamant) aber insbesondere auch von der Struktur (Monolayer, Multilayer oder Nanokomposite) und von dem Aufbau (kolumnar oder gradiert). Bei den Entwicklungen standen oft die Verringerung von Werkzeugverschleiß im Vordergrund. Die abgedichteten Schichtsysteme verlängern die Werkzeugstandzeit u.a. durch einen sogenannten Kantenschutzeffekt, der auch als Schärfeschutz oder *selbstschärfend* bezeichnet wird. Dieser Effekt wurde im vorliegenden Forschungsvorhaben systematisch untersucht, weiterentwickelt und auf technische Messer für das Trennen von Kunststoffen übertragen.

Forschungsziel

Ziel der vorliegenden Forschungsarbeit war auf der Grundlage von Bionischen Vorbilder aus der Natur – wie den Schneidzähne von Ratten – ein neues Konzept für den Aufbau von schärfeschützende Beschichtungen für technische Messer zu entwickeln. Durch die zielgerichtete Auswahl von Schneidwerkstoffen und Schichtsystemen wurde – durch gezieltes Nutzen von Abnutzungsvorgänge an der Schneidkante – der Verschleiß gezielt gelenkt werden, um somit die Schärfe der Messer länger zu erhalten.

Forschungsergebnisse

In Anlehnung an Zähnen von Nagetieren wurde die Struktur des Zahnschmelzes technisch nachempfunden und ein neues Messerkonzept erarbeitet. Auf einem Grundkörper aus Kaltarbeitsstahl wurde eine hierarchisch strukturierte Mehrlagen-Nanokomposit-Duplex-Beschichtung mit einer Konversionsschicht (Nitrierschicht) als Verbindungsschicht aufgetragen. Als Grundkörper wurden drei Kaltarbeitsstähle mit jeweils hohen, mittleren und geringen Hartphasenanteilen ausgewählt. Die Härte des Stahls wurde in drei Stufen variiert. Verglichen wurden unbehandelte Referenzmesser mit nitrierten Messern und Messer mit Duplex-Beschichtung (Nitrierschicht + TiB₂).

Nach einseitiger Schleifbearbeitung der Schneide verschleißt dieser Aufbau bevorzugt der weichere Messer Stahl, so dass sich die behandelte Freifläche als scharfe Schneidkante herausarbeiten kann. Die Messerwerkstoffe, der Beschichtungsaufbau und Schneidengeometrie wurden exemplarisch für die Schneidanwendung der Kunststoffgranulation hergestellt und erprobt. Abb. 1 zeigt die für die Granulationsversuche genutzte Vorrichtung. In der Laborschneidvorrichtung sind zum Verfolgen des Schneidkantenverschleißes eine Schnittkrafterfassungseinheit und eine taktile Schneidkantenvermessung integriert.

So wurde die geometrischen Änderungen an den Schneidkanten und somit der Verschleiß über den Schnittweg während der Schnittversuche verfolgt (s. Abb. 2).



Abb. 1: Laborschneidvorrichtung für Granulationsversuche

Als Schnittmaterial wurde für das Projekt ein polymerer Werkstoff auf Polypropylen-Basis ausgesucht und eine Rezeptur mit 30-Prozent abrasivem Füllstoff (TiO₂) entwickelt. Zur Extrusion des Strangprofils wurde die Düse angepasst, um geometrisch exakte Stränge herzustellen. Es wurden insgesamt 16 Kilometer Strang für die geplanten Schnittversuche produziert.

Die Erprobung des bionischen Werkzeugkonzeptes zeigt, dass eine auf der Freifläche applizierte Hartstoffschicht mit einer Konversionsschicht als Verbindungsschicht nach Vorbild der Zahnschmelzstruktur eine stabile Schneidkante hervorbringt. Der ursprüngliche Messerkörper dient als Träger dieses Schichtsystems. Damit sich verschleißinduziert eine scharfe Schneidkante herausbilden kann, muss sich das Stahlsubstrat bevorzugt abnutzen. Hochlegierte Kaltarbeitsstähle mit hohem Kohlenstoffgehalt sind dafür nicht gut geeignet. Im

Werkzeugkonzept zeigte deshalb der niedriglegierte Stahl PM-X63CrMoV5-1 mit ca. 5 Vol.-% Hartphasenanteil die besten Ergebnisse (s. Abb. 3).

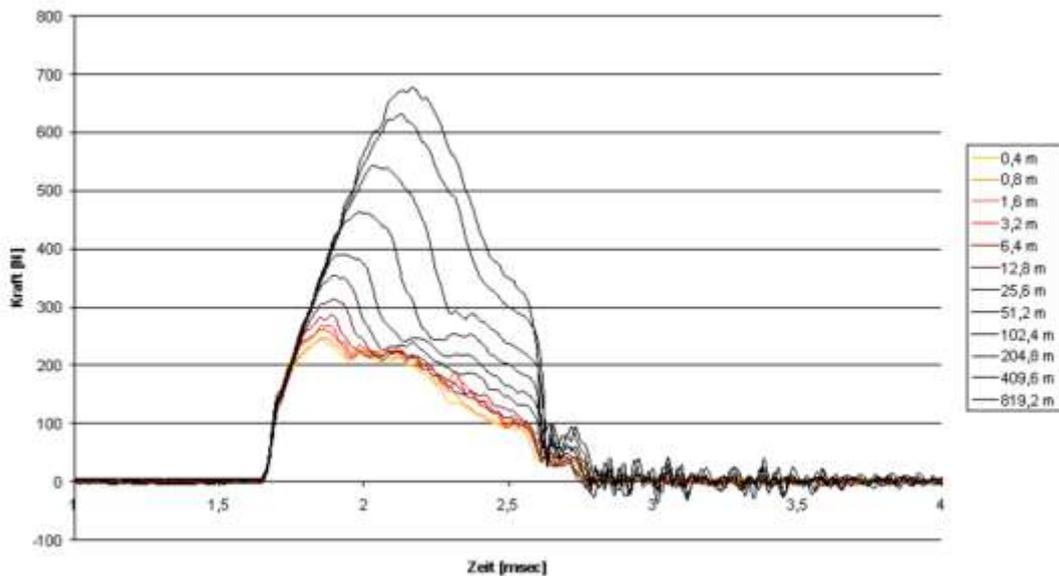


Abb. 2: Entwicklung des Schnittkraftverlauf nach unterschiedlichen Schnittwegen eines unbehandelten Messers aus PM-X153CrMoV12 (52 HRC, Spanwinkel: 30°, Freiwinkel: 20°, Schnittgeschwindigkeit: 8 m/s) bei einem Gesamtschnittweg von 819 m; Schneidkantenradius: 44µm

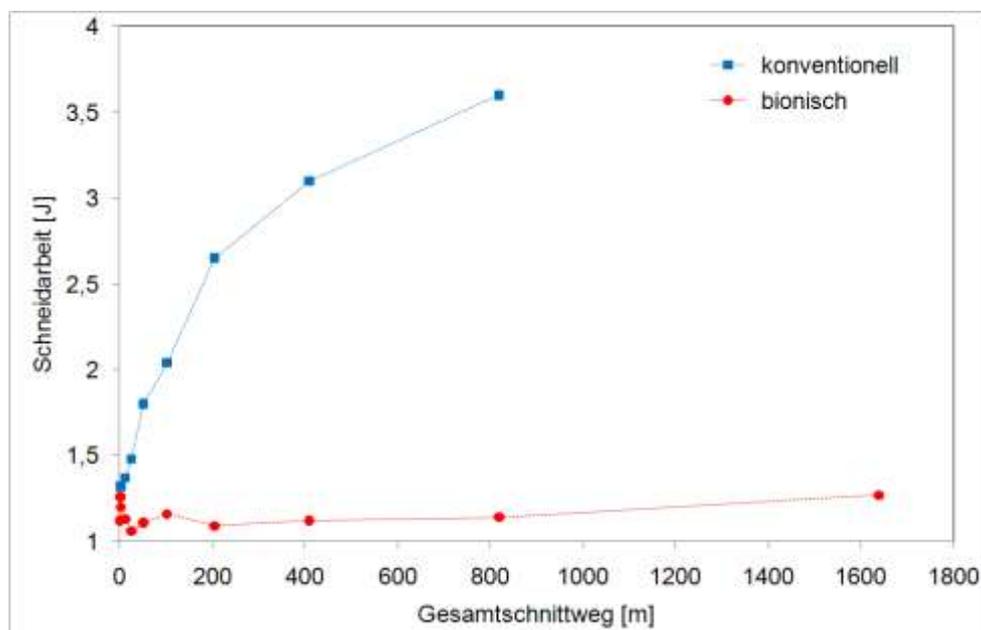


Abb. 3: Gegenüberstellung der Schneidarbeit des konventionellen und bionischen Messerkonzeptes: Konventionell: Werkstoff PM-X153CrMoV12 (60 HRC, Spanwinkel: 30°, Freiwinkel: 20°); Bionisch: Werkstoff PM-63CrMoV5-1 (60 HRC, Spanwinkel: 30°, Freiwinkel: 10°), Freifläche nitriert + Duplex-TiN-TiB₂ beschichtet)

Anmerkungen

Ein vollständiger Sachbericht zum Forschungsthema kann bei der FGW unter +49 (0)2191 / 900-300 bestellt werden.

Weitere Informationen erhalten Sie bei Dipl.-Ing. Samuel Zind +49 (0)2191 / 900-300.

Ein besonderer Dank gilt neben dem Fördermittelgeber allen Mitgliedern im projektbegleitenden Ausschuss für die gute Zusammenarbeit und für die Unterstützung bei der Durchführung der Forschungsarbeiten.