

Tribologische Optimierung von Stanzprozessen durch Mikrostrukturierung

Das Projekt ‚TriboCuttingPunch‘ widmete sich innerhalb des Programms ‚WIR! GRAVomer‘ der gezielten Optimierung von Stanzprozessen.

Das primäre Ziel bestand darin, durch gezielte Mikrostrukturierung der Mantelflächen von Schneidstempeln das Verschleißverhalten zu optimieren und die Standmengen signifikant zu erhöhen (*Bericht Seite 3*).

Innerhalb des Konsortiums übernahm die **KMLT GmbH** (KMLT®) den Bereich für präzise Lasermikrobearbeitung. Das Unternehmen verantwortete die technologische Umsetzung der Strukturierung, von der Ermittlung der optimalen Laser-Abtragsparameter über die Applikation auf den Schneidstempeln bis hin zur wiederholgenauen Anfertigung der Komponenten für die experimentellen Untersuchungen. Maßgeblich unterstützt und wissenschaftlich geleitet wurde das Vorhaben durch das **Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik (IWU)**. Mit seiner über 30-jährigen Expertise in der Umformtechnik von Blechwerkstoffen sicherte das Fraunhofer IWU die wissenschaftliche Exzellenz des Projekts ab. Das Institut war verantwortlich für die fertigungsgerechte Auslegung der Mikrostrukturierung, die Durchführung der Schneidversuche im Labormaßstab sowie die umfassende Charakterisierung der Schneidstempel und die abschließende Versuchsauswertung (*Bericht Seite 4, 9*).

In der technologischen Entwicklungsphase wurden drei pulvermetallurgische Hochleistungsstähle (SMP23 / Vanadis 23, S790 microclean und CPM REX 73) als Stempelwerkstoffe qualifiziert. Eine zentrale Erkenntnis der Zusammenarbeit war, dass für Vanadis 23 und S790 aufgrund nahezu identischer chemischer Zusammensetzungen die gleichen Laserparameter genutzt werden konnten (*Bericht Seite 12*). Bei der Wahl der Strahlquelle wurden Kurzpuls- (KP) und Ultrakurzpuls-Laser (UKP) verglichen. Während das Fraunhofer IWU die Vorteile des UKP-Lasers (Femtosekundenlaser) hinsichtlich Präzision und thermischer Schonung wissenschaftlich belegte, konnte die KMLT GmbH parallel dazu aufzeigen, dass der KP-Laser für viele industrielle Anwendungen die wirtschaftlichere Alternative darstellt, ohne das Einsatzverhalten negativ zu beeinflussen (*Bericht Seite 18, 32*).



Abbildung 1: strukturierte Rundstempel Layouts für Versuchsteil B – Einsatz im Bandwerkstoff DC04 und 1.4310
Verschiedene Strukturdesigns zur Optimierung der Schmiermittelhaltung (Bericht Seite 22).

Die vom Fraunhofer IWU und KMLT® entwickelten Strukturdesigns, wie Rauten- und Kugelkappenvarianten, wurden unter Berücksichtigung der Blechdicke (0,8 mm) und Eintauchtiefe mit einem präzisen Abstand von 0,3 mm zur Schneidkante positioniert (*Bericht Seite 11*). In Langzeittests mit über 200.000 Hübem bestätigte sich die Stabilität dieser Strukturen. Die gemeinsame messtechnische Auswertung ergab einen minimalen Verschleiß an den Strukturkuppen von durchschnittlich nur 4 µm bis 7,3 µm (*Bericht Seite 28, 30*).

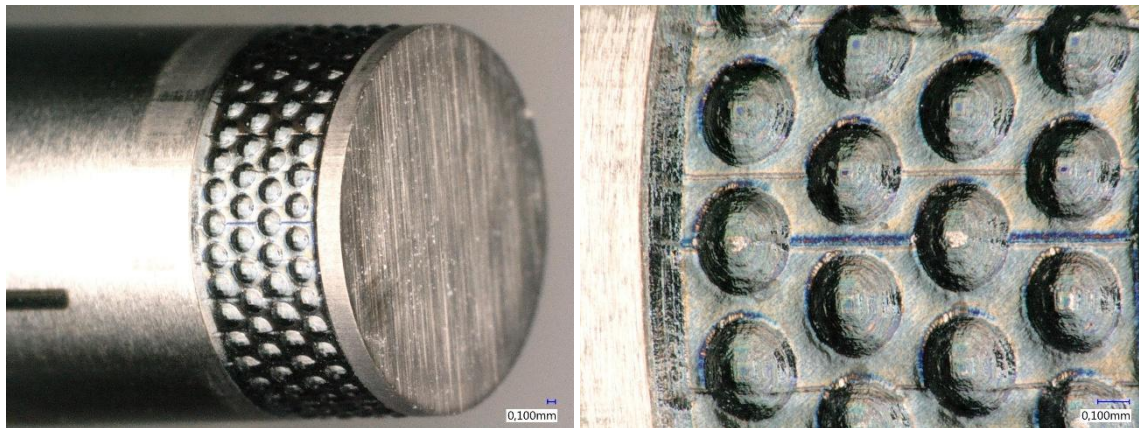


Abbildung 2: Strukturierung nach 50.000 Hub

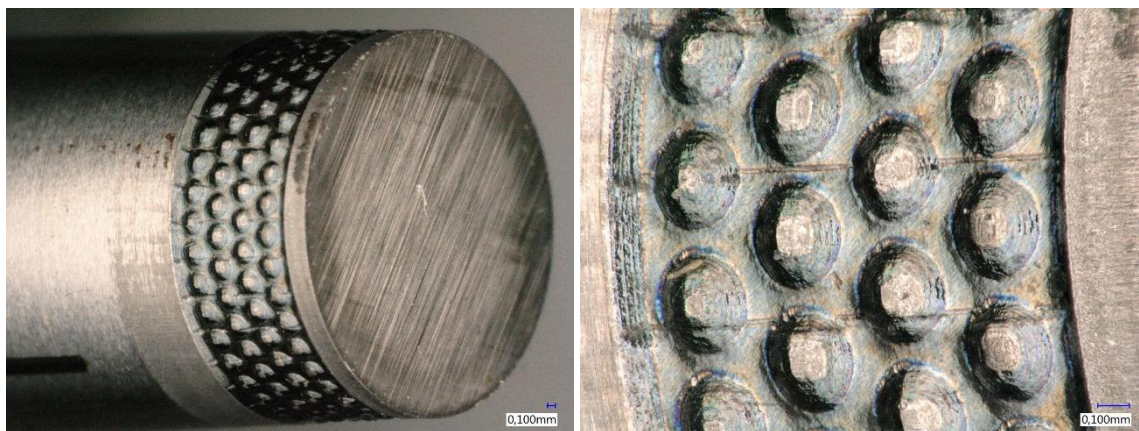


Abbildung 3: Strukturierung nach 100.000 Hub

Optische Bewertung der Kugelkappenstruktur nach 50.000 und 100.000 Hübem (Bericht Seite 24).

Wirtschaftlich analysiert konnte das Projekt zeigen, dass die Mikrostrukturierung der Stempel hochgradig marktfähig ist. Zu den marktüblichen Einmalkosten für Programmierung und Einrichtung sind die Kosten bei einer Serienstrukturierung sehr günstig in Bezug auf die zu erwartende Standzeitverlängerung (*Bericht Seite 32*).

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die Kooperation zwischen der KMLT GmbH und dem Fraunhofer IWU und den anderen beteiligten Unternehmen zu einem signifikanten Kompetenzgewinn geführt hat, der es nun erlaubt, die Funktionalisierung von

Werkzeugoberflächen als innovative Dienstleistung für den Maschinenbau und die Automobilindustrie anzubieten (*Bericht Seite 34*).

Ergänzend hier die Versuchsmatrix (Teile A bis D), die die Grundlage für die systematische Untersuchung der mikrostrukturierten Schneidstempel bildete.

Versuchsmatrix: Systematische Untersuchung der Einflussfaktoren (*Bericht Seite 3, 35*)

Die Versuche wurden in vier spezifische Teile unterteilt, um die Auswirkungen der Mikrostrukturierung unter variierenden Bedingungen isoliert und ganzheitlich zu bewerten:

Versuchsteil	Fokus der Untersuchung	Variationsparameter	Zielkriterium
Teil A	Strukturdesign & Geometrie	Kontaktflächenreduzierung, Abstände zur Schneidkante (0,15–0,45 mm), Strukturformen (Raute, Rechteck, Rund).	Erarbeitung optimaler Mikrostrukturen für den Stempel.
Teil B	Werkstofffestigkeit	Variation des Bandwerkstoffs (niedrige bis hohe Festigkeit, z. B. DC04 vs. 1.4310) bei konstanter Blechdicke.	Steigerung der Verschleißfestigkeit und Standzeit.
Teil C	Banddicke (Feinschneiden)	Einsatz bei größeren Blechdicken (4,0 mm / 8,0 mm) unter technologischen Bedingungen des Feinschneidens.	Validierung der Wirksamkeit bei hoher mechanischer Last.
Teil D	Stempelwerkstoff & Randschicht	Substitution der Stempelwerkstoffe (S1 bis S4) und Analyse des Einflusses der Laserablationsverfahren.	Optimierung der Kosteneffizienz und Standzeit.