

„Werkzeugbau in der Zukunft: Herstellung maßgeschneiderter Werkzeuge mittels pulver- und drahtbasierter Laserstrahlprozesse“

Michael Schmidt^{a,b,c}, Konstantin Hofmann^b, Oliver Hentschel^{a,c}

Institution: ^a Lehrstuhl für Photonische Technologien, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Konrad-Zuse-Str. 3/5, 91052 Erlangen

^b blz – Bayerisches Laserzentrum GmbH, Konrad-Zuse-Straße 2-6, 91052 Erlangen

^c SAOT – Erlangen Graduate School in Advanced Optical Technologies, Paul-Gordan-Str. 6, 91052 Erlangen

Keywords: Werkzeugbau, Warm- und Kaltmassivumformwerkzeuge, Additive Fertigung, Laserpulverauftragschweißen, drahtbasiertes Laserstrahllegieren, Funktionalisierung von Werkzeugoberflächen

Laserbasierte generative Fertigungsverfahren wie z.B. das Selektive Laserstrahlschmelzen von Metallen aus dem Pulverbett (kurz SLS), das pulverbasierte Laserauftragschweißen und das Laserstrahllegieren bieten enormes Technologie-Potential für neuartige Applikationen im Werkzeugbau. In diesem Zusammenhang ist beispielsweise die additive Fertigung von maßgeschneiderten Werkzeugen mit an den Belastungsfall angepassten Festigkeiten und Verschleißeigenschaften zu nennen. Neben der eigentlichen generativen Fertigung der Werkzeuge eignen sich diese Verfahren, insbesondere das drahtbasierte Laserstrahllegieren, auch zur Funktionalisierung der Werkzeugoberflächen durch eine nachgelagerte Modifikation der Legierungszusammensetzung. Ein Beispiel hierfür wäre das definierte Einbringen von härtesteigernden bzw. verschleißreduzierenden Legierungselementen in Funktionsoberflächen der Werkzeuge. Im Bereich des Werkzeugbaus werden sowohl das Laserpulverauftragschweißen als auch das drahtbasierte Laserauftragschweißen für Beschichtungs- und Reparaturanwendungen industriell genutzt. Im Gegensatz dazu sind der generative Aufbau kompletter Werkzeuge auf Basis hoch-kohlenstoffhaltiger Werkzeugstähle durch Laserpulverauftragschweißen oder das drahtbasierte Laserstrahllegieren zur gezielten Einstellung der Legierungszusammensetzung in der Oberfläche und damit zur Erhöhung der Verschleißbeständigkeit nach aktuellem Stand der Technik keine industriell-etablierten Anwendungen. Aus diesem Grund wurde der von der Bayerischen Forschungsförderung (Bfs) geförderte Forschungsverbund „For Next Generation Tools (For Next Gen)“ gestartet. Dieser Forschungsverbund vereint ein Netzwerk aus kompetenten Forschungseinrichtungen, die gemeinsam mit führenden Unternehmen der bayerischen Industrie neue Konzepte und Lösungsansätze für den Einsatz generativer Laserstrahlverfahren im Werkzeug- und Formenbau erforschen und entwickeln. Im Rahmen dieses Forschungsverbundes wurden unter anderem folgende Verfahren und thematische Schwerpunkte untersucht:

Im Rahmen des Teilprojekts „Maßgeschneiderte Massivumformwerkzeuge durch Einsatz des Laserpulverauftragschweißen“ des Forschungsverbundes wurde die generative Fertigung von Warm- und Kaltmassivumformwerkzeugen untersucht. In diesem Zusammenhang konnte erfolgreich gezeigt werden, dass es prinzipiell möglich ist endkonturnahe Aktivelemente komplexer Geometrie und mit praxisrelevanten mechanischen Eigenschaften mittels LPAS generativ herzustellen. Hierfür wurde die Verarbeitbarkeit hoch-kohlenstoffhaltiger und damit verbunden schwer-schweißbarer Warm- und Kaltarbeitsstähle mittels LPAS nachgewiesen. Aufbauend auf diesen Untersuchungen wurden Warm- und Kaltmassivumformwerkzeuge aus unterschiedlichen Werkzeugstählen gefertigt, die im Rahmen seriennaher Umformversuche bei den im Projektvorhaben involvierten Industriepartnern getestet und hinsichtlich Ermüdungs- und Verschleißerscheinungen charakterisiert wurden.

Neben den generativen Verfahren zur Herstellung von Werkzeugen wurde im Rahmen des Forschungsverbundes zudem die Herstellung von maßgeschneiderten Oberflächen mittels eines drahtbasierten Laserstrahllegierungsverfahrens entwickelt, um damit gezielt die mechanischen Eigenschaften von Funktionsflächen den Beanspruchungskollektiven anzupassen. Im Detail konnten über eine gezielte Adaption der chemischen Elementzusammensetzung an hochbeanspruchten Bereichen der Werkzeuge die mechanischen Eigenschaften dahingehend verändert werden, sodass eine höhere Verschleißbeständigkeit von Presshärtewerkzeugen im Vergleich zu unmodifizierten Oberflächen resultiert. Zudem konnte mittels einer geeigneten Legierungsstrategie die Schmelzbaddynamik derart beeinflusst werden, dass eine gleichmäßige Verteilung der eingebrachten Legierungselemente im modifizierten Gefüge erzielt werden konnte und somit homogene mechanische Eigenschaften über den Querschnitt des modifizierten Gefüges vorliegen. Hierfür wurde der linearen Vorschubbewegung des Prozesses eine dynamische Oszillation des Laserstrahls überlagert, sodass gezielt eine turbulente Schmelzbadströmung induziert werden konnte.