

# Laserbearbeitung von superharten polykristallinen Diamantschneidstoffen für die spanende Fertigung

S. Ruck, B. Burzic, L. Langlotz, H. Riegel

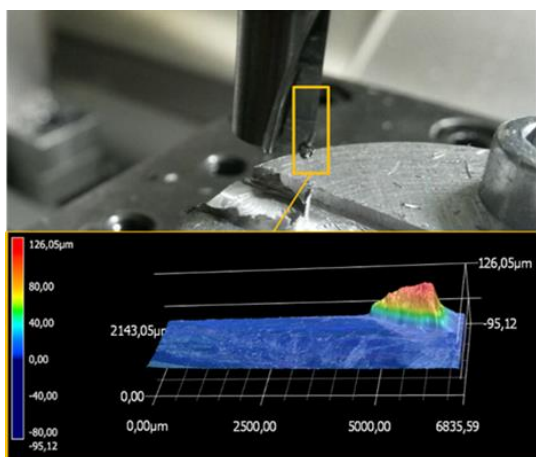
LaserApplikationsZentrum, Hochschule Aalen

[mailto: simon.ruck@hs-aalen.de](mailto:simon.ruck@hs-aalen.de)

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit der Entwicklung maßgeschneiderter Zerspanwerkzeuge aus polykristallinen Diamantschneidstoffen. Der Schwerpunkt liegt auf der Entwicklung eines Simulationstools zur Validierung von Spanleitstufengeometrien. Zur Einbringung der Spanleitstufe in das Werkzeug werden Laserparameter für effizientes Laserabtragen optimiert.

## 1 Einführung

Ökonomische, ökologische und regulatorische Gründe veranlassen die Industrie zur kontinuierlichen Effizienzsteigerung und Adaption ihrer Produktionsprozesse. Die spanende Fertigung stellt in nahezu allen Zweigen der industriellen Fertigung eine unverzichtbare Technologie dar. Die aktuellen Herausforderungen sind in diesem Bereich die Standzeit und Rüstzeit der eingesetzten Werkzeuge. Insbesondere bei der spanenden Bearbeitung von Verbundwerkstoffen und duktilen Werkstoffen wie Nicht-Eisen-Metallen spielen Schneidstoffe, die sich durch hohe Härten oder gute Zähigkeit auszeichnen, eine große Rolle. Diese Anforderungen erfüllen lediglich superharte Materialien wie zum Beispiel polykristalliner Diamant (PKD). Neben dem Schneidstoff ist zudem die Spanleitstufe ein wichtiges Kriterium für das Werkzeug mit dem kurz brechende Späne bei hoher Prozessstabilität sichergestellt werden sollen. Bedingt durch die gute plastische Verformbarkeit duktiler Werkstoffe, neigen die Späne neben der Bildung von Fließ- und Wendelspänen besonders zur Bildung standzeitreduzierender Aufbauschneiden [1] (siehe Abb. 1).



**Abb. 1** Aufnahme einer Aufbauschneide (oben), Streifenlichtmikroskopaufnahme einer Aufbauschneide (unten)

Neben der Reduzierung der Werkzeugstandzeit geht zudem eine geringe Oberflächengüte des Bauteils einher. Die Weiterentwicklung der Spanleitstufe im Werkzeug soll Fließ- und Wendelspänen sowie Aufbauschneiden entgegenwirken. Dabei ist die Einbringung komplexer Spanleitstufen mittels konventioneller Bearbeitungsverfahren wie dem Schleifen oder Erodieren aufgrund von Zugangsbeschränkungen nur begrenzt möglich [2]. Um sowohl einen sicheren Prozess, ein optimales Prozessergebnis als auch eine optimierte Standzeit zu erhalten, bedarf es neben komplexer, ebenfalls material- bzw. legierungsspezifischer Spanleitstufengeometrien.

## 2 Konzept

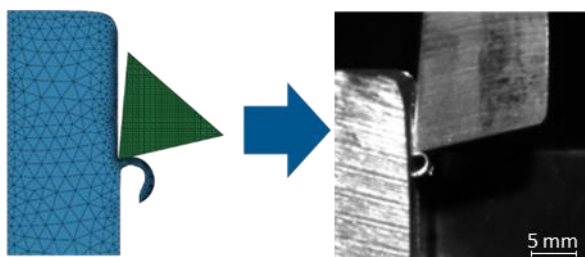
Anhand der identifizierten Optimierungsmöglichkeit der zu bearbeitenden Materiallegierung soll ein maßgeschneidertes Werkzeug für den individuellen Anwendungsfall angefertigt werden. Dazu soll ein Simulationstool zur Vorvalidierung neuer Werkzeuggeometrien entwickelt werden. Die Einbringung der Spanleitstufe erfolgt mit Hilfe des Laserabtragens. Hierzu sollen geeignete bzw. optimierte Laserbearbeitungsparametern systematisch entwickelt und erprobt werden.

## 3 Simulationstool

Das Simulationstool beinhaltet die Konzeption von Schneidwerkzeugen aus Diamant. Dieses soll die Leistung sowie die Standzeit für den angedachten Zerspanungsprozess simulieren. Das Simulationstool ermöglicht die ganzheitliche Abbildung der Werkzeuge in ihrer dreidimensionalen Geometrie mit integrierter Spanleitstufe, um das damit zusammenhängende Spanbruchverhalten zu analysieren. Anhand der errechneten Daten lassen sich Optimierungen in Form einer materialspezifischen Spanleitstufengeometrie aufzeigen und somit das Kosten/Nutzen-Verhältnis in der Fertigung verbessern.

Um die simulierten Ergebnisse mit dem realen Prozess abzugleichen und zu optimieren, werden sowohl quantitative Abgleiche zur entstehenden Kraft

während des Prozesses sowie qualitative Abgleiche zum entstandenen Span durchgeführt. Abbildung 2 zeigt einen zweidimensionalen Abgleich der Spanbildung aus der Simulation und einem realen Zerspanprozess.



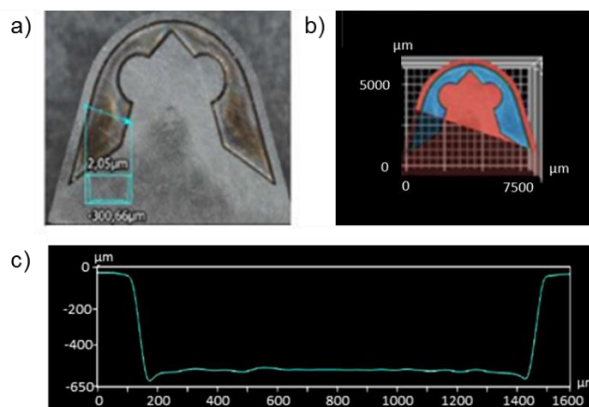
**Abb. 2** Abgleich der Simulation zu realem Zerspanungsprozess mittels High-Speed-Kamera-Aufnahme. Simulation (links), High-Speed-Kamera-Aufnahme (rechts)

Besondere Anforderungen an das Simulationstool sind hierbei eine einfache Beherrschbarkeit und Durchführungen mit geringem Rechenzeitaufwand.

#### 4 Einbringung komplexer Spanleitstufen in polykristallinen Diamant

Neben dem Trend aktueller Forschungsprojekte mit Ultrakurzpuls-Lasersystemen (Piko- und Femtosekunden) erfolgt die Umsetzung des Laserstrahlabtragens mittels eines in der Industrie etablierten Kurzpuls-Lasersystems (Nanosekunden). Die Bearbeitung der Werkzeugschneide mittels des Kurzpuls-Lasersystems bringt den Vorteil einer vergleichsweise höheren Abtragrates und einer damit verbundenen guten Wirtschaftlichkeit, aber andererseits auch die Gefahr einer thermischen Schädigung mit sich. Ein thermischer Stau im Werkstoff verursacht die Umwandlung von hartem Diamant in weiches Graphit, wodurch die Standzeit und Konturtreue der Werkzeuge erheblich reduziert wird. Um diesen Effekt entgegenzuwirken, ist es vorteilhaft bzw. notwendig das verwendete Lasersystem zu charakterisieren und dessen Eigenschaften ziel führend einzusetzen. Eine wichtige Eigenschaft des Lasers ist hierbei die Pulsform, die abhängig von der jeweiligen Parameterkombination (Pulsdauer, Pulsenergie, Pulsfolgefrequenz) ist. Die charakterisierte Pulsform entspricht dem zeitlichen Leistungsverlauf des Laserpulses und über die Zeit integriert dessen Energie.

Die Kenntnis über das Ergebnis der jeweiligen Parameterkonstellationen ermöglicht die Optimierung des Fertigungsprozesses im Hinblick auf die Abtragrates als wirtschaftlichen Faktor sowie der Oberflächenqualität der eingebrachten komplexen Spanleitstufengeometrie. Die hierbei möglichen Freiheitsgrade bei der Einbringung einer Spanleitstufe in das Werkzeug sind in Abbildung 3 veranschaulicht.



**Abb. 3** a) Spanleitstufe Draufsicht b) Streifenlichtmikroskopische Aufnahme einer Spanleitstufe c) Tiefenprofil einer mit Laser abgetragenen Spanleitstufe

#### 5 Danksagung

Die Autoren bedanken sich beim BMWi für die Finanzierung im Rahmen des ZIM-Förderprogramms.

#### Literatur

- [1] Klocke, F. u. König, W.: Fertigungsverfahren 1. Drehen, Fräsen, Bohren. Berlin: Springer 2007
- [2] Bermingham, M. J., Kirsch, J., Sun, S., Palanisamy, S. u. Dargusch, M. S.: New observations on tool life, cutting forces and chip morphology in cryogenic machining Ti-6Al-4V. International Journal of Machine Tools and Manufacture 51 (2011) 6, S. 500–511