

Entwicklung von PVD-Schichtsystemen zur Hochleistungsbearbeitung schwingungsanfälliger Strukturbauteile aus Nickelbasislegierungen

Motivation und Zielstellung

Die Fräsbearbeitung schwingungsanfälliger Strukturen aus hochfesten Nickelbasislegierungen, wie z.B. bei der Herstellung von Blisks für die Luft- und Raumfahrtindustrie stellt hohe Anforderungen an die Werkzeuge, da die Schwingungen während der Bearbeitung neben der hohen mechanischen und thermischen Belastung standzeitbegrenzend wirken und dadurch die Wirtschaftlichkeit der Fräsprozesse weiter reduzieren. Das Ziel bestand daher in der Entwicklung von PVD-Schichten und einer Bearbeitungstechnologie, um schwingungsanfällige Bauteile aus Inconel 718 mittels Schruppfräsen zu erzeugen und diese durch das Schlichtfräsen weiter zu bearbeiten. Zielsetzungen waren:

- Entwicklung von schwingungsresistenten PVD-Schichten mit höherer Festigkeit, Schlagzähigkeit und niedrigeren Eigenspannungen,
- Erhöhung der Haftfestigkeit der Schichten,
- Verbesserung der Kühlwirkung von Kühlmedien (gezielte Zufuhr, geeignetes Medium).

Ergebnisse

Durch trochoides Schruppfräsen wurden in Platten aus Inconel 718 mit Hartmetall-Torusfräsern wellenförmige Nuten gefräst (Bild 1). Anschließend wurden die wellenförmigen Stege durch Vorschlichtfräsen bis auf eine Dicke von 0,7 mm endbearbeitet.

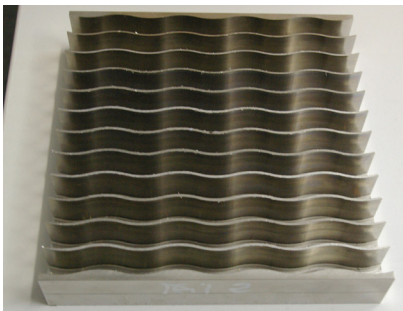


Bild 1: Wellenbauteil aus Inconel 718

Im ersten Schritt wurden das passende Hartmetall und die geeignete Werkzeugmikrogeometrie bestimmt. Beim Schrupp- und Schlichtfräsen haben sich ein feinstkorn Hartmetall und ein Schneidkantenradius von $8 \mu\text{m}$ als optimal erwiesen.

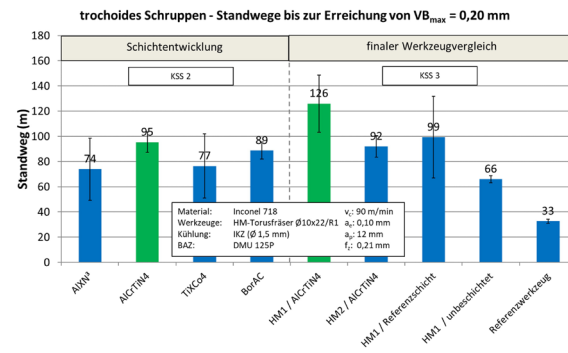


Bild 2: Standwege beim trochoiden Schruppfräsen: links Schichtentwicklung; rechts Werkzeugvergleich

In einem zweiten Schritt erfolgte die Entwicklung von schwingungsresistenten PVD-Schichten mit verbesserten Verschleißeigenschaften. Beim Schruppfräsen haben die mit der Schicht AlCrTiN⁴ beschichteten Fräswerkzeuge den höchsten Standweg bis zum Erreichen einer Verschleißmarkenbreite VB_{max} von 0,20 mm erreicht, wie Bild 2, links exemplarisch für 4 Schichten zeigt. Die Schicht AlCrTiN⁴ zeichnet sich insbesondere durch einen nanolagigen Aufbau sowie eine hohe Härte und Elastizität aus. Beim Schlichtfräsen zeigten die mit der Schicht BorAX-TiX beschichteten Fräser den geringsten Verschleiß bzw. den höchsten Standweg. Die Schicht BorAX-TiX zeigt insbesondere durch die Legierungselemente Bor und Silizium in Kernschicht bzw. Decklage reduzierte Eigenspannungen bei gleichzeitig verbesserter mechanischer und thermischer Beständigkeit. Neben dem Standweg der Werkzeuge ist beim Schlichtfräsen die Qualität der geschichteten Oberflächen ein

wichtiges Qualitätsmerkmal. Außer der BorAX-TiX zeigten auch Schichten (nACRo³ und AlCrN-OXI-2A) beim Qualitätskriterium Rauheit ($R_a \leq 0,8 \mu\text{m}$) einen sehr hohen Standweg (Bild 3, links).

In einem dritten Schritt wurde der Einsatz von Kühl- und Schmiermittel (KSS) optimiert. Hierbei wurde nachgewiesen, dass durch eine radiale KSS-Zufuhr und den Einsatz eines speziellen KSS ein geringerer Werkzeugverschleiß und eine glattere Stegoberfläche erreicht werden kann.

Im Vergleich der entwickelten Schichten unter optimierter Kühlstrategie gegenüber Referenzwerkzeugen und Referenzschichten zeigt

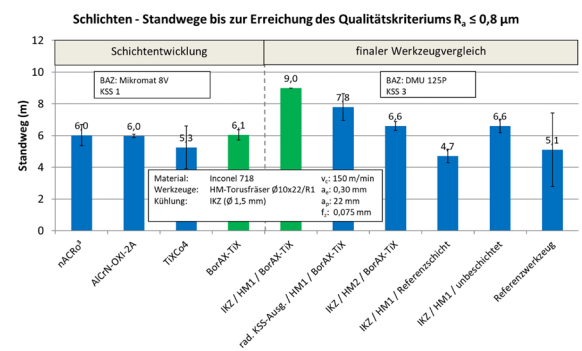


Bild 3: Standwege beim Schlichtfräsen bis $R_a \leq 0,8 \mu\text{m}$: links Schichtentwicklung; rechts Werkzeugvergleich

sich, dass durch Optimierung der gesamten Prozesskette Hartmetall-Schneidkantenbearbeitung-Beschichtung-Nachbehandlung-Bearbeitungstechnologie sehr hohe Standzeitverbesserungen realisierbar sind. Beim trochoiden Schruppfräsen sind mit der Schicht AlTiCrN⁴ Standzeiterhöhungen von bis zu 280 % gegenüber den genutzten Referenzwerkzeugen möglich (Bild 2, rechts), beim Vorschlichten können beim Kriterium $R_a \leq 0,8 \mu\text{m}$ die Standzeiten um bis zu 90 % erhöht werden (Bild 3, rechts).