

Keramische Schaftfräswerkzeuge für die Hochgeschwindigkeitsbearbeitung von Nickelbasislegierungen

Manuel Wacinski

Kurzzusammenfassung

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wird die Entwicklung keramischer Schaftfräswerkzeuge mit einem Werkzeugdurchmesser von 8 mm für die Hochgeschwindigkeitsbearbeitung von Nickelbasis-Legierungen beschrieben. Aus dem Einsatz von keramischen Wendeschneidplatten ist bekannt, dass hinsichtlich der Prozesskräfte, der Prozesstemperaturen und der Verschleißerscheinungen vollkommen andere Bedingungen herrschen, als sie bei Hartmetall bekannt sind.

Die Untersuchung von Werkzeuggeometrie und Fräsprozess mit dem Ziel, Ansatzpunkte für die Auslegung der keramischen Schaftwerkzeuge zu finden, ist ein wesentlicher Bestandteil der Arbeit. Durch Berechnung der Zerspankräfte für unterschiedliche Werkzeuggeometrien wird nachgewiesen, dass durch Abstimmung einzelner Geometrie- und Prozessparameter Spannungsdickeneffekte genutzt werden können, die das Zerspankraftkollektiv vorteilhaft für einen keramischen Schneidstoff beeinflussen. Im Zerspanversuch wird die Schnittgeschwindigkeit als maßgebliche Stellgröße für Prozesstemperatur und Prozesskräfte untersucht. Die Schnittkräfte und die Aufbauschneidenbildung verringern sich, wenn die werkstückwerkstoffspezifische Grenzgeschwindigkeit um den Faktor drei bis vier übertroffen werden. Dadurch wird der Fräsprozess ausgesprochen stabil. Bei der Bearbeitung von Inconel 718 mit Werkzeugen aus Sialon-Keramik und einer Schnittgeschwindigkeit von 1.400 m/min wurden Zeitspanungsvolumen von 35 cm³/min prozesssicher erreicht. Untersuchungen zum Verschleiß haben gezeigt, dass die Verschleißmechanismen stark abhängig von der Werkstoffpaarung sind. Sialon-Keramik zeigt bei der Bearbeitung von MAR M247 einen kontinuierlich voranschreitenden Freiflächenverschleiß, während bei der Bearbeitung von Inconel 718 mit Whisker-Keramik großflächige Ausbrüche entlang der Schneidkante auftreten. Durch eine thermomechanische Belastungssimulation mittels FEM konnte nachgewiesen werden, dass es infolge von hoher Schneidkantentemperatur zu thermisch induzierten Druckspannungen kommt, die die Spannungsverteilung im Schneidkeil insgesamt vorteilhaft beeinflussen und die Neigung zu Ausbrüchen auf der Freifläche verringern. Anhand eines Bearbeitungskonzepts für eine Turbinenleitschaufel konnte nachgewiesen werden, dass durch den Einsatz von keramischen Schaftfräswerkzeugen bei der Schruppbearbeitung eine 30 %ige Reduzierung der Bearbeitungszeit erreicht werden kann.

Insgesamt konnten im Rahmen der Arbeit Werkzeuggeometrien entwickelt und Prozessumgebungen hinreichend beschrieben werden, so dass ein prozesssicherer Einsatz von keramischen Schaftfräswerkzeugen möglich ist. Dabei wurde ein sehr hoher Reifegrad erreicht, der eine zeitnahe industrielle Umsetzung nahelegt.