

Zusammenfassung

Der Einsatz von Werkzeugformen aus Siliziumnitrid stellt ein großes Potential für die Glasformgebung mittels nicht-isothermen Blankpressens dar, da der keramische Werkstoff gegenüber Metallen eine gesteigerte Verschleißfestigkeit und Härte vor allem bei hohen Temperaturen aufweist. Allerdings ist die Fertigung durch spanende Verfahren aufgrund der genannten Eigenschaften mit erhöhtem Aufwand verbunden. Ein Potential zur Reduktion der Bearbeitungskosten bei gleichzeitiger Erweiterung der geometrischen Vielfalt stellt die Fertigung der keramischen Komponenten mit dem Funkenerosionsverfahren dar. Die als Voraussetzung geltende elektrische Mindestleitfähigkeit wird unter anderem durch das Hinzufügen einer elektrisch leitfähigen Phase mit möglichst geringem Anteil zu einer elektrisch isolierenden Basiskeramik erreicht.

Aufgrund der Komplexität der Funkenerosion stehen in der Regel keine Kenntnisse für die wirtschaftliche Bearbeitung neu entwickelter Werkstoffe zur Verfügung. Das Ziel dieser Arbeit ist daher die Bereitstellung von Prozesstechnologien auf Basis grundlegender Erkenntnisse zur funkenerosiven Senkbearbeitung und zum Abtragverhalten einer neu entwickelten Siliziumnitrid-Titannitrid-Keramik mit reduzierter elektrischer Leitfähigkeit. Dafür wurden anfänglich etablierte Prozesstechnologien der Stahlbearbeitung auf ihre Anwendbarkeit für Siliziumnitrid-Titannitrid-Keramiken mit variiertem Titannitridanteil überprüft. Durch Oberflächen- und Gefügeanalysen wurden die mit den Prozessparametern sowie dem Titannitridanteil variierenden Hauptabtragmechanismen Zersetzung und Schmelzen identifiziert. Die Entwicklung von Prozesstechnologien für die Schrupp- und Schlichtbearbeitung der neuen Keramik erfolgte unter Anwendung von Methoden der Evolutionsstrategie. Durch Parameteranalysen konnten Rückschlüsse auf den Einfluss von Prozessparametern auf Prozessschwankungen gezogen werden, welche durch den verringerten Titannitridgehalt hervorgerufen wurden. Unter Erweiterung der Untersuchungen um den metallischen Werkstoff Stahl erfolgte eine Analyse zum Einfluss der elektrischen Leitfähigkeit auf die Arbeitsergebnisse. Des Weiteren wurden Untersuchungen mit variiertem Werkstückhöhe durchgeführt, um den Einfluss der Entfernung der Kontaktierungs- zur Bearbeitungsstelle durch Änderung des elektrischen Widerstandes auf das Prozessergebnis zu identifizieren. Anschließend erfolgte die Ableitung einer qualitativen Modellvorstellung zu den Abtragmechanismen bei der funkenerosiven Senkbearbeitung der Siliziumnitrid-Titannitrid-Keramiken. Diese beinhaltet die Veränderung des Hauptabtragmechanismus in Abhängigkeit von den Prozessparametern und den Werkstoffeigenschaften. Abschließend erfolgte die Demonstration der neuen Prozesstechnologien durch Fertigung eines Glasumformbodens aus der neu entwickelten Siliziumnitrid-Titannitrid-Keramik mit reduzierter elektrischer Leitfähigkeit.

Abstract

In contrast to metals, silicon nitride ceramics exhibit increased wear resistance as well as hardness, especially at high temperatures. Therefore, they represent a great potential for use as a tool material in glass forming by means of non-isothermal blank pressing. However, the above-mentioned properties make tool production using machining processes difficult. One possible solution is the electrical discharge machining of electrically conductive ceramics.

Due to the complexity of electrical discharge machining, no knowledge is available for the economic machining of newly developed materials. For this reason the aim of this work is the provision of process technologies based on fundamental knowledge of electrical discharge machining and the material removal behavior of a newly developed silicon nitride-titanium nitride ceramic with reduced electrical conductivity. For this purpose, investigations are carried out on the applicability of steel machining process technologies for ceramics with varied titanium nitride content as well as the development of new process technologies using evolutionary strategy methods. The prevailing material removal mechanisms are determined by microstructure and surface analyses. Furthermore, the influence of the electrical conductivity as well as the workpiece geometry of the ceramics and comparatively of steel on the process result is analyzed. With the findings of the work, a model for the ablation behavior of the silicon nitride-titanium nitride ceramics is derived. Finally, the demonstration of the newly developed process technologies is carried out by machining a glass forming base from the silicon nitride-titanium nitride ceramic with reduced electrical conductivity.