

1 Einleitung und Motivation

Introduction and motivation

Der Bedarf an komplex geformten Elementen mit optischen Eigenschaften aus zum Beispiel Glas ist durch die zunehmende Digitalisierung des alltäglichen Lebens über die letzten Jahrzehnte stark angestiegen. Dabei stellen nicht nur die immer feineren Toleranzen, sondern auch die stark steigenden Stückzahlen die konventionelle Prozessabfolge aus Schleif- und Polierprozessen vor eine Herausforderung, da sich diese Prozesse nur bedingt skalieren lassen. Eine Alternative stellt dabei der replikative Prozess des Präzisionsblankpressens dar [BERN16]. Bei diesem Prozess wird das Glas zwischen hochgenau gefertigten Formwerkzeugen unter hohem Druck und bei hohen Temperaturen plastisch verformt und ermöglicht damit die effiziente Fertigung von komplexen Geometrien, wie Asphären oder auch Freiformflächen, die konventionell nicht herstellbar sind. Aufgrund der Bedingungen während des Pressens werden fast ausschließlich hochwärmefeste und harte Werkstoffe, wie beispielsweise binderlose Nanokorn-Hartmetalle, als Formwerkzeugwerkstoffe eingesetzt [BERN16]. Diese Werkstoffe werden derzeit mittels des Ultrapräzisionsschleifens bearbeitet. Für höchste Oberflächengüten wird noch ein abschließender manueller Polierprozess durchgeführt. Diese Prozessabfolge führt zu einem hohen Zeitaufwand und einer Einschränkung der geometrischen Freiheit.

Neben dem Schleifen hat sich in der Vergangenheit die Zerspanung mit Diamantwerkzeugen für die Fertigung von hochgenauen mechanischen Bauteilen mit optischen Oberflächeneigenschaften etabliert. Dieses Fertigungsverfahren eignet sich vor allem zur Zerspanung einer Vielzahl von metallischen Werkstoffen wie Aluminium, Kupfer sowie einiger Kunststoffe und Kristalle. Vorteile gegenüber dem Schleifen sind die verhältnismäßig kurze Bearbeitungsdauer und eine deutliche Erweiterung des Geometriespektrums. Allerdings ist die Bearbeitung von Hartmetall, beispielsweise für die Fertigung von Formwerkzeugen für das Präzisionsblankpressen, bisher wirtschaftlich nur bedingt möglich [BULL13].

Für die Herstellung einer Oberfläche mit optischen Eigenschaften in einem sprödharten Material ist ein duktiler Abtragmechanismus notwendig. Der Begriff der Duktilität stammt aus dem Lateinischen (*ducere*) und bedeutet übersetzt „ziehen, führen und leiten“. Er beschreibt allgemein die Eigenschaft eines Werkstoffs, sich unter Belastung plastisch zu verformen, bevor ein Versagen eintritt. Die Einflüsse auf ein solches Materialverhalten sind vielfältig. Bei der Zerspanung von sprödharten Materialien wird eine duktile Zerspanung im Allgemeinen mit dem stochastischen Prozess gleichgesetzt, der zu einer Oberfläche mit vergleichsweise wenigen Ausbrüchen und Fehlstellen führt [KLOC08].

Gegenstand der vorliegenden Arbeit ist die systematische Erforschung der Einflüsse auf das duktile Zerspanverhalten von Hartmetall bei der Zerspanung mit monokristallinen Diamantwerkzeugen. Der Aufbau eines grundlegenden Verständnisses der Prozesseigenschaften birgt die Möglichkeit, Optimierungspotenziale zu erkennen und auszunutzen, um so ein alternatives Fertigungsverfahren für die Herstellung von Formwerkzeugen bereitzustellen. Dazu werden ein Berechnungsmodell und ein Erklärungsmodell für den Übergang von duktilem zu sprödhartem Zerspanverhalten auf Basis von umfangreichen prozesstechnologischen Grundlagenversuchen in Form von Hobelversuchen entwickelt. Insbesondere wird dabei der Einfluss der unterschiedlichen Prozesseinstellgrößen wie Schnitt-

geschwindigkeit, Werkzeugeigenschaften, der Prozessmodifikation der Ultraschallunterstützung sowie des eingesetzten Kühlschmierstoffes betrachtet.

Gleichzeitig dienen die Untersuchungen dem Nachweis des Einflusses der Eingangsgröße auf die erzielbare Rauheit in Abhängigkeit von der Schnitttiefe. Auch diese Ergebnisse werden in ein Berechnungsmodell überführt.

Anschließend werden die Ergebnisse aus den Hobelversuchen auf das Drehen mit monokristallinen Diamanten von Hartmetall angewendet und die Übertragbarkeit überprüft. Im Fokus liegen dabei Untersuchungen zum Einfluss der Eingangsgrößen auf die generierte Oberflächentopographie und den Werkzeugverschleiß.

Die vorliegende Dissertation liefert somit einen deutlichen Wissensbeitrag zum Verständnis der Einflüsse auf das Zerspanverhalten von WC-Co Hartmetallen bei der Bearbeitung mit monokristallinen Diamantwerkzeugen und trägt zu einer Möglichkeit zur effizienteren Prozessauslegung bei.