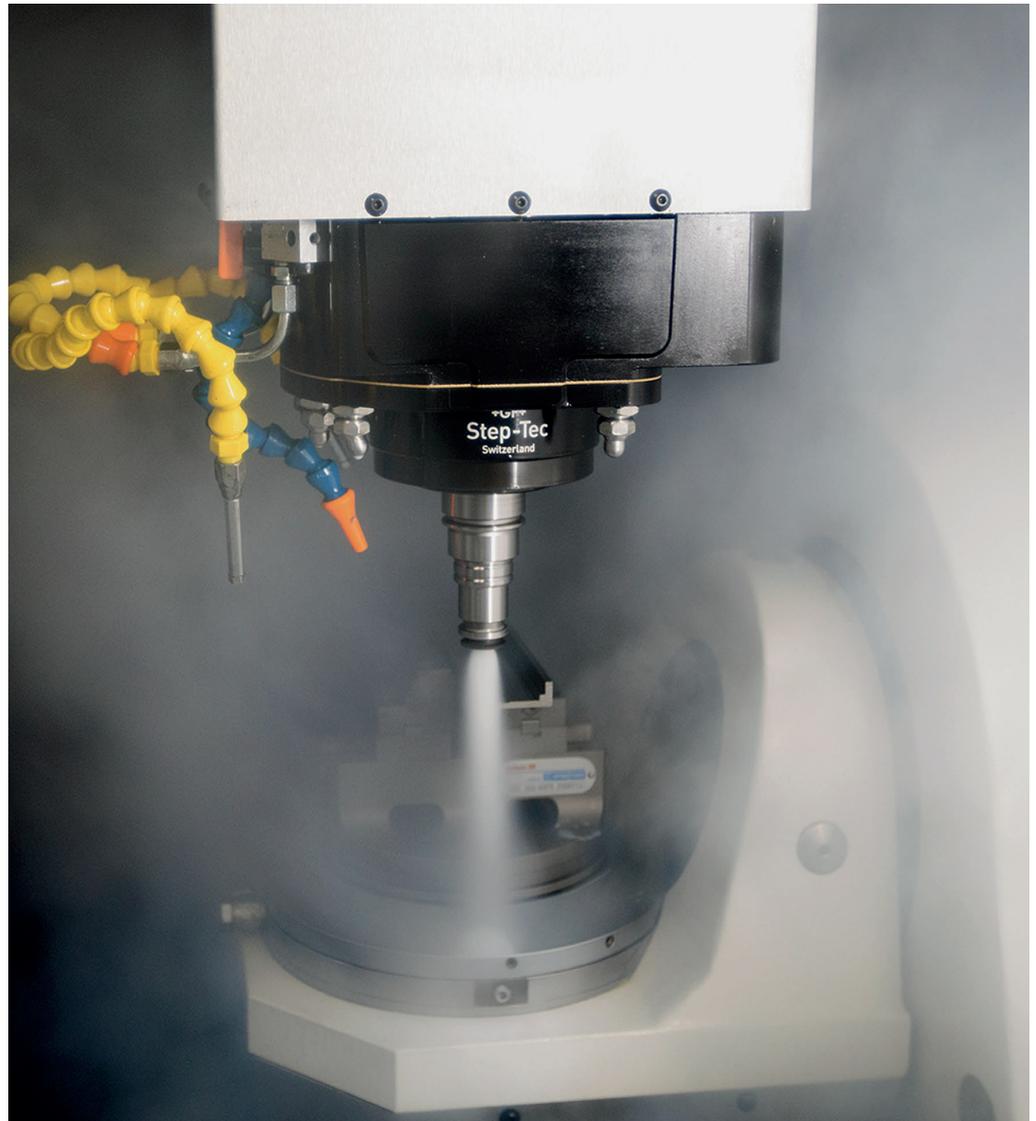


Beim Fräsen wird das scCO_2 versetzt mit einem medizinisch validierten Kühlschmierstoff, mittels Minimalmengenschmierung durch die Spindel geführt und über kleine Öffnungen im Werkzeughalter auf die Schneidkanten des Fräsers gelenkt.

© KSF



Optimierte Zerspangung von PE-UHMW durch superkritische CO_2 -Kühlung

Implantate mit glatter Oberfläche

Das Kompetenzzentrum für Spanende Fertigung (KSF) der Universität Furtwangen hat Untersuchungen zu den Auswirkungen der superkritischen CO_2 -Kühlung auf das Fräsen von ultrahochmolekularem Polyethylen durchgeführt. Die Ergebnisse zeigen eine deutliche Verringerung der Grate, verbesserte Werkstückgenauigkeit und bessere Oberflächenqualität. Diese Faktoren könnten das manuelle Entgraten stark reduzieren oder sogar überflüssig machen.

Ultrahochmolekulares Polyethylen (PE-UHMW) ist ein in der medizinischen Orthopädie häufig verwendetes Material, dessen haltbare, reibungsarme Oberfläche als Spacer für Knie-, Hüft- und Schulterimplantate verwendet wird. Ein Kunststoff-Spacer ist der elastische

Teil eines künstlichen Kniegelenks. Er bildet zusammen mit der Metallkomponente der Knieprothese im Oberschenkel eine Gleitpaarung.

Bei der Bearbeitung von PE-UHMW durch herkömmliches Fräsen entstehen Grate, die oft in einem zweiten Prozess

manuell entfernt werden müssen. Da der Wärmeausdehnungskoeffizient dieses Materials mehr als zwölfmal so hoch ist wie der von Stählen, ist die Überwachung der Bearbeitungswärme von entscheidender Bedeutung, um die für Implantate erforderlichen engen

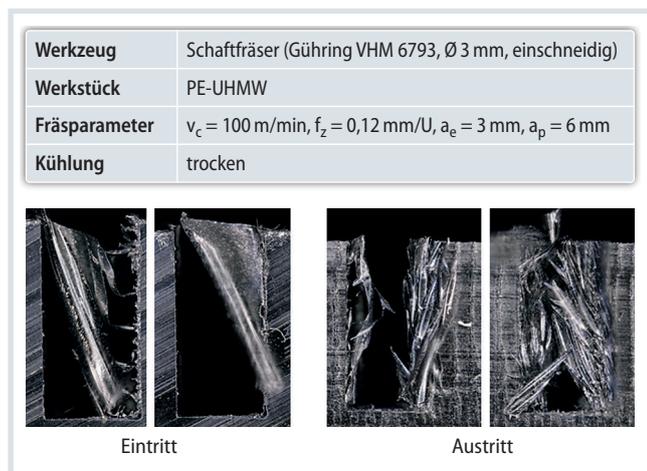


Bild 1. Übermäßige Gratbildung am Ein- und Austritt der Nut beim Trockenfräsen. Quelle: KSF; Grafik: © Hanser

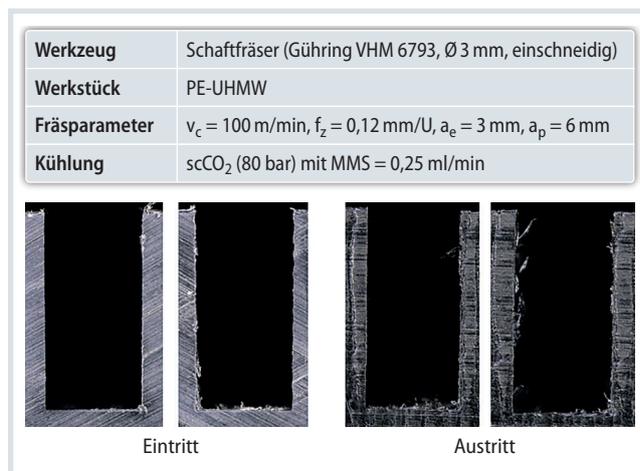


Bild 2. Minimale Gratbildung am Ein- und Austritt der Nut beim scCO₂-Fräsen. Quelle: KSF; Grafik: © Hanser

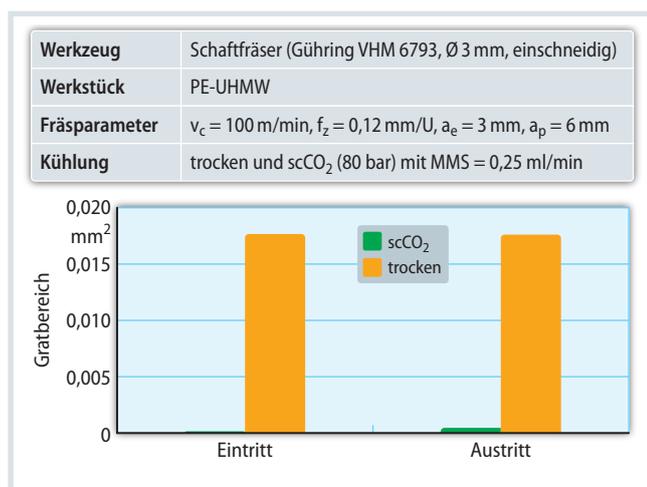


Bild 3. Rechnerisch verringert sich die Gratbildung beim CO₂-Fräsen um etwa 95 %. Quelle: KSF; Grafik: © Hanser

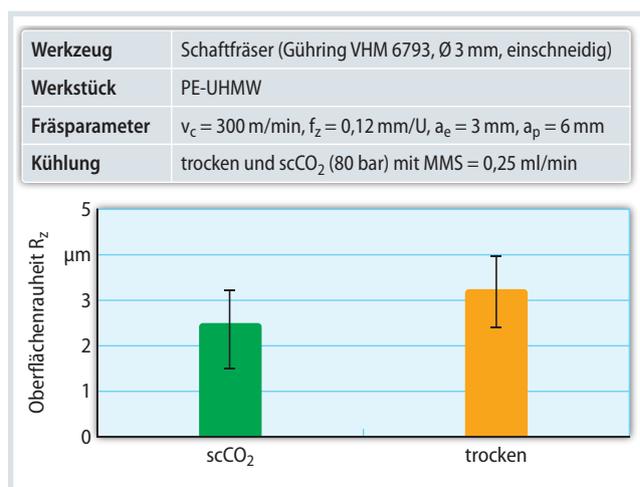


Bild 4. Auch bei der Oberflächenrauheit der geschruppten Nutflanken schneidet die scCO₂-Bearbeitung deutlich besser ab. Quelle: KSF; Grafik: © Hanser

Toleranzen und hohen Maßgenauigkeiten zu erreichen.

Trockenes Nutfräsen

Am KSF wurden Untersuchungen mit verschiedenen Schnittparametern durchgeführt, die sich mit den Auswirkungen der superkritischen CO₂-Kühlung auf den Fräsprozess mit einer 5-Achs-Fräsmaschine (Typ: Mikron Mill S 400 U; Hersteller: GF Machining Solutions GmbH) befassen. Die Maschine ist ausgestattet mit einer Spindel StepTec 42k, einem scCO₂-Zuführsystem (Typ: Pure-Cut+; Hersteller: Fusion Coolant Systems) und verschiedenen Fräswerkzeugen wie einem einschneidigen 3-mm-Schaftfräser für das Nutfräsen und einem 6-mm-Kugelpopfräser für das Fräsen eines Kniepacers.

PE-UHMW kann trocken gefräst werden, um das Eindringen von Verun-

reinigungen und die Aufnahme von Feuchtigkeit, insbesondere bei medizinischen Anwendungen, zu vermeiden. Die Nutbearbeitung wurde „trocken“ für eine Nutbreite von 3 mm und eine Tiefe von 6 mm durchgeführt. Eine mikroskopische Aufnahme zeigt den Ein- und Austrittskanal nach dem Vorschruppen beim Trockenfräsen und die daraus resultierende Gratbildung (Bild 1).

Superkritisches CO₂ mit Minimalmengenschmierung

Für die weiteren Versuche wurde ein Zuführsystem des Typs Pure-Cut+ mit Minimalmengenschmierung (MMS) in die Mikron Mill S integriert. Dieses System ist in der Lage, superkritisches Kohlendioxid (scCO₂) mit einem Druck von bis zu 110 bar bereitzustellen. Das scCO₂ wird mit der MMS durch die Spindel »

Im Profil

Das Kompetenzzentrum für Spanende Fertigung (KSF) ist Teil der Hochschule Furtwangen, einer der führenden Hochschulen mit Forschung und Lehre für Medizintechnik in Deutschland. Das KSF beschäftigt sich seit mehr als 25 Jahren mit den Herausforderungen bei der Bearbeitung schwer zerspanbarer Werkstoffe und den steigenden Anforderungen an die Effizienz und Genauigkeit der spanenden Bearbeitung. Es verfügt nicht nur über einen gut ausgestatteten Maschinenpark und Messgeräte, sondern auch über einen Stab von Doktorand(inn)en und Masterstudent(inn)en, die sowohl in der Grundlagenforschung als auch in von der Industrie geförderten Projekten Fertigungsverfahren entwickeln und verbessern.

www.kompetenzzentrumfuerspanende-fertigung.de

geführt, wobei das sich schnell ausdehnende scCO_2 über kleine Öffnungen im Werkzeughalter auf die Schneidkanten des Fräasers gelenkt wird.

Dem scCO_2 wurde der Kühlschmierstoff (Sentos V-LR15 von HPM Technologie) mit einer Durchflussrate von 0,1 bis 0,25 ml/h zugeführt. Dieses spezielle Schmiermittel ist für die Verwendung bei medizinischen Produkten validiert, da es bei Raumtemperatur verdampft, ohne Rückstände auf der gefrästen Oberfläche zu hinterlassen. Bei Bearbeitungen mit scCO_2 konnte eine deutliche Reduktion der Gratbildung gegenüber der Referenzbearbeitung (Trockenfräsen) festgestellt werden (Bild 2).

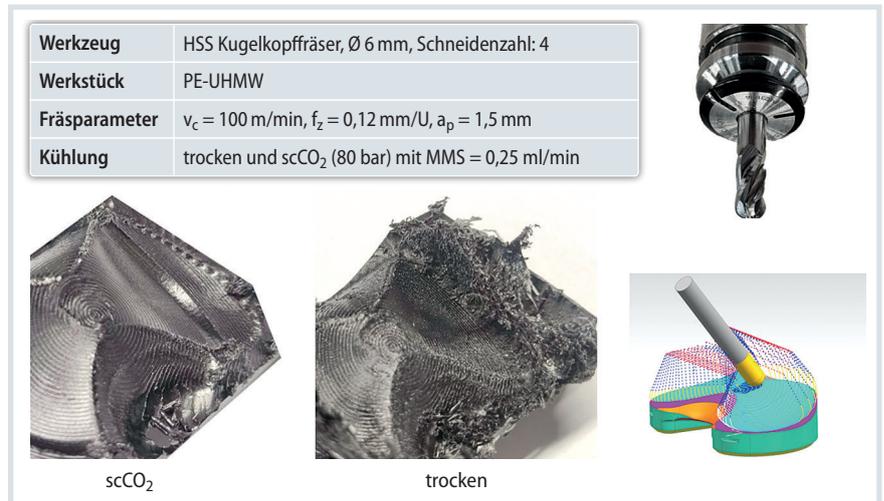


Bild 5. Vergleich zwischen Gratbildung und Oberflächenqualität von Knieabstandshaltern (Gleitflächen), die durch 5-Achs-Fräsen unter trockenen und scCO_2 -Bedingungen hergestellt wurden.

Quelle: KSF; Grafik: © Hanser

Info

Text

Prof. Dr. Bahman Azarhoushang ist seit 2013 Leiter des KSF; kspfinfo@hs-furtwangen.de

Erik Poulsen ist seit 2018 Leiter des Marktsegments Medizintechnik bei GF Machining Solutions; erik.poulsen@georgfischer.com

Dank

Die Autoren bedanken sich bei der Georg Fischer AG, die die 5-Achs-Fräsmaschine Mikron Mill S 400 U zur Verfügung gestellt und die Untersuchungen unterstützt hat, bei der Linde GmbH für die technischen Gase sowie bei der Rego-Fix AG und der Gühring KG, die die Werkzeugaufnahmen bzw. die Werkzeuge zur Verfügung gestellt haben.

Digitalversion

Ein PDF des Artikels finden Sie unter www.kunststoffe.de/onlinearchiv

English Version

Read the English version of the article in our magazine *Kunststoffe international* or at www.kunststoffe-international.com

Ergebnisse und vorläufige Analyse

Mithilfe einer Bildverarbeitungssoftware wurden anhand der Bilder 1 und 2 die Gratflächen berechnet und die in den beiden Prozessvarianten erzielten Ergebnisse einander gegenübergestellt (Bild 3). Vergleicht man die Gratfläche bei der Trocken- und der scCO_2 -Fräsbearbeitung, so stellt man fest, dass sich die Gratbildung mit superkritischem Kohlendioxid um etwa 95 % verringert.

In der Studie wurde auch die Oberflächenrauheit (R_a) der Nutflanke betrachtet. Während des Schruppvorgangs wurde bei der Bearbeitung mit scCO_2 eine um ca. 30 % geringere Rauheit als bei der Trockenbearbeitung festgestellt (Bild 4).

Bearbeitung eines Knie-Spacers

Im nächsten Versuchsschritt wurde ein Knie-Spacer durch 5-Achs-Fräsen sowohl trocken als auch unter scCO_2 -Bedingungen mit definierten Vorschubb-Parametern (Bild 5) bearbeitet. Im Bild ist auch

die übermäßige Gratbildung, verursacht wahrscheinlich durch Materialaufschmelzung während des Schneidprozesses, sowie eine schlechte Oberflächenqualität beim Trockenfräsen, erkennbar. Eine sehr geringe Gratbildung und eine saubere Werkstückoberfläche mit detaillierten Fräskonturen sind hingegen das Ergebnis des scCO_2 -Fräsens (Bild 5).

Ausblick

Es erscheint wahrscheinlich, dass die scCO_2 -Technologie ein stabiles, wiederholbares Bearbeitungsverfahren für PE-UHMW ermöglichen könnte, das zu einer wesentlich höheren Oberflächenqualität und zu deutlich weniger Graten führt. Das manuelle Entgraten könnte so stark reduziert oder sogar überflüssig werden. Am KSF sind weitere Versuche geplant, bei denen der Einfluss verschiedener Werkzeuggeometrien sowie Variationen von Drehzahl und Vorschubgeschwindigkeit auf die Oberflächenrauheit und Gratbildung untersucht werden sollen. ■



© Fotolia.de | Coprid | tanatat

Das 1x1 der Kunststoffe:
www.kunststoffe.de/basics

