

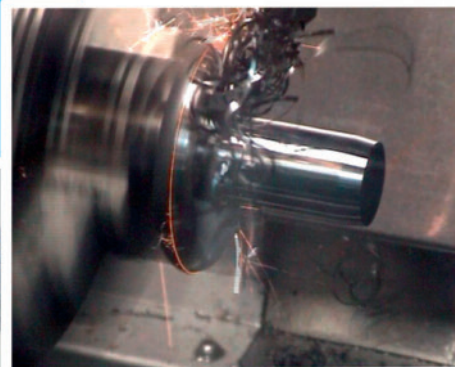
Neue Erkenntnisse des ISF Dortmund zum Zerspanen aktueller Stähle

Moderne Stahlzerspanung

Stahlwerkstoffe werden immer heterogener. Bekannte Strategien für die Stahlzerspanung führen deshalb selten zu wirtschaftlichen Prozessen. Auf der Tagung ›Stahlzerspanung‹ im Juni gibt das ISF Dortmund aktuelle Tipps.



Nicht nur technologische Aspekte, auch die Anforderungen an Produktivität und Wirtschaftlichkeit führen in der Stahlzerspanung zu Aufgaben, die es noch zu lösen gilt



VON DIRK BIERMANN, KLAUS WEINERT, INA TERWEY, JAN FABIAN FELDERHOFF, MARKUS HEILMANN UND BENEDIKT SIEBEN

→ Die bedeutendste Werkstoffgruppe für die Herstellung industrieller Bauteile sind Stahlwerkstoffe. Durch die kontinuierliche Weiterentwicklung der Stahlherstellung und Wärmebehandlung ist es mit der gezielten Einstellung von physikalischen Eigenschaften möglich, verschiedenste Bauteilanforderungen zu erfüllen. Diese heterogenen Werkstoffeigenschaften sind eine wesentliche Einflussgröße der Bearbeitungsprozesse, insbesondere für die spanende Bearbeitung. Neben den technologischen Aspekten führen die Anforderungen an Produktivität und Wirtschaftlichkeit zu zahlreichen offenen Aufgabenstellungen.

Um aktuelle Lösungen und Erkenntnisse aus Forschung und Praxis zu diskutieren, hat der Verein Deutscher Inge-

nieure (VDI) dem Thema ›Stahlzerspanung‹ eine Tagung gewidmet, die am 11. und 12. Juni in Kassel stattfinden und einen Überblick über Stahl- und Werkzeugentwicklung, Prozessauslegung und Werkzeugmaschinen-gestaltung geben wird. Im Folgenden werden beispielhaft Schwerpunkte vorgestellt, die Mitarbeiter des Instituts für Spanende Fertigung (ISF) der TU Dortmund auf der Tagung präsentieren werden.

Zerspanung schwefelarmer Stähle

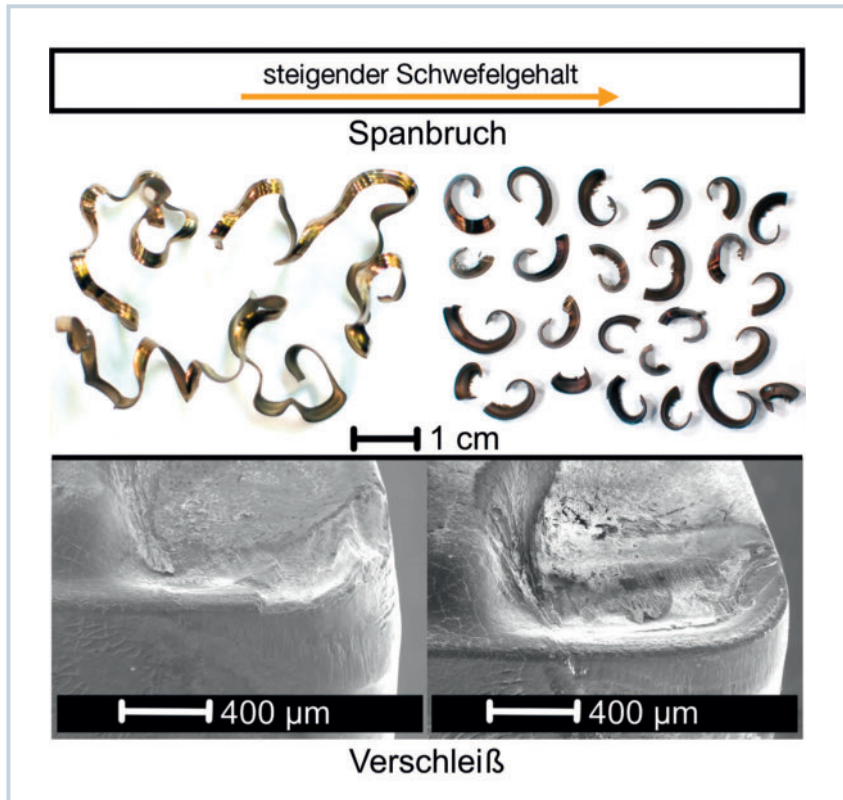
Die Werkstoffeigenschaften von Stahl, und damit dessen Zerspanbarkeit, werden durch die chemische Zusammensetzung, Wärmebehandlung und Vorbearbeitung bestimmt. Bei der chemischen Zusammensetzung ist vor allem der Schwefelgehalt

eine bedeutende Einflussgröße. Bei Stählen mit standardisiertem Schwefelgehalt wird infolge der Bildung von Mangansulfiden im Werkstoffgefüge der Spanbruch verbessert und der Werkzeugverschleiß vermindert (Bild 1).

In den letzten Jahren haben besonders schwefelarme Stähle für die Herstellung antriebstechnischer Bauteile wie Getriebewellen oder Komponenten der Dieseleinspritztechnik an Bedeutung gewonnen, da ein geringer Schwefelgehalt die mechanischen Eigenschaften wie die Dauerschwingfestigkeit verbessert. Für die Zerspanung bedeutet dies jedoch ungünstige Band- und Wirrspäne sowie höheren Werkzeugverschleiß.

Um den Einfluss des Schwefelgehaltes auf den Zerspanprozess zu ermitteln, wurden am ISF Stähle mit üblichem sowie mit stark reduziertem Schwefelgehalt in Dreh- und Tiefbohrversuchen zerspannt. Um die Bearbeitung schwefelarmer Stähle zu optimieren, wurden zahlreiche Einflussgrößen variiert. Von hoher Bedeutung sind die Schnittwerte, der Schneidstoff und die Werkzeuggestalt. Auf Basis der breiten Variation von Schneidstoffen und Gestaltungen konnten die Funktionsweisen aufgezeigt und günstige Werkzeugeigenschaften ermittelt werden. Eine ebenfalls nicht zu vernachlässigende Einflussgröße ist das Kühlschmierstoff-Konzept. Neben der Überflutungsschmierung mit Emulsion wurden die Trockenbearbeitung, Minimalmengenschmierung und CO₂-Kühlung erprobt.

Die Ergebnisse der Experimente zeigen, dass die Bearbeitung schwefelarmer Stähle bei Anpassung der entscheidenden >>>



1 Einfluss des Schwefelgehaltes auf Spanform und Werkzeugverschleiß

» Einflussgrößen vergleichbar zur Zerspaltung von Stählen mit standardisiertem Schwefelgehalt erfolgen kann [1].

Präparierte Schneidkanten zerspanen besser

Beim Zerspanprozess generell und bei der Hochleistungszerspaltung (HPC) im Besonderen sind die Schneidkanten der Präzisionswerkzeuge hohen thermomechanischen Belastungen ausgesetzt. Gängige Praxis ist es, die Schneidteilgestalt von Vollhartmetallwerkzeugen (VHM) konventionell zu schleifen. Dabei hängt die erzielte Schartigkeit der Schneidkanten von der Prozessauslegung ab.

Um Mikroausbrüche zu vermeiden und um eine definierte mikroskopische Kantenverrundung zu erzeugen, kommen Präparationsverfahren wie Strahlspanen, Bürsten oder Schleppscheiben zum Einsatz. Hierbei ist die Kenntnis über den Einfluss der verschiedenen Prozessgrößen auf die Schneidkantenverrundung und die Kantenschartigkeit in Abstimmung auf den geschliffenen Ausgangszustand der Werkzeuge sowie ihren Einsatz von großer Bedeutung [2, 3]. Beim Strahlspanen soll eine möglichst gleichmäßige Ober-

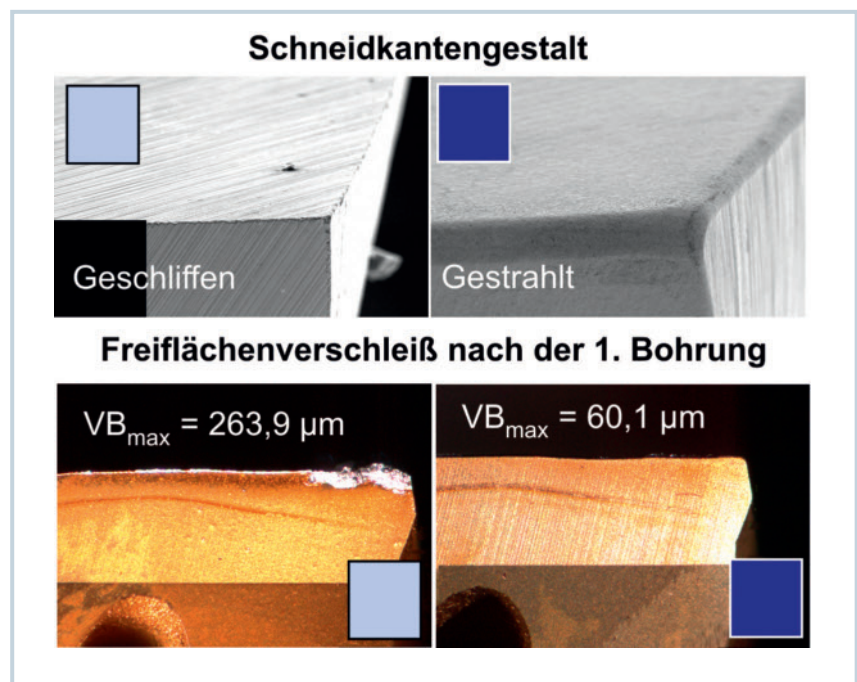
flächenstruktur der Schneidkante erzielt werden, um dadurch die Kantenstabilität und die Werkzeugstandzeit zu verbessern. Auch beim Strahlspanen entschei-

det die richtige Variation relevanter Prozessparameter darüber, ob diese Ziele erreicht werden.

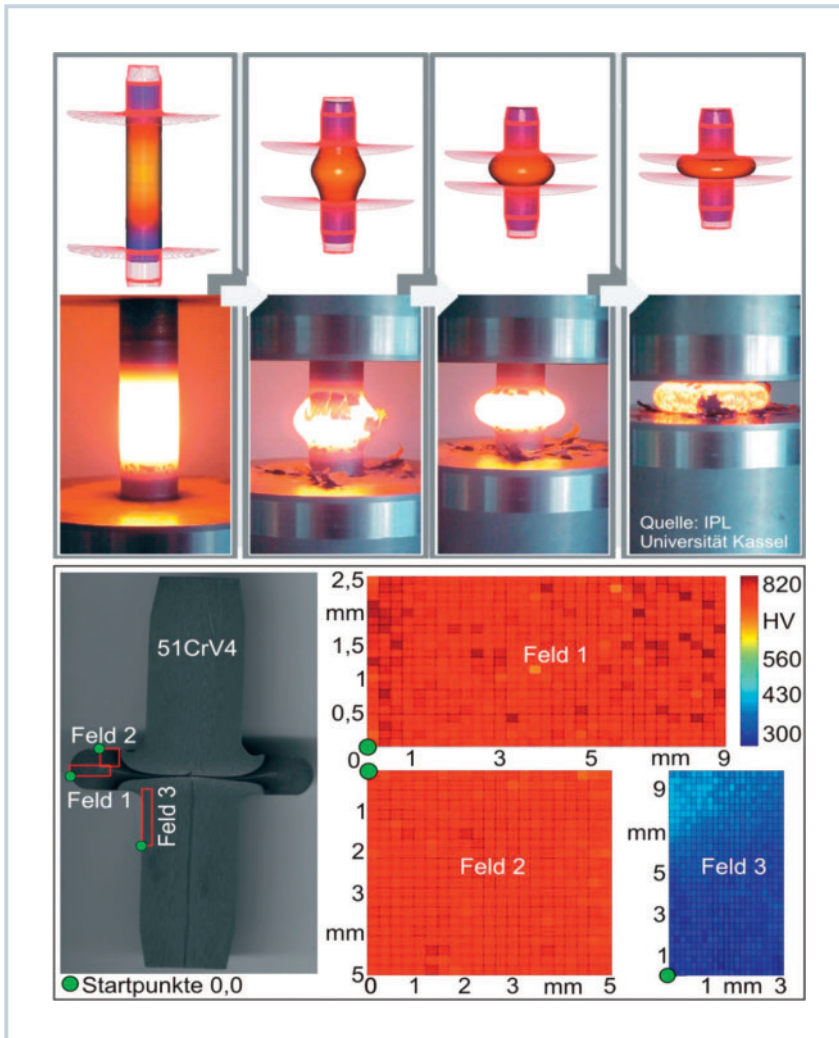
Bild 2 zeigt den Einfluss der Schneidkantenpräparation auf die Verschleißbeständigkeit für VHM-Bohrwerkzeuge mit unterschiedlicher Schneidkantengestalt. Als Referenz dient ein geschliffenes Werkzeug. Die Werkzeuge wurden nach der Präparation beschichtet und unter Hochleistungsbedingungen getestet. Der Vergleich des Freiflächenverschleißes zeigt schon nach der ersten Bohrung einen positiven Effekt der mittels Strahlspanen erzeugten Schneidkantenverrundung auf den Werkzeugverschleiß und lässt Rückschlüsse auf mögliche Leistungssteigerungen zu.

Spanende Bearbeitung funktional gradierter Werkstücke

Die Entwicklung neuer Materialien bietet die Möglichkeit, Bauteile mit inhomogenen Materialeigenschaften schneller und auch günstiger herzustellen. Solche neuen Materialien verfügen über ein Eigenschaftsprofil, das den Bauteilanforderungen angepasst ist. Eine Ritzelwelle zum Beispiel benötigt hoch verschleißbeständige, harte Zähne und eine Welle hoher Festigkeit, um Belastungen durch Vibra-



2 Einfluss der Schneidkantenpräparation auf den Werkzeugverschleiß; Prozesskenngrößen: Werkstück-Werkstoff Ck45 normalisiert, Werkzeug: VHM-Wendelbohrer, Schneidstoff HC-K40 TiN, Bohrungsdurchmesser $d = 14$ mm, Bohrtiefe $t = 42$ mm, Schnittgeschwindigkeit $v_c = 400$ m/min, Vorschub $f = 0,375$ mm, KSS Emulsion



3 Prozessschritte für die Herstellung funktional gradierter Werkstücke und gemessene Härteverteilungen

tion und Torsion zuverlässig standhalten zu können.

Um die lokalen Eigenschaften eines Werkstoffs auf der Mikrostrukturebene zu beeinflussen, wird ein thermomechanisch gekoppelter Umformprozess genutzt [4].

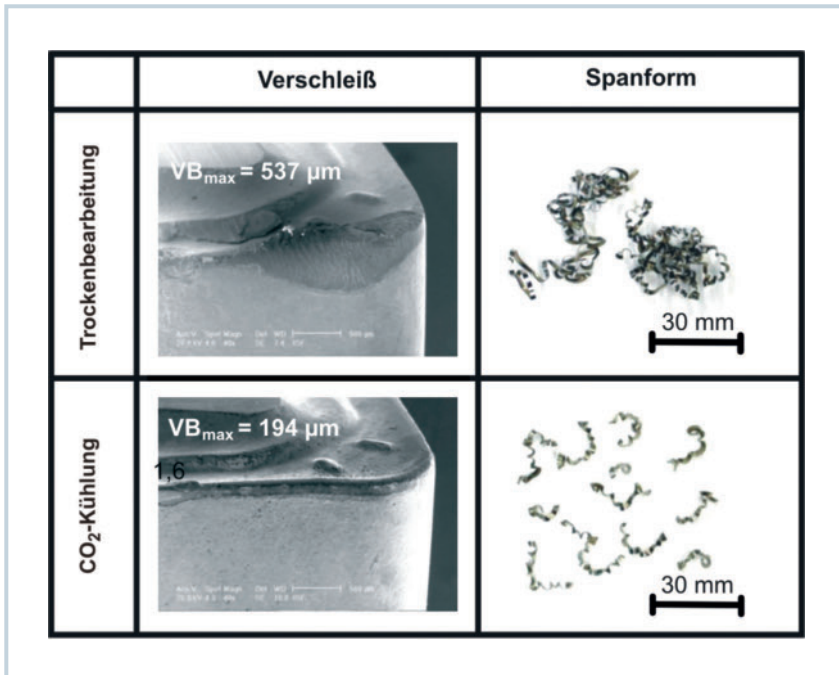
Das Ergebnis dieses Prozesses (Bild 3) ist ein rotationssymmetrisches Halbzeug mit einer funktionalen Gradierung, die dem Anforderungsprofil entspricht. Die Mitte des zylindrischen Halbzeugs aus Vergütungsstahl 51CrV4 wird induktiv erwärmt

und zwischen dem oberen und unteren Stempel geformt. Eine örtlich und zeitlich kontrollierte Abkühlphase erlaubt die Einstellung der lokalen Eigenschaften des Werkstücks. Die in den gekennzeichneten Feldern am Werkstück gemessenen Härten reichen von 300 HV im Bereich der Welle (hellgrau) bis zu 800 HV im Flanschbereich (dunkelgrau). Der erzeugte Härtegradient birgt große Herausforderungen für die spanende Bearbeitung.

Um eine hohe Maß- und Formtreue zu erreichen, wird das Werkstück mit nur einem Werkzeug durch Außenlängsdrehen und Plandrehen komplett bearbeitet. Ein Schneidstoff, der sich für die Weich- und Hartbearbeitung gleichermaßen gut eignet, existiert jedoch nicht. Darüber hinaus sind die Schnittwerte für die Weich- und Hartbearbeitung sehr unterschiedlich. Daher mussten Prozessstrategien gefunden werden, bei denen der Schneidstoff und die lokale Härte des Werkstücks berücksichtigt werden. Für die Versuchsplanung und Modellierung kam die ›DACE‹-Methode zum Einsatz. Damit konnten für ein beschichtetes Feinkornhartmetall nach nur zwölf Experimenten optimale Prozessparameterwerte für eine angepasste Komplettbearbeitungsstrategie des funktional gradierten Werkstücks ermittelt werden [5].

Einsatz der CO₂-Prozesskühlung bei der Stahlbearbeitung

Die hohen thermomechanischen Belastungen des Werkzeugs bei der Zerspanung von Stahlwerkstoffen führen zu einem hohen Werkzeugverschleiß und einem unzureichenden Spanbruch. Eine unzureichende Spanabfuhr wiederum kann die >>>



4 Einfluss des KSS-Konzepts auf den Werkzeugverschleiß sowie auf die Bearbeitungsqualität, Prozesskenngrößen: Werkstück-Werkstoff X2CrniMoN22-5-3, Werkzeug-Schneidstoff HC1-CVD1-S1, Zerspanvolumen $V_z = 500 \text{ cm}^3$, Schnittgeschwindigkeit $v_c = 200 \text{ m/min}$, Vorschub $f = 0,15 \text{ mm}$, Schnitttiefe $a_p = 2,5 \text{ mm}$

»» Prozesssicherheit nachhaltig beeinträchtigen. Neben der anforderungsgerechten Auswahl von Schneidstoff, Werkzeuggestalt und Schnittwerten kann der Prozess durch eine Anpassung des Kühlschmierstoffkonzepts nach technologischen und ökologischen Gesichtspunkten beeinflusst werden.

In der spanenden Fertigung stellt Kohlenstoffdioxid (CO₂) ein innovatives Kühlmedium dar, das technologische Vorteile wie reduzierten Werkzeugverschleiß und verbesserten Spanbruch mit den ökologischen Vorteilen der Trockenbearbeitung verbindet. Diese Vorteile der CO₂-Kühlung konnten bei der Dreh- und Bohrbearbeitung von nichtrostenden sowie schwefelarmen Stählen nachgewiesen werden [6, 7]. In Bild 4 wird beim Außenlängsdrehen eines nichtrostenden Stahls mit austenitisch-ferritischem Gefüge die CO₂-Kühlung anhand ausgewählter Bewertungsgrößen mit der Trockenbearbeitung verglichen.

Neben einer Verringerung des Werkzeugverschleißes infolge einer geringeren thermischen Werkzeugbelastung wird bei der CO₂-Kühlung der Spanbruch erheblich verbessert. Auch wird der prozessbedingte Fließspannungsabfall reduziert,

i INSTITUT

ISF – Institut für Spanende Fertigung
Technische Universität Dortmund
44227 Dortmund
Tel. 0231/7 55-2784
Fax 0231/7 55-5141
→ www.isf.de

woraus ein verbesserter Spanbruch und eine geringere Gratbildung resultieren. Für die Oberflächengüte ergibt sich mit der Prozesskühlung ebenfalls eine Verbesserung: Bei der Trockenbearbeitung entsteht aufgrund der hohen Temperaturen in der Spanbildungszone eine unregelmäßige Oberflächenstrukturierung, die bei CO₂-Kühlung vermindert werden konnte [6].

Tagungsthema ›Stahlzerspanung‹

Die angerissenen Themenschwerpunkte zeigen innovative Ansätze und aktuelle Erkenntnisse für die moderne Stahlzerspannung. Diese und weitere Themen können bei der Tagung ›Stahlzerspanung 2008‹ von Vertretern aus Industrie und Hochschulen anhand zahlreicher Vorträge sowie der begleitenden Fachausstellung eingehend diskutiert werden. ■

www.wvw.de → WB101931

LITERATUR

- Weinert, K.: Produktivität in der spanenden Fertigung. Begleitband zum Fachgespräch Zerspanen im modernen Produktionsprozess am 26./27.2.2008, Dortmund 2008, S. 3-17
- Kötter, D.: Herstellung von Schneidkantenverrundungen und deren Einfluss auf das Einsatzverhalten von Zerspanwerkzeugen. Dissertation Universität Dortmund, Vulkan Verlag, Essen 2006
- Weinert, K.; Terwey, I.: Schneidkantenpräparation – Bestimmung der Schneidkantengestalt. In: IDR Industrie Diamanten Rundschau 42(2007)1, S. 52-53
- Weidig, U.; Huebner, K.; Steinhoff, K.: Bulk steel products with functionally graded properties produced by differential thermo-mechanical processing. In: Steel Research Int. 79(2008)1, S. 59-65
- Biermann, D.; Zabel, A.; Grünert, S.; Wagner, T.: Effiziente Modellbildung in der Zerspanung. In: wt Werkstatttechnik online 98(2008), S. 39-43
- Hesterberg, S.: Trockenbearbeitung nichtrostender Stähle – Prozessgestaltung für das Drehen und Bohren mit Wendeschneidplatten. Dissertation Universität Dortmund, Vulkan Verlag, Essen 2006
- Biermann, D.; Kahleyß, F.; Heilmann, M.: Bohren mit CO₂-Prozesskühlung. In: VDI-Z Integrierte Produktion 149(2007)1/2, S. 78-80

Prof. Dr.-Ing. Dirk Biermann ist Leiter des Instituts für Spanende Fertigung (ISF) der Technischen Universität Dortmund
→ biermann@isf.de

Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. i. R. Klaus Weinert ist ehemaliger Leiter des ISF

Dipl.-Ing. Ina Terwey ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am ISF, Forschungsschwerpunkt Technologie, Abteilung Schleifen
→ terwey@isf.de

Dipl.-Ing. Jan Fabian Felderhoff ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am ISF, Forschungsschwerpunkt Technologie, Abteilung Zerspanung
→ felderhoff@isf.de

Dipl.-Ing. Markus Heilmann ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am ISF, Forschungsschwerpunkt Technologie, Abteilung Zerspanung
→ heilmann@isf.de

Dipl.-Phys. Benedikt Sieben ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am ISF, Forschungsschwerpunkt Technologie, Abteilung Zerspanung
→ sieben@isf.de