

Vergleich der Gewindefertigungsverfahren Formen und Schneiden

Aufschlussreiche Gegenüberstellung

Gegenüber der spanenden Gewindeherstellung weist das Gewindeformen diverse Vorteile auf. Neben der Spanfreiheit des Verfahrens gehören dazu auch die bessere Oberflächenqualität der Gewinde und die Aufhärtung einzelner Gewindeabschnitte.

VON DIRK BIERMANN,
KLAUS PANTKE, DIETMAR HECHTLE
UND STEFAN HESTERBERG

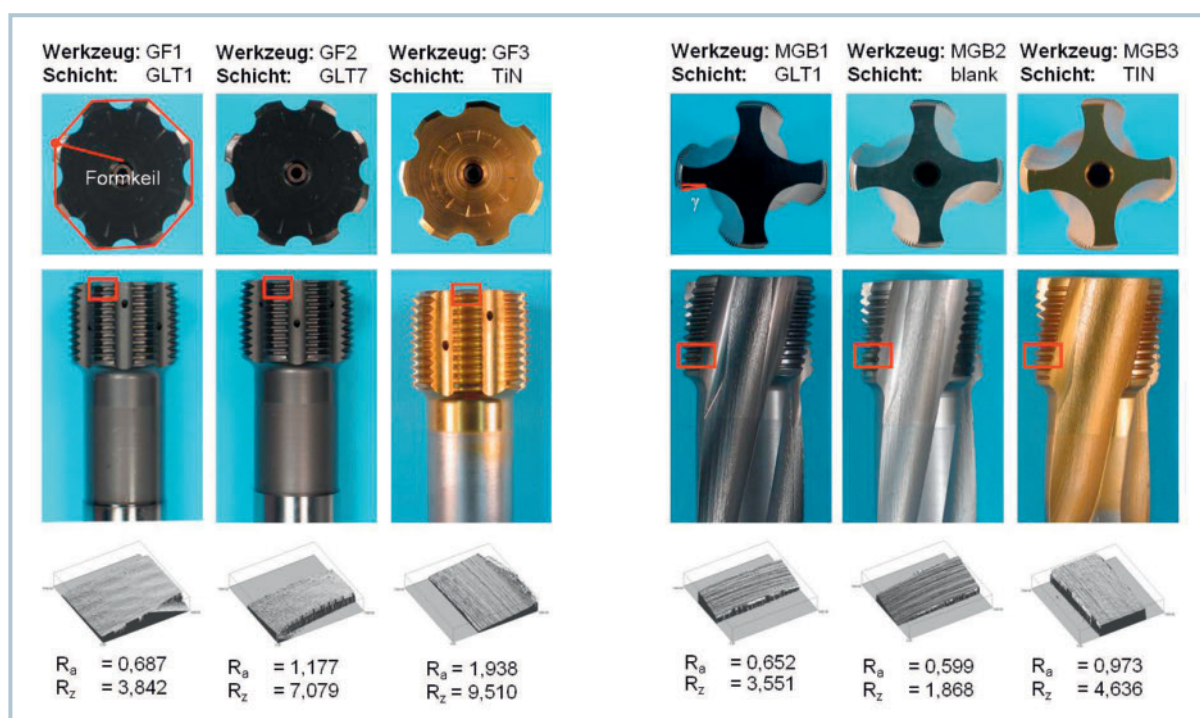
→ Bei der Fertigung von Innengewinden kommt aktuell in der industriellen Praxis überwiegend das Fertigungsverfahren Gewindeschneiden zur Anwendung [1]. Für einen Vergleich dieses Gewindeherstellungsverfahrens mit dem Gewindeformen stellte der Hersteller Emuge drei konventionelle Gewindeschneidwerkzeuge (MGB) sowie drei Gewindeformwerkzeuge (GF)

mit verschiedenen Werkzeugbeschichtungen zur Verfügung. Bild 1 gibt einen Überblick über diese Versuchswerkzeuge. An den gekennzeichneten Stellen wurden daran jeweils die Oberflächenkennwerte arithmetischer Mittenrauwert (R_a) und mittlere Rautiefe (R_z) bestimmt.

Die Werte belegen die unterschiedliche Oberflächenbeschaffenheit in Abhängigkeit vom eingesetzten Beschichtungssystem. Mit der Frontalansicht der Werkzeuge wird zudem der Unterschied zwischen Form- und Schneidwerkzeugen deutlich. Die Formwerkzeuge verfügen über einen

typischen polygonförmigen Werkzeugquerschnitt, woraus die Formkeile für den Gewindeformprozess resultieren. In Bild 1 sind dieser polygonale Querschnitt sowie ein Formkeil für das Werkzeug GF1 markiert. Die Gewindeschneidwerkzeuge hingegen verfügen über die charakteristische Schneidengestalt dieses Werkzeugtyps. Bild 1 veranschaulicht diese Gestalt für das Werkzeug GB1 durch Markierung des Spanwinkels.

Die eingesetzten Schneidwerkzeuge unterscheiden sich lediglich durch das Schichtsystem; bei den Formwerkzeugen weist



1 Für den Verfahrensvergleich wurden je drei Gewindeformwerkzeuge (GF, links) und Gewindeschneidwerkzeuge (MGB) mit unterschiedlichen Werkzeugbeschichtungen eingesetzt

GF3 gegenüber GF1 und GF2 zusätzlich einen Unterschied in der Werkzeuggestalt auf. Dieses Werkzeug verfügt nur über sieben Formkeile und sieben Schmiernuten. Als Versuchswerkstoff wurde der Vergütungsstahl 42CrMo4+QT (1.7225) mit martensitischem Gefüge eingesetzt.

Spanform beim Einsatz von Gewindeschneidwerkzeugen

Im Gegensatz zum Gewindeformprozess folgt aus dem Einsatz konventioneller Gewindebohrwerkzeuge ein Werkstoffabtrag in Spanform. Dies ist ein entscheidender Nachteil dieses Fertigungsverfahrens, da bei ungünstigen Spanformen ein Werkzeugbruch oder eine Schädigung der Gewindeoberflächen auftreten können [2]. Insbesondere ein Werkzeugbruch ist oft mit erheblichen wirtschaftlichen Nachteilen verbunden, weil das Gewindeschneiden meist erst dann zur Anwendung kommt, wenn bereits zahlreiche Bearbeitungsschritte am Bauteil ausgeführt wurden.

Die resultierenden Späne aus der Bearbeitung mit den Gewindeschneidwerkzeu-



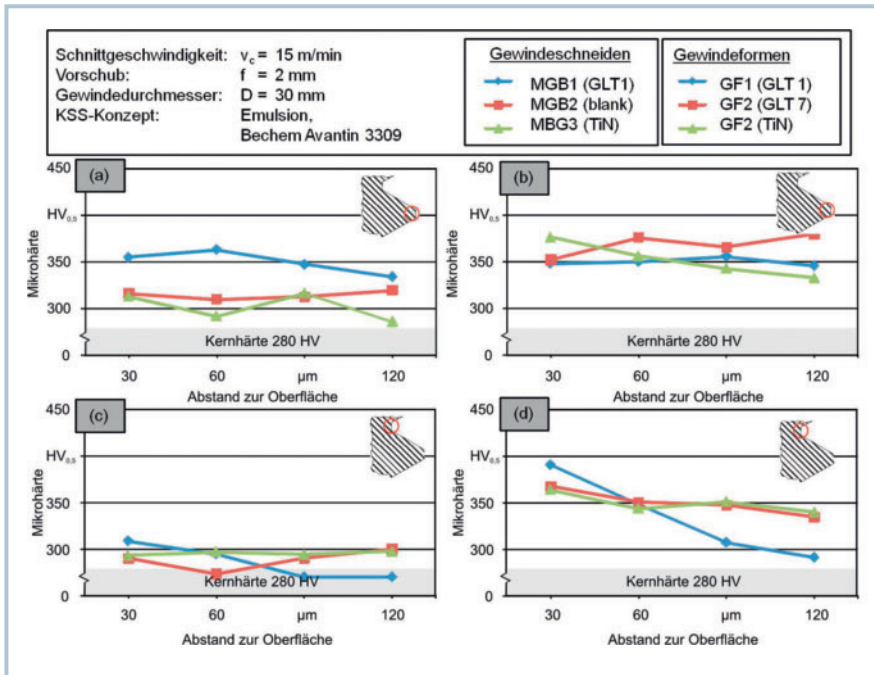
2 Abhängig von der Werkzeugbeschichtung tritt beim Gewindeschneiden eine ungünstige Spanform auf

gen sind in Bild 2 dargestellt. Die Werkzeuge wurden jeweils mit den gleichen Parametereinstellungen eingesetzt. Besonders deutlich werden die Unterschiede im Spanbruch in Abhängigkeit von der Beschichtung. Während die Werkzeuge mit einer TiN- oder GLT1-Schicht einen langen, nachteiligen Wirtspan verursachen, lässt sich mit dem unbeschichteten Gewin-

deschneidwerkzeug MGB2 ein vergleichsweise günstiger Spanbruch erzielen. Damit sind der einfache Spanabtransport und eine sichere Bearbeitung gewährleistet.

Einfluss des Werkzeugkonzeptes auf die Mikrohärtigkeit des Gewindes

Aus einem Druckumformprozess, wie er beim Gewindeformen auftritt, resultiert ei- >>>

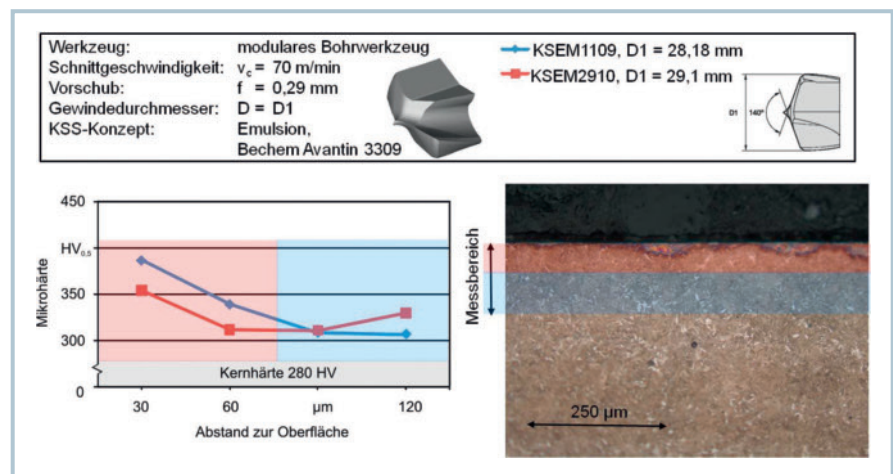


3 Verfahrensspezifischer Verlauf der Mikrohärtigkeit im Bereich der Gewindespitze und des Gewindegrundes

»» ne veränderte Mikrohärtigkeit des Werkstoffs. Um diese Veränderungen zu bewerten, die vor allem auf plastische Deformationen während der Bearbeitung zurückzuführen sind, wurde die Mikrohärtigkeit an den durch konventionelles Gewindeschneiden und durch Gewindeformen hergestellten Gewinden ermittelt. Dabei wurde sowohl am Gewindegrund als auch der Gewindespitze gemessen. Jeder Punkt in Bild 3 repräsentiert den Mittelwert aus je neun Einzelmessungen. Die Mikrohärtigkeit wurde stets bis zu einer Entfernung von 120 μm zur Werkstückoberfläche gemessen.

Mit Bild 3 wird deutlich: Bei der zerspanenden Gewindefertigung tritt unabhängig vom eingesetzten Werkzeug ein nahezu linearer Verlauf der Mikrohärtigkeit auf. Dies ist sowohl an der Gewindespitze (Bild 3 (a)) als auch am Gewindegrund (Bild 3 (c)) zu beobachten. Es fällt jedoch auf, dass die Härte an beiden Messpositionen über der Kernhärtigkeit des Werkstoffs von 280 HV verläuft.

Beim Gewindeformen resultiert aus dem Formprozess häufig eine Krallen- oder Zipfelbildung im Bereich der Gewindespitze (Bild 5). Die Mikrohärtigkeitsmessungen an den geformten Gewinden erfolgten daher unterhalb dieser Zipfel. Die Härte im Bereich der Gewindespitze weist einen ähnlichen Verlauf auf wie beim konventionellen Ge-



4 Durch die Vorbohrung verursachter Mikrohärtigkeitsverlauf im Bereich der Bohrungsrandzone

windeschneiden. Zu erklären ist dies mit dem eingeschränkten Umformprozess in diesem Bereich. Im Gewindegrund hingegen sinken die Härte mit zunehmendem Abstand von der Werkstückoberfläche. Dieser Verlauf ist auf den Druckumform-

prozess bei der Gewindefertigung zurückzuführen, da im Gewindegrund die größte plastische Verformung stattfindet.

Alle Härtemessungen zeigen einen Verlauf, der oberhalb der Kernhärtigkeit des Werkstoffs 42CrMo4+QT liegt. Dies ist mit dem Einfluss des Vorbohrprozesses zu begründen. Bild 4 zeigt den Mikrohärtigkeitsverlauf im Bereich der Bohrungsrandzone, wie er aus dem Vorbohrprozess für die Gewindefertigung resultiert. Für das Gewindeschneiden wurde ein Vorbohrdurchmesser von $D = 28,18 \text{ mm}$ und für den Gewindeformprozess ein Vorbohrdurchmesser von $D = 29,1 \text{ mm}$ vorgegeben. Die Prozessrandbedingungen sind in Bild 4 dargestellt.

Unabhängig vom eingesetzten Werkzeugdurchmesser ist ein Anstieg der Mikrohärtigkeit im Bereich der Oberflächenrandzone zu verzeichnen. Diese Beeinflussung ist somit als Ursache für die gegenüber der Kernhärtigkeit erhöhten Härte zu identifizieren.

Einfluss des Werkzeugkonzeptes auf die Oberflächeneigenschaften

An den erzeugten Gewinden wurden im weiteren Verlauf Rauheitsmessungen mit einem konfokalen Weißlichtmikroskop durchgeführt. Zusätzlich wurden die Gewinde mithilfe eines Rasterelektronenmikroskops qualitativ untersucht. Bild 5 zeigt die ermittelten Ergebnisse.

Die mittlere Rautiefe eines geschnittenen Gewindes ($R_z = 8,92 \mu\text{m}$) unterscheidet sich signifikant von der eines geformten Gewindes ($R_z = 3,47 \mu\text{m}$). Sehr deutlich zeigt sich das auch an den rasterelektronenmikroskopischen Aufnahmen. Bei dem

i INSTITUT

Institut für Spanende Fertigung
Technische Universität Dortmund

44227 Dortmund
Tel. 0231 7552784
Fax 0231 7555141

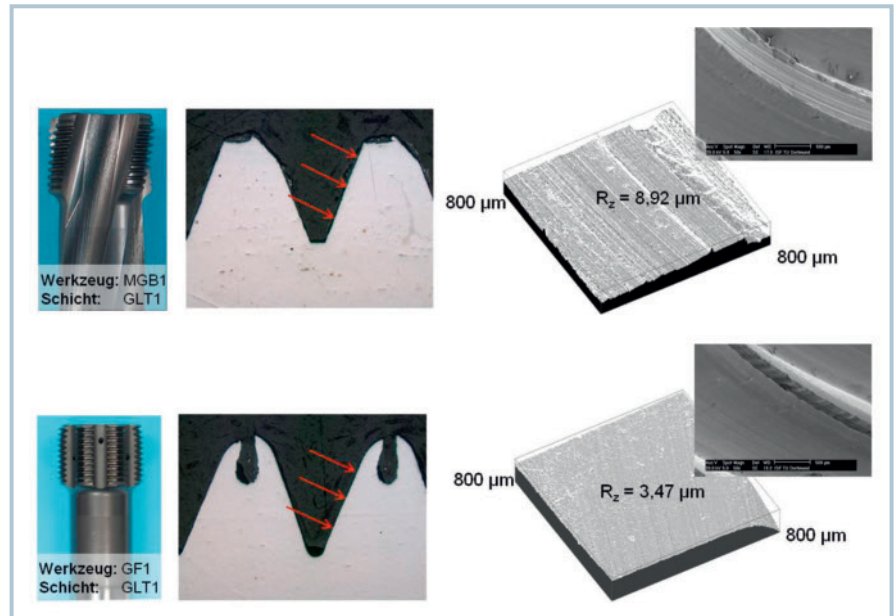
→ www-isf.maschinenbau.uni-dortmund.de

geschnittenen Gewinde ist – wie bereits an den metallografischen Aufnahmen deutlich gemacht wurde – eine Gratbildung an der Gewindespitze zu erkennen. Darüber hinaus ist am Übergang von der Gewindeflanke zur Gewindespitze ein geometrischer Fehler in Form einer Furche zu identifizieren. Dies lässt sich auf zusätzliche Reibung infolge Spanabtransport bei der Fertigung zurückführen. Bei der Bearbeitung mit diesem Werkzeug tritt ein langer Wirrspan auf. Dieser bricht während der Bearbeitung nicht und reibt so zusätzlich entlang des Gewindes, woraus eine Furchung resultieren kann. Das geformte Gewinde zeigt hingegen eine beanstandungslose Oberfläche mit sehr gutem Oberflächenkennwert.

Zusammenfassung

Gegenstand der Untersuchungen war ein Vergleich der Innengewindefertigungsverfahren Gewindeformen und -schneiden. Im Rahmen der Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass beim Gewindeschneiden abhängig von der Werkzeugbeschichtung eine ungünstige Spanform auftritt, die eine Schädigung des Gewindes oder gar Werkzeugbruch verursachen kann. Aus den dargelegten Gründen sollte unter den genannten Einsatzbedingungen auf eine Werkzeugbeschichtung verzichtet werden.

Gegenüber einer spanenden Gewindefertigung zeigt das Gewindeformen entscheidende Vorteile. Mit der Bearbeitung kann bei vollständiger Spanfreiheit eine Aufhärtung am Gewindegrund realisiert werden, woraus sich ein positiver Einfluss auf die Gewindefestigkeit vermuten lässt. Des Weiteren kann durch einen Formprozess eine signifikant bessere Oberflächenqualität der erzeugten Gewinde erreicht



5 Oberflächenbeschaffenheiten der erzeugten Gewinde: Mit dem Gewindeformen wird eine signifikant bessere Oberflächequalität erreicht

werden. Furchungen oder andere Schädigungen der Gewindeflanken durch Spanverklümmungen lassen sich mit diesem Verfahren ausschließen. Mit dem gewählten Vorbohrdurchmesser $D=28,81$ mm für das Gewindeformen ist eine starke Kralenbildung zu verzeichnen. Dies lässt eine erhöhte Werkzeugbelastung vermuten. ■

Artikel als PDF unter www.werkstatt-betrieb.de
Suchbegriff → **WB110293**

LITERATUR

- 1 Linß, M.: Gewindefurchen – die Alternative, in: WB Werkstatt und Betrieb, 134(2001)7-8, S. 39-42
- 2 Biermann, D.; Hammer, N.; Pantke, K.: Gewindenachformen in Magnesiumwerkstoffen. Neue Möglichkeiten zum Fügen eines Leichtbauwerk-

stoffs, in: Integrierte Produktion Special (2007)
Heft II Werkzeuge, S. 37-40

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

Dipl.-Wirt.-Ing. Klaus Pantke ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am ISF
→ pantke@isf.de

Dipl.-Ing. Dietmar Hechtle ist Leiter Technisches Büro bei Emuge-Franken in Lauf an der Pegnitz
→ dietmar.hechtle@emuge.de

Dr.-Ing. Stefan Hesterberg ist Gruppenleiter Zerspanungstechnologie bei Bosch Rexroth in Witten
→ info@boschrexroth.de