



1 Cut&Form-Werkzeuge: Innengewindefertigung durch Kombination von Spanen und Umformen

Erzeugen von Innengewinden mittels Spanen und Umformen im Kombiprozess

Gewindeherstellung auf höchstmöglichem Niveau

›Cut&Form‹ nennt Emuge das Gewindeformen, kombiniert mit spanender Vorbearbeitung für das Herstellen von Innengewinden. Das innovative Verfahren bietet großes Potenzial durch die gezielte Beeinflussung der Gewindeeigenschaften.

VON DIETMAR HECHTLE

→ In der Innengewindefertigung ist neben dem Gewindebohren und -fräsen das Gewindeformen als kaltumformendes Verfahren seit langer Zeit etabliert. Es gibt jedoch neuere Entwicklungen in der Werkzeugtechnologie, die das Gewindeformen auch in Stahlwerkstoffen in größeren Regelgewindeabmessungen ermöglichen. Neben dem Gewindeformen erweitert die neue Lösung des kombinierten spanenden Vorbearbeitens und Nachformens die Grenzen bis Gewindeabmessung M64 (× 6) sowie hinsichtlich schlecht umformbarer Werkstoffe wie etwa Grauguss.

Diese Technologien eröffnen Möglichkeiten, die spezifischen Eigenschaften umformend erzeugter Innengewinde in bisher nicht bearbeitbaren Werkstücken nutzbar zu machen (Bild 1).

Die Umformung des Gewindeprofils – in Teilen oder insgesamt – führt zu Verstärkungen an kritischen Bereichen des Innengewindes. Die Oberflächengüte des umgeformten Gewindes weist eine glatte Oberfläche und niedrige Rauheit auf. Die Profilgenauigkeit ist hoch, da der Gewindeformer nicht zu groß ›schneidet‹ und sich im Werkstoff abstützt.

Neue Entwicklungen im Bereich Gewindeformer

Durch die Weiterentwicklung von Gewindeformern (InnoForm) in Hinsicht auf Werkzeuggeometrie, -beschichtung sowie -grundwerkstoff unter Berücksichtigung des Fließverhaltens des Bauteil-Werkstoffs ist es möglich, Gewindeabmessungen mit Nenndurchmessern $D > 24$ mm und Gewindesteigungen ab 3 mm in Stahlwerkstoffen zu realisieren. Es konnten mit diesen Werkzeugen größere Regelgewinde-

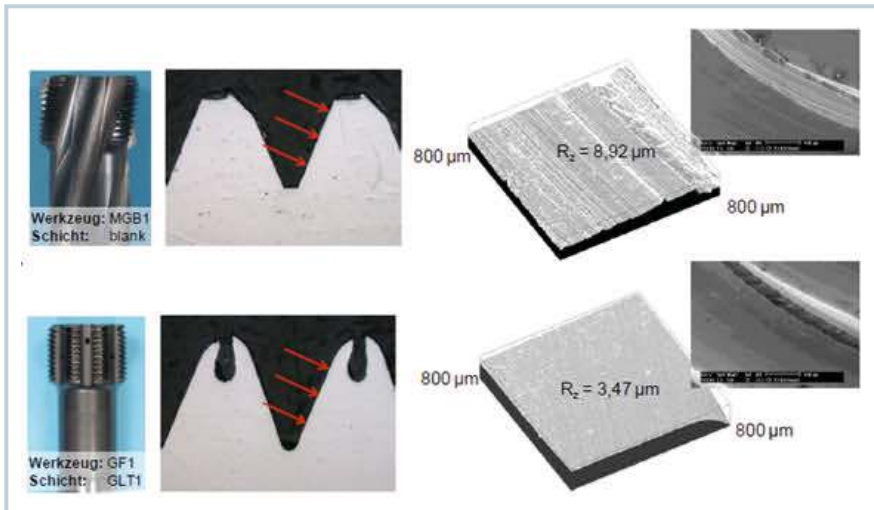
abmessungen in Stahlwerkstoffen wie beispielsweise C45 oder 16MnCr5 unter Öl- sowie Emulsionsschmierung hergestellt werden.

Untersuchungen am Institut für Spanende Fertigung (ISF) der TU Dortmund bestätigten die positiven Effekte eines Formwerkzeugs (InnoForm) im Vergleich zu einem konventionellen Schneidwerkzeug [4]. Aufgrund des Formprozesses konnten die Rauheit sowie die Oberflächenstruktur der Gewindeflanken im Vergleich zu einem herkömmlich gefertigten Gewinde signifikant verbessert werden (Bild 2).

i HERSTELLER

Emuge-Werk Richard Glimpel GmbH & Co. KG
91207 Lauf
Tel. +49 9123 186-0
www.emuge-franken.de

Bilder: Emuge Franken



2 Oberflächenqualität bei der Bearbeitung mit einem Gewindeschneidwerkzeug (MGB1, oben) im Vergleich zu einem Formwerkzeug (GF1, unten)

Es gibt Bauteile, in denen große Gewinde mit erheblich eingeschränkter Flankentoleranz eingesetzt werden. Es kann nötig sein, die zulässige Toleranz im Vergleich zur Standardtoleranz 6 H auf ungefähr ein Viertel einzuschränken. Durch Einsatz eines Gewindefurchwerkzeugs unter zwangsläufiger Steigungsführung und starrer Spannung ist diese Toleranz prozesssicher darstellbar.

Spanendes Vorbearbeiten und Teilumformen des Innengewindes

Das Herstellungsverfahren Cut&Form von Emuge ist eine Kombination aus spanenden und umformenden Verfahren, die jeweils einen bestimmten Teil des Gewindeprofils erzeugen. Eine bevorzugte Ausführungsform von Cut&Form wird in der Skizze des Gewindequerschnitts (Bild 3) dargestellt. Die schwarz gezeichnete Kontur des Gewindeprofils zeigt das Volumen an, das durch den Gewindebohrer in einem Zerspanungsprozess hergestellt wird. Der nachfolgend eingebrachte Gewindeformer erzeugt das rot eingezeichnete Teilstück durch plastische Verformung, womit dann das komplette Gewindeprofil auf Nennmaß fertiggestellt ist. Beim nachgefurchten Gewinde ist eine deutliche Verformung des Werkstoffgefüges im Bereich des Gewindegrunds sowie im angrenzenden Bereich der Gewindeflanken zu erkennen, woraus eine Verfestigung des Werkstoffs resultiert (Bild 4).

Der nachzuformende Bereich im Gewindegrund ist durch die Durchmesser-

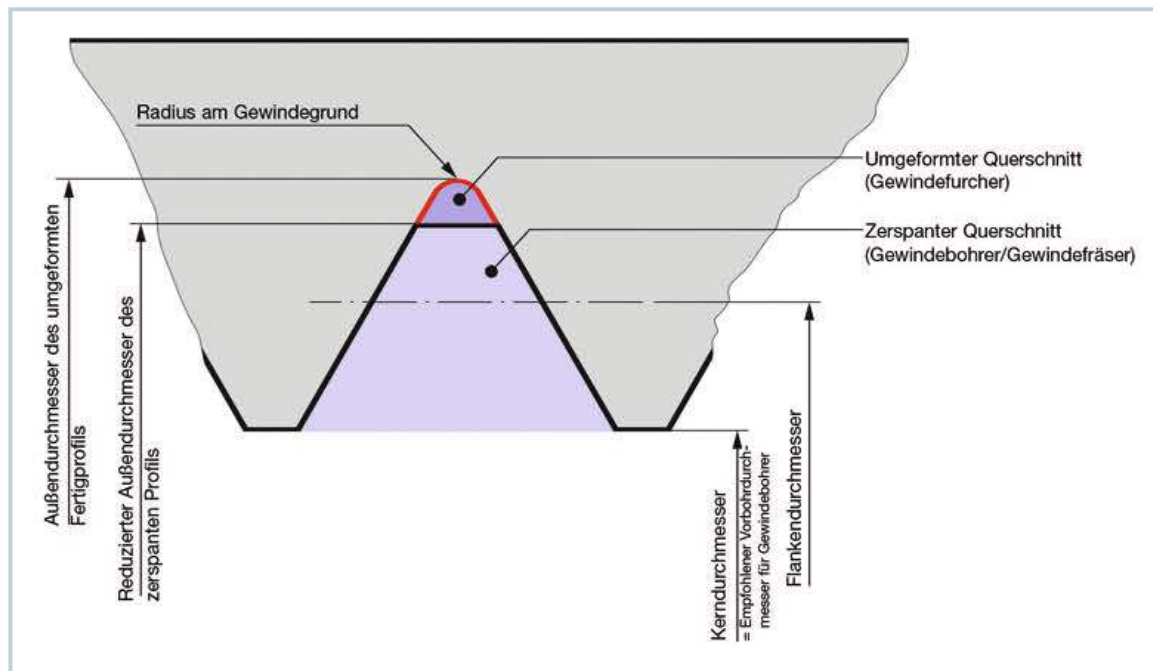
differenz zwischen Gewindeschneid- und Formwerkzeug in seiner Größe unterschiedlich definierbar und weist eine vergleichsweise hohe Oberflächenqualität auf. Cut&Form ist anwendbar für Gewindesteigungen bis 6 mm. Ebenfalls können durch dieses Verfahren nur bedingt formbare Werkstoffe wie Grauguss, Magnesium oder übereutektische Aluminiumlegierungen (beispielsweise $AlSi17Cu4Mg$) bearbeitet werden.

Erhöhung der Festigkeit der Gewindeverbindung

Bei großen Gelenkwellen in industriellen Anwendungen ist eine hohe Drehmomentübertragung von hoher Bedeutung. Um diese bei gleicher Gewindeabmessung zu erhöhen, soll die Festigkeitssteigerung von Gewindeverbindungen erreicht werden [1]. Vier Varianten von Gewindeverbindungen M36×3 in 42CrMo4 werden untersucht:

- Normalausführung mit geschnittenem Gewinde und Schraube
- Innengewinde mit Freistich sowie Schraube
- hohlgebohrte Schraube und geschnittenes Innengewinde
- Innengewinde Cut&Form und Schraube.

Dauerfestigkeitsuntersuchungen unter schwellender Last ergeben eine Erhöhung der Dauerfestigkeit durch Cut&Form von bis zu 487 Prozent gegenüber der Normalausführung. Durch den Einsatz von Cut&Form werden zudem die Wartungs- >>>



3 Axialschnitt eines Gewindes mit Profilaufteilung nach Emuge Cut&Form

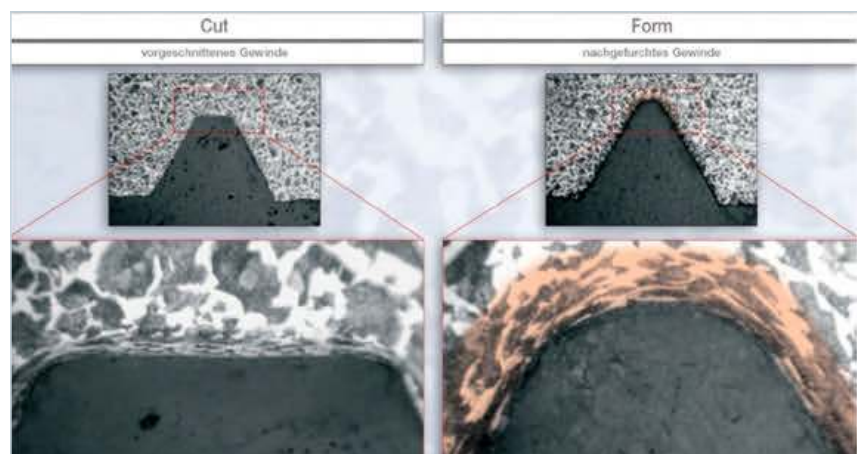
»» Intervalle zum Wechseln von Walzenköpfen auf das Fünffache verlängert [2]. Dies gelingt durch die Festigkeitssteigerung der Gewindeverbindung M30, die den Walzenkopf auf der Walzenspindel befestigt.

Verfestigung des gesamten Gewindeprofils

Es ist möglich, mit Cut&Form das gesamte Gewindeprofil zu verfestigen, indem man nicht nur am Außendurchmesser, sondern auch in der Flanke und im Kern des Gewindes Gefügeverfestigungen durch Umformung erzielt. Durch folgenden Ablauf mit Cut&Form ist dies realisierbar:

1. Vorfertigen des Gewindekerndurchmessers
2. Vorfräsen des Gewindeprofils mit definiertem Untermaß im gesamten Profil (Flanke und außen)
3. Nachformen mit Cut&Form-Gewindeformer
4. Fräsen des Gewindekerns zur Entfernung der »Krallen«.

Erzielbare Verbesserungen der Gewindeeigenschaften liegen in der Erhöhung der Dauerfestigkeit sowie der Glättung der Gewindeoberfläche. Durch maßlich definierte Vorbearbeitung kann das Aufmaß des folgenden Furchwerkzeugs exakt eingestellt werden. Dadurch werden definierte Druck- und Fließverhältnisse hergestellt. Dies wirkt sich positiv auf die Genauigkeit des erzeugten Gewindes und dessen Oberflächenqualität aus. Es ist möglich, das



4 Gefügestruktur des vorgeschrittenen sowie nachgeformten Gewindes

Schleifen der erzeugten Kugellaufbahnen nach dem Härten zu substituieren.

Bearbeitung von Magnesium

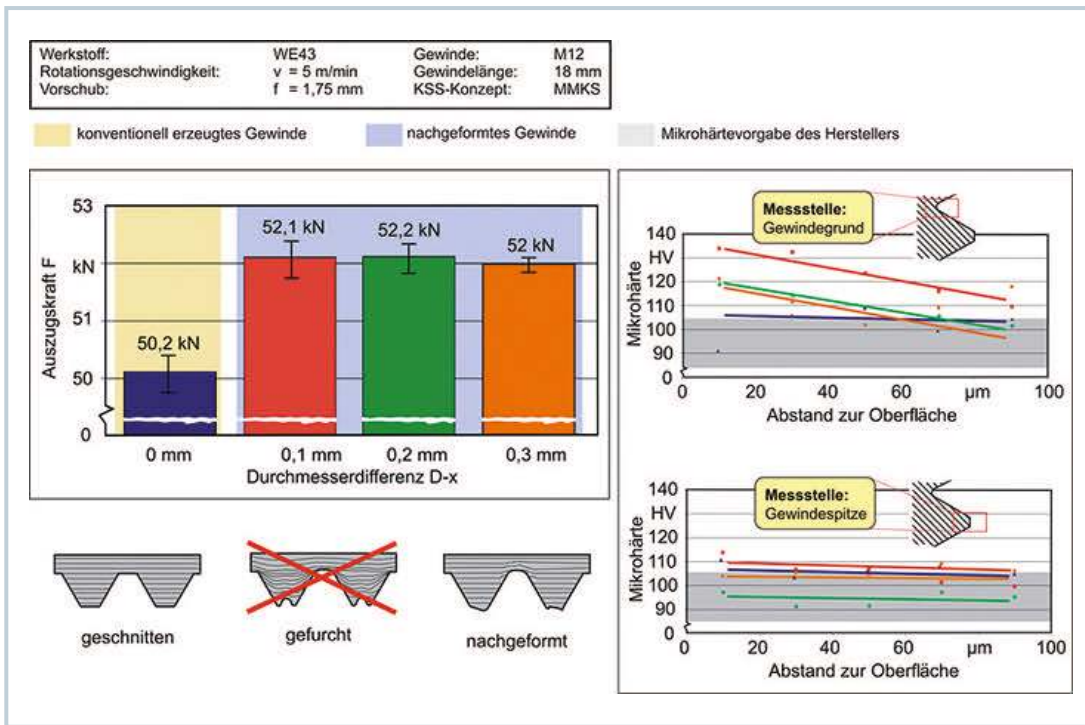
Magnesium ist aufgrund der spezifischen Gitterstruktur nur sehr eingeschränkt umformbar. Folglich lässt sich ein konventionelles Gewindeformen nicht realisieren. Mit Cut&Form ist es jedoch möglich, den Außenradius des Gewindeprofils umformend zu bearbeiten und dadurch zu verfestigen [3]. Dies hat positive Auswirkungen auf die statische Festigkeit entsprechender Gewinde.

In Bild 5 ist dies anhand statischer Auszugstests in der Magnesiumlegierung WE43 sowie der entsprechenden Mikrohärtemessungen an verschiedenen Positionen im

Gewinde dargestellt. Es zeigt sich deutlich eine Steigerung der Gewindefestigkeit von nachgeformten Gewinden gegenüber einer konventionellen Fertigung. Die Gefügaufhärtungen im Gewindegrund können eindeutig auf den Formprozess zurückgeführt werden, da bei einem Gewindeformschneidprozess sowie an nicht verformten Bereichen des Gewindes keine vergleichbare Aufhärtung zu registrieren ist.

Verfahren GF-plus

Neben Cut&Form setzt Emuge auch noch das Verfahren »GF-plus« zur spanenden Vorbearbeitung und Teil-Umformung des Innengewindes ein. Das Gewindefräsfurche GF-plus vereint Funktionen des Gewindefräsens mit denen des Gewindefor-



5 Auszugskräfte und Mikrohärte: Auch hier punkten nachgeformte Gewinde

mens durch die Implementierung sowohl spanender als auch umformender Geometrielemente in einem Werkzeug. Die Verfahrenskinetik entspricht den bekannten Gewindefräsverfahren. Das Arbeitsergebnis ist ein Gewinde, das in der Gewindeflanke spanend und im Gewindegrund umformend erzeugt ist (Bild 6). Gewindefräsfurchen bietet Vorteile des Gewindefräßens sowie des Gewindeformens und eröffnet neue Möglichkeiten der Ge-

windebearbeitung, die kein bisher bekanntes Verfahren zur Verfügung stellt. Es ist hervorragend geeignet zur Bearbeitung von Aluminium, Magnesium und ähnlichen Leichtbauwerkstoffen. Es ist auch anwendbar in Stahl und rostfreien Stählen.

Resümee

Das Herstellungsverfahren Cut&Form ist für Gewindesteigungen bis 6 mm einsetzbar. Die Vorbearbeitung erfolgt durch

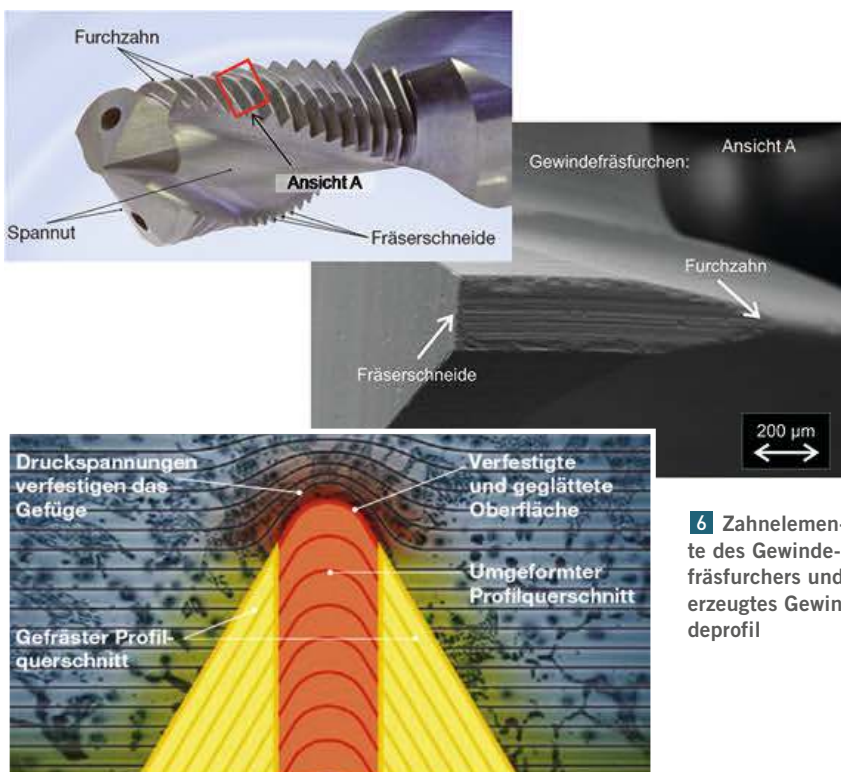
Gewindebohren oder -fräsen, die Nachbearbeitung durch Gewindeformen. Umformbare Werkstoffe wie Stahl, Titanlegierung und Ähnliches können mit dem Verfahren genauso wie schlecht fließende Werkstoffe wie etwa Grauguss, Magnesium und übereutektische Aluminiumlegierungen bearbeitet werden. Seine Vorteile spielt Cut&Form unter anderem bei der Steigerung der Festigkeit der Gewindeverbindung bei Gelenkwellen, der Erhöhung des Wartungsintervalls von Walzenköpfen, der Verfestigung des gesamten Gewindeprofils sowie der Oberflächenqualität und Genauigkeit bei Kugelgewinden aus. ■

→ WB110886

Dietmar Hechtle ist Leiter des Technischen Büros bei Emuge in Lauf
info@emuge-franken.de

LITERATUR

- 1 Hechtle, Dietmar : Höhere Belastbarkeit für Schraubenverbindungen, In: WB Werkstatt + Betrieb, 140 (2007) 7-8, S. 54-56
- 2 Hechtle, Dietmar: Fünffach längere Intervalle, In: WB Werkstatt + Betrieb, 141 (2008) 11, S. 42-43
- 3 Biermann, Dirk; Hammer, Niels; Pantke, Klaus: Gewindenachformen in Magnesiumwerkstoffen, In: VDI-Z Special Werkzeuge, August 2007, S. 37-40
- 4 Biermann, Dirk; Pantke, Klaus; Hechtle, Dietmar; Hesterberg, Stefan: Aufschlussreiche Gegenüberstellung WB 10/2010, S. 42



6 Zahnelemente des Gewindefräsfurchers und erzeugtes Gewindeprofil