

Grundsätzliches zur Gewindefertigung

Informationen & praktische Anwendungs-Tipps

Was ist beim „Gewinden“ zu beachten?

Grundsätzlich ist die richtige Auswahl des Werkzeuges und damit die „Geometrie des Gewindewerkzeuges“ und die daraus resultierenden Einflüsse in Ihren praktischen Auswirkungen auf das zu bearbeitende Material wesentlich.

Darüberhinaus spielen die Schnittgeschwindigkeit und die Schmier-Kühlung eine wesentliche Rolle, um die „Geschmeidigkeit“ des Spanflusses und die Güte des Gewindes einschließlich der Lehrenhaltigkeit positiv zu beeinflussen.

Da neben der Technik, die optimale Fertigungsergebnisse garantieren muß, auch noch die Wirtschaftlichkeit oder die Dokumentation der Produktion eine wesentliche Rolle spielen, haben wir uns zum Ziel gesetzt, die wichtigsten Themen in dieser Arbeit aufzugreifen und die komplexen Zusammenhänge darzulegen.

In der Folge werden auch anwenderspezifischen Fragen, beispielsweise für der „Bearbeitung von Thermoplasten“ einschließlich der Kühlschmierung behandelt.



Sollte Sie ein spezielles Thema sehr interessieren, lassen Sie es uns wissen und senden Sie ein Email an <mailto:wissenswertes@microtap.de>

Wir bedanken uns für die freundliche Unterstützung und Mitarbeit der Firma EMUGE und weiterer hier nicht genannter Personen. Alle Fotos sind von der Fa. EMUGE bereitgestellt.

Inhaltsverzeichnis

1 Technik.....	3
2 Gewindearten für Innen- & Außengewinde.....	3
2.1 Die Werkzeugtechnik im Detail.....	3
2.1.1 Gewindearten für Innen- & Außengewinde.....	3
2.2 Gewindearten.....	4
2.3 Gewindevverfahren.....	4
2.4 Innengewinde.....	5
2.4.1 Außengewinde.....	6
3 Grundsätzliches zur Werkzeuggeometrie.....	7
3.1 Aktuelle Themen.....	7
3.2 Geplante Themen.....	7
4 Begriffe der Schneidengeometrie.....	8
4.1 Grafische Darstellung & Begriffe.....	8
4.2 Der Anschnitt.....	9
4.3 Der Zahn.....	11
4.4 Der Hinterschliff.....	12
4.5 Die Gewinde-Nuten.....	13
5 Grundsätzliches zum Gewinde formen.....	14
5.1 Verfahrensmerkmale.....	14
5.1.1 Voraussetzungen.....	14
5.2 Vorteile.....	14
5.3 Zu beachten.....	14
5.4 Prinzip des Gewindefurchens.....	15
5.5 Vergleich / Unterschied.....	15
5.5.1 Vorteile Gewindeformer.....	16
5.6 Polygonform & Ausbildung geformter Gewindeflanken / -stege.....	17
5.7 Auswirkungen & Einflüsse der Toleranzen des Vorbohrkerndurchmessers.....	17
5.8 Auswirkungen der Vorbohrdurchmesser.....	19
5.8.1 Nicht voll „ausgeformtes“ Gewindeprofil und „überformtes“ Profil.....	19
5.9 Grataufwurf beim Gewindeformen.....	20
5.9.1 Einfluss der Gewindefurchsenkung beim Gewindeformen.....	20
5.10 Gewindequalität eines geformten Gewindes.....	21
5.10.1 Welche Materialien eignen sich zum Gewindeformen?.....	21
6 Oberflächenbehandlungen / Oberflächenbeschichtungen.....	22
6.1 Ziele der Oberflächenbehandlung.....	22
6.2 Verfahren der Oberflächenbehandlungen & -beschichtungen.....	22
6.3 PVD – Physical Vapor Deposition.....	23
6.4 Physikalische Eigenschaften der Hartstoffschichten.....	24
6.5 Einsatz von Schmierkühlmittel.....	25
6.6 Übersicht verschiedener Standardöle in Abhängigkeit zum Werkstoff in 5 Gruppen unterteilt.....	25
7 Probleme der Gewindeherstellung.....	26
8 Das Drehmoment.....	27

1 Technik

Die erste Erkenntnis: Es gibt keine grundsätzlichen & allgemeingültigen Formeln um beispielsweise das richtige Werkzeug und/oder die optimale Schnittgeschwindigkeit pauschal festlegen zu können. Nur die Erfahrung und spezifische Prozessuntersuchung ermöglichen die Festlegung der Fertigungsparameter sowie der Werkzeuge für den optimalen Fertigungseinsatz.

2 Gewindearten für Innen- & Außengewinde

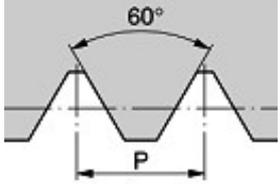
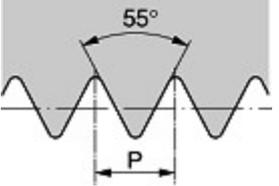
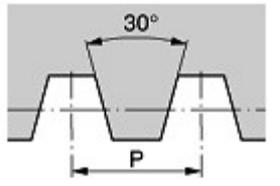
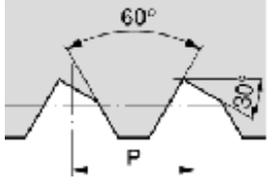
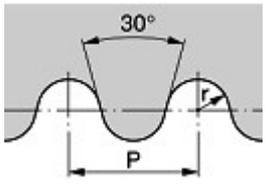
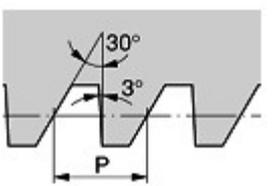
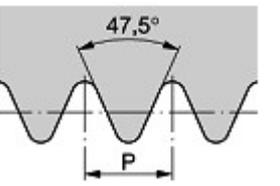
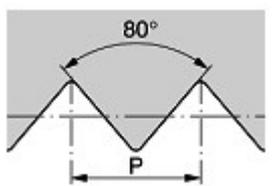
2.1 Die Werkzeugtechnik im Detail

2.1.1 Gewindearten für Innen- & Außengewinde

- Befestigungsgewinde Festsitzgewinde / Schraube – Mutter
- Bewegungsgewinde Leitspindel / Lenkgetriebe / Justiergewinde
- Transportgewinde Extruder / Schnecken

- Bauformen
- Kernlochformen / Bolzenform
- Grundformen
- Geometrie
 - Steigung
 - Form und Richtung der Spannuten
 - Anschnittwinkel, Freiwinkel im Anschnitt
 - Spanwinkel
 - Schälanschnittwinkel
 - Freiwinkel im Gewinde
 - Gewindehinterschliff
 - Stegbreite

2.2 Gewindearten

M, MF, UNF/UNC	Whw, Whw-R (G),BSF	Trapez (DIN 103)	Self-Lock
			
Rund (DIN 405)	Sägen (DIN 513)	BA	Pg (DIN 40430)
			

2.3 Gewindevverfahren

- Gewindebohren / -schneiden
- Gewindeformen / -furchen / -drücken
- Gewindefräsen
- Gewindestrehlen
- Gewindewirbeln
- Gewindewalzen

2.4 Innengewinde

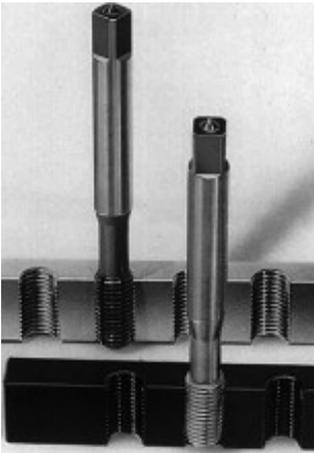
Gewinde-bohren / -schneiden



Verfahrensmerkmale

- Spanendes Verfahren
- Kontinuierlicher Schnitt
- Innenbearbeitung
- Materialabtrag durch stufenförmiges Aufeinanderfolgen der Schneiden => „rotatorisches Räumverfahren“
- Geeignet für Werkstoffe mit HSS-E bis ca. 40 HRC mit Hartmetall bis ca. 60 HRC
- Schneidstoff meist HSS-E, aber auch Hartmetall

Gewinde-formen



- Spanloses Verfahren
- Stufenförmiger Umformprozess
- Innenbearbeitung
- Erzeugung der Gewindekontur durch Verdrängung des Materials
- Geeignet für Werkstoffe mit einer Festigkeit bis ca. 1200 N/mm² und einer Bruchdehnung von min. 8%
- „Schneidstoff“ meist HSS-E, aber auch Hartmetall

Gewinde-fräsen



- Spanendes Verfahren
- Unterbrochener Schnitt
- Innen- und Außenbearbeitung
- Materialabtrag durch „räumlichen Komma-Span“
- Geeignet für Werkstoffe mit Hartmetall bis ca. 60 HRC
- Schneidstoff meist Hartmetall, aber auch HSS-E

2.4.1 Außengewinde

Gewinde schneiden



Verfahrensmerkmale

- Spanendes Verfahren
- Kontinuierlicher Schnitt
- Außenbearbeitung
- Materialabtrag durch stufen-förmiges Aufeinanderfolgen der Schneiden => „rotatorisches Räumverfahren“
- Geeignet für Werkstoffe mit HSS-E bis ca. 1400 N/mm²
Schneidstoff meist HSS-E, aber auch Hartmetall möglich

Gewinde fräsen



- Spanendes Verfahren
- Unterbrochener Schnitt
- Außen- und Innenbearbeitung
- Materialabtrag durch „räumlichen Komma-Span“
- Geeignet für Werkstoffe mit Hartmetall bis ca. 60 HRC
- Schneidstoff meist Hartmetall, aber auch HSS-E

Gewinde-walzen



- Spanloses Verfahren
- Stufenförmiger Umformprozess
- Außenbearbeitung
- Erzeugung der Gewindegkontur durch Verdrängung des Materials
- Werkstoffe mit einer Festigkeit bis ca. 1200 N/mm² und einer Bruchdehnung von min. 8%
- Walzenwerkstoff aus 1.2379 (auch HSS-E möglich)

3 Grundsätzliches zur Werkzeuggeometrie

3.1 Aktuelle Themen

Begriffe der Schneidengeometrie, grafische Darstellung & Begriffe

Der Anschnitt / Bauform A

Bauformen B & C

Bauformen D & E

Die Flanken / Zähne der Schneidwerkzeuge

Der Hinterschliff

Die Gewinde-Nutenformen

3.2 Geplante Themen

Der Schälanschnitt

Die Auswahl des richtigen Gewindebohrers

Unterschied der Wzg. DG und GL

Einfluss Material und Bauform der Werkzeuge

Einfluss der Festigkeiten & Bruchdehnung von Materialien in der Bearbeitung und der zu verwendenden Werkzeuge.

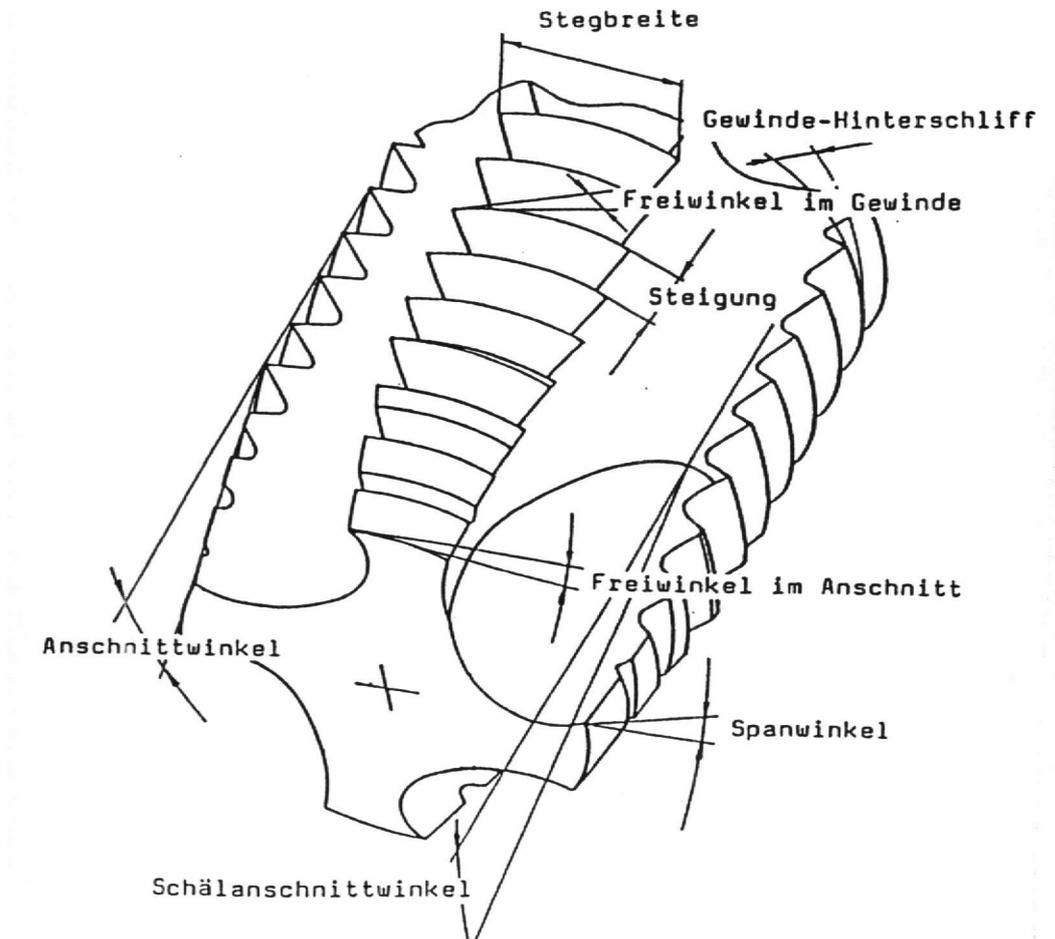
Diplomarbeiten zum Gewindeschneiden & -formen

Drehmoment

Vorteile des Gewinde-Formens

4 Begriffe der Schneidengeometrie

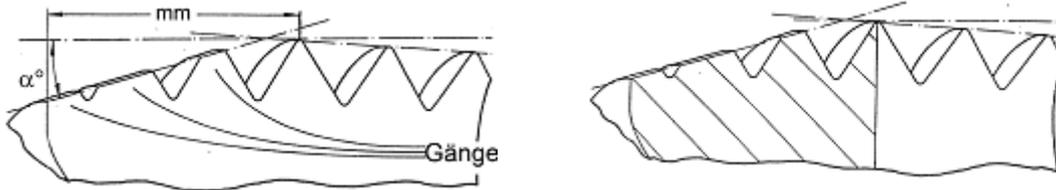
4.1 Grafische Darstellung & Begriffe



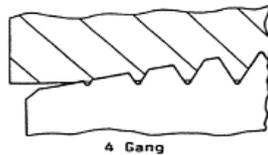
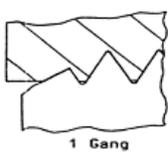
Steigung abhängig zur Gewindegröße
Ansnittwinkel Bauform A – E
Schälanschnittwinkel
Spanwinkel
Freiwinkel im Anschnitt
Freiwinkel im Gewinde, Flanke / Außendurchmesser (= Hinterschliff)
Stegbreite

4.2 Der Anschnitt

Die Anschnittgeometrie entscheidet für welche Anwendung das Werkzeug geeignet ist und beeinflusst maßgeblich die Standzeit des Gewindewerkzeuges.

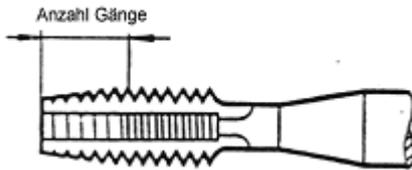


Die Zerspanung wird durch die Anzahl der Anschnittzähne abgetragen und beeinflusst die Lehrenhaltigkeit und die Verteilung/Belastung des Drehmomentes auf des Werkzeug und dessen Lebensdauer/Standzeit. Ein hohes Drehmoment bedeutet auch ein größere Bruchgefahr.



	1 Gang	4 Gang
Drehmoment	gering	groß
Gewindequalität	niedrig	gut
Spanart	dick/stark	dünn/schwach
Last auf Anschnitt	sehr groß	gering

Die Anschnittform und -länge ist genormt. Nach DIN 2187 unterscheidet man die Bauformen A bis E nach den verschiedenen Anschnitt-Gängen



BAUFORM A - 6-8 Gänge

Merkmale

saubere Flankenoberfläche/gute Qualität
hohe Rundlaufgenauigkeit/Fluchtigkeit nötig

Einsatz: kurze Durchgangslöcher

Nicht für tiefe Durchgangsbohrungen verwenden.
Geringe Standzeit / Bruchgefahr

BAUFORM B - 3,5 - 5 Gänge

Merkmale

zusätzlicher Schälanschnitt, guter
Spanbeförderung, geringe Nutenverstopfung

Einsatz: Standard Durchgangsgewindewerkzeug

Für zähe Werkstoffe Auch geeignet für
tiefgebohrte Grundlöcher

BAUFORM C - 2 - 3 Gänge

Merkmale: Standard für Grundlochgewinde mit
kurzem Gewindeauslauf

Einsatz: Grundlochgewindewerkzeug

BAUFORM D 3,5 - 5 Gänge

Merkmale: Mittelschneider für
Handgewindewerkzeuge

Einsatz: Als Maschinengewindewerkzeug nur als
Ausnahme für Durchgang- oder tiefgebohrte
Grundgewinde

BAUFORM E 1,5 - 2 Gänge

Merkmale: Nur für kurze Grundlochgewinde
Sehr großes Zerspanvolumen/hohes Drehmoment

Einsatz: Grundlochgewindewerkzeug für sehr zähe
Werkstoffe

Zusammenfassung

Für Durchgangsgewinde wird allgemein die Bauform B verwendet

Für Grundgewinde wird allgemein die Bauform C verwendet

Für spezielle Anwendungen finden die Bauformen A / D und E Verwendung

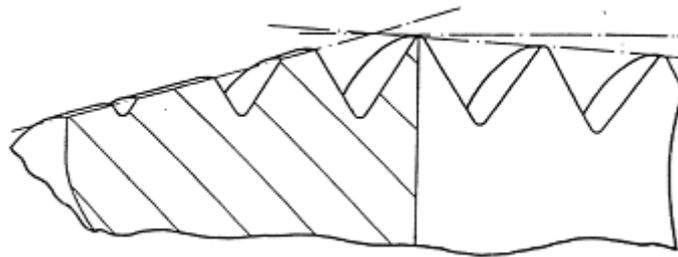
Mit den Gewindefertigungseinheiten von microtap finden Sie wie ein Spezialist selbst heraus, wann diese Werkzeuge einen Vorteil in der Qualität und Lehrenhaltigkeit sowie der Standzeit haben.

4.3 Der Zahn

Der Zahn eines Gewindewerkzeuges definiert sich durch die Stirnfläche und seinen beiden Zahnflanken. Die Breite eines Zahn nennt man die Stegbreite



Grundsätzlich unterscheidet man den Anschnitt „vor“ dem Zahn und „nach“ dem Zahn. Der Zahn vor dem Anschnitt zentriert die Kernbohrung während des Schneidens. Die Zähne nach dem Anschnitt dienen allein zur Führung und verjüngen sich in der Regel gegen den Schaft um unnötige Reibmomente und Spanklemmer zu vermeiden.

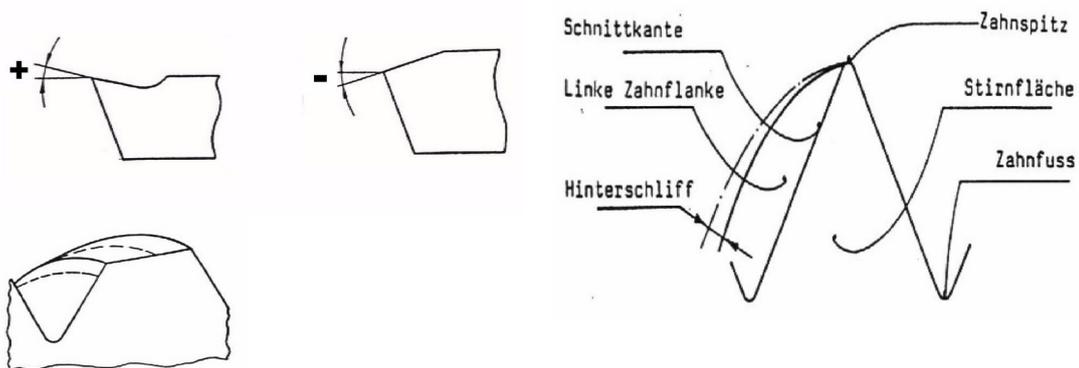


4.4 Der Hinterschliff

Die Raffinesse des Hinterschliffs beim Anschnitt unterscheidet sich grundsätzlich vom Hinterschliff der Zähne im Gewinde, die allein zur Stabilisierung und Führung dienen.

DER HINTERSCHLIFF der Anschnittgeometrie

Spiralgenutete Werkzeuge für Grundlochgewinde haben an der linken Flanke einen starken positiven Schnittwinkel, während die rechte Flanke folgerichtig eine negative Schnittkante aufweisen. Das bedeutet in der PRAXIS oft keine sauberen Oberflächen und geringe Standzeiten.



Für Grundlochgewindewerkzeuge werden die Anschnittzähne hinterschliffen, um eine optimale Spanabfuhr zu ermöglichen. Dies gilt auch für Durchgangsgewinde, da die Anschnittzähne deutlich höher hinterschliffen der Spane nach vorne nicht abgeschert werden muss.

Die Raffinesse der Werkzeughersteller liegt nur darin, zwei völlig verschiedene Hinterschliffe anzuwenden. Den sogenannten Profilhinterschliff oder den Flankenhinterschliff. Manchmal sogar eine Kombination von beiden Verfahren.

DER HINTERSCHLIFF im Gewinde

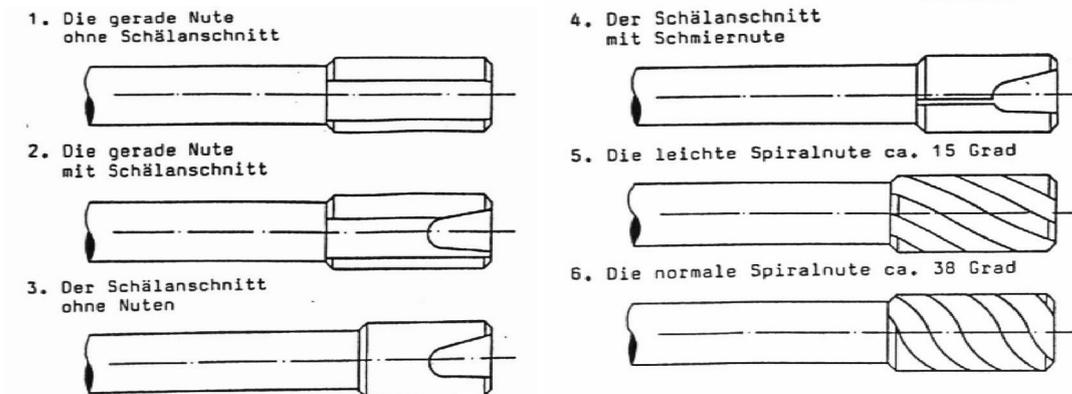
hat die enorm wichtige Aufgabe die Reibung der Führungszähne zu minimieren. Abhängig vom Zahnhinterschliff, die linke wie die rechte Flanke betreffend, sind die speziell ausgeführten/bearbeitenden Werkzeuge für die zu bearbeitenden Werkstoffe und deren Bruchdehnung und Zerspanbarkeit entscheidend.

Man UNTERSCHIEDET im wesentlichen 3 Arten des Hinterschliffes

Hinterschliff klein,	Einsatz:	Werkstoffe mittelfester Legierungen
Hinterschliff groß	Einsatz:	Werkstoffe hochlegiert und hochfest sowie dünnwandig und mit hoher Bruchdehnung
Hinterschliff zylindrisch	Einsatz:	Werkstoffe mit geringer Bruchdehnung und guten Zerspaneigenschaften sowie nicht schmierende Werkstoffe

4.5 Die Gewinde-Nuten

Grundsätzlich spricht man von 6 verschiedenen Nutenformen



Dabei werden zwei Arten von Nuten unterschieden:

1) Die Nutenform als Spanabführnut

Der Span rollt in der Nut ab. Um den Widerstand der Spanabfuhr zu verringern, werden die Nuten abgerundet. Bei tiefgeschliffenen Nuten werden die Späne gut abgeführt. Der dadurch geringere Seelendurchmesser schwächt das Bruchmoment des Werkzeuges beträchtlich. Viele Hersteller wenden diese Praxis bei Durchgangsgewindewerkzeugen ohne Schälanschnitt an, aber auch bei Grundlochgewindewerkzeugen mit kleinen Spiralnuten bei kleinen Gewindegrößen.



Grundlochgewindewerkzeuge mit tiefen Spannuten führen den Span sauber ab und benötigen im Schnitt ein geringeres Schneid-Drehmoment bei besserer Gewindeoberfläche und -güte. Da das Schneidmoment geringer ist, muss das Drehmoment des Antriebes bei einem geringeren Wert begrenzt werden, da das Bruchmoment des Werkzeuges niedriger ist als bei vergleichsweise nicht so tief geschliffenen Spiralnuten.

Die Hauptanwendung dieser Werkzeuge liegt bei Grundlochtiefen $< 2 \times D$

2) Die Nutenform als Kühlmittelkanal bei Umlaufschmierung

Der Schälanschnitt befördert die Späne nach vorne in die Schneidrichtung. Die Nuten bleiben spanfrei und ermöglichen eine gute Kühlung bei gerade genuteten Nuten mit Schälanschnitt.

Die Nutenanzahl bei Grundlochgewindewerkzeugen beeinflusst die Güte des Gewindes. Muss bis zum Grund geschnitten werden, wird ein kurzer Anschnitt gewählt. Vermehrt man die Schnittkanten, wird die Spandicke verringert und der Spanabfluß erleichtert. Unter Verwendung der richtigen Schnittgeschwindigkeit und Schierkühlung, können Spanklemmer vermieden werden.

5 Grundsätzliches zum Gewinde formen

auch Gewinde furchen oder -drücken genannt

5.1 Verfahrensmerkmale

- Spanloses Verfahren
- Stufenförmiger Umformprozess
- Innenbearbeitung
- Erzeugung der Gewindekontur durch Verdrängung des Materials
- „Schneidstoff“ meist HSS-E, aber auch Hartmetall

5.1.1 Voraussetzungen

- Werkstoffe mit einer Festigkeit bis ca. 1200 N/mm² und einer Bruchdehnung von min. 8%
- Bei der Bearbeitung mit Zwangsvorschub / Leitpatrone ist in der Regel ein axiales Ausgleichsfutter erforderlich

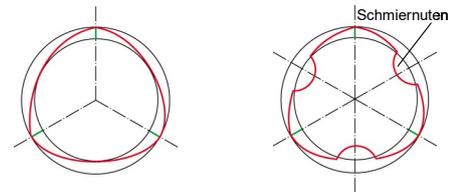
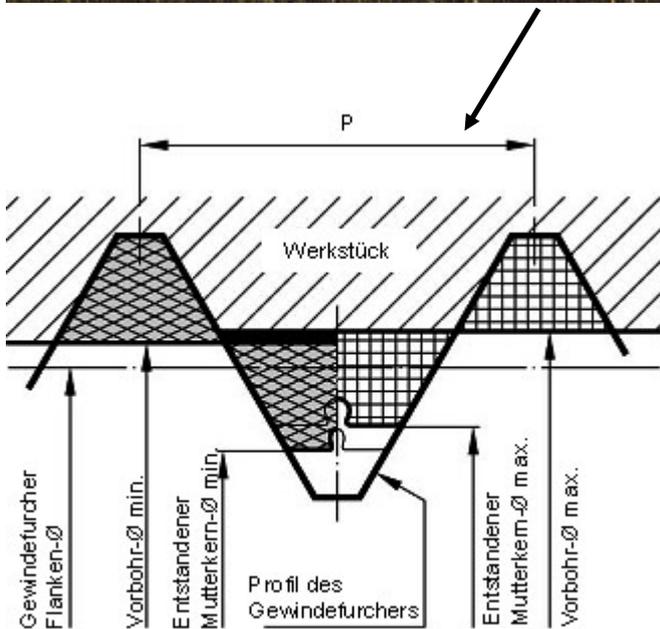
5.2 Vorteile

- Keine Spanprobleme
- Für größere Gewindetiefen geeignet
- Hohe Oberflächenqualität
- Einsatz auf einfachen Maschinen möglich, auch auf Mehrspindelmaschinen
- Hohe „Umfangsgeschwindigkeiten“ möglich
- Erhöhte statische und dynamische Festigkeit des Gewindes
- Kein axiales „Verschneiden“ der Gewinde
- Kein Materialverlust
- Größere Werkzeugbruchsicherheit
- Hohe Standwerte
- Der Mutterkerndurchmesser ist nach DIN 13-50 größer toleriert

5.3 Zu beachten

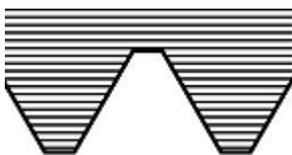
- Gratbildung an der Formfalte
- Größerer Vorbohrdurchmesser als beim Gewindebohren erforderlich
- Genaue Kernlochbohrung einhalten
- Drehmoment höher als beim Gewindebohren
- Meist ist ein hochwertiger Schmierstoff erforderlich
- Materialaufwurf an Ein- und Auslauf des Gewindes
- Kein Nachschärfen möglich

5.4 Prinzip des Gewindefurchens

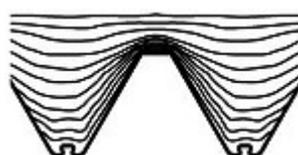


Querschnittprofil eines Gewindefurchers

5.5 Vergleich / Unterschied



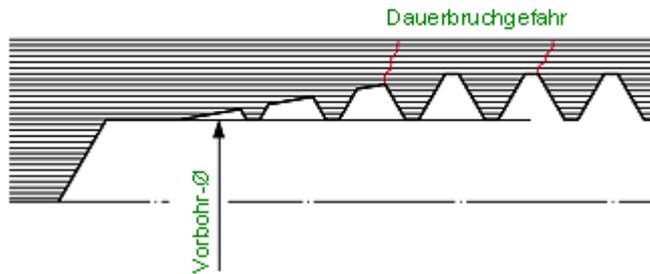
Faserverlauf beim Gewinde-schneiden



Faserverlauf beim Gewinde-formen

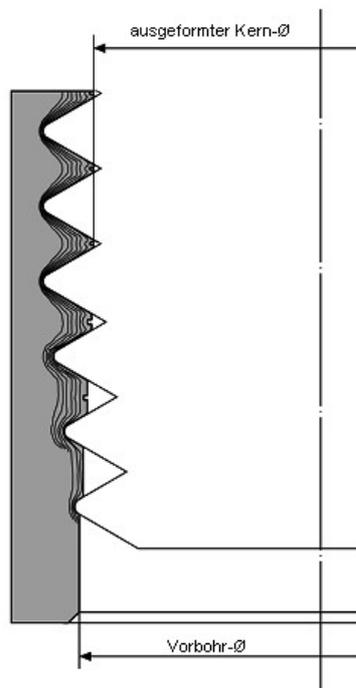
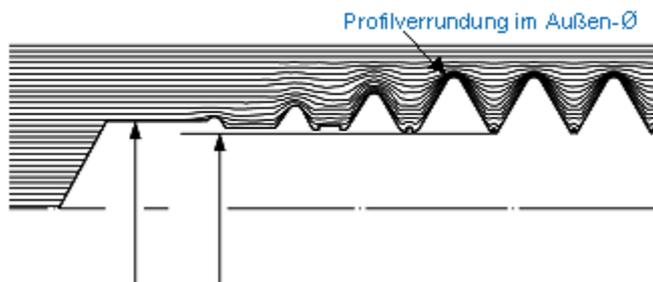
5.5.1 Vorteile Gewindeformer

Geschnittenes Gewindeprofil:

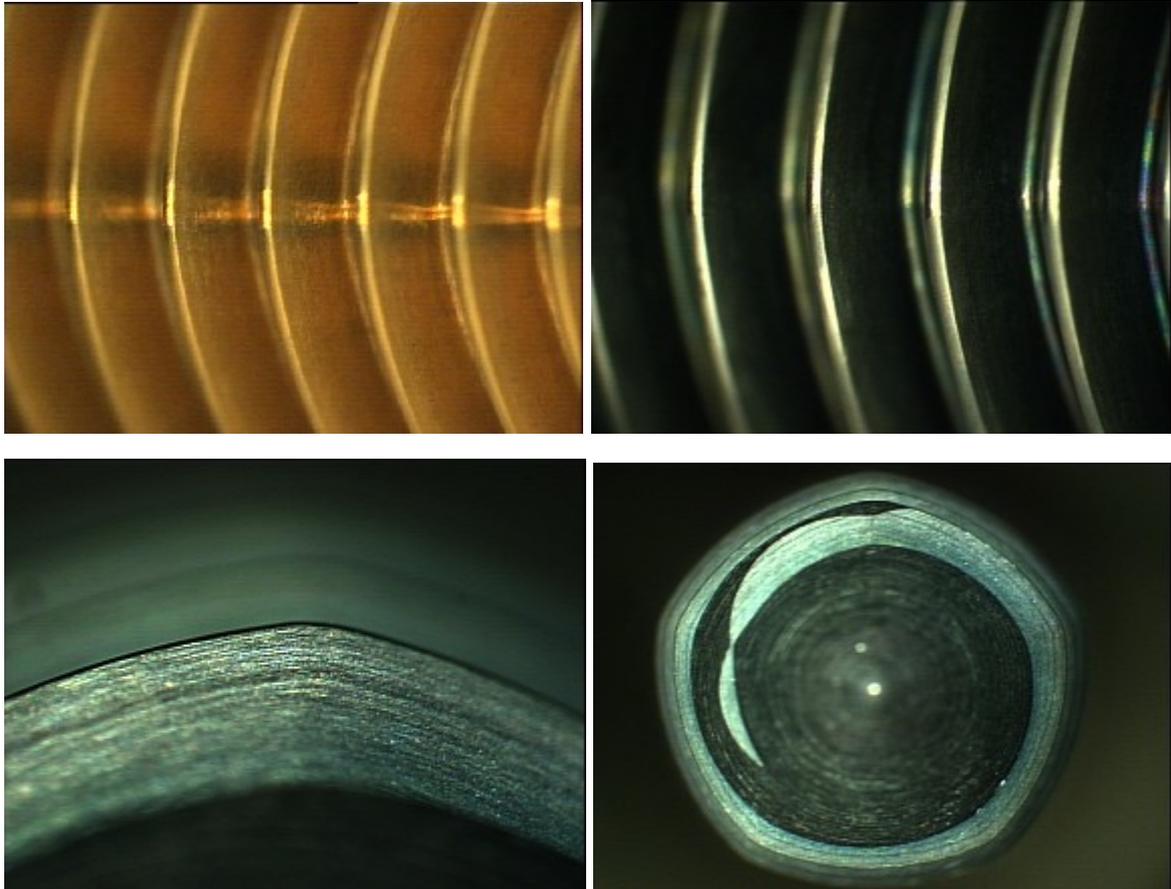


Geformtes Gewindeprofil

Gefurchtes Gewindeprofil:

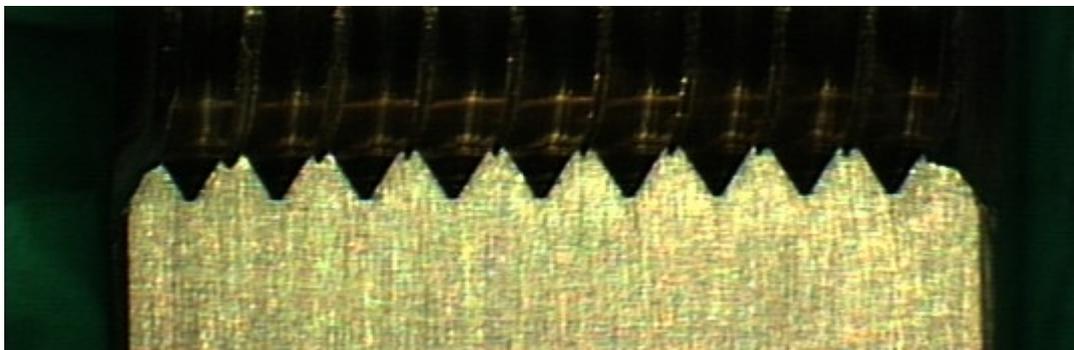


5.6 Polygonform & Ausbildung geformter Gewindeflanken / -stege



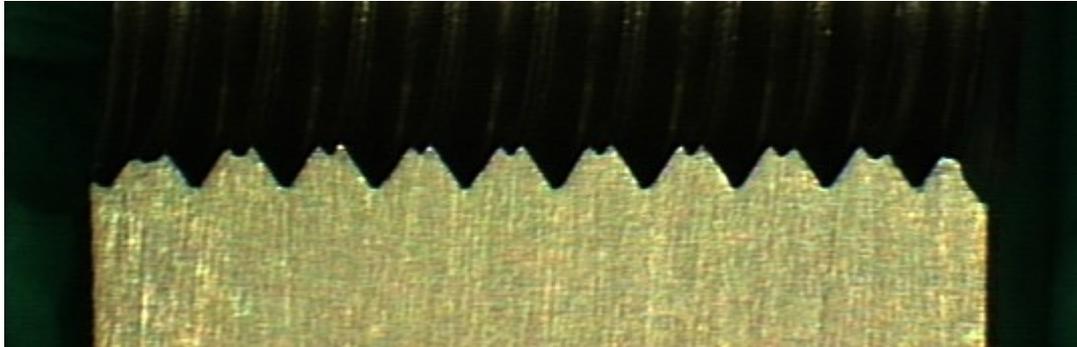
5.7 Auswirkungen & Einflüsse der Toleranzen des Vorbohrkerndurchmessers

Werkstoff	1.4571	Abmessung	M10
Vorbohr- \emptyset	9,25	Kern- \emptyset n. d. Formen	8,42
Drehmoment	2670 Ncm	Kern- \emptyset -Toleranz	8,376 / 8,75

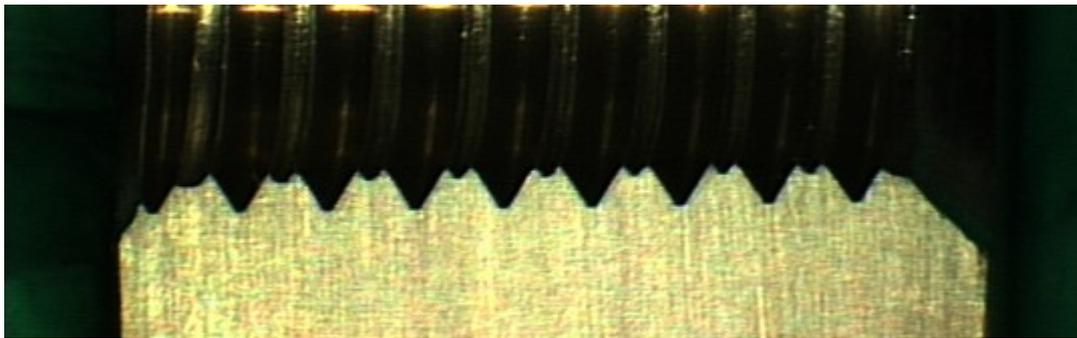


Das Forum „rund um's Gewinde“

Werkstoff	1.4571	Abmessung	M10
Vorbohr- \emptyset	9,30	Kern- \emptyset n. d. Formen	8,52
Drehmoment	2000 Ncm	Kern- \emptyset -Toleranz	8,376 / 8,75



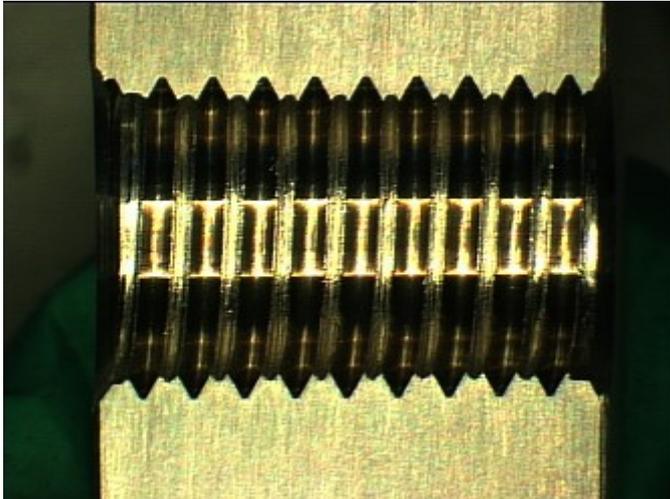
Werkstoff	1.4571	Abmessung	M10
Vorbohr- \emptyset	9,35	Kern- \emptyset n. d. Formen	8,52
Drehmoment	1670 Ncm	Kern- \emptyset -Toleranz	8,376 / 8,75



5.8 Auswirkungen der Vorbohrdurchmesser

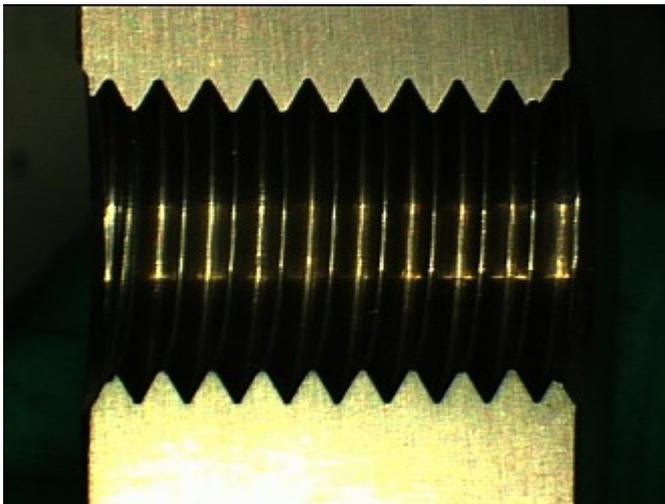
5.8.1 Nicht voll „ausgeformtes“ Gewindeprofil und „überformtes“ Profil

Werkstoff 1.4571 / M10



Vorbohrø:	9,40mm
Ist-Kernø n. d. Formen	8,82mm
Soll-Kernø (DIN13 T.50)	8,376-8,750

- Gewindeprofil nicht voll ausgeformt
- Kernloch-Ausschußlehndorn lässt sich einführen
- Drehmoment: 1500 Ncm



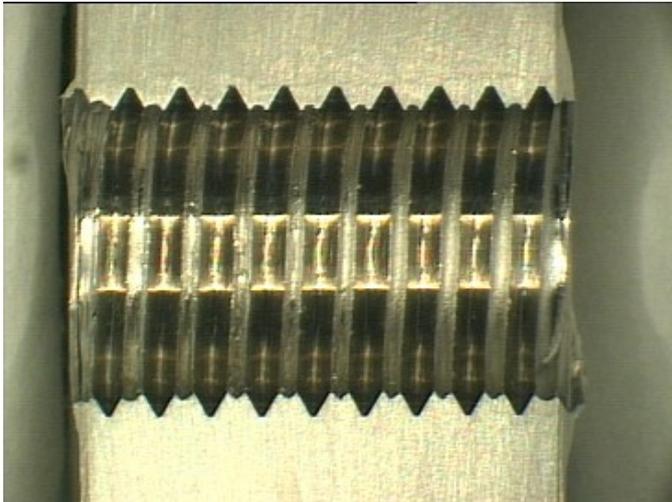
Vorbohrø:	9,10mm
Ist-Kernø n. d. Formen	8,15mm
Soll-Kernø (DIN13 T.50)	8,376-8,750

- Gewindeprofil ist „überformt“
- Kernø zu klein; Gew.-Gut-Lehndorn lässt sich nicht eindrehen
- Drehmoment: 4950 Ncm

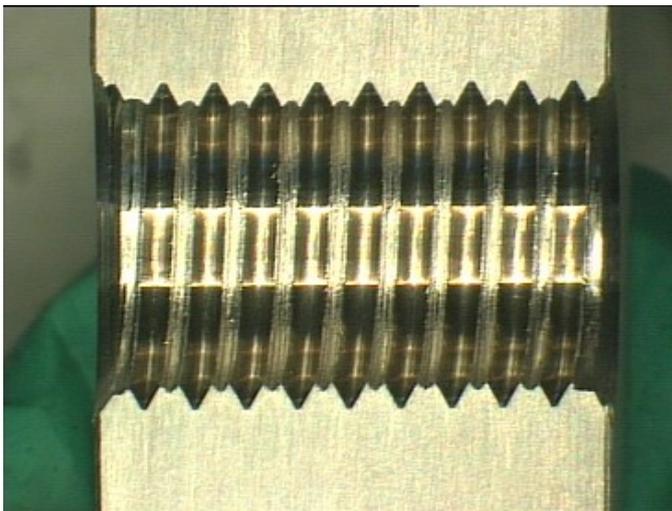
5.9 Grataufwurf beim Gewindeformen

5.9.1 Einfluss der Gewindeschutzsenkung beim Gewindeformen

Nicht angesenktes Bauteil mit Grataufwurf beim Gewinde-Ein-Auslauf



Angesenktes Bauteil – kein Grataufwurf

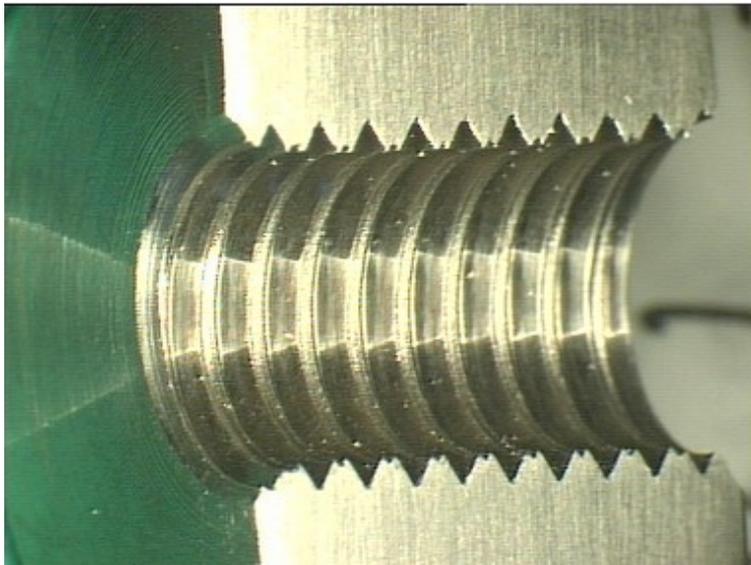


5.10 Gewindequalität eines geformten Gewindes

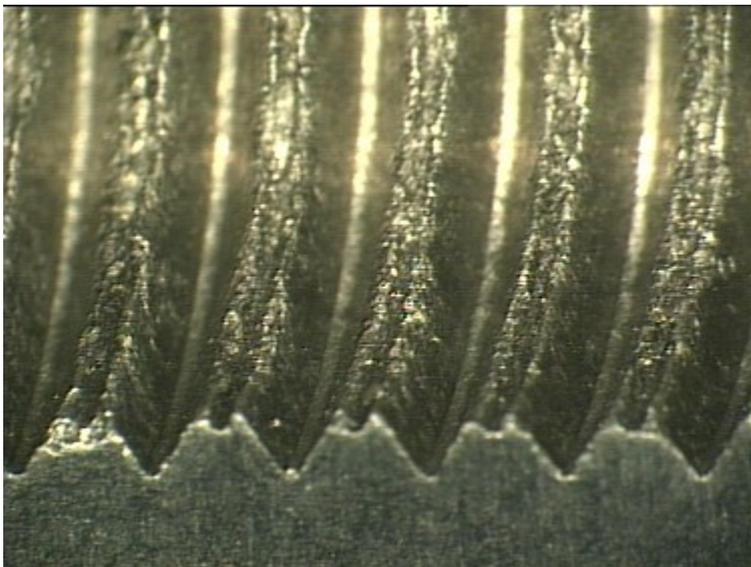
5.10.1 Welche Materialien eignen sich zum Gewindeformen?

Werkstoffe mit einer Festigkeit bis ca. 1200 N/mm² und einer Bruchdehnung von min. 8%

Material 1.4571 - Werkstoff gut fließbar



Material GG30 - Werkstoff nicht fließfähig



6 Oberflächenbehandlungen / Oberflächenbeschichtungen

6.1 Ziele der Oberflächenbehandlung

- Steigerung der Abrieb- / Verschleißfestigkeit
- Verringerung der Reibung in der Kontaktzone Werkzeug/Werkstückmaterial
- Verringerung der Wärmeleitfähigkeit zwischen Werkzeug/Werkstückmaterial
- hohe chemische Stabilität der Werkzeugschneide

Dadurch ergeben sich folgende Möglichkeiten:

- Erhöhung der Werkzeugstandzeiten
- Erhöhung der Schnitt- bzw. Umformgeschwindigkeit



Vorteile haben auch Nachteile

- Bei geringsten Verletzungen der Beschichtung ergeben sich erhöhte Gefahren zur Bildung von Aufbauschneiden
- und dadurch deutlich verringerte Standzeiten sowie Qualitätseinbußen in der Lehrenhaltigkeit
- Die Mehrkosten von beschichteten Werkzeugen lassen sich oft durch eine Optimierung / Anpassung der Schnittgeschwindigkeit / Drehzahlen und durch den Einsatz von geeigneten Schmierkühlstoffen und stetiger Minimalzuführung erheblich einschränken

6.2 Verfahren der Oberflächenbehandlungen & -beschichtungen

Ne Neutralisieren

Durch das Neutralisieren wird ein Schutz der Oberfläche gegen Kaltpressschweißungen erreicht. Die Schneidkanten erhalten dabei eine kaum messbare Kantenverrundung.

Ne2 Dampfanlassen oder Oxidieren

In einer Kammer wird den Werkzeugen Wasserdampf zugeführt. Dadurch bildet sich auf der Werkzeugoberfläche eine Oxidschicht (gleichmäßig schwarz). Diese Oxidschicht bewirkt einen Schutz der Oberfläche. Sie wird ein guter Träger von Schmierstoffen.

Kaltschweißungen, wie sie besonders mit kohlenstoffarmen, weichen Stählen auftreten, werden vermieden.

NT Nitrieren

Durch Stickstoffzufuhr im Teniferbad, unter Verwendung entsprechender Salze, erhält die Oberfläche im Bereich von ca. 0,03 bis 0,05 mm eine Härte von 1000 – 1250 HV-Einheiten. Da die Oberfläche sehr hart und spröde wird, eignen sich nitrierte Werkzeuge nur bedingt für Grundlochgewinde bzw. im Umkehrschnitt.

In abrasiven Werkstoffen, wie Grauguss, Sphäroguss, Alu-Guss sowie auch Duroplaste wird der Standweg entscheidend erhöht.

NT2 Nitrieren + Dampfanlassen (Homodampfbeschichten)

Die Oberfläche der Werkzeuge wird zunächst nitriert und anschließend dampfangelassen (NT + Ne₂).

Cr Hartverchromen

Die Hartchromschicht erreicht eine Härte von 1200 bis 1400 HV-Einheiten. Sie zeigt hervorragende Gleiteigenschaften. Die Schichtdicke beträgt 2 - 4 µm. Vor allem in Buntmetallen und Thermoplasten erreicht man Verbesserungen der Standwerte. Nicht zu empfehlen ist der Einsatz in Stahlwerkstoffen. Hier werden beim Zerspanungsvorgang Temperaturen von 250°C sehr oft überschritten. Eine Haftung der Hartchromschicht ist dann nicht mehr gewährleistet.

CrN Chromnitrid (silber-grau)

Im PVD-Verfahren (500°C) werden Schichtdicken bis ca. 6 µm erreicht. Die Härte beträgt hier ca. 1750 HV. Die CrN-Schicht bleibt bis 700°C beständig. Gerade wenn neben Abriebfestigkeit auch Korrosionsbeständigkeit gefragt ist, stellt die CrN-Beschichtung die geeignete Lösung dar.

TiN Titannitrid (goldgelb)

Im PVD-Verfahren (500°C) werden Schichtdicken von 2 - 4 µm erreicht. Die Härte von ca. 2300 HV, gute Gleiteigenschaften und Schichthaftung bringen erhebliche Standwertverbesserungen. Diese TiN-Monolayer-Schicht bleibt bis ca. 600°C beständig.

TiN-T1 Titannitrid (goldgelb)

Im PVD-Verfahren (500°C) werden Schichtdicken von 2 - 4 µm erreicht. Die Härte von ca. 3000 HV wird durch den mehrlagigen Schichtaufbau erreicht.

TiCN Titancarbonitrid (blau-grau)

Im PVD-Verfahren (500°C) werden Schichtdicken von 2 - 4 µm erreicht. Die Härte beträgt hier ca. 3000 HV. Die TiCN-Schicht bleibt nur bis ca. 400°C beständig.

TiAlN-T3 Titanaluminiumnitrid (violett-grau)

Im PVD-Verfahren (500°C) werden hierbei Schichtdicken von ca. 2 - 4 µm erreicht. Die Härte beträgt ca. 3500 HV. Die TiAlN-T3-Monolayer-Schicht bleibt bis 800°C beständig. Der hohe Härtegrad und die hohe Oxidationsbeständigkeit sorgen dafür, dass TiAlN-T3 bei besonders „harten“ Einsatzbedingungen gewählt wird. Diese Schicht ist nur für HM-Werkzeuge geeignet.

TiAlN-T4 Titanaluminiumnitrid (violett-grau)

Im PVD-Verfahren (500°C) werden Schichtdicken von ca. 2 - 4 µm erreicht. Die nanostrukturierte TiAlN-T4-Schicht bleibt bis 800°C beständig und kann auf HSS-E und HM aufgetragen werden.

GLT-1 Hartstoffschicht mit Gleitstoffschicht (dunkelgrau)

Im PVD-Verfahren (500°C) werden Schichtdicken von 2 - 4 µm erreicht. Die Kombination einer Hartstoffschicht mit einer Gleitstoffschicht bringt entscheidende Standwertvorteile im reinen Trockenschnitt bei GG-Bearbeitung. Auch im Einsatz mit Schmierstoffen kann der Spanfluss positiv beeinflusst werden.

6.3 PVD – Physical Vapor Deposition

Dem Schmier-Kühl-Stoffmittel wird im Allgemeinen zu wenig Bedeutung geschenkt. Um vom Werkzeug die volle Leistung zu erhalten, muss das richtige Schmier- oder Kühlmedium eingesetzt werden.

In der Regel wird zwischen Emulsionen und Schneid- & Umform-Ölen unterschieden. Die gesetzlichen Vorschriften erlauben zudem vermehrt nur noch den Einsatz von sog. chlorfreien Medien „clf“.

6.4 Physikalische Eigenschaften der Hartstoffschichten

<u>Leistungsmerkmale</u>	<u>TiN</u>	<u>TiN-T1</u>	<u>TiCN</u>	<u>TiAlN-T3</u>
Mikrohärte – HV 0.05	2300	3000	3000	3500
Reibungskoeffizient	0,4	0,4	0,4	0,4
Einsatztemperatur – °C	< 600	< 400	< 400	< 800
Schichttyp	PVD	PVD	PVD	PVD
Schichtaufbau – Lagen	Monolayer	mehrlagig	mehrlagig	Monolayer
Schichtstärke – µm	2- 4	2- 4	2- 4	2- 4
Farbe	gold-gelb	gold-gelb	blau-grau	violett-grau

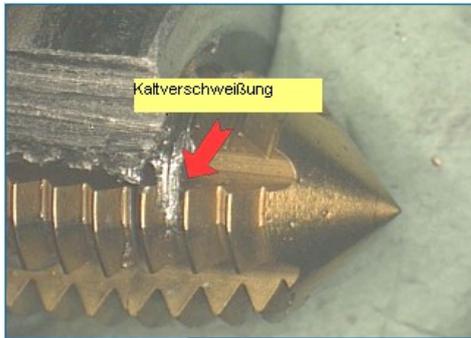
<u>Leistungsmerkmale</u>	<u>TiAlN-T4</u>	<u>CrN</u>	<u>GLT-1</u>
Mikrohärte – HV 0.05	3000	1750	3000
Reibungskoeffizient	0,4	0,5	0,2
Einsatztemperatur – °C	< 800	< 700	< 800
Schichttyp	PVD	PVD	PVD
Schichtaufbau – Lagen	nanostrukturiert	Monolayer	nanostrukturiert
Schichtstärke – µm	2- 4	2- 6	2- 4
Farbe	violett-grau	silber-grau	dunkel-grau

6.5 Einsatz von Schmierkühlmittel

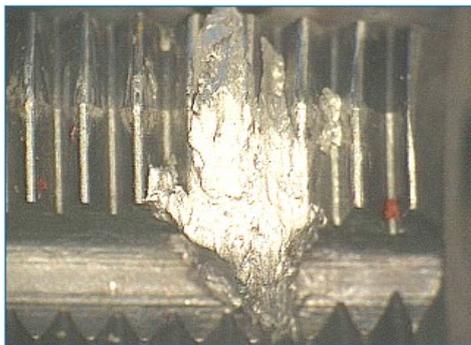
6.6 Übersicht verschiedener Standardöle in Abhängigkeit zum Werkstoff in 5 Gruppen unterteilt.

Standard-Schneidöle	Werkstoffe
A	für un- und niedriglegierte Stähle (wie St 37, Automatenstähle etc.)
B	für Grau-, Sphäro- und Meehaniteguss, sowie für Stähle bis 900 N/mm ² Zugfestigkeit,
C Wassermischbare Öle	als Emulsion meist mit Mischverhältnis 1:8 verwendbar, auch zum Gewindefurchen geeignet
D	für Leicht- und Buntmetalle und deren Legierungen
E	für zähe und schwer zerspanbare Werkstoffe, meist auch zum Gewindeformen hervorragend geeignet
F Schneidpasten oft mit Grafit vermischt	zur Pinsel- oder Direktschmierung, für zähe und schwer zerspanbare Werkstoffe, bei horizontaler Bearbeitung & großen Abmessungen zum Gewindeformen hervorragend geeignet

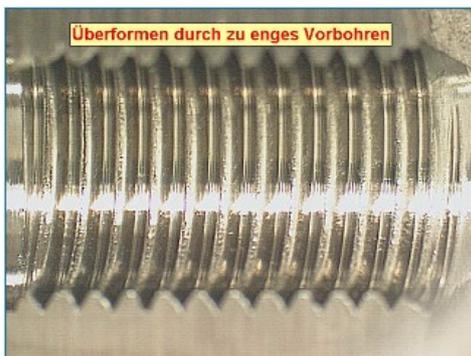
7 Probleme der Gewindeherstellung



Kaltpressverschweissung



Kaltpressverschweissung beim Gewindeformer (Al)



Überformung



Kaltverschweissung

8 Das Drehmoment

Die Kenntnis des Drehmomentverlaufs einer Fertigungseinheit in Abhängigkeit von der Zeit bzw. Gewindetiefe sowie der Drehzahl ist die entscheidende Grundlage für die sichere und gleichzeitig wirtschaftliche Anwendung eines Antriebs zu den geforderten Fertigungsaufgaben.

Die microtap Gewindefertigungstechnik GmbH hat einen Antrieb entwickelt, mit welchem über den Strom die aktuellen Drehmomente gemessen und über eine interne Auswertung die Ansteuerung des Antriebes kontrolliert und geregelt wird.

Der Nutzen für den Kunden resultiert daraus, dass alle anstehenden Arbeitsmomente während der Bearbeitung bekannt und überwacht sind und so eine gleichbleibende Qualität gefertigt wird. Die akzeptierten Toleranzen werden neben anderen Parametern insbesondere über das „minimale & maximale Drehmomentfenster“ vorgegeben und machen es möglich die Vorgaben zur Fehlererkennung und einer Gut-Schlecht-Selektion zu nutzen.