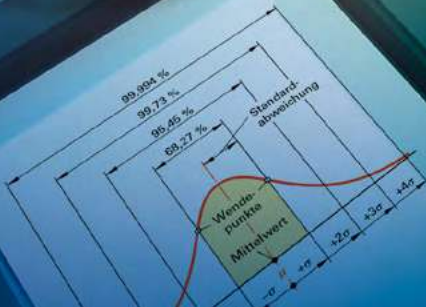


# Fachwissen Metalltechnik

in Lernfeldern

Industriemechanik **Lösungen**

**DIGITALES BUCH**







EUROPA-FACHBUCHREIHE  
für Metallberufe

Daniel Brabec  
Jürgen Burmester  
Nadine Deichselsberger  
Josef Dillinger  
Walter Escherich  
Markus Neumann

Stefan Oesterle  
Ludwig Reißler  
Bernhard Schellmann  
Moritz Sedlmeier  
Reinhard Vetter  
Falko Wieneke

# Fachwissen Metall- technik in Lernfeldern

## Industriemechanik

### Lösungen

VERLAG EUROPA-LEHRMITTEL · Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG  
Düsselberger Straße 23 · 42781 Haan-Gruiten

**Europa-Nr.: 15903**

**Autoren:**

Brabec, Daniel  
Burmester, Jürgen  
Deichselsberger, Nadine  
Dillinger, Josef  
Escherich, Walter  
Neumann, Markus  
Oesterle, Stefan  
Reißler, Ludwig  
Schellmann, Bernhard  
Sedlmeier, Moritz  
Vetter, Reinhard  
Wieneke, Falko

Die Autoren sind Fachlehrer der technischen Ausbildung und Ingenieure.

**Lektorat:** Josef Dillinger

**Bildentwürfe:** Die Autoren

**Fotos:** siehe Bildquellenverzeichnis, U3

**Bildbearbeitung:** Zeichenbüro des Verlages Europa-Lehrmittel, Ostfildern

1. Auflage 2025

Druck 5 4 3 2 1

Alle Drucke derselben Auflage sind parallel einsetzbar, da sie bis auf die Korrektur von Druckfehlern identisch sind.

ISBN 978-3-7585-1590-3

Bei Fragen zur Produktsicherheit wenden Sie sich bitte an [produktsicherheit@europa-lehrmittel.de](mailto:produktsicherheit@europa-lehrmittel.de).

Alle Rechte vorbehalten. Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der gesetzlich geregelten Fälle muss vom Verlag schriftlich genehmigt werden.

© 2025 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten  
[www.europa-lehrmittel.de](http://www.europa-lehrmittel.de)

Layout und Satz: Satz+Layout Werkstatt Kluth GmbH, 50374 Erftstadt

Umschlag: braunwerbeagentur, 43477 Radevormwald

Umschlagfotos: SKF GmbH, Schweinfurt; Adobe Systems Software Irland Ltd., Adobe Stock, IRL-Dublin

© Олександр Луценко, © Freely; Sauter Feinmechanik GmbH, Metzingen

Druck: ITC Print, 1035 Riga (Lettland)

# Inhalt

## Lösungsvorschläge zu ...

**Kapitel 01 Fertigen mit Werkzeugmaschinen ..... 5**

**Kapitel 02 Steuerungstechnische Systeme ..... 74**

**Kapitel 03 Maschinentechnik und Montage ..... 163**

**Kapitel 04 CNC-Technik ..... 200**

**Kapitel 05 Instandsetzen von technischen Systemen ..... 237**

**Kapitel 06 Technische Komponenten ..... 257**

**Kapitel 07 Qualitätsmanagement (QM) ..... 287**

**Kapitel 08 Instandhalten von technischen Systemen ..... 330**

**Kapitel 09 Automatisierungstechnik ..... 334**

**Kapitel 10 Projektmanagement ..... 434**

**Kapitel 11 Optimieren von technischen Systemen ..... 435**

**Kapitel 12 Spezielle Themen ..... 436**



## Lösungsvorschläge zu Kapitel 01 Fertigen mit Werkzeugmaschinen

### Kapitel 1.1.1, Seite 17



#### Überlegen und beantworten Sie:

1. Begründen Sie, warum beim Fräsen die Drehzahl und nicht die Schnittgeschwindigkeit angegeben wird.
  2. Geben Sie sechs Einflussgrößen für die Wahl der Schnittgeschwindigkeit beim Drehen an und beschreiben Sie deren Auswirkung auf die Schnittgeschwindigkeit.
  3. Erläutern Sie, warum beim Fräsen auf einer konventionellen Fräsmaschine eine ungünstige Bearbeitungsbedingung vorliegt.
  4. Nennen Sie einen Grund, warum beim Schruppen mit einem großen Vorschub und einer großen Schnitttiefe gefertigt wird.
1. Beim Fräsen wird die Drehzahl nicht verändert, da die Schnittbewegung durch den Fräser erfolgt. Die Drehzahl bestimmt sich über die Schnittgeschwindigkeit und die Größe des Fräserdurchmessers.
  2. Die Wahl der Schnittgeschwindigkeit hängt ab vom
    - Schneidstoff des Drehmeißels
    - Werkstoff des Werkstücks
    - Bearbeitungsverfahren
    - Kühlschmierstoffeinsatz
    - Antriebsleistung
    - Stabilität der Maschine
  3. Eine konventionelle Fräsmaschine hat keine Verkleidung, da sie manuell bedient wird. Ohne Verkleidung der Maschine ist kein Kühlschmiermitteleinsatz mit der notwendigen Intensität möglich. Daher liegt eine ungünstige Bearbeitungsbedingung vor, die dazu führt, dass eine geringere Schnittgeschwindigkeit verwendet werden kann.
  4. Beim Schruppen soll möglichst viel Material in einer kurzen Zeit abgetragen werden. Die Qualität der Oberfläche spielt hierbei keine Rolle. Daher wird beim Schruppen ein großer Vorschub und eine große Schnitttiefe verwendet.

### Kapitel 1.1.3, Seite 19



#### Überlegen und beantworten Sie:

1. Beschreiben Sie den Unterschied der drei Spanarten.
  2. Begründen Sie, warum lange Bandspäne beim Drehen ungünstig sind.
  3. Nennen Sie Möglichkeiten, wie man günstige Späne beim Drehen bekommt.
1. Reißspäne entstehen bei spröden Werkstoffen beim Verwenden zu kleiner Schnittgrößen. Der Werkstoff wird herausgerissen und es entsteht eine raue Oberfläche. Bei Werkstoffen mit einer mittleren Festigkeit und Zähigkeit können bei mittleren Schnittgeschwindigkeiten Scherspäne entstehen. Sie verschweißen teilweise miteinander und führen zu einem schuppigen Span. Eine gute Oberfläche wird bei Fließspänen erreicht. Diese Spanform erreicht man bei zähen Werkstoffen durch den Einsatz von hohen Schnittgeschwindigkeiten, kleinen Schnitttiefen und geringen Vorschüben.

2. Beim Drehen können sich lange Bandspäne um das Werkstück wickeln und fallen nicht mehr in die Spänewanne. Zum Entfernen der Späne muss die Drehmaschine angehalten und die Späne mit einem Spänehooken herausgezogen werden.
3. Günstige Späne bekommt man durch einen guten Spanbruch. Bei großen Vorschüben können sich günstige Bruchspäne bilden. Schnitttiefen im mittleren Bereich können auch zu einem guten Spanbruch führen. Zur Verbesserung des Spanbruchs können Schneidplatten mit Spanbrecher verwendet werden.

### Kapitel 1.1.4, Seite 22



#### Überlegen und beantworten Sie:

1. Beschreiben Sie die Auswirkung der Schnittgeschwindigkeit auf den Verschleiß anhand des Schnittgeschwindigkeits-Verschleiß-Diagramms (**Bild 1, Seite 20**).
  2. Geben Sie Vorteile der beschichteten Wendeschneidplatte gegenüber der unbeschichteten Schneidplatte an.
  3. Erläutern Sie den Unterschied der verschiedenen Verschleißarten an der Schneidplatte.
  4. Beschreiben Sie Abhilfemaßnahmen gegen den Verschleiß der Schneidplatte.
1. Bei zu niedrigen Schnittgeschwindigkeiten können sich Aufbauschneiden bilden, indem sich an der Spanfläche kleine Werkstückteilchen festschweißen. Es treten höhere Schnittkräfte auf, die zu einem Ausbrechen der Schneidkante führen können. Wird die Schnittgeschwindigkeit zu groß eingestellt, kann eine Oxidation am Rande der Schneide zu Kerben und Ausbrüchen führen. Durch die Bildung von hohen Temperaturen kann auch zusätzlich eine Diffusion zwischen Schneid- und Werkstoff entstehen, die zu einem Abtrag der Spanfläche führt.
2. Durch die Beschichtung von Schneidstoffen kann die Aufbauschneidenbildung, Oxidation und Diffusion verringert werden. Gleichzeitig kann auch noch der mechanische Abrieb reduziert werden.
3. Kolkverschleiß entsteht durch Diffusion und mechanischem Abrieb. Die Spanfläche wird hierbei muldenförmig ausgehöhlt. Mit der Zeit kann dann die Schneidkante brechen. Der Kantenverschleiß entsteht vorwiegend durch einen unterbrochenen Schnitt und führt zu einer schlechteren Oberfläche. Bei spröden Werkstücken können sich hohe Bearbeitungskräfte bilden, die zu einem Schneidkantenausbruch führen. Der Freiflächenverschleiß entsteht durch mechanischen Abrieb an der Freifläche. Anhand des Freiflächenverschleißes kann die Standzeit der Schneidplatte bewertet werden.
4. Kolkverschleiß kann durch eine kleine Schnittgeschwindigkeit, größeren Spanwinkel und einen verschleißfesteren Schneidstoff reduziert werden.
- Dem Kantenverschleiß kann durch eine höhere Schnittgeschwindigkeit und einen größeren Spanwinkel entgegengewirkt werden.
- Eine Verringerung des Schneidkantenausbruchs erhält man durch kleinere Vorschübe und Schnitttiefen sowie einen größeren Eckenwinkel und Eckenradius sowie einen zäheren Schneidstoff.
- Der Freiflächenverschleiß kann durch eine geringere Schnittgeschwindigkeit, einen höheren Vorschub und einen verschleißfesteren Schneidstoff reduziert werden.

## Kapitel 1.1.5, Seite 25

**Überlegen und beantworten Sie:**

1. Geben Sie verschiedene Eigenschaften an, die ein Schneidstoff erfüllen soll.
  2. Erläutern Sie, warum für einen spröden Werkstoff ein zäher Schneidstoff verwendet werden soll.
  3. Geben Sie die Bestandteile des Schneidstoffs Hartmetall an.
  4. Vergleichen Sie die Schneidstoffe Hartmetall und Schnellarbeitsstahl hinsichtlich ihres Einsatzes für Fräs-  
werkzeuge.
  5. Geben Sie den Unterschied zwischen einem oxidkeramischen und nichtoxidkeramischen Schneidstoff an.
  6. Beschreiben Sie einen Anwendungsfall für den Schneidstoff kubisch-kristalliner Bornitrid.
  7. Begründen Sie, warum der Schneidstoff „Polykristalliner Diamant“ nicht zum Drehen von Stahlwerkstoffen  
geeignet ist.
- 
1. Eigenschaften von Schneidstoffen:
    - Verschleißfestigkeit
    - Warmhärte
    - Zähigkeit
    - Druck- und Biegefestigkeit
    - Temperaturbeständigkeit
  2. Für die Zerspanung von spröden Werkstoffen (z. B. Gusseisen) wird ein zäher Schneidstoff benötigt, da  
sonst z. B. ein Schneidkantenbruch eintreten kann. Durch die Zähigkeit des Schneidstoffs sinkt allerdings  
die Verschleißfestigkeit.
  3. Werkzeuge aus Hartmetall bestehen aus einem gesinterten Schneidstoff mit einem hohen Anteil an  
Wolframkarbiden (WC) und Cobalt (Co) als Bindemittel. Dadurch erhält der Schneidstoff eine gute  
Warmhärte und Verschleißfestigkeit.
  4. Hartmetalle werden bei Fräswerkzeugen meistens als Wendeschneidplatte verwendet. Durch die hohe  
Verschleißfestigkeit der Hartmetalle können größere Schnittgeschwindigkeiten und somit auch größere  
Drehzahlen als beim Einsatz von Schnellarbeitsstahl gewählt werden. Wegen der geringeren Härte und  
Verschleißfestigkeit können bei Schnellarbeitsstahl im Vergleich zu Hartmetall nur kleinere Schnittge-  
schwindigkeiten gewählt werden. Dies hat zur Folge, dass die Fertigungszeiten erheblich höher sind  
als beim Einsatz von Hartmetall. Zudem können Wendeschneidplatten aus Hartmetall schneller ausge-  
tauscht werden. Bei Fräsern aus Schnellarbeitsstahl können die Schneiden nur nachgeschliffen werden.
  5. Oxidkeramik ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) ist sehr empfindlich gegenüber Temperaturschwankungen. Aus diesem Grund wird  
bei Oxidkeramik meist ohne Kühlschmierstoff zerspannt (z. B. Trockenbearbeitung bei Gusseisen).  
Nichtoxidische Keramik ( $\text{Si}_3\text{N}_3$ ) hat eine große Zähigkeit und eine hohe Schneidenstabilität. Dieser  
Schneidstoff wird vorwiegend zum Zerspanen von Gusseisen mit hohen Schnittgeschwindigkeiten ge-  
wählt.
  6. Schneidstoffe aus kubisch-kristallinem Bornitrid können zum Schlichten gehärteter und vergüteter Werk-  
stoffe verwendet werden. Durch ihre hohe Oberflächengüte kann auf das Schleifen verzichtet werden.
  7. Polykristalliner Diamant (Industriediamant) ist ein Schneidstoff aus reinem Kohlenstoff. Er ist nicht ge-  
eignet für das Zerspanen von Stahl, da der Kohlenstoff an der warmen Schneide mit dem Stahl reagiert  
und in die Werkstückoberfläche diffundiert.

## Kapitel 1.1.6, Seite 27



### Überlegen und beantworten Sie:

1. Begründen Sie, warum die Wendeschneidplatte mit einer negativen Grundform wirtschaftlicher genutzt werden kann als eine Schneidplatte mit einer positiven Grundform.
2. Zum Drehen eines Bolzens soll die Wendeschneidplatte mit folgender Bezeichnung verwendet werden:  
Schneidplatte DIN ISO 1832 – V E M M 16 05 04 – M15  
Erläutern Sie die Bezeichnung der Wendeschneidplatte.

1. Bei den Schneidplatten mit einer negativen Grundform ist der Normalfreiwinkel  $\alpha_n = 0^\circ$ . Der Keilwinkel  $\beta$  ist somit  $90^\circ$  (Bild 1). Diese Wendeschneidplatten können von der oberen und unteren Seite genutzt werden, falls beide Seiten identisch mit oder ohne Spanbrecher ausgeführt sind.
2. V: karoförmige Plattengeometrie mit einem Eckenwinkel  $\mathcal{E} = 35^\circ$   
E: Normal-Freiwinkel an der Schneidplatte  $\alpha_N = 20^\circ$   
M: Toleranzklasse (wird überwiegend beim Drehen verwendet)  
M: Platte mit Bohrung (ohne Senkung) und Spanbrecher auf der Oberseite  
16: Plattengröße mit Schneidenlänge  $l = 16$  mm  
05: Plattendicke  $s = 5$  mm  
04: Eckenradius  $r_c = 0,4$  mm  
M15: Schneidstoff Hartmetall für nichtrostenden austenitischen Stahl

## Kapitel 1.1.7, Seite 28



### Überlegen und beantworten Sie:

1. Geben Sie fünf Aufgaben für den Einsatz eines Kühlschmiermittels an.
2. Erläutern Sie die Zusammensetzung eines wassermischbaren Kühlschmiermittels.
3. Benennen Sie die Schutzmaßnahmen beim Umgang mit Kühlschmiermitteln.

1. Aufgaben für den Einsatz eines Kühlschmiermittels:
  - Senkung der Temperatur von Werkzeug, Werkstück und Maschine
  - Erhöhung der Standzeit der Werkzeuge und Verringerung der Bildung von Aufbauschneiden.
  - Verbesserung der Oberflächengüte der Werkstücke
  - Wegspülen der Späne z. B. aus Bohrungen und dem Arbeitsraum
  - kurzzeitiger Korrosionsschutz der Werkstücke
2. Wassermischbare Kühlschmierstoffe bestehen aus einem großen Anteil an Wasser und einem kleineren Anteil an Öl. Damit sich das Öl im Wasser als kleine Tröpfchen verteilen kann, werden Emulgatoren beigegeben. Der große Wasseranteil in der Emulsion führt zu einer guten Kühlwirkung. Da durch das Wasser aber auch Korrosion am Werkstück stattfinden kann, enthalten Kühlschmierstoffe häufig Korrosionsschutzmittel.
3. Schutzmaßnahmen beim Umgang mit Kühlschmiermittel:
  - Senkung der Temperatur von Werkzeug, Werkstück und Maschine
  - Erhöhung der Standzeit der Werkzeuge und Verringerung der Bildung von Aufbauschneiden
  - Verbesserung der Oberflächengüte der Werkstücke
  - Wegspülen der Späne z. B. aus Bohrungen und dem Arbeitsraum
  - kurzzeitiger Korrosionsschutz der Werkstücke

## Kapitel 1.1.7, Seite 29

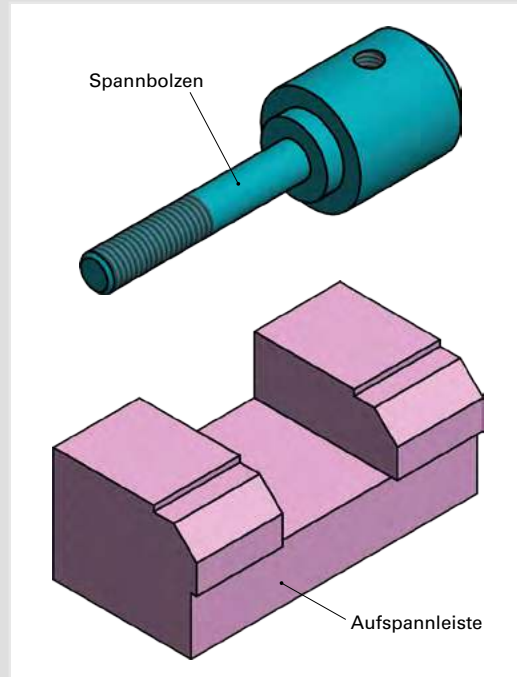
**Überlegen und beantworten Sie:**

Für die Spannvorrichtung (vgl. Seite 13) soll der Spannbolzen aus unlegiertem Einsatzstahl C15E auf einer Drehmaschine gefertigt werden.

Die Aufspannleiste aus unlegiertem Baustahl S355J0 soll auf einer Fräsmaschine hergestellt werden.

Für die zu planende Fertigung auf den Dreh- und Fräsmaschinen stehen konventionelle und CNC-Maschinen zur Auswahl.

1. Geben Sie an, welche Bearbeitungsbedingungen auf den jeweiligen Werkzeugmaschinen vorliegen, und begründen Sie die Angabe.
2. Ermitteln Sie die Schnittgeschwindigkeiten zum Drehen und Fräsen auf den jeweiligen Maschinen.
3. Begründen Sie, warum sich beim Drehen des Spannbolzens aus dem Werkstoff C15E lange Fließspäne bilden.
4. Beschreiben Sie zwei Möglichkeiten, die Bildung von langen Fließspänen zu unterbinden.
5. Auf der Spanfläche der Wendeschneidplatte haben sich beim Drehen Aufbauschneiden gebildet. Erläutern Sie die Ursache und geben Sie eine Maßnahme zur Abhilfe an.
6. Das Fräsen der Nut in der Mitte der Aufspannleiste soll mit einem Schaftfräser erfolgen. Zur Auswahl steht ein Fräser  $\varnothing 30$  mit drei Wendeschneidplatten aus Hartmetall und ein Schaftfräser  $\varnothing 30$  aus HSS mit vier Schneiden. Vergleichen Sie die beiden Fräser hinsichtlich der Schneidstoffe und des Einsatzes bei der Bearbeitung der Aufspannleiste.
7. Berechnen Sie die Drehzahlen für die Fräser aus Aufgabe 6.
8. Geben Sie Kriterien an, die für die Wahl der Schnitttiefe und des Vorschubs beim Drehen und Fräsen maßgeblich sind.
9. Auf der Spanfläche der Wendeschneidplatte liegt ein Kolkverschleiß vor. Erläutern Sie die Ursache für diese Verschleißart und beschreiben Sie zwei Abhilfemaßnahmen.
10. Für die Wendeschneidplatten des Schaftfräasers  $\varnothing 30$  liegt folgende Bezeichnung vor:  
DIN ISO 1832 – A C G T 16 06 03 T – P30  
Erläutern Sie die Bezeichnung der Wendeschneidplatte.
11. Auf der CNC-Fräsmaschine wurde ein Kühlschmierstoff verwendet, der von Bakterien und Pilzen befallen wurde. Sie werden beauftragt, den Kühlschmierstoff auszutauschen. Beschreiben Sie die Schutzmaßnahmen, die Sie dazu treffen.
12. Erläutern Sie, warum Schmieröl für den Austausch des Kühlschmierstoffs nicht geeignet ist.
13. Zur Kostenreduzierung soll die Minimalmengenschmierung für das Fräsen auf der CNC-Maschine verwendet werden. Beschreiben Sie die Vorteile dieser Kühlschmierung.
14. Begründen Sie, warum auf der konventionellen Fräsmaschine eine Trockenbearbeitung beim Einsatz von Hartmetall durchgeführt werden muss.



**Bild 1:** Einzelteile der Spannvorrichtung

1. Der Spannbolzen und die Aufspannleiste sollen auf CNC-Maschinen gefertigt werden. Durch die Verkleidung der Maschinen kann ein ausreichender Kühlschmiermitteleinsatz für die Kühlung der Hartmetallschneiden gewährleistet werden. Daher liegen normale Bearbeitungsbedingungen vor.

2. Der Spannbolzen soll aus einem unlegierten Einsatzstahl C15E gedreht werden. Die Zugfestigkeit des Einsatzstahles kann aus dem Tabellenbuch Metall ermittelt werden und liegt nach dem Einsatzhärten zwischen 590–780 N/mm<sup>2</sup>. Daraus ergibt sich eine mittlere Zugfestigkeit von  $R_m = 685$  N/mm<sup>2</sup>.

Alternativ kann auch die Zugfestigkeit über die Brinellhärte im Anlieferungszustand bestimmt werden. Bei einer Brinellhärte von 143 HB liegt laut Umwertungstabelle des Tabellenbuchs Metall eine Zugfestigkeit von  $R_m = 480$  N/mm<sup>2</sup> vor. Durch die geringere Zugfestigkeit im Anlieferungszustand können auch höhere Schnittgeschwindigkeiten gewählt werden.

Aus dem Tabellenbuch Metall können nun bei einem  $R_m > 570$  N/mm<sup>2</sup> folgende Schnittgeschwindigkeit für das Drehen des Spannbolzens mit Wendeschneidplatten aus Hartmetall bei normalen Bearbeitungsbedingungen bestimmt werden:

Querplandrehen  $v_c = 220$  m/min

Schruppen  $v_c = 160$  m/min

Schlichten  $v_c = 270$  m/min

Gewindedrehen  $v_c = 135$  m/min

Abstechdrehen  $v_c = 140$  m/min

3. Die Aufspannleiste soll aus einem unlegierten Baustahl S355J0 gefräst werden. Die Zugfestigkeit des Baustahls kann aus dem Tabellenbuch Metall ermittelt werden und liegt zwischen 470–630 N/mm<sup>2</sup>. Daraus ergibt sich eine mittlere Zugfestigkeit von  $R_m = 550$  N/mm<sup>2</sup>.

Aus dem Tabellenbuch Metall können nun folgende Schnittgeschwindigkeiten für das Fräsen der Aufspannleiste mit Schneiden aus Hartmetall bei normalen Bearbeitungsbedingungen bestimmt werden:

Eck- und Planfräsen (90°-Planfräser)  $v_c = 200$  m/min

Eck- und Planfräsen (45°-Planfräser)  $v_c = 200$  m/min  $\cdot 1,2 = 240$  m/min

Eck- und Planfräsen (Igelfräser)  $v_c = 200$  m/min

Fräsen mit VHM-Schaftfräser, beschichtet  $v_c = 120$  m/min

Fräsen mit VHM-Schaftfräser, unbeschichtet  $v_c = 120$  m/min  $\cdot 0,6 = 72$  m/min

Für das Fräsen mit Schaftfräsern aus Schnellarbeitsstahl können aus dem Tabellenbuch Metall folgende Schnittgeschwindigkeiten entnommen werden:

Schruppen mit HSS-Schaftfräser, beschichtet  $v_c = 65$  m/min

Schruppen mit HSS-Schaftfräser, unbeschichtet  $v_c = 65$  m/min  $\cdot 0,35 = 22,75$  m/min

Schlichten mit HSS-Schaftfräser, beschichtet  $v_c = 70$  m/min

Schlichten mit HSS-Schaftfräser, unbeschichtet  $v_c = 65$  m/min  $\cdot 0,35 = 24,5$  m/min

4. Lange Späne können beim Drehen durch die Zugabe von Schwefel im Stahlwerkstoff verhindert werden. Automatenstähle kennzeichnen sich durch den beigefügten Schwefelanteil. Eine zweite Möglichkeit besteht in der Verwendung von Wendeschneidplatten mit Spanbrechern. Die Spanbrecher führen zu einer größeren plastischen Verformung des Spans, die dann in den Bruch übergeht.

5. Bei niedrigen Schnittgeschwindigkeiten bilden sich Aufbauschneiden. Es können sich an der Spanfläche kleine Werkstoffteilchen festschweißen, die sich dann zu einer künstlichen Schneide aufbauen. Durch diese Veränderung der Schneide treten höhere Schnittkräfte auf. Mit der Zeit schert die Aufbauschneide ab, wodurch Teile der Schneidkante ausbrechen können. Durch die Beschichtung von Schneidstoffen (z. B. mit einer Schicht aus Titanitrid (TiN)) kann die Bildung von Aufbauschneiden vermindert werden.

6. Beim Fräsen der Nut findet ein Eck- und Planfräsen statt. Bei dem Fräser  $\varnothing 30$  mit Wendeschneidplatten muss entsprechend ein  $90^\circ$ -Planfräser verwendet werden. Durch den Einsatz von Wendeschneidplatten aus Hartmetall kann eine große Schnittgeschwindigkeit von  $v_c = 200$  m/min mit dem Einsatz von Kühlschmiermittel gewählt werden. Nachdem die Verschleißgrenze der Schneide erreicht ist, können die Wendeschneidplatten je nach Form gedreht und gewendet werden und somit vielfach verwendet werden.

Beim Fräsen mit einem unbeschichteten Schaftfräser  $\varnothing 30$  aus HSS können aufgrund des Schneidstoffs nur geringe Schnittgeschwindigkeiten von  $v_c = 22,75$  m/min– $24,5$  m/min gewählt werden. Hierdurch wird eine größere Fertigungszeit als beim Einsatz von Hartmetallschneiden benötigt. Aufgrund der geringeren Schnittgeschwindigkeit sind auch Oberflächen mit einer größeren Rauigkeit zu erwarten. Nachdem die Verschleißgrenze des Schaftfräasers erreicht ist, muss er vollständig ausgetauscht und wenn noch möglich nachgeschliffen werden.

7. Ausgehend von der in Aufgabe 3 bestimmten Schnittgeschwindigkeiten ergeben sich für die beiden Fräser folgende Drehzahlen:

Schruppen und Schlichten durch Schaftfräser  $\varnothing 30$  mit drei Wendeschneidplatten aus Hartmetall:

$$n = \frac{v_c}{d \cdot \pi} = \frac{200 \frac{\text{m}}{\text{min}}}{0,03 \text{ m} \cdot \pi} = 2022 \text{ min}^{-1}$$

Schruppen durch Schaftfräser  $\varnothing 30$  aus HSS, unbeschichtet:

$$n = \frac{v_c}{d \cdot \pi} = \frac{22,75 \frac{\text{m}}{\text{min}}}{0,03 \text{ m} \cdot \pi} = 241,4 \text{ min}^{-1}$$

Schlichten durch Schaftfräser  $\varnothing 30$  aus HSS, unbeschichtet:

$$n = \frac{v_c}{d \cdot \pi} = \frac{24,5 \frac{\text{m}}{\text{min}}}{0,03 \text{ m} \cdot \pi} = 260 \text{ min}^{-1}$$

8. Die Wahl der Wahl der Schnitttiefe und des Vorschubs hängt von folgenden Kriterien ab:
- Wahl des Fertigungsverfahrens (z. B. Drehen, Fräsen)
  - zu erzielende Oberflächengüte (Schruppen, Schlichten)
  - Spanbildung und Spanbruch
  - Verschleiß und Standzeit
  - Art des Werkzeugs und des entsprechenden Schneidstoffs
9. Kolkverschleiß entsteht durch Diffusion und mechanischen Abrieb. Die Spanfläche wird ausgehöhlt und die Schneidenkante geschwächt. Gleichzeitig steigt die Schnittkraft durch die vertiefte Spanfläche an. Abhilfe kann durch eine Beschichtung der Schneidplatte, eine Reduzierung der Schnittgeschwindigkeit oder eine Vergrößerung des Spanwinkels erfolgen.
10. Erläuterung der Bezeichnung der Wendeschneidplatte:
- A: ungleichseitige und ungleichwinklige Plattengeometrie mit einem Eckenwinkel  $\mathcal{E} = 85^\circ$
  - C: Normal-Freiwinkel an der Schneidplatte  $\alpha_N = 7^\circ$
  - G: Toleranzklasse (wird überwiegend beim Fräsen verwendet)
  - T: Platte mit Bohrung, einseitiger Senkung und Spanbrecher auf der Oberseite
  - 16: Plattengröße mit Schneidenlänge  $l = 16$  mm
  - 06: Plattendicke  $s = 6$  mm
  - 03: Eckenradius  $r_c = 0,3$  mm
  - P30: Schneidstoff Hartmetall für alle Arten von Stahl, außer nichtrostender Stahl

## 11. Schutzmaßnahmen beim Umgang mit Kühlschmierstoffen:

- vollständige Verkleidung der Maschine
- Absaugen der Dämpfe vom Kühlschmierstoff
- Hautkontakt mit Kühlschmierstoffen vermeiden (wenn möglich, Handschuhe tragen oder Hautschutzcremes verwenden)
- Kontakt mit Schleimhäuten vermeiden
- Arbeitskleidung wechseln, die durch den Kühlschmierstoff verschmutzt wurde
- Kühlschmierstoff sachgemäß als Sonderabfall entsorgen

12. Schmieröle besitzen eine hohe Schmierfähigkeit und einen guten Korrosionsschutz. Sie haben aber nur eine geringe Kühlwirkung und sind daher als Alternative zum wassermischbaren Kühlschmierstoff nicht geeignet.

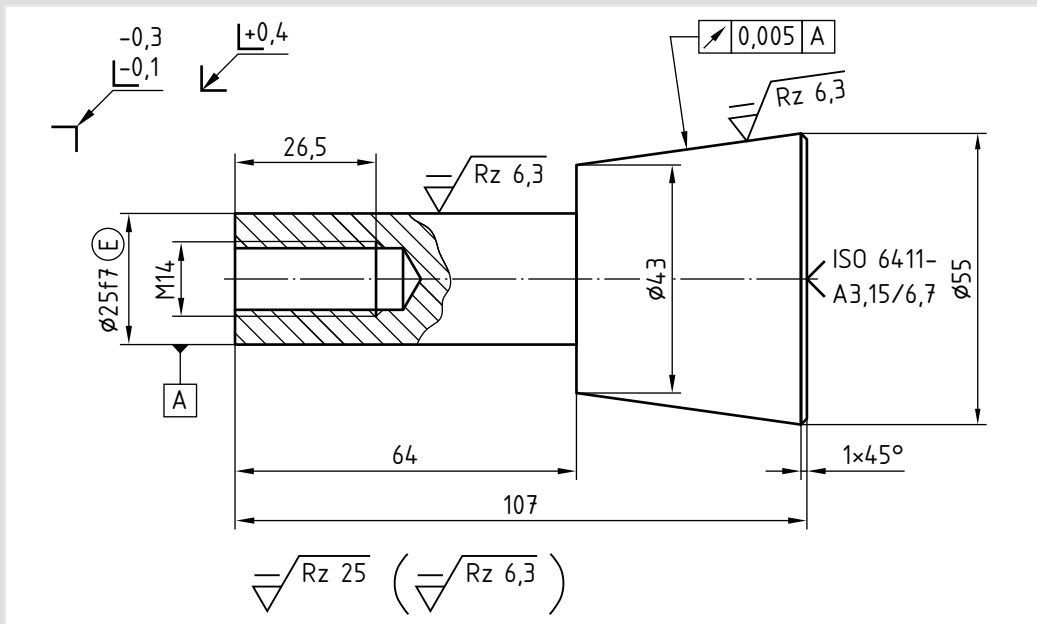
13. Die Minimalmengenschmierung (MMS) ermöglicht den teilweisen Verzicht auf Kühlschmiermittel. Es wird nur eine geringe Menge an die Zerspanstelle des Werkstücks geführt. In einem Dosiergerät wird mithilfe von Druckluft ein Öl-Luft-Gemisch erzeugt und an die Wendeschneidplatte geleitet. Bei richtiger Einstellung des Systems werden weniger als 20 ml Schmierstoff je Stunde verwendet. Bei dieser geringen Schmierstoffmenge bleiben Werkstück, Maschine und die Späne trocken.

14. Konventionelle Fräsmaschinen haben keine Verkleidung. Es kann kein ausreichender Kühlschmiermitteleinsatz für das Kühlen der Hartmetallschneiden gewährleistet werden. Eine zu geringe Menge des Kühlschmiermittels kann aufgrund der Wärmeschockempfindlichkeit das Hartmetall zerstören. Daher kann nur eine Trockenbearbeitung mit Hartmetallschneiden an konventionellen Maschinen durchgeführt werden.

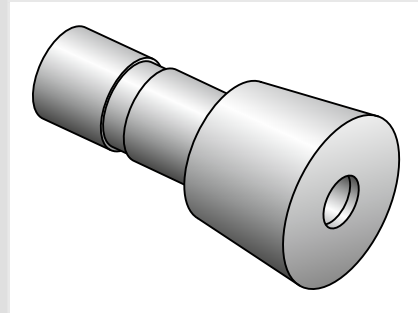
## Kapitel 1.2.1, Seite 37



Überlegen und beantworten Sie:



Der Spannkegel (**Bild 1**) für eine Spannzange (**vgl. Seite 47**) soll auf einer CNC-Drehmaschine gefertigt werden. Zunächst soll nur die Außenkontur des Spannkegels gedreht werden. Als Ausgangsmaterial steht Ihnen ein blankgezogener Rundstab  $\varnothing 55$  aus dem Werkstoff 42CrMo4 zur Verfügung.



**Bild 1:** Spannkegel

1. Analysieren Sie den Werkstoff für den Spannkegel. Bestimmen Sie hierbei die Werkstoffgruppe und die Festigkeitswerte des Werkstoffs.
  2. Begründen Sie, warum für das CNC-Drehen beschichtetes Hartmetall als Schneidstoff gewählt wurde.
  3. Überlegen Sie, welche Bearbeitungsbedingungen jeweils für das Drehen des Spannbolzens beim konventionellen Drehen und beim Einsatz einer CNC-Drehmaschine vorliegen.
  4. Ermitteln Sie die Schnittgeschwindigkeiten für das Planen, Schruppen und Schlichten des Spannkegels für das CNC-Drehen.
  5. Geben Sie Kriterien an, die für die Auswahl des Vorschubs beim Schruppen herangezogen werden können.
  6. Wählen Sie für das Planen, Schruppen und Schlichten die Schnitttiefen und Vorschübe aus und begründen Sie Ihre jeweilige Wahl.
  7. Der Eckenradius des Schlichtdrehmeißels ist mit  $r_e = 0,6$  mm angegeben. Berechnen Sie den größtmöglichen Vorschub zum Schlichten des Spannkegels.
  8. Erstellen Sie einen Arbeitsplan mit Angabe der Arbeitsvorgänge, Werkzeuge, Prüfmittel und Schnittgrößen zum CNC-Drehen der Außenkontur einschließlich Abstechen des Spannkegels.
  9. Überlegen Sie, welche Arbeitsvorgänge für das konventionelle Drehen der Außenkontur des Spannkegels aufgeführt werden müssen.
  10. Bestimmen Sie die Schnittgeschwindigkeiten für die jeweiligen Arbeitsvorgänge beim konventionellen Drehen.
1. Der vorgegebene Werkstoff 42CrMo4 ist ein legierter Vergütungsstahl. Bei einem Rohteildurchmesser von  $d = 55$  mm liegt die Zugfestigkeit des Werkstoffs im vergüteten Zustand zwischen 900–1000 N/mm<sup>2</sup>. Daraus ergibt sich eine mittlere Zugfestigkeit von  $R_m = 1000$  N/mm<sup>2</sup>.  
Alternativ kann auch die Zugfestigkeit über die Brinellhärte im Anlieferungszustand bestimmt werden. Bei einer Brinellhärte von 241 HB liegt laut Umwertungstabelle des Tabellenbuchs Metall eine Zugfestigkeit von  $R_m = 800$ –835 N/mm<sup>2</sup> vor.
  2. Die Beschichtung des Schneidstoffs führt zu einer höheren Verschleißfestigkeit. Durch die Beschichtung wird der mechanische Abrieb verringert sowie der Kolkverschleiß und Freiflächenverschleiß.
  3. Das Drehen auf einer konventionellen Drehmaschine erfolgt ohne Kühlschmiermitteleinsatz. Daher liegen beim Einsatz dieser Maschine ungünstige Bearbeitungsbedingungen vor. Durch die Verkleidung der CNC-Drehmaschine kann ein ausreichender Kühlschmiermitteleinsatz erfolgen. Daher kann beim Einsatz dieser Maschine von normalen Bearbeitungsbedingungen ausgegangen werden.
  4. Aus dem Tabellenbuch Metall kann für den legierten Vergütungsstahl 42CrMo4 bei einem  $R_m > 750$  N/mm<sup>2</sup> folgende Schnittgeschwindigkeit für das Drehen des Spannkegels mit Wendeschneidplatten aus Hartmetall bei normalen Bearbeitungsbedingungen bestimmt werden:
 

Querplandrehen	$v_c = 130$ m/min
Schruppen	$v_c = 110$ m/min
Schlichten	$v_c = 150$ m/min
  5. Beim Schruppen wird zur Reduzierung der Fertigungszeit mit einem möglichst großen Vorschub gearbeitet. Bei der Wahl des Vorschubs darf die Antriebsleistung der CNC-Drehmaschine nicht überschritten werden.

## 6. Gewählte Schnitttiefen und Vorschübe für die Drehbearbeitung des Spankegels:

- Querplandrehen: Schnitttiefe  $a_p = 1 \text{ mm}$       Vorschub  $f = 0,2 \text{ mm}$   
 Beim Querplandrehen dürfen Schnitttiefe und Vorschub nicht zu groß gewählt werden, da beim Erreichen der Grenzdrehzahl ab einem bestimmten Durchmesser die Schnittgeschwindigkeit stetig geringer wird. Am Ende des Plandrehens ist die Schnittgeschwindigkeit so gering, dass der Butzen nur noch abgequetscht wird.
- Schruppen: Schnitttiefe  $a_p = 4 \text{ mm}$       Vorschub  $f = 0,4 \text{ mm}$   
 Beim Schruppen kommt es darauf an, dass mit möglichst großer Schnitttiefe und großem Vorschub gedreht wird, damit die Fertigungszeiten gering gehalten werden.
- Schlichten: Schnitttiefe  $a_p = 0,5 \text{ mm}$       Vorschub  $f = 0,1 \text{ mm}$   
 Beim Schlichten soll die Maßhaltigkeit und die vorgegebene Oberflächengüte eingehalten werden. Daher müssen für die Schnitttiefe und den Vorschub kleine Werte gewählt werden.

## 7. Die Größe des Vorschubs hängt von der geforderten Oberflächenrauigkeit $R_z$ und dem Eckenradius $r_\xi$ ab.

$$R_z = 6,3 \text{ } \mu\text{m} = 0,0063 \text{ mm}$$

$$f = \sqrt{8 \cdot r_\xi \cdot R_z}$$

$$f = \sqrt{8 \cdot 0,6 \text{ mm} \cdot 0,0063 \text{ mm}} = 0,17 \text{ mm}$$

Für die geforderte Oberflächenrauigkeit darf höchstens ein Vorschub von  $f = 0,17 \text{ mm}$  verwendet werden.

## 8. Arbeitsplan zum CNC-Drehen der Außenkontur des Spankegels. Für das Drehen wird Stangenmaterial mit dem Rohteildurchmesser $d = 55 \text{ mm}$ verwendet und im letzten Arbeitsschritt auf die Länge $107 \text{ mm}$ abgestochen.

Nr.	Arbeitsvorgang	Werkzeug, Prüfmittel	Schnittgrößen
10	Werkstück prüfen und in einem Dreibackenfutter einspannen	Messschieber Stahlmaßstab	-
20	Werkstücknullpunkt setzen	-	
30	Querplandrehen der linken Seite des Spankegels	Plandrehmeißel T1	$v_c = 130 \text{ m/min}$ $f = 0,2 \text{ mm}$ $a_p = 1 \text{ mm}$
40	Schruppen der linken Seite des Spankegels	Schruppdrehmeißel T2	$v_c = 110 \text{ m/min}$ $f = 0,4 \text{ mm}$ $a_p = 4 \text{ mm}$
50	Schlichten der linken Seite des Spankegels	Schlichtdrehmeißel T3	$v_c = 150 \text{ m/min}$ $f = 0,17 \text{ mm}$ $a_p = 0,5 \text{ mm}$
60	Abstechdrehen des Spankegels auf eine Länge von $107 \text{ mm}$	Abstechdrehmeißel (Breite $3 \text{ mm}$ ) T4	$v_c = 105 \text{ m/min}$ $f = 0,05 \text{ mm}$
80	Werkstück vom Butzen abtrennen und prüfen	Messschieber Tiefenmessschieber	-

9. Beim konventionellen Drehen müssen alle Arbeitsschritte manuell eingestellt werden. Es werden folgende Arbeitsschritte ausgeführt:

Nr. 10	Werkstück prüfen und in Dreibackenfutter einspannen
Nr. 20	Linke Seite Querplandrehen
Nr. 30	Schruppen des Absatzes $\varnothing 25$ f7 mit Aufmaß zum Schlichten
Nr. 40	Oberschlitten auf den Einstellwinkel von $7,94^\circ$ schwenken
Nr. 50	Kegel mit Aufmaß zum Schlichten schruppen
Nr. 60	Schlichten des Kegels
Nr. 70	Schlichten des Absatzes $\varnothing 25$ f7
Nr. 80	Werkstück abstechen und vom Butzen trennen

10. Folgende Schnittgeschwindigkeiten müssen beim konventionellen Drehen des Spannkegels eingestellt werden (Werkstoff: 42CrMo4 – legierter Vergütungsstahl mit  $R_m > 750 \text{ N/mm}^2$ )

Querplandrehen:	$v_c = 80 \text{ m/min}$
Schruppen:	$v_c = 70 \text{ m/min}$
Schlichten:	$v_c = 100 \text{ m/min}$
Abstechdrehen:	$v_c = 95 \text{ m/min}$

## Kapitel 1.2.2, Seite 42



### Überlegen und beantworten Sie:

Der Ansatz  $\varnothing 25$  f7 des Spannkegel (**Bild 1**) aus dem Werkstoff 42CrMo4 (vgl. Seite 37) wurde bereits auf einer konventionellen Drehmaschine geschruppt und mit einem Aufmaß zum Schleifen geschlichtet. In den nächsten Schritten soll der Kegel gedreht und das Werkstück vom Rundstab  $\varnothing 55$  durch Abstechdrehen getrennt werden.

- Erläutern Sie, wie das Kegeldrehen auf der konventionellen Drehmaschine ausgeführt wird.
- Berechnen Sie die Kegelverjüngung  $C$ .
- Bestimmen Sie den Einstellwinkel  $\alpha/2$  für das Kegeldrehen des Spannkegels.
- Ermitteln Sie die Schnittgeschwindigkeiten für das Planen, Schruppen und Schlichten des Spannkegels für das CNC-Drehen.
- Begründen Sie, warum das Kegeldrehen auf einer konventionellen Drehmaschine nur von Hand ausgeführt werden kann.
- Bestimmen Sie die Schnittgeschwindigkeit  $v_c$  und den Vorschub  $f$  zum Abstechdrehen des Spannkegels.
- Berechnen Sie für das Abstechdrehen die einzustellende Drehzahl  $n$  an der konventionellen Drehmaschine.
- Erklären Sie, warum beim Abstechdrehen zum Schluss ein Butzen am Werkstück verbleiben sollte.
- Ein weiterer Spannkegel soll auf einer CNC-Drehmaschine gefertigt werden. Die CNC-Drehmaschine ist mit einer Gegenspindel (vgl. Seite 59) ausgeführt. Beschreiben Sie den Vorgang des Abstechdrehens auf dieser Maschine.
- Geben Sie an, mit welchem Einstechverfahren die Nut des Spannkegels gedreht wird.

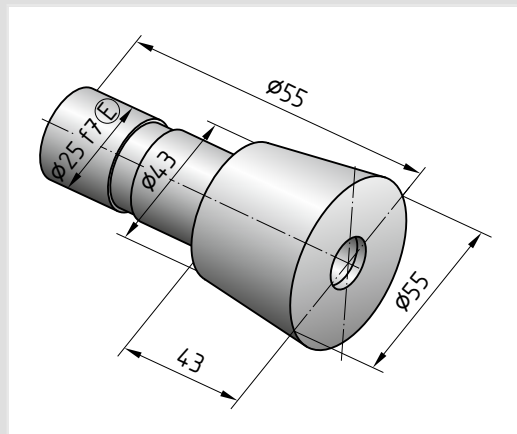


Bild 1: Spannkegel

11. Der Spankegel soll nach der Drehbearbeitung durch Vergüten wärmebehandelt werden. Anschließend soll die Passung  $\varnothing 25 f7$  (E) auf der CNC-Drehmaschine nachbearbeitet werden. Beschreiben Sie den Vorgang des Hartdrehens für das Fertigdrehen der Passung.
12. Nach dem Vergüten des Spankegels soll anstatt des Schleifens das Hartdrehen für die Fertigbearbeitung angewendet werden. Wählen Sie einen Schneidstoff zum Hartdrehen aus und erläutern Sie das Drehverfahren.
13. Ein Kunde benötigt einen weiteren Spankegel aus 42CrMo4 mit einem Außengewinde M20. Das Drehen für das Gewinde M20 soll auf einer CNC-Maschine durchgeführt werden. Begründen Sie, warum der Gewindedrehmeißel sich hinter der Drehmitte befindet und auf den Kopf gedreht werden muss.
14. Erläutern Sie, warum auf einer CNC-Drehmaschine das Gewinde mit einer konstanten Drehzahl gedreht werden muss.
15. Bestimmen Sie die Anzahl der Schnitte für das Gewindedrehen M20. Die letzten drei Schnitte sollen ohne Zustellung erfolgen.
16. Geben Sie den Vorschub  $f$  und die Schnittgeschwindigkeit  $v_c$  für das Gewindedrehen M20 an.
17. Berechnen Sie die einzustellende Drehzahl  $n$  für das Gewindedrehen M20.
18. Der Kunde benötigt einen weiteren Spankegel mit einer ausgedrehten Bohrung  $\varnothing 30 H7$ , die eine Tiefe von 35 mm hat. Es stehen verschiedene Innendrehmeißel mit unterschiedlichen Schaftdurchmessern bereit. Geben Sie ein Kriterium für die Auswahl des Innendrehmeißels an.

1. Das Kegeldrehen kann für kurze Kegel durch das Schwenken des Oberschlittens erfolgen. Der Oberschlitten wird mit dem halben Kegelwinkel geschenkt. Dieser Winkel wird auch als Einstellwinkel bezeichnet.
2. Die Kegelverjüngung berechnet sich aus der Differenz der beiden Kegeldurchmesser und der Kegellänge.

$$C = \frac{D-d}{L} = \frac{55 \text{ mm} - 43 \text{ mm}}{43} = 0,279 = 1 : 3,58$$

3. Der Einstellwinkel  $\alpha/2$  berechnet sich aus der halben Kegelverjüngung:

$$\tan \frac{\alpha}{2} = \frac{C}{2} = \frac{0,279}{2} = 0,14$$

$$\frac{\alpha}{2} = \arctan 0,14 = 7,94^\circ$$

4. Aus dem Tabellenbuch Metall kann für den legierten Vergütungsstahl 42CrMo4 bei einem  $R_m > 750 \text{ N/mm}^2$  folgende Schnittgeschwindigkeit für das Drehen des Spankegels mit Wendschneidplatten aus Hartmetall bei normalen Bearbeitungsbedingungen bestimmt werden:

Querplandrehen  $v_c = 130 \text{ m/min}$

Schruppen  $v_c = 110 \text{ m/min}$

Schlichten  $v_c = 150 \text{ m/min}$

5. Auf einer konventionellen Drehmaschine kann nur der Längsschlitten oder der Planschlitten achsparallel durch die Zugspindel bewegt werden. Beide Schlitten können nur manuell über die Handräder gleichzeitig bewegt werden. Durch das Verstellen des Oberschlittens wird beim Kegeldrehen nur der Oberschlitten manuell mit einem Handrad bewegt. Eine mechanisch automatisierte Vorschubbewegung ist hierbei nicht möglich.

6. Für den legierten Vergütungsstahl 42CrMo4 bei einem  $R_m > 750 \text{ N/mm}^2$  ergeben sich folgende Schnittgrößen für das Abstechen des Spannkegels mit Hartmetall bei ungünstigen Bearbeitungsbedingungen auf einer konventionellen Drehmaschine:

$$\text{Abstechdrehen} \quad v_c = 95 \text{ m/min}, \quad f = 0,05 \text{ mm}$$

7. Mit der ermittelten Schnittgeschwindigkeit für das Abstechdrehen ergibt sich folgende Drehzahl:

$$n = \frac{v_c}{d \cdot \pi} = \frac{95 \frac{\text{m}}{\text{min}}}{0,055 \text{ m} \cdot \pi} = 549,8 \text{ min}^{-1}$$

8. Das Werkstück darf nicht vollständig durch Abstechdrehen vom Rohteil getrennt werden, da sonst das Werkstück unkontrolliert in den Arbeitsraum geschleudert wird.
9. Beim Einsatz einer Gegenspindel wird vor dem Abstechdrehen das Werkstück von der bereits gedrehten Seite mit dem Spannfutter einer Gegenspindel aufgenommen. Dieser Vorgang erfolgt mit einer synchronen Drehzahl zur Hauptspindel während der Bearbeitung.
10. Für die Fertigung der Nut am Spannkegel wird das Quereinstechdrehen ausgeführt.
11. Das Hartdrehen kann das Schleifen vergüteter Werkstücke ersetzen. Für das Hartdrehen wird ein bereits vergüteter Stahl vom Lieferanten bezogen. Der Spannkegel wird vollständig in einer Aufspannung gedreht. Hierbei wird der Absatz  $\varnothing 25 \text{ f7}$  auf das mittlere Toleranzmaß der Passung direkt gedreht.
12. Als Schneidstoff wird beim Hartdrehen Schneidkeramik oder kubisch-kristalliner Bornitrid verwendet. Im Vergleich zum Drehen ungehärteter Stähle treten beim Hartdrehen große Zerspankräfte auf. Dies erfordert stabile Maschinen und eine sichere Spannung von Werkstücken.
13. CNC-Drehmaschinen sind in der Regel mit einem Schrägbett ausgeführt. Damit die Späne ungehindert in den Spanraum der Maschine fallen können, befinden sich die Werkzeuge hinter der Drehmitte. Für das Querplan- und Längsrunddrehen bewegt sich das Werkstück mit der Arbeitsspindel links herum gegen den Uhrzeigersinn. Für die Fertigung eines Rechtsgewindes muss sich aber die Spindel rechts herum im Uhrzeigersinn drehen. Somit muss dann auch der Gewindedrehmeißel auf den Kopf gedreht werden, damit sich die Spanfläche auf der Unterseite befindet.
14. Bei der Wahl einer konstanten Schnittgeschwindigkeit wird die Drehzahl des Werkstücks stetig mit der Position der Drehmeißels angeglichen. Mit kleinerem Durchmesser vergrößert sich die Drehzahl des Werkstücks. Dies hat zur Folge, dass sich auch die Vorschubgeschwindigkeit erhöhen würde, je tiefer der Gewindedrehmeißel positioniert wird. Da das Gewindedrehen in mehreren Schnitten erfolgen muss, würde sich nach jedem Schnitt der Drehmeißel in seiner Position längs verschieben. Nur bei einer konstanten Drehzahl bleibt der Drehmeißel auch beim Folgeschnitt in der gleichen Längsposition.
15. Das Regelgewinde M20 besitzt eine Steigung von  $P = 2,5 \text{ mm}$ . Aus dem Tabellenbuch Metall kann die Anzahl der Schnitte in Abhängigkeit der Steigung  $P$  bestimmt werden. Bei einer Steigung  $P = 2,5 \text{ mm}$  wird das Gewinde in 11 Schnitten gedreht. Danach werden noch 3 Leerdurchläufe ohne Zustellung ausgeführt. Insgesamt wird das Gewinde M20 in 14 Schnitten gedreht.
16. Der Vorschub für das Gewindedrehen entspricht der Steigung des Gewindes. Daher muss bei einem Regelgewinde M20 ein Vorschub von  $f = 2,5 \text{ mm}$  verwendet werden. Für die Schnittgeschwindigkeit kann aus dem Tabellenbuch Metall bei einem legierten Vergütungsstahl 42CrMo4 mit  $R_m > 750 \text{ N/mm}^2$  ein Wert von  $v_c = 100 \text{ m/min}$  bei normalen Bearbeitungsbedingungen bestimmt werden.

17. Mit der ermittelten Schnittgeschwindigkeit für das Gewindedrehen ergibt sich folgende Drehzahl:

$$n = \frac{v_c}{d \cdot \pi} = \frac{100 \frac{\text{m}}{\text{min}}}{0,02 \text{ m} \cdot \pi} = 1591,5 \text{ min}^{-1}$$

18. Beim Innendrehen ist die Schaftgröße des Drehmeißels begrenzt durch die Größe der Bohrung. Bei tieferen Bohrungen kann bei einem langen Schaft der Innendrehmeißel durch die Bearbeitungskräfte abgedrängt werden. Um die Schwingungs- und Durchbiegungsgefahr möglichst klein zu halten, dürfen ungedämpfte Drehmeißel höchstens bis zum Vierfachen ihres Durchmessers aus dem Werkzeughalter herauskragen. Schwingungsgedämpfte Innendrehmeißel dürfen eine Auskraglänge bis zum Siebenfachen ihres Durchmessers haben.

### Kapitel 1.2.4, Seite 47



#### Überlegen und beantworten Sie:

1. Erläutern Sie zwei verschiedene Bauweisen von mechanischen Spannfuttern.
  2. Begründen Sie, warum bei längeren Werkstücken mitlaufende Zentrierspitzen zusätzlich zum Spannfutter verwendet werden.
  3. Verdeutlichen Sie das Prinzip des Stirnmitnehmers.
  4. Beschreiben Sie den Unterschied zwischen einer Zug- und einer Druckspannzange.
1. Das Dreibackenfutter besteht aus symmetrisch angeordneten Spannbacken. Diese können entweder durch eine Planspirale oder eine Keilstange bewegt werden. Die Planspirale dreht sich durch das Zahnrad auf der Spindel. Alle Backen werden gleichzeitig bewegt. Mit der Keilstange werden die Backen nur auf eine geringe Länge bewegt. Daher werden die Backen durch Entriegeln der Backensicherung auf den gewünschten Durchmesser voreingestellt.
2. Damit längere Werkstücke beim Drehen ausreichend stabil eingespannt sind, werden sie von der rechten Seite mit einer mitlaufenden Zentrierspitze abgestützt.
3. Beim Einsatz eines Stirnmitnehmers drücken gehärtete Zähne des Mitnehmers gegen die Planseite des Werkstücks. Der Stirnmitnehmer ist in der Regel im Dreibackenfutter eingespannt. Über die Mitnehmer wird das Drehmoment auf das Werkstück übertragen.
4. Bei der Zugspannzange erfolgt die Betätigung über ein Zugrohr. Durch das Anziehen des Zugrohrs wird der Kegel der geschlitzten Spannzange in das Gehäuse gezogen und zusammengedrückt. Da die gesamte Spannzange durch das Zugrohr eine axiale Bewegung hat, wird auch das Werkstück beim Spannen geringfügig axial verschoben. Dies muss beim Drehen von Längenmaßen berücksichtigt werden.
- Druckspannzangen werden über ein Druckrohr und eine Druckhülse betätigt. Der Spannkegel liegt am Druckspannzangenfutter an und wird durch die Druckhülse gegen das Futter gedrückt. Die Druckhülse drückt den Spannkegel der geschlitzten Spannzange zusammen und spannt das Werkstück.