westermann

Heinz Frisch, Erwin Lösch, Erich Renner

Industriemechanik
Lernfelder 5 bis 9

Lernsituationen, Technologie, Technische Mathematik

Lösungen

5. Auflage

Bestellnummer 42046

Vorwort

Dieses Arbeitsheft eignet sich neben dem Einsatz im Unterricht auch sehr gut zur Prüfungsvorbereitung auf die Abschlussprüfung. In der Steuerungstechnik sind die Bauteile nach DIN EN 81346 gekennzeichnet. Alle CNC-Programme sind nach DIN PAL erstellt. In der CNC-Technik wurde die grafische Konturerstellung neu aufgenommen.

Quellenverzeichnis

|Di Gaspare, Michele (Bild und Technik Agentur für technische Grafik und Visualisierung), Bergheim: Titel, Titel, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 38, 43, 44, 47, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 94, 95, 97, 98, 102, 103, 104, 106, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 118, 120, 121, 122. |Dorfner Schleifmittelwerk GmbH, Leonberg: 19, 22, 24. |DR. JOHANNES HEIDENHAIN GmbH, Traunreut: 88, 89. |Frisch, Heinz, Königsbrunn: 28, 74, 92, 103, 126. |Hermle AG, Gosheim: 85, 86. |Knuth Werkzeugmaschinen GmbH, Wasbek: 23. |Renner, Erich, Günzburg: 9. |RSGetriebe GmbH, Sonthofen: 128, 129. |stock.adobe.com, Dublin: corund 33, 73.

Wir arbeiten sehr sorgfältig daran, für alle verwendeten Abbildungen die Rechteinhaberinnen und Rechteinhaber zu ermitteln. Sollte uns dies im Einzelfall nicht vollständig gelungen sein, werden berechtigte Ansprüche selbstverständlich im Rahmen der üblichen Vereinbarungen abgegolten.

service@westermann.de
www.westermann.de

Bildungsverlag EINS GmbH
Ettore-Bugatti-Straße 6–14, 51149 Köln

ISBN 978-3-427-**42046**-0

westermann GRUPPE

© Copyright 2020: Bildungsverlag EINS GmbH, Köln

Das Werk und seine Teile sind urheberrechtlich geschützt. Jede Nutzung in anderen als den gesetzlich zugelassenen Fällen bedarf der vorherigen schriftlichen Einwilligung des Verlages.

Inhaltsverzeichnis

Lernfeld 5

1 Funktionszusammenhänge beim Zerspanen auf Werkzeugmaschinen ... 5
- A Zerspankraft ... 5
- B Zeitspanungsvolumen (Zerspanleistung) ... 6
- C Spanungsverhältnis ... 6
- D Schnittgeschwindigkeit und Drehzahl ... 7
- E Überlastung der Maschine ... 8
- F Spanbildung ... 9
- G Standzeit ... 10
- H Aufbauschneide ... 10
- I Oberflächengüte ... 11
- K Fertigungszeit und Fertigungskosten ... 11
  - • Berechnungen zum Spanungsquerschnitt, zum Zeitspanungsvolumen und zur Schnittkraft ... 12
  - • Berechnungen zur Schnitt- und Maschinenleistung ... 13

2 Schneidstoffe ... 15
- A Bezeichnungen von Wendeschneidplatten ... 15
- B Belastungen und Anforderungen ... 16
- C Arten der Schneidstoffe ... 16
- D Bezeichnungen harter Schneidstoffe ... 17
- E Beschichtete Schneidwerkzeuge ... 17
  - • Vergleichsrechnungen ... 18

3 Schleifen ... 19
- A Zweck ... 19
- B Schleifscheibe ... 19
- C Schleifmittel ... 19
- D Körnung ... 20
- E Bindung (Bindemittel) ... 20
- F Härte ... 21
- G Gefüge ... 22
- H Normung einer Schleifscheibe ... 22
- I Aufspannen der Schleifscheibe ... 22
- K Schleifverfahren ... 23
- L Schnittgeschwindigkeit ... 23
  - • Berechnungen zur Schnittgeschwindigkeit beim Schleifen ... 24

4 Kennzeichnen und Prüfen von Oberflächen ... 25
- A Rauheit ... 25
- B Rautiefe und Fertigungsverfahren ... 26
- C Angaben zur Oberflächenbeschaffenheit ... 26
- D Prüfverfahren ... 28

5 Lernsituation: Schaltklaue ... 29
Information – Planung – Ausführung – Kontrolle – Bewertung

6 Geometrische Tolerierung ... 33
- A Gestaltabweichung ... 33
- B Geometrische Tolerierung (DIN EN ISO 1101) ... 34

7 Wärmebehandlung der Stähle ... 36
- *1* Grundsätzliches zu Gefüge und Gefügeumwandlung ... 36
  - A Zweck der Wärmebehandlung ... 36
  - B Gefügezustände des Stahls ... 36
  - C Gefügeumwandlung beim Erwärmen und Abkühlen ... 37
  - D Atomare Vorgänge bei der Gefügeumwandlung ... 38
  - E Arten der Wärmebehandlung ... 38
- *2* Glühen ... 38
  - A Glühvorgang (grundsätzlicher Ablauf) ... 38
  - B Glühverfahren ... 39
  - C Glühfehler ... 39
- *3* Abschreckhärten ... 40
  - A Arbeitsablauf ... 40
  - B Erwärmen ... 40
  - C Abschrecken ... 40
  - D Besondere Abschreckverfahren ... 41
  - E Härtetiefe ... 42
  - F Anlassen ... 42
- *4* Härten der Randzone ... 43
  - A Zweck ... 43
  - B Einsatzhärten ... 43
  - C Flammhärten ... 44
  - D Laserhärten ... 44
  - E Induktionshärten ... 44
  - F Nitrieren ... 45
  - G Überblick ... 45
- *5* Vergüten ... 46
  - A Zweck ... 46
  - B Vorgang des Vergütens ... 46
  - C Vergütungsstähle ... 46

Lernfeld 6

1 Steuern und Regeln ... 47
- A Unterschied Steuern – Regeln ... 48
- B Wichtige Begriffe des Steuerns und Regelns ... 48

2 Steuerungstechnik: Pneumatik ... 49
- A Pneumatische Anlage ... 49
- B Verdichter ... 50
- C Arbeitsglieder (Zylinder und Motoren) ... 50
- D Ventile (Steuer- und Stellglieder) ... 51
- E Wegeventile ... 51
- F Stromventile ... 52
- G Sperrventile ... 53
- H Schaltplan ... 53
- I Funktionsdiagramm (Weg-Schritt-Diagramm) ... 54
- K GRAFCET (Funktionsplan nach DIN EN 60848) ... 54
- L Ablaufsteuerung und logische Verknüpfungen ... 55
- M Wartungseinheit ... 56
- N Steuerung einer Bohrvorrichtung ... 57
  - • Berechnungen zur Kolbenkraft ... 61
  - • Berechnungen zum Luftverbrauch pneumatischer Zylinder ... 62

3 Lernsituation: Elektropneumatische Hubeinrichtung 63
Information – Orientierung – Planung – Ausführung – Kontrolle – Dokumentation

4 Steuerungstechnik: Hydraulische Presse ... 68

Lernfeld 7

1 Lager und Führungen ... 71
- *1* Lager ... 71
  - A Zweck ... 71
  - B Lagerarten ... 71
  - C Werkstoffe von Gleitlagern ... 72
  - D Schmierung bei Gleitlagern ... 72
  - E Wälzlager ... 73
  - F Arten von Wälzlagern ... 74
  - G Schmierung bei Wälzlagern ... 74
- *2* Führungen ... 74
  - A Begriff und Zweck ... 74
  - B Arten von Führungen ... 75
  - C Schmierung bei Führungen ... 75
    - • Berechnungen zur Flächenpressung ... 76
    - • Berechnungen zu Reibungskräften mit und ohne Schmierung ... 77

© Westermann Gruppe

2 Dichtungen 78
A Aufgaben von Dichtungen 78
B Arten von Dichtungen 78
C Werkstoffe von Dichtungen 79
D Beispiele von statischen Dichtungen 79
E Beispiele von dynamischen Dichtungen 80

3 Welle-Nabe-Verbindungen 81
A Aufgabe 81
B Arten von Welle-Nabe-Verbindungen 81
C Formschlussverbindungen 81
D Kraftschlussverbindungen 82
E Form- und kraftschlüssige Verbindungen 83
F Wellensicherungen 83
• Berechnungen zur Scherfestigkeit 84

Lernfeld 8

1 NC-Technik – Grundlagen 85
A Vergleich: konventionelle Maschine – numerisch gesteuerte Maschine 85
B Koordinatensysteme 86
C Übungen mit Koordinatensystemen 86
D Bezugspunkte 87
E Regelkreis 88
F Steuerungsarten 88
G Fotoelektrische Wegmesssysteme 89
H Kugelgewindetrieb 89
2 NC-Technik – CNC-Fräsen 90
A Übung mit absoluten Maßen 90
B Übung mit inkrementalen Maßen 90
C Übungen mit Kreisinterpolation 91
D Programmierübung ohne Werkzeugbahnkorrektur 92
E Werkzeugbahnkorrektur nach DIN PAL 94
F Programmierübung mit Werkzeugbahnkorrektur 94
G Werkzeugspeicher 95
3 NC-Technik – Lernsituation: CNC-Fräsen mit Zyklen . 96
Information 96
Planung 98
A Konturpunktberechnung 98
B Arbeitsplan mit Schnittdaten 99
C Einspannen 99
D Planung der Programmierung 99
Ausführung 100
Kontrolle 101
Bewertung 102
4 NC-Technik – CNC-Fräsen: Projekt Uhr 103
5 NC-Technik – CNC-Fräsen: Programmieraufgabe mit Unterprogramm 106
6 NC-Technik – CNC-Fräsen: Werkzeuge und Schnittdaten 109
A Technologische Daten 109
B Formeln zur Berechnung von Drehzahl und Vorschubgeschwindigkeit 109
7 NC-Technik – CNC-Drehen 110
A Übungen mit Koordinaten 110
B Werkzeuge und Schnittdaten 110
C Nullpunktverschiebung 111
D G-Funktionen 111
E Mittenmaß Programmierung 112
F Programmierübung mit Abspanzyklus 112
G Schneidenradiuskorrektur 113
H Programmierübung mit Gewinde 114
I Programmierübung mit Rundungen 115
8 NC-Technik – Grafisches Programmieren 116
A Formplatte 116
B Gewindebolzen 118

Lernfeld 9

1 Instandsetzen von technischen Systemen 119
A Instandhaltung 119
B Ziele der Instandhaltung 119
C Abnutzungsvorrat und Verschleiß 120
D Instandhaltungsstrategien 122
E Wartung von Werkzeugmaschinen 124
F Inspizieren von Werkzeugmaschinen 125
G Instandsetzung 126

2 Lernsituation: Instandsetzen eines Stirnradgetriebes 128
A Dokumentation des Getriebes 128
B Funktion des Getriebes 131
C Schadensanalyse 133
Planung – Ausführung – Kontrolle – Bewertung/Dokumentation 134

© Westermann Gruppe

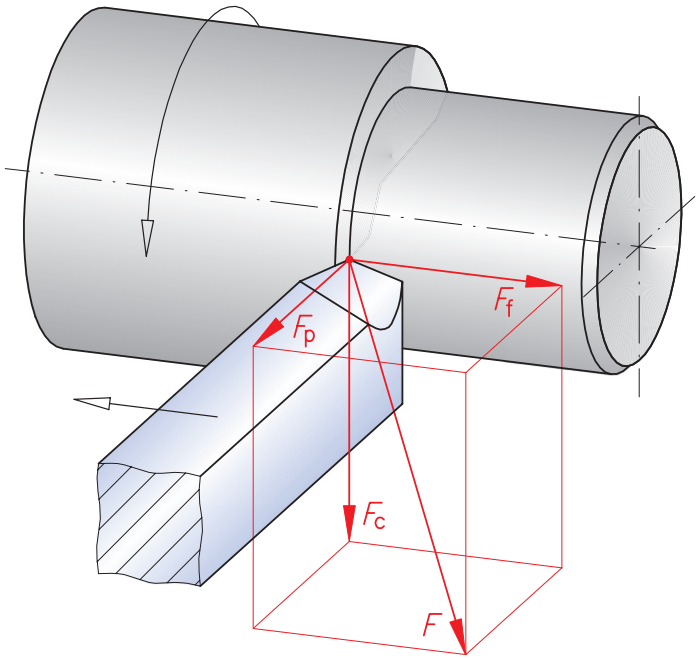
Problemstellung:

Bei Schrupparbeiten mit einer Drehmaschine bricht die Schneide des Drehmeißels. Welche Ursachen können dafür vorliegen?

Drehmeißel zu lang eingespannt (Drehmeißel rattert); unterbrochener Schnitt (Welle mit Nut); zu großer Schnittdruck (≙ zu großer Vorschub, zu große Zustellung, zu große Schnittgeschwindigkeit).

A Zerspankraft*

① Die Zerspankraft F ist die Kraft, die beim Zerspanungsvorgang insgesamt aufgewendet werden muss. Sie ist die resultierende Gesamtkraft aller am Werkzeug auftretenden Teilkräfte. Stellen Sie diese Teilkräfte und ihre Wirkungen fest.



Kurzzeichen	Bezeichnung	Wirkung auf Werkzeug	Wirkung auf Werkstück
F_c	Schnittkraft	wird nach unten gedrückt	wird nach oben gedrückt
F_f	Vorschubkraft	wird nach rechts gedrückt	wird gegen Futter gedrückt
F_p	Passivkraft	wird gegen Spannvorrichtung gedrückt	drückt Werkstück nach hinten

② Welche Abhängigkeiten gelten für diese Kräfte?

a) Die **Schnittkraft** ist abhängig von der Schnittgeschwindigkeit, vom Spanungsquerschnitt und der Festigkeit des zu spanenden Werkstoffs.

b) Die **Vorschubkraft** ist abhängig von der Größe des Vorschubs, vom Einstellwinkel und der Festigkeit des zu spanenden Werkstoffs.

c) Die **Passivkraft** ist abhängig von der Größe der Zustellung, vom Einstellwinkel und der Festigkeit des zu spanenden Werkstoffs.

* Die Funktionszusammenhänge werden am Beispiel Drehen dargestellt.

© Westermann Gruppe

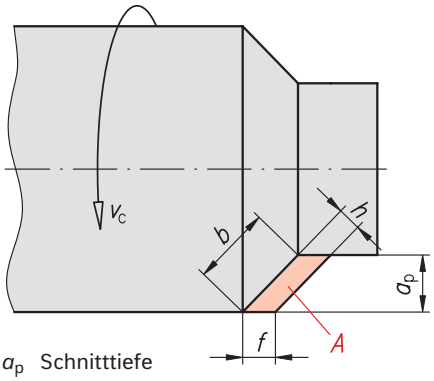
③ Welche Folgerung für die Größe der Zerspankraft F lässt sich aus der Zeichnung ableiten?

Die **Zerspankraft** F ist umso größer, je größer Schnittkraft, Vorschubkraft und Passivkraft sind.

B Zeitspanungsvolumen (Zerspanleistung)

① Was versteht man unter dem Zeitspanungsvolumen?

Das Zeitspanungsvolumen ist das Volumen aller Späne, die in einer bestimmten Zeit abgespant werden.



a_p Schnitttiefe
f Vorschub
b Spanungsbreite
h Spanungsdicke
A Spanungsquerschnitt
$A = a_p \cdot f$
$A = b \cdot h$

② Mit welcher Formel kann das Zeitspanungsvolumen errechnet werden?

Zeitspanungsvolumen (Q) = Spanungsquerschnitt (A) · Schnittgeschw. (v_c)

③ Wie kann das Zeitspanungsvolumen (Zerspanleistung) also erhöht werden?

a) Vergrößerung des Spanungsquerschnitts (Vorschub, Zustellung)

b) Erhöhung der Schnittgeschwindigkeit

C Spanungsverhältnis

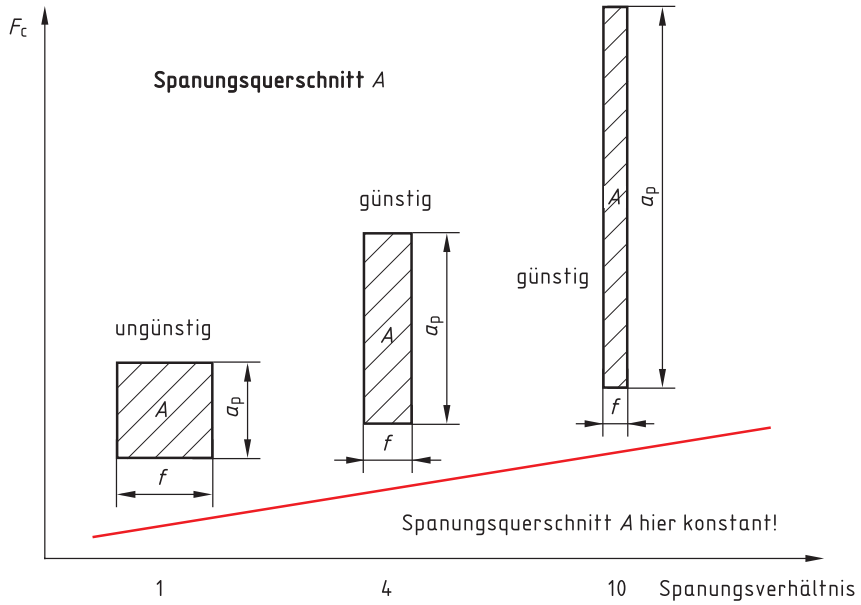
① Welche Vorteile erzielt man, wenn die Schnittdaten (Schnitttiefe, Vorschub, Einstellwinkel, Schnittgeschwindigkeit) richtig gewählt werden?

– günstigere Spanbildung
– bessere Oberflächengüte
– größeres Spanungsvolumen
– längere Standzeit des Werkzeugs
– geringere Schnittkraft

② Was versteht man unter dem Spanungsverhältnis G?
Das Spanungsverhältnis wird mit der Formel $G = \frac{a_p}{f}$ ausgedrückt.
Erläutern Sie diese Formel.

Das Spanungsverhältnis ist das Verhältnis von Schnitttiefe a_p zu Vorschub f.

© Westermann Gruppe



③ Welches Spanungsverhältnis G hat sich in der Praxis als günstig herausgestellt?

Bevorzugte Werte: 4 : 1 ... 10 : 1

④ Gegeben sind der Vorschub $f = 0{,}5$ mm und der Spanungsquerschnitt $A = 2\ \text{mm}^2$. Berechnen Sie das Spanungsverhältnis G und stellen Sie fest, ob es günstig ist.

$$a_p = \frac{A}{f} = \frac{2\ \text{mm}^2}{0{,}5\ \text{mm}} = 4\ \text{mm} \qquad G = \frac{a_p}{f} \quad G = \frac{4\ \text{mm}}{0{,}5\ \text{mm}} = 8 : 1 \qquad G \mathrel{\hat{=}} \text{günstig}$$

⑤ Begründen Sie folgende Aussagen mithilfe der Abbildung oben:

Ein kleines Spanungsverhältnis ist für die Schnittkraft günstiger.

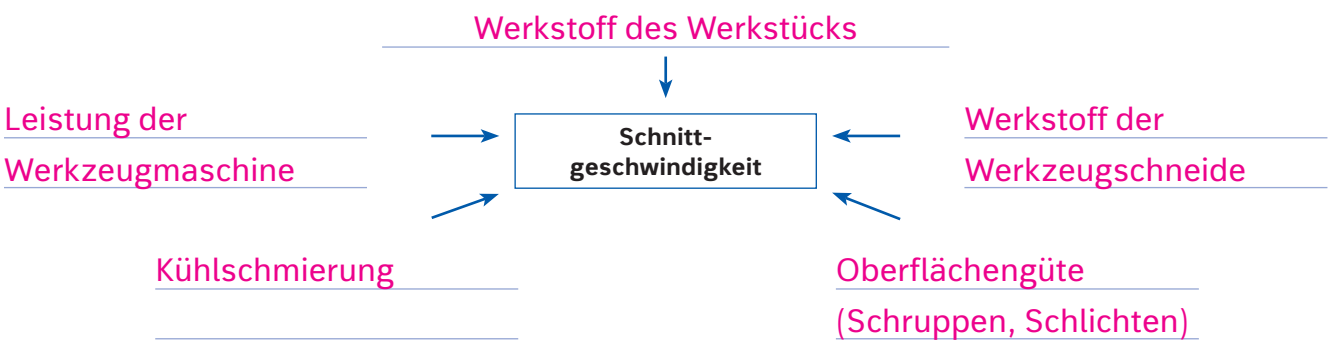
Bei kleinem Spanungsverhältnis sind die Späne schmaler (a_p) und dafür dicker (f), daher ist eine geringere Schnittkraft nötig.

Für eine hohe Standzeit ist ein großes Spanungsverhältnis günstiger.

Bei großem Spanungsverhältnis ist der Span breiter (a_p), dadurch verteilt sich die Schnittkraft auf eine längere Schneide. Außerdem ist eine bessere Wärmeabfuhr vorhanden. Die Schneide wird weniger beansprucht.

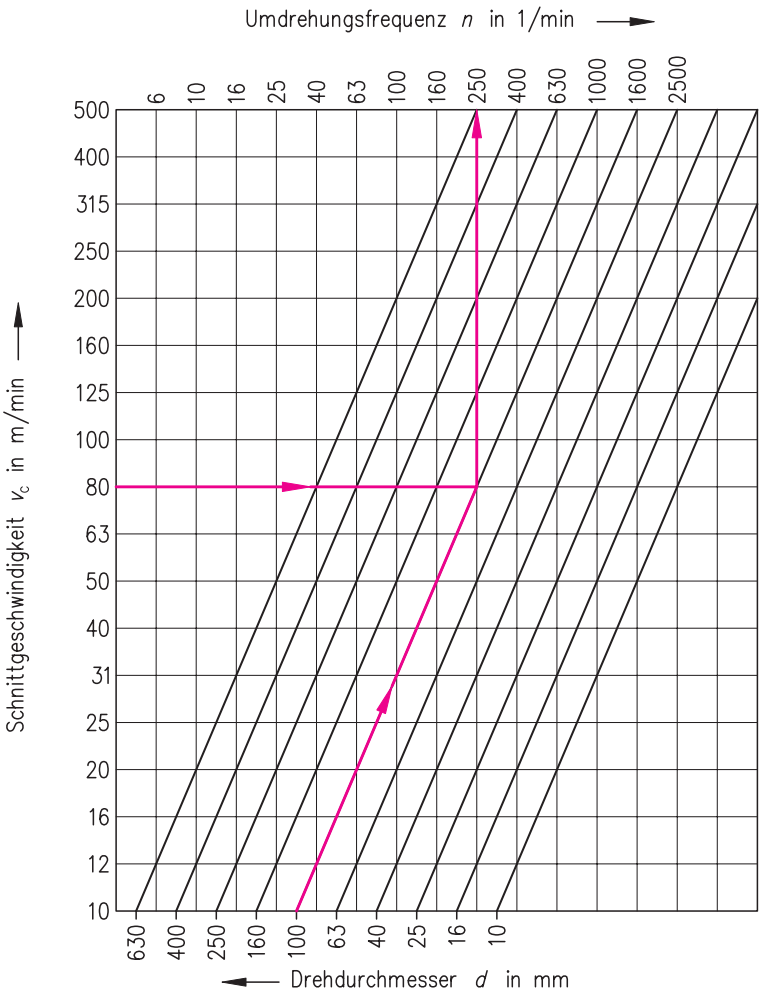
D Schnittgeschwindigkeit und Drehzahl

① Welche Faktoren beeinflussen die Wahl der Schnittgeschwindigkeit?



© Westermann Gruppe

② Mögliche und günstige Schnittgeschwindigkeiten lassen sich Tabellenbüchern entnehmen. An Werkzeugmaschinen wird jedoch meist nicht die Schnittgeschwindigkeit, sondern die Drehzahl (Umdrehungsfrequenz) eingestellt. Entsprechend der Formel $v_c = d \cdot \pi \cdot n$ muss dabei auch der Werkstückdurchmesser berücksichtigt werden. Drehzahldiagramme erleichtern die Bestimmung der richtigen Drehzahl.



Ermitteln Sie für die folgenden Schnittgeschwindigkeiten und Durchmesser die entsprechenden Drehzahlen. (Ziehen Sie dazu evtl. Geraden im Diagramm.) Wenn der Schnittpunkt von Durchmesser- und Schnittgeschwindigkeitslinie nicht auf einer Drehzahllinie liegt, wählen Sie die nächstniedrigere Drehzahl.

v_c	d	n
50 m/min	40 mm	400 $\frac{1}{\text{min}}$
80 m/min	100 mm	250 $\frac{1}{\text{min}}$
315 m/min	63 mm	1 600 $\frac{1}{\text{min}}$

E Überlastung der Maschine

Mit welchen technischen Vorkehrungen kann eine Überlastung der Werkzeugmaschine durch zu hohe Schnittkraft vermieden werden?

– Überlastschutz am Motor (automatische Abschaltung)

– Sicherheitskupplung (Bauarten: Rutschkupplung oder Maschinenabschaltung)

– Kunststoffzahnrad im Getriebe (ausbrechende Zähne)

– Sicherheitsstift zwischen Welle und Zahnradnabe

© Westermann Gruppe

F Spanbildung

Um einen störungsfreien Fertigungsablauf bei Dreharbeiten zu erreichen, sind bestimmte Spanformen notwendig.

① Kreuzen Sie die Spanformen an, die für den Fertigungsablauf vorteilhaft sind.


Bandspan


Wendelspan lang


Wirrspan

X 
Wendelspan kurz

X 
Spiralspan

X 
Spiralspan-stücke

© Westermann Gruppe

② Wodurch wird die Spanbildung beim Drehen beeinflusst?

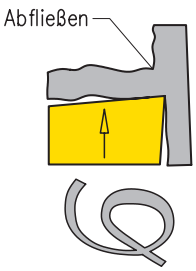
a) Werkstück: Eigenschaft des Werkstoffs (spröde – zäh)

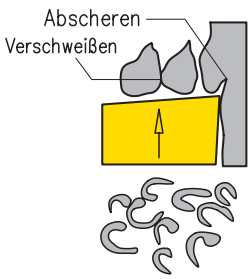
b) Werkzeug: Form und Neigung der Spanfläche (Spanwinkel, Spanformstufe)

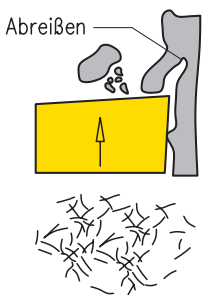
c) Maschineneinstellung: Schnittgeschwindigkeit, Vorschub, Schnitttiefe

→ **Spanbildung**

③ Benennen Sie die abgebildeten Spanarten und geben Sie deren Merkmale an.







Spanart:	Fließspan	Scherspan	Reißspan
Kennzeichen:	zusammenhängender Span; unten glatt	einzelne Spanelemente; Oberfläche stark gezackt	einzelne Spanelemente; raue Oberfläche

G Standzeit

① Was versteht man unter der Standzeit einer Werkzeugschneide?

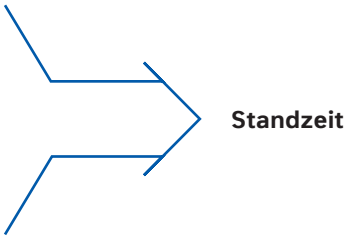
Die Standzeit ist die Zeit zwischen Schleifen und Nachschleifen.

Wann ist die Standzeit einer Werkzeugschneide überschritten?

Wenn die geforderte Rautiefe und die Maßtoleranz nicht mehr eingehalten werden können.

② Welche Faktoren beeinflussen hauptsächlich die Standzeit?

a) Schnittgeschwindigkeit
b) Werkstoff der Schneide
c) Werkstoff des Werkstücks
d) Spanungsquerschnitt
e) Kühlschmierung



③ Welche Folgen hat eine abgenutzte Werkzeugschneide

für das **Werkstück**?

unsaubere Oberfläche, ggf. Ausschuss

für die **Werkzeugmaschine**?

größerer Kraftaufwand

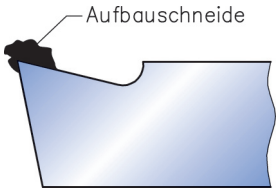
höhere Kosten

H Aufbauschneide

① Wie entsteht eine Aufbauschneide?

Eine Aufbauschneide entsteht, wenn

Teilchen des gespanten Werkstoffs sich auf der Werkzeugschneide ablagern.



Beispiel: Drehmeißel

② Welche Ursachen kann eine Aufbauschneide haben?

a) zu geringe Schnittgeschwindigkeit
b) raue Spanfläche an der Werkzeugschneide
c) ungenügende Kühlschmierung

③ Welche Nachteile hat eine Aufbauschneide?

Durch die Veränderung der Winkel an der Werkzeugschneide (Spanwinkel kleiner!) wird die Oberfläche des Werkstücks unsauber.

© Westermann Gruppe