



Fertigungstechnik

für TGTM-E

Inhaltsverzeichnis

Vorüberlegungen.....	2	Winkel und Flächen am Drehmeißel.....	6	Zahnformen.....	12
Einleitung.....	2	Drehen.....	7	Zahnrichtung.....	12
Einteilung der Fertigungsverfahren.....	2	Spanentstehung.....	8	wendelgezahnte Fräser.....	12
Herstellung einer Kurbelwelle.....	3	Spanarten.....	8	kreuzgezahnt.....	12
Funktion / Anwendung.....	3	Reißspan.....	8	geradgezahnt.....	12
Herstellverfahren.....	3	Scherspan.....	8	Schrupfräser.....	12
Fügen ('gebaute' Kw).....	3	Fließspan.....	8	Arbeitsplanung.....	13
Gießen.....	3	Ursachen.....	8	Arbeitsplan erstellen.....	13
(Gesenk-)Schmieden.....	3	Wirkungen.....	8	Hauptnutzungszeit th.....	14
Trennen - Spanen.....	3	Spanleitstufe.....	8	Herleitung.....	14
Fertigung.....	3	Spanformen.....	8	Vorschubwege.....	14
Prinzip.....	3	Aufbauschneide.....	8	Formel.....	14
Skizze.....	3	Ursache.....	8	Fertigungszeiten FZ für IUS.....	14
Arbeitsschritte.....	3	Folgen.....	8	CNC Technik.....	15
Nachbearbeitung.....	3	Schnittkräfte beim Drehen.....	9	NC-Technik.....	15
Merkmale.....	4	Einfluss der Einstellungen.....	9	CNC-Technik.....	15
Kosten.....	4	Einstellwinkel χ	9	Arbeitsweise von CNC-Werkzeugmaschinen.	15
Ausgangsmaterial.....	4	Mittenstellung.....	9	15	15
Werkzeug, Vorbereitung.....	4	Neigungswinkel λ	9	Merkmale.....	15
Energiekosten.....	4	Schnittkraftberechnung.....	10	Vergleich der Vorgehensweise.....	15
Arbeitszeit.....	4	Grundformel.....	10	konventionell.....	15
Videos.....	4	Zerspanungsgesetz.....	10	CNC.....	15
Einteilung der mechanischen		Ermittlung der spezifischen Schnittkraft	10	Beispiel CNC-Drehteil Spannbolzen.....	16
Trennverfahren.....	5	k_c	10	Schnittdaten: Arbeitsplan mit (für das	16
Spanen.....	5	m_c Werkstoffkonstante [].....	10	Beispiel).....	16
mit geometrisch bestimmter.....	5	Korrekturfaktoren.....	10	Geometriedaten.....	16
.. unbestimmter Schneide.....	5	C für Schnittgeschwindigkeit.....	10	Koordinatensystem (= rechtshändiges	16
Zerteilen.....	5	C2 für Fertigungsverfahren.....	10	System).....	16
Messerschneiden.....	5	C3 für Schneidstoff.....	10	Z-Achse.....	16
Beißschneiden.....	5	Fräsen.....	11	X-Achse.....	16
Scherschneiden.....	5	Vergleich der Planfräsverfahren.....	11	y-Achse.....	16
Sonstige Zerteilen.....	5	Stirn-Planfräsen.....	11	A, B, C.....	16
Spalten.....	5	Umfangs-Planfräsen.....	11	U-, V-, W-Achse.....	16
Reißen.....	5	Werkzeuglage.....	11	I, J, K.....	16
Brechen.....	5	Zeitspannungsvolumen.....	11	Bezugspunkte.....	16
Stechen.....	5	Spanbildung.....	11	M: Maschinennullpunkt.....	16
Sonstige Trennverfahren.....	5	Schneidenbeanspruchung.....	11	R: Referenzpunkt.....	16
Abtragen.....	5	Oberflächengüte.....	11	B: Programmstartpunkt.....	16
Zerlegen.....	5	Drehrichtung beim Umfangs-Planfräsen.....	11	W: Werkstücknullpunkt.....	16
Reinigen.....	5	Gleichlaufräsen.....	11	Wegmesssysteme.....	16
Evakuieren.....	5	Gegenlaufräsen.....	11	Absoluter Kodierung.....	16
Schneidkeil.....	6	Bewegungsrichtung.....	11	Inkrementale Markierung.....	16
Wirkung des Keilwinkel β	6	Schnittverlauf.....	11	Konturpunkte ermitteln.....	16
im Werkstück (Blech).....	6	Werkstückoberfläche wird.....	11	Programmaufbau.....	17
in der Schneide (Keil).....	6	Oberflächenqualität.....	11	CNC-Programm (Beispiel 1.Spannung).....	17
Trennwirkung durch.....	6	Schnittkraft.....	11	CNC-Programm (Beispiel 2.Spannung,	17
Wahl des Keilwinkels.....	6	Lastwechsel.....	11	Schruppbearbeitung).....	17
Winkel und Flächen am Schneidkeil	6	Sonstiges.....	11	CNC-Programm (Beispiel 2.Spannung,	17
z.B. Sägezahn z.B. Drehmeißel für		Fräswerkzeuge.....	12	Kreisbogeninterpolation).....	17
Hartguss.....	6	Fräserformen.....	12	CNC-Programm (Beispiel 2.Spannung,	17
		Werkzeugtypen.....	12	Gewinde).....	17
				Gewindezyklus.....	17

Literaturverzeichnis

EuroTabM: Ulrich Fischer ua., Tabellenbuch Metall,
EuroTabM: Ulrich Fischer ua., Tabellenbuch Metall,
Schal 1990: Willy Schal u.a., Fertigungstechnik 2, 1990



Lehrplan TGTM Stand 10.09.2010

Vorbemerkungen

...

Im Unterricht des Profulfaches Technik und Management gewinnen die Schülerinnen und Schüler Erfahrungen, Einsichten und erwerben Fähigkeiten, die ihnen die Denk- und Arbeitsweisen der Technik, verknüpft mit wirtschaftswissenschaftlichen Grundlagen anschaulich erschließen. Die Schüler begreifen, dass das Denken in Systemen eine für die Technik typische Vorgehensweise ist und technische Problemlösungen oft Kompromisse verlangen. Sie lernen die Übertragung und Umsetzung ingenieurwissenschaftlicher Erkenntnisse und Verfahren in technische Systeme unter Berücksichtigung wirtschaftlicher, rechtlicher und sozialer Gesichtspunkte. Lösungsansätze werden analysiert und technische wie wirtschaftliche Bewertungsverfahren durchgeführt. Die technischen und betriebswirtschaftlichen Lehrplaneinheiten sind aufeinander bezogen und werden vernetzt unterrichtet.

...

Ziele des Unterrichts sind:

- Grundlagenwissen aus den Bereichen Maschinenbau und Betriebswirtschaft am Beispiel ausgewählter Themen zu vermitteln,
- Ingenieur- und wirtschaftswissenschaftliche Arbeitsmethoden, Analysieren, Problem lösen, experimentelles Arbeiten und Bewerten erlernen,
- Umsetzen theoretischer Kenntnisse in die Praxis, Arbeiten im Team, systematische Darstellung und Beurteilung von Ergebnissen in einer Projektarbeit.

In der Eingangsklasse planen und realisieren die Schülerinnen und Schüler den Herstellungsprozess von Bauteilen. Sie berücksichtigen hierbei Konstruktion, Werkstoffeigenschaften und Fertigungsverfahren. Um diese technischen Inhalte mit betriebswirtschaftlichen Aspekten zu verbinden, erarbeiten sich die Schülerinnen und Schüler die Grundlagen des Vertragsrechts, sie organisieren und optimieren die Beschaffung und Lagerung des benötigten Materials sowie die Gestaltung des Fertigungsablaufs. In der Buchführung dokumentieren sie die anfallenden Zahlungsströme und ermitteln den wirtschaftlichen Erfolg in einem Jahresabschluss.

Aufbauend auf den Inhalten der Fertigungstechnik aus der Eingangsklasse erarbeiten die Schülerinnen und Schüler in der Jahrgangsstufe 1 nun vertieft computergesteuerte Fertigungsverfahren. Sie lernen die Funktion einer CNC-Maschine kennen und erhalten auf diese Weise Einblick in moderne Fertigungssysteme. Darüber hinaus verbinden sie weitere technische Themen mit betriebswirtschaftlichen Aspekten. Die Kostenrechnung ist ein wesentliches Bindeglied zwischen technischen Lösungen und betriebswirtschaftlichen Fragestellungen. Die Statik als physikalisch-mathematische Grundlage jeder technischen Konstruktion stellt Lösungsverfahren zur Ermittlung von Bauteilbelastungen bereit. Die Grundlagen der Steuerungstechnik ermöglichen den Entwurf von Schaltplänen und SPS-Programmen, um steuerungstechnische Problemstellungen zu lösen. Technik und Management (TG) 3

....

Eingangsklasse

T 2	Fertigungstechnik	20 Stunden
	Die Schülerinnen und Schüler entscheiden sich bei der Herstellung von Bauelementen für geeignete Fertigungsverfahren. Sie erstellen Arbeitspläne und berechnen die Prozessdaten.	
	Fertigungsverfahren	Vgl. LPE 10 Fertigung
	– Umformen	
	– Trennen	Vgl. LPE 7 Realisierung eines technischen Produkts
	– Zerspanungsdaten	
	– Hauptnutzungszeit	Vgl. LPE 16 Kostenrechnung
	– Arbeitsplanung	
	– Fügen	

Vorüberlegungen

Neben einer Auswahl von Fertigungsverfahren können folgende Themen behandelt werden:
Fertigungsmethoden: manuelle Fertigung, kurvengesteuerte Automaten, CNC-Fertigung, Fließbandfertigung,
Organisationsverfahren bei Fließbandfertigung

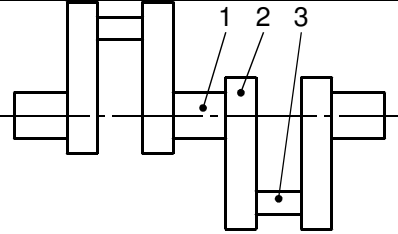
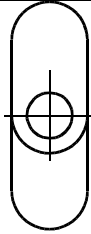
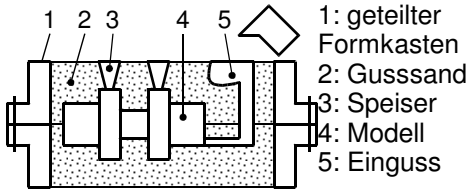
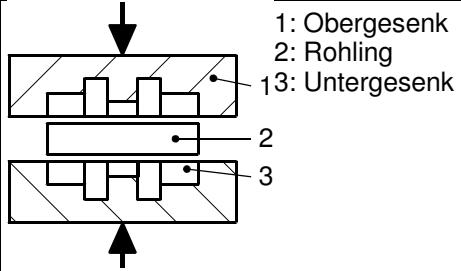
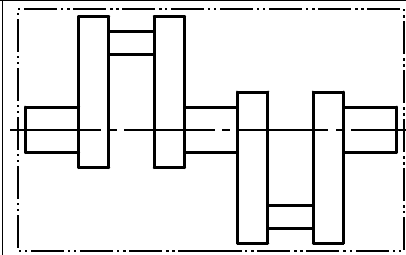
Einleitung

Einteilung der Fertigungsverfahren

[fertigungsverfahren_Einteilung_AB](#)

- 1 Finden Sie für jedes Gruppe der Fertigungsverfahren ein Teil, das so gefertigt wird.



Herstellung einer Kurbelwelle		<i>AM Kurbelwelle, Nockenwelle o.ä.</i> 1 Welche Funktion hat dieses Teil? 2 Wie kann man eine Kurbelwelle (Nockenwellen sind leichter) herstellen?		
 <p>1: Kurbellager 2: Kurbelwange 3: Kurbelzapfen</p> 		Funktion / Anwendung Kurbeltrieb (Kw + Pleuel) wandelt oszillierende in drehende Bewegung Nockenwelle öffnet Ventile		
Herstellverfahren		Fügen ('gebaute' Kw)		
		Einzelteile: Wellenstücke, Kurbelwangen, Kurbelzapfen werden mit Schrauben gefügt. Geringe Festigkeit,	Nur für kleine (Moped) oder sehr große Motoren. Die größte Kw (gebaut?) MAN-2Takt-Schiffsdiesel 14K98MC7 mit 14 Zyl. 116kPS und 30 m Länge [mot 3/2011, S.8]	
		Gießen	(Gesenk-)Schmieden	
Fertigung Prinzip 1) Welche Arbeitsschritte sind erforderlich? 2)		Flüssiges Material wird in eine Negativform gegossen und erstarrt Halbzeug wird durch Schläge im Gesenk (Negativform) umgeformt. <small>Freiformschmieden mit Hämmern aller Größe (Hand- bis Dampfhammer) ist ungenauer, aber für Kleinserien zu bevorzugen</small>		
Skizze - Modell/Gesenk sind größer als Fertigteil wegen Schwindmaß [EuroTabM] → Gießereitechnik -		 <p>1: geteilter Formkasten 2: Gussand 3: Speiser 4: Modell 5: Einguss</p>	 <p>1: Obergesenk 2: Rohling 3: Untergesenk</p>	
Arbeitsschritte - Schmelztemperatur siehe EKD - Verlorene Modelle werden ausgeschmolzen und benötigen keine geteilte Form (Wachsausschmelzverfahren) - Große Teile (Kw für Schiffsmotoren) werden Freiformgeschmiedet		- Gesenk erstellen (negativ) - Rohling auf auf Rekristallisationstemperatur bringen ~1250°C - Rohling im Gesenk schmieden		
Nachbearbeitung		- Entgraten - Funktionsflächen spanen - Wärmebehandlung		
		- Wärmebehandlung		

Merkmale <i>Kw</i> <i>Klangprobe mit Nw aus GG und Ventil aus Stahl</i> <i>Schnittbilder schrauben</i>	<ul style="list-style-type: none"> - alle Formen möglich - preisgünstig - Vorteile des Gusseisens <ul style="list-style-type: none"> - schmierend - schwingungsdämpfend 	<ul style="list-style-type: none"> - hohe Festigkeit - Kaltverfestigung - Fasern nicht unterbrochen 	<ul style="list-style-type: none"> - Mit Standardausstattung herstellbar - Späne sind teuer!
Kosten	1) <i>Welches Verfahren ist billiger ?</i> 2) <i>Welche Faktoren haben Einfluss auf den Preis?</i>	3) <i>Schätzen Sie Fertigungskosten je Stück für 1, 500 und 100000 Stück ab</i>	
Ausgangsmaterial wird 'eingangs' der Fertigung eingesetzt 1) <i>Menge anhand der Kw abschätzen</i> 2) <i>Preis: 2,50 €/kg (07/2010, legierter Stahl)</i>	Gusseisen, Schrott Volumengleich mit Endprodukt + Einguss, Speiser, ..	Rundstahl Volumengleich mit Endprodukt	Rundstahl Mit dem Hüllvolumen der Kw
Werkzeug, Vorbereitung	Modell: Herstellung 500€, Lebensdauer ∞	Gesenk: Preis 100k€, Lebensdauer 10000 Kw	Programm: Preis: 500€; Lebensdauer ∞ Drehmeißel: Preis: 40€; Standzeit: 2h
Energiekosten 3) <i>Energiekosten 10Ct/kWh</i> 4) <i>[EuroTabM] →Spez. Wärmekapazität; → Schmelzwärme</i>	Gießtemperatur 1450°C [EuroTabM] → „Eisen-Kohlenstoff-Diagramm“	Rekristallisationstemperatur (Stahl): 1250°C [EuroTabM]?	Antriebsenergie z.B.42CrMo4 mit HM $f=0,5\text{mm} \sim h \rightarrow kc = 3890 \text{ N/mm}^2$ $Fc = A \cdot kc \cdot C = 0,5 \cdot 4\text{mm}^2 \cdot 3890 \text{ MPa} \cdot 1 = 7,78 \text{ kN}$ $Pc = Fc \cdot vc = 7,78\text{kN} \cdot 100\text{m/min} = 13\text{kW}$ bei 0,5 Zerspanzeit ~ 65 Ct
Arbeitszeit 5) <i>Arbeitskosten 75€/h</i>	Einformen, Ausformen, Putzen: 10min Maschinenstunde: 200€ Arbeiter: 0,5	Schmieden: 10min Maschinenstunde: 500€ Arbeiter: 1	Spanen: 1Std Maschinenstunde: 200€ Arbeiter: 0,5
Videos	<ul style="list-style-type: none"> - Gießen, Hand und Maschinenformen <ul style="list-style-type: none"> - Handformen (Prinzip) 3:45 – 9:30 - Automatisierung 9:30 – 14:00 - Motorblock - So wirts gemacht 2008 - Gusspfannen Herstellung 1'-5' 	Gesenk: <ul style="list-style-type: none"> - Hammerköpfe schmieden - Die Maus 2005 0:00-1:35 - Das Fett muss weg - Günter Ederer 1994; 25:30-28' - Stechbeitel - So wirts gemacht 2009 ab 0:45' Freiform: <ul style="list-style-type: none"> - Dampfhammer - ZDF - Schmiedestahl - So wirts gemacht 2:30 - 3:30 	<ul style="list-style-type: none"> - CNC-Maschinen – Deckel (geht auf Kosten und Zeiten ein) 0:00 – 1:30 (2 Stunden für kleines Teil)

Seitenumbruch



1 Wdhg: Trennverfahren. Weitere Möglichkeiten des Trennens / kaputt Machens ? oder

2 Der Auspuff ist durch, ein Reparaturblech soll eingepasst werden. Wie kann es auf das richtige Maß gebracht werden.

TA in 5 Spalten; Überschrift FE

- Welche Arbeit ist nach dem Drehen lästiger als nach dem Scheren? Späne entfernen.
- Beschreibe die Schneiden eines Drehmeißels und eines Schleifsteines.

- Was braucht man zum Schneiden mit einem Messer (Werkstück, Werkzeug, Kraft, Unterlage) .
- Quellen: [Schal 1990]



Einteilung der mechanischen Trennverfahren

= mechanisches Trennen mit Spänen

= spanloses mechanisches Trennen

Spanen

mit geometrisch bestimmter ..

Form jeder einzelnen Schneide ist festgelegt und kann gezeichnet werden.

Bohren
Drehen
Fräsen
...

.. unbestimmter Schneide

Schneiden sind unterschiedlich und zufällig,
l: Spachtel, Rost, Ventile, Zylinderlaufbuchse

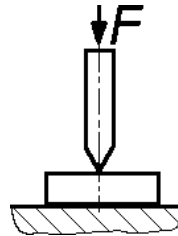
(Trenn-)Schleifen
Honon
Läppen
...

Zerteilen

Messerschneiden

l: wenn ein Stück Schnur zu lang ist, verrostete Schraube an einer Auspuffschelle lösen., Dichtung zurecht schneiden

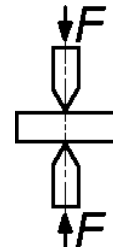
z.B. Messer, Locheisen, Flachmeißel, Rohrschneider



Beißschneiden

l: wenn ein Stück Draht, Kabel oder Kabelbinder zu lang ist.

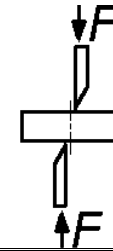
z.B. Bolzenschneider, Kneifzange



Scherschneiden

l: wenn ein Stück Blech (Karosserie, Auspuff) zu lang ist.

z.B. Blechscheren, Stanzen



Sonstige Zerteilen

Spalten

Für spröde Werkstoffe oder solche mit bevorzugten Spaltebenen (z.B. Holz)

Reißen

FO gerissene Pleuel

Beschriftung „Bruchtrennen“ scheint nicht ganz normgerecht zu sein.

Brechen

Brechen findet unter Drehung oder Biegung statt.

Stechen

Einreißen eines Loches mit umgeformten Lochrändern

Vertiefung

AB Fragen zur Einteilung der Fertigungsverfahren

Sonstige Trennverfahren

Abtragen

z.B. Ätzabtragen

seitenumbruch

Zerlegen

z.B. Vergaser zerlegen

Reinigen

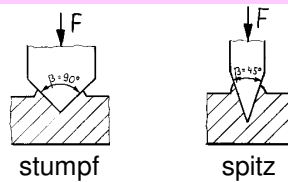
z.B. Luftfilter reinigen

Evakuieren

z.B. Tank leeren



Schneidkeil



Wirkung des Keilwinkel β im Werkstück (Blech)

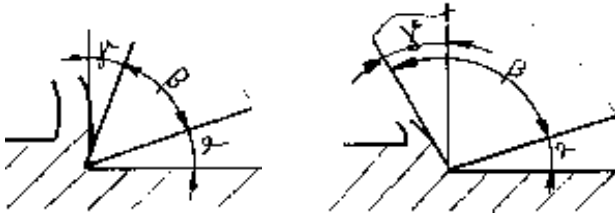
Druck \Rightarrow Werkstofffließen	-	<	+
nötige Verformung	-	>	+
Spaltwirkung	-	<	+
in der Schneide (Keil)			
Festigkeit	+	>	-
Wärmeableitung	+	>	-
Schneidentemperatur	+	<	-
Verschleiß	+	<	-

Wahl des Keilwinkels:

- Spitzer Keil wenn möglich (weiche Wkfstf), stumpfer Keil wenn nötig (harte, zähe W.)
- Weiche Werkstoffe erlauben kleine Keilwinkel, harte Werkstoffe erfordern große Keilwinkel

Winkel und Flächen am Schneidkeil

z.B. Sägezahn z.B. Drehmeißel für Hartguss



α = Freiwinkel $> 0^\circ$

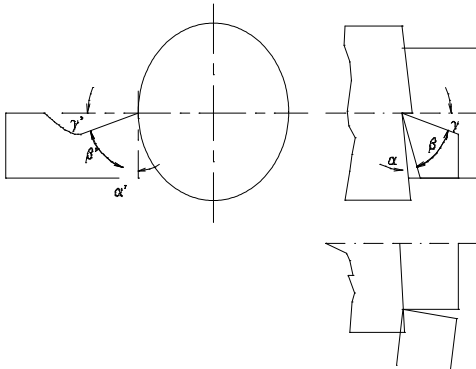
Klein: Reibung, Temperatur und Verschleiß; groß: schwacher Keilwinkel, Punktlast an der Schneide; großer Verschleiß. 3° bei harten und 12° bei zähen Werkstoffen (federn hinter der Hauptschneide zurück).

$$\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ$$

Die Summe von Frei-, Keil- und Spanwinkel beträgt 90° .

Winkel und Flächen am Drehmeißel

FO entwickeln



AM Plastilin, verschiedene Keile

Grundform der Schneiden = Keile

- 1) Welche Schneide übt den größeren Druck aus?
- 2) Welche Folge hat der Druck für den Werkstoff?
- 3) Bei welchem Keil muss der Werkstoff weiter fließen?
- 4) Welche andere Wirkung, die wir vom Holz spalten kennen, ist größer?

Trennwirkung durch

Druck des Schneidkeils staucht das Werkstück \Rightarrow Werkstoff fließt
 \Rightarrow Werkstück reißt bevorzugt im Bereich der Stauchung (höchster Druck); an den Korngrenzen (schwächste Stelle) oder vor der Spitze des Schneidkeils (größte Kräfte)

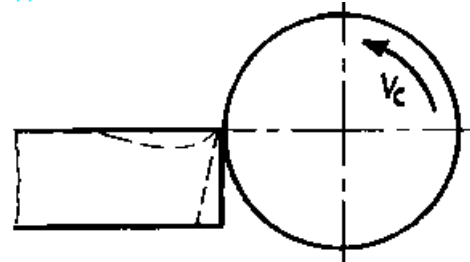
- 5) Ültg: der spitze Keilwinkel scheint ideal, warum wendet man ihn nicht immer an?

FO Keilwinkel beim Spanen für verschiedene Stoffe

Keilwinkel muss aus Spanwinkel und Freiwinkel ausgerechnet werden. Andere mögliche Formulierung: so spitz wie möglich (weiche Werkstoffe), so stumpf wie nötig (harte Werkstoffe).

Wdhg: 3 verschiedene Werkstoffe und Bilder von 3 verschiedenen Keilwinkeln zuordnen lassen.

Ein: AM Pappmodell von Drehmeißel und Werkstück an die Tafel kleben:



Der Meißel bewegt sich ja gar nicht - v_c am Werkstück andeuten.
An der Freifläche reiben Werkzeug und -stück - Freifläche aufklappen
Wie kann der Schnitt erleichtert werden - Spanfläche aufklappen.
z.B. Schaber für Öltaschen und tragende Oberflächen haben $\beta < 0$.

β = Keilwinkel $> 0^\circ$

Klein: bessere Schneidwirkung (s.u.), aber geringere Festigkeit und Wärmeleitfähigkeit

FO Keilwinkel beim Spanen

EuroTabM39 S246 „Drehen, Richtwerte

γ kann kleiner als Null werden. Schnittwinkel $\delta = \alpha + \beta$

Wdhg: Bilder mit verschiedenen Bezeichnungen der Winkel.

IBFM, TG: Ein: aktuelles Drehteil oder Kolbenbolzen

Wie wird die Außenfläche bearbeitet?

AM Kolben mit Kolbenbolzen und Pleuel

AM Holzmodell

gegen VA eines Drehwerkstückes halten. TA offline!: 3-Tafel-Projektion in der Folge VA, SR und DA entwickeln, um Ansichten zu üben. Konturen zunächst dünn weiß zeichnen, entwickelte Formen am Holzmodell zeigen und in korrespondierenden Farben als Volllinie zeichnen.

- Wo werden die (meisten) Späne abgenommen am - (Haupt-)Schneide in Vorschubrichtung - Spanquerschnitt in DA zeigen - (Neben-)schneide, bearbeitet die Oberfläche
- Wo ist die Hauptschneide in den anderen Ansichten? Wie groß soll α sein, wie groß ist es hier? - Hauptfreifläche und -winkel freilegen und zeigen;
- Wie groß soll γ für kleine Schnittkraft sein, wie groß ist er - Hauptspanfläche und - \angle zeigen
- Wo ist die Nebenschneide und "Nebenspan"fläche? - Nebenfreesfläche und -winkel zeigen
- Wo sind Haupt- und Nebenkeilwinkel
- Kann eine Ecke vollkommen spitz sein: nein - Also muss man eine (genormte) Eckenrundung r angeben: je größer, desto besser Oberflächengüte und desto fester.
- Vorteile großer Keilwinkel: Festigkeit - Modelle mit verschiedenen ϵ und gleichen β - Warum haben diese Meißel nicht die gleiche Festigkeit - Eckenwinkel ϵ zwischen Haupt- und Nebenschneide, je größer, desto stabiler

AB, damit die Schüler den TA nicht abschreiben müssen

AB Begriffe am Schneidteil eines Werkzeuges



Drehen

Seitenumbruch



Spanentstehung

FO Spanentstehung ; FO Gefüge in der Scherzone (Drehen)

Durch den eindringenden Keil wird der Werkstoff vor der Spanfläche gestaucht, getrennt und fließt als Span ab.

Ein Wie nimmt der Meißel den Span ab ?

→ EuroM52 S.96 „Spanbildung, -formen“

Spanarten

Bilder

Entstehung

Span

Reißspan

kaum Umformung in Scherzone, Werkstoff wird herausgerissen ⇒ nicht zusammenhängend

Scherspan

schuppenförmiges Abscheren der Spanteile und z.T. Verschweißen
Übergang zum Fließspan

Fließspan

Verformung des Spanes ohne Trennung
fortlaufend

Video Spanentstehung ca. 13'

Vorbereitung: Wdhg metallisches Gefüge = Korn + Korngrenzen
Kurzbeschreibung: Zeigt Spanvorgänge beim Drehen unter dem Mikroskop. Sehr anschaulich für Verständnis der Vorgänge beim Spanen.
Begriffe: Spanwinkel, Aufbauschneide, Fließspan, Reißspan, Scherspan, Korn, Spanfläche.

Nachbesprechung

Spanwinkel ist nur ein Einfluss, aber man kann die anderen oft nicht beeinflussen

Fließspan bei großem Spanwinkel und weichem Werkstoff

Reißspan bei kleinem (negativen) Spanwinkel und hartem Werkstoff

Scherspan ist Mittelding und erwünscht

Zusätzliche neue Begriffe

Aufbauschneide entsteht, wenn sich Werkstoffteile vor der Schneide ablagern. Besondere Beanspruchung der Schneide, da die Aufbauschneide zunächst mit der wirklichen Schneide verschleißt, später abreißt und Material der Schneide herausreißen kann.

Korngefüge des Werkstoffes und Einfluss auf Spanvorgang.

0025 Spanentstehung; Einleitung; Versuchsaufbau; Mikroskop; Vorgänge beim Spanen

0060 Spanvorgänge unter Mikroskop: **Bildbreite, Korngefüge**

0080 **Fließspan:** entsteht **ohne große Rissbildung** vor dem Keil wegen örtlicher großer Spannung. Es entstehen wenige kleine Risse auf der Unterseite und wird **durch große Spanwinkel und plastische Verformbarkeit begünstigt.**

0106 **Spanwinkel >0 : kaum Scherrisse**

0120 **Spanwinkel =0 : mehr Stauchung, mehr Scherung, mehr Scherrisse**

0146 **Spanwinkel <0 : viel mehr Verformung, viel mehr Scherrisse;** Werkstückoberfläche teils verdichtet; große Beanspruchung der Spanfläche; **Materialablagerung an der Schneide = Aufbauschneide;** Scherrisse an der Spanunterseite, beinahe Scherspan

0169 **Scherspan :** unveränderte Bedingung, aber **größere Schnitttiefe;** Haften an Spanfläche, Stauchen, Reißen

0192 **abgerundete Spitze : Übergang von Frei- zu Spanfläche; Man kann sehen, bei welchem Spanwinkel was auftritt; sehr negativer Spanwinkel: Schaben**

0262 **Fließ- und Scherspan: wechselndes Verhalten je nach Korngröße**

0294 **Reißspan : spröder Werkstoff (grobes Korn), kaum plastische Verformung,**

schlechte Oberfläche durch Herausreißen

0365 abgerundete Oberfläche, geringen Schnitttiefe; zunächst Verdichtung, dann je größer der Spanwinkel, desto typischer die Rissbildung

Ursachen

Werkstoff

Spanwinkel γ

Schnittg. v_c , Vorschub f

Wirkungen

Oberfläche

Maßhaltigkeit

Schnittkraft

Scherwinkel $\Phi=19$

spröde mit grobem, heterogenem Gefüge

klein

kleines v_c , großes f

rau

schlecht

schwankend

Zerspanung schwingungsarm

Scherwinkel $\Phi=32$

zäh, verformbar mit gleichmäßigem Gefüge

groß

großes v_c , kleines f

glatt

gut

ruhigeres Arbeiten der Werkzeuge

⇒ erwünscht wg. guter Oberfläche

⇒ lange Fließspäne stören Arbeitsablauf

Spanleitstufe

Ültg: Wie kann die Spanform vom Werkzeug beeinflusst werden

beeinflusst Spanformen = vereinigt beide Vorteile

Fließspäne werden nachträglich gebrochen

⇒ z.B. kurze Wendelspäne

⇒ gute Oberfläche, ungestörte Arbeit

Spanformen

Einflüsse: v_c , f , h ↓: Spanlänge ↑; χ ↓: breitere, dünnere, längere Späne; λ ↓: Späne laufen gegen Werkstück und können brechen.

Ültg: Neben den Spanarten unterscheidet man auch Spanformen.

EuroM52 S96 „Spanformen“

Band-, Wirr-, Wendel-, Spiralspäne: nach Eignung für die Handhabung (Spanabfuhr/Entsorgung)

Einflüsse: Reichard10 S.99ff

Wenn nicht schon bei Werkzeugverschleiß

Ültg: aus dem Video heraus

Aufbauschneide

Werkstoff lagert sich vor der Schneide ab

Ursache

kleine oder negative Spanwinkel, niedrige v_c , zähe Werkstoffe, Verwandtschaft zum Schneidwerkstoff

Folgen

Änderung der Schneidengeometrie ⇒ Verschlechterung von Maßhaltigkeit und Oberfläche, Verschleiß.

Ab einer werkstoff- und werkzeugabhängigen Grenzgeschwindigkeit nimmt die Bildung der Aufbauschneide ab, aber bei sehr zähen Werkstoffen (z.B. Cu, Al99, Zn-Legierungen) kann die Geschwindigkeit nicht erreicht werden. Verwandtschaft der Werkstoffe liegt z.B. bei Al und Al_2O_3 vor.

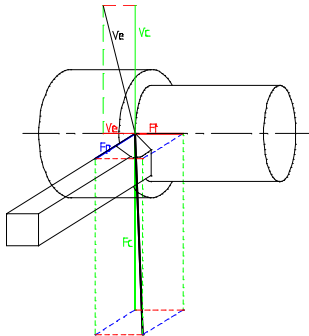
Verschweißen und Losreißen von Teilchen ⇒ Verschleiß



Schnittkräfte beim Drehen

Zur Verdeutlichung der 6 Freiheiten dient ein Flugzeug, das Bewegungen in 6 Richtungen ausführen kann.

FO Flugzeug



- F_c Schnittkraft
- $+ F_f$ Vorschubkraft
- $+ F_p$ Passivkraft
- $= F$ Zerspankraft

vektorielle Addition (Parallelogramm)!

1) Wdh.:

AB Spannungsgrößen beim Drehen

2) Welche Kräfte und Bewegungen muss die Meißelspitze übertragen?

AB Einstellungen und Schnittkraft beim drehen

} **Aktivkraft, bestimmt die Maschinenleistung**

Passivkraft, auch Rückkraft, bewirkt Reibung und Verformung von Werkstück und Maschine (lange Werkstücke werden ballig).

$$\begin{aligned}
 &+ v_c \text{ Schnittgeschwindigkeit} \\
 &+ v_f \text{ Vorschubgeschwindigkeit} \\
 &+ v_e \text{ gibt's nicht} \\
 &= v_w \text{ Wirkgeschwindigkeit}
 \end{aligned}$$

Vorschubbewegung ermöglicht zusammen mit der Schnittbewegung eine stetige oder mehrmalige Spanabnahme während mehrerer Umdrehungen. Statt Umdrehung sind auch Hübe möglich (Hobeln, Stoßen). Zustellbewegung bestimmt die Dicke der jeweiligen Schicht im Voraus. Nachstellbewegung gleicht Werkzeugverschleiß, thermische Längenänderungen usw. aus. Anstellbewegung führt das Werkzeug an das Werkstück heran.

Einfluss der Einstellungen

Einstellwinkel χ

zwischen Hauptschneide und Werkstückachse
Bestimmt die Verteilung zwischen F_f und F_p .

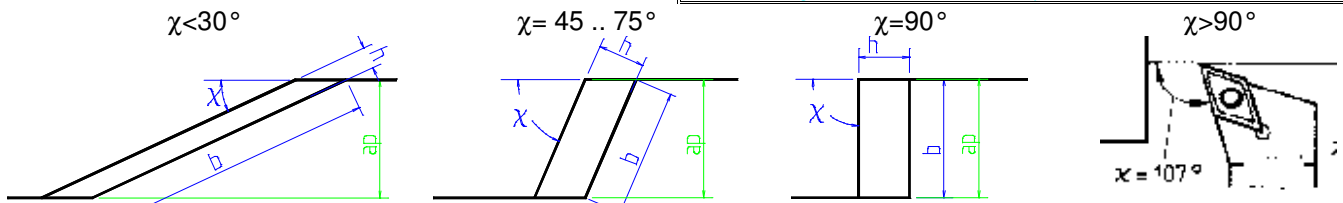
Ütg: Wie die Kräfte und Geschwindigkeiten verändern sich auch die Winkel am Meißel im Einsatz. Während die Werkzeugwinkel am ruhenden Werkzeug betrachtet werden, hängen die Wirkwinkel von den verschiedenen Einstellungen ab.

Vergleiche Flugzeug: Gieren

FO Einfluss des Einstellwinkels χ auf Passiv- und Vorschubkraft

Kräfteverteilung Schroedel S65

FO zweckmäßige Wahl des Einstellwinkels Zerspantechnik S.8



$\chi < 30^\circ$
große Spannsbreite
=> geringe spezifische Schneidenbelastung
=> harte Werkstoffe
Schälspan
=> gute Oberfläche, => Schlichten.
große Passiv-(Rück-)Kräfte

$\chi = 45 \dots 75^\circ$
Kompromiss zwischen Schneidenbelastung und Kräften
=> Schruppen

$\chi = 90^\circ$
geringe Passivkraft
=> schlanke, schwingungsfähige Werkstücke und
=> zum Schlichten.

$\chi > 90^\circ$
Formdrehen, Freistiche usw.
Spitze ist bruchgefährdet.

Die Spannsbreite nimmt zu, d.h. ein längerer Teil der Schneide ist im Einsatz und die spezifische Schneidenbelastung nimmt ab. Kräfte werden senkrecht zur Oberfläche übertragen. Um die Vorschubkraft zu erzeugen, muss man radiale Kräfte aufbringen. Diese kosten zwar keine Leistung, verformen aber Maschine und Werkstück.

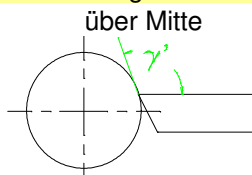
Erklärung Schälspan

Große Passivkraft erzeugt ballige Körper, da das Werkstück weggedrückt wird, ohne dass das Werkzeug folgt.

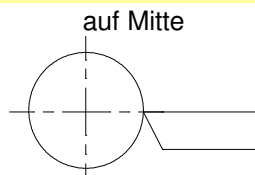
Mittenstellung

Vergleiche Flugzeug: Steigen oder Sinken

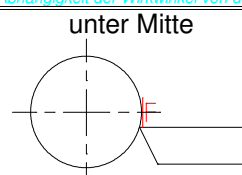
FO Abhängigkeit der Wirkwinkel von der Lage des Werkzeuges



verringert Wirkspanwinkel
=> Schnittkraftverringern
=> Schruppen (gelegentlich)



ist die Regel beim Formdrehen zwingend.



Werkzeug wird weniger in das Werkstück gezogen
=> Schlichten (gelegentlich)

Wirkwinkel und Werkzeugwinkel sind unterschiedlich

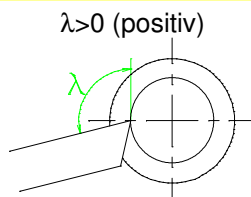
Vgl. Wirkwinkel beim Drehen von Trapezgewinden, v_c und v_e sind unterschiedlich (wegen v_f)

FO Werkzeugwinkel und Wirkwinkel

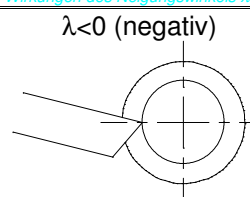
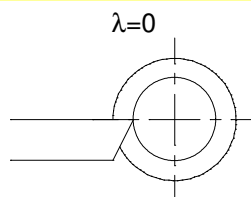
Neigungswinkel λ

Vergleiche Flugzeug: Nicken

FO Wirkungen des Neigungswinkels λ



Span weg von der Oberfläche ab
=> Schlichten
Spananschnitt an der Spitze
=> Verschleiß



Span auf die Oberfläche
=> spanbrechend => Schruppen
Spananschnitt an der Schneide
=> unterbrochener Schnitt

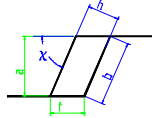
ziehender Schnitt ist negativ!
Winkelkonvention wie beim Spanwinkel γ .



Schnittkraftberechnung

(typische Ingenieurslösung)

Span- und Spanungsgrößen



größer

Die grünen Angaben a und f sind Spangrößen, die Blauen sind Spanungsgrößen.

Grundformel

$$F_c = A \cdot k_c \cdot C = h \cdot b \cdot k_c \cdot C = f \cdot a \cdot k_c \cdot C$$

F_c Schnittkraft [N]

A Spanungsquerschnitt [mm]

k_c spezifische Schnittkraft [N/mm²]

– spezifisch = bezogen auf die Spanfläche

– ≠ const, hängt von vielen Faktoren ab

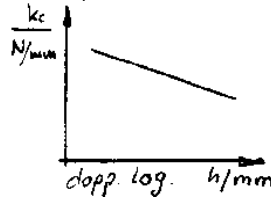
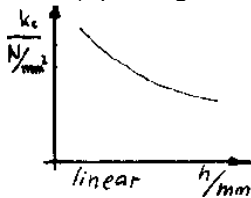
– wird in Versuchen ermittelt

Zerspanungsgesetz

1) $F_c \approx b$ (proportional der Eingriffslänge der Hauptschneide)

⇒ k_c ist unabhängig von b

2) $k_c = f$ (Spanungsdicke h, Werkstoff).



Ermittlung der spezifischen Schnittkraft k_c

– aus Tabellen

– Zwischenwerte interpolieren

oder:

$$k_c = \frac{k_{c1.1}}{h^{m_c}} \quad \text{für Zwischenwerte}$$

– $k_{c1.1}$ Hauptwert der spezifischen Schnittkraft [N/mm²]

– h Spanungsdicke in mm []

– m_c Werkstoffkonstante []

Korrekturfaktoren

C für Schnittgeschwindigkeit

C_2 für Fertigungsverfahren

C_3 für Schneidstoff

Ingenieurwissenschaften

verfolgen zuallererst brauchbare Lösungen

Vertiefung

AB Übungsaufgaben zu Schnittkraft und -leistung

AB Übungsaufgaben zu Schnittkraft- und Leistung

Video Vorgänge beim Spanen

1) Ein Aufgabe 1a

Eine Welle aus 20MnCr5 soll mit einer Spannungsdicke von $h = 0,2\text{mm}$ und einer Spanungsbreite $b = 0,5\text{mm}$ überdreht werden. Wie groß ist die Schnittkraft F_c ?

2) Entnehmen Sie den Lösungsweg aus dem Tabellenbuch

[EuroTabM] „Schnittkraft, Drehen“

Genauere Berechnung "Scherfläche x Scherfestigkeit + Umformkraft + Reibungsverluste = Schnittkraft" ist in der Praxis schwierig weil die Umformung von Scherwinkel Φ und die Scherfestigkeit von Kühlung und v_c abhängen und die Reibungsverluste nicht genau bekannt sind. Deshalb löst man solche Aufgaben typisch für Ingenieure mit Näherungsformeln und Tabellenwerten.

3) Vorgänge bei der Spanentstehung

FO Zerspanvorgang

Der Zusammenhang zwischen A, h, b, f, und a ergibt sich aus der Geometrie

AB Spanungsgrößen beim Längsdrehen

Immer mit Einheiten rechnen!

[EuroTabM] bis 41. Auflage: $F_c = A \cdot k_c = h \cdot b \cdot k_c = f \cdot a \cdot k_c$

im [EuroTabM] 44. Auflage sind die Korrekturfaktoren in die abgedruckten Formeln eingebaut.

Als Konstrukteur wäre euch das egal, aber als TG'ler interessiert euch natürlich brennend

4) Einflussfaktoren auf die (spezifische) Schnittkraft und ihre

Auswirkungen auf die Berechnung (im Detail siehe Reichard)

– Die Scherkraft ist proportional zur Scherfläche, diese steckt im Spanungsquerschnitt A

– Durch die Spanungsbreite b verändert sich der Spanvorgang nicht, außer dass die doppelte Spanungsbreite b auch die doppelte Schnittkraft benötigt. Die Schnittkraft ist also proportional zu b, das ist in der Formel mit dem Spanungsquerschnitt berücksichtigt.

– Der Umformgrad hängt vom Scherwinkel Φ und vom Werkstoff ab. Der Scherwinkel hängt wiederum von der Spanungsdicke h und dem Werkstoff ab. Die spezifische Schnittkraft hängt also von der Spanungsdicke h und dem Werkstoff ab.

– Mit steigender Spanungsdicke h wird der Span immer weniger umgeformt, d.h. doppelte Spanungsdicke h bzw. doppelte Spanmenge benötigt nicht mehr doppelte Schnittkraft. Die spezifische Schnittkraft k_c sinkt mit der Spanungsdicke h.

Einheiten:

Viele ingenieurstypische Formeln werden ohne Einheit gerechnet, entweder weil der Umrechnungsfaktor in der Formel enthalten ist oder weil die Einheit keinen Sinn ergäbe (wie hier mit mm³). Obwohl die Einheit scheinbar vernachlässigt wird, muss sie hier noch viel stärker beachtet werden, weil in der „richtigen“ (nicht cm statt mm) Einheit eingesetzt werden muss. In „normalen“ Gleichungen ist dies nicht notwendig, weil man die Einheit noch umrechnen kann, hier dient das Rechnen mit Einheiten der Kontrolle des Rechenweges.

In [EuroTabM] 44. Auflage nicht mehr enthalten, dafür haben sich dort die Werte für k_c stark verändert.

[EuroTabM]39, 41 „Schnittkraft, spezifische“

Lsg Aufgabe 1a

$$F_c = h \cdot b \cdot k_c = 0,2\text{mm} \cdot 0,5\text{mm} \cdot 2225\text{ N/mm}^2 = 222,5\text{ N}$$

$$F_c = h \cdot b \cdot k_{c1.1} / h^{m_c} = 0,2 \cdot 0,5 \cdot 1465\text{ N} / 0,2^{0,26} = 222\text{ N/mm}^2$$

[EuroTabM] bis 41. Auflage: $k_c = k \cdot C$, danach in die abgedruckten Formeln eingebaut z.B. Aufg. 1b, wie 1a, aber mit $v_c = 70\text{m/s}$: $F_c = h \cdot b \cdot k_c \cdot C_1 = 222,5\text{ N} \cdot 1,1 = 245\text{ N}$

In [EuroTabM] 44. Auflage in die abgedruckten Formeln eingebaut oder nicht enthalten. z.B. Aufg. 1c, wie 1b, aber durch Fräsen: $F_c = h \cdot b \cdot k_c \cdot C_1 \cdot C_2 = 245\text{ N} \cdot 0,8 = 196\text{ N}$

[EuroTabM]39: enthält keine Korrekturfaktoren mehr für den Schneidstoff

Zum Verständnis der Ingenieurwissenschaften:

Technische Probleme sollen mit vertretbarem Aufwand gelöst werden und können nicht wie in der Physik von der realen Umwelt getrennt werden. Die zugrundeliegenden Zusammenhänge sind meist so komplex, dass sie mathematisch gar nicht gelöst werden können. Man versucht deshalb, die Lösung technischer Probleme in möglichst einfach handhabbaren Formeln, Diagrammen oder Tabellen nieder zu legen. Ggf. notwendige Kennwerte werden in standardisierten Versuchen ermittelt, Abweichungen vom vorgegebenen Parametern in Korrekturfaktoren eingebracht. Sollten die Zusammenhänge selbst dafür zu komplex werden, werden Sicherheitsfaktoren eingeführt. Alle Angaben stammen dann entweder aus Versuchen oder aus Erfahrungswerten, mathematische Lösungsanteile stammen meist von Ingenieuren. Die Beiträge der Mathematiker oder Physiker hinken oft um Jahrhunderte hinterher (z.B. Festkörperphysik oder Statik von Kathedralen), moderne numerische Verfahren (FE?) stammen häufig von Ingenieuren.

Ingenieurslösungen sind nicht exakt im physikalisch-mathematischen Sinne, aber brauchbar. Wenn große Sicherheitsfaktoren nicht möglich sind (z.B. im Flugzeugbau) muss großer Aufwand in Forschung vorher und Wartung nachher betrieben werden.

Programmablaufplan gemäß Handskizze



Fräsen

Definition und Verfahren

(EuroTabM)44.Auflage einarbeiten!

AB Fräsen (Roßhart)

Vergleich der Planfräsverfahren

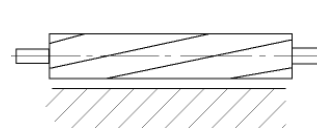
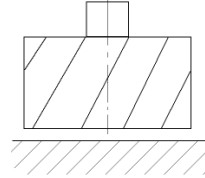
Werkzeuglage

Stirn-Planfräsen

Fräserachse senkrecht ..

Umfangs-Planfräsen

... parallel zur Oberfläche



Skizze

FO Planfräsverfahren

Zeitspannungsvolumen

leichter zu wechseln

größer, da die kürzere Einspannung größere Kräfte erlaubt.

geringer

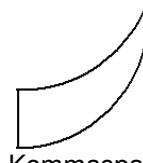
die größere Vorschübe beim Stirnplanfräsen senken auch den Energiebedarf je Spannungsvolumen

Spanbildung

gleichmäßig oder



ungleichmäßig



FO Stirnplanfräsen

Schneidenbeanspruchung

doppelter Kommaspan

niedriger, wegen gleichmäßiger Späne

höher durch schlagartigen Ein- oder Austritt

Oberflächengüte

glatter, da

- gleichmäßige Belastung
- Schichten durch Nebenschneide

rauer, da ungleichmäßige Belastung

und wegen erschwerten Flusses des Kühlschmierstoffes

Stirn-Planfräsen meist besser als Umfangs-Planfräsen

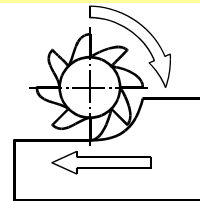
Ausnahmen: Scheibenfräser, gleichzeitiges Fräsen mehrerer Ebenen, Mischverfahren Stirn-Umfangs-Planfräsen

Durchmesser des Messerkopfes.

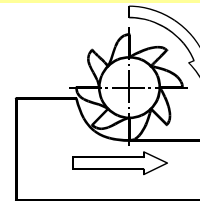
FO Umfangsplanfräsen

Drehrichtung beim Umfangs-Planfräsen

Gleichlaufräsen



Gegenlaufräsen



Bewegungsrichtung

Schneidenbewegung mit ...

... gegen Vorschubrichtung

Es gilt die Vorschubbewegung des Werkstückes

Schnittverlauf

schlagartiger Eintritt

schlagartiger Austritt

Werkstückoberfläche wird

geschnitten

geschabt, gedrückt

Oberflächenqualität

besser

schlechter

erkennbar am matten Glanz

Schnittkraft

abnehmend

zunehmend

Lastwechsel

waagrecht: Werkstück wird geschoben
=> spielfreier Antrieb nötig (Kugelumlaufspindel)

senkrecht: Werkstück wird aus der Halterung gezogen
=> Rattermarken

AM Kugelumlaufspindel
FO Tischführung

Sonstiges

Werkstück wird nach unten gedrückt => dünne Bleche

Oberfläche wird von hinten durchgeschnitten => harte Oberflächen, z.B. Guss
schabender Anschnitt => Freiflächenverschleiß => kürzere Standzeit

längere Standzeit bzw. höhere v_c und v_f möglich

Gleichlaufräsen ist besser als Gegenlaufräsen

Ausnahmen: harte Oberflächen (z.B. Guss), alte Tische



Fräswerkzeuge

Fräserformen

Werkzeugtypen

Zahnformen

spitzgezahnt / hinterdreht

Zahnrichtung

wendelgezahnte Fräser

- + ruhiger Lauf, geringe Schnittkräfte
- + gute Spanabfuhr
- + Axialkräfte (aufs Spindellager richten)

kreuzgezahnt

- + Vorteile wie wendelgezahnt ohne Axialkraft
- nur für schmale Fräser

geradgezahnt

Schrupfräser

Zähne auf Lücke ⇒ kurze, dicker Späne

AB Fräswerkzeuge

Hinterdrehen von Formfräsern notwendig

Vgl. Bohrer: schwach gewendelte Bohrer sind ebenfalls Typ H. Der Typ W ist bei allen spanenden Werkzeugen am besten an den größeren Spanräumen zu erkennen.

[EuroTabM39 S240 Werkzeug-Anwendungsgruppen](#)

[FO Fräser verschiedener Typen](#)

Hinterdrehte Fräser haben eine spiralförmige Freifläche, damit der Freiwinkel bei durch Nachschleifen verringertem Durchmesser konstant bleibt: konstanter Freiwinkel heißt aber auch, dass das Verhältnis Abnahme der Spanfläche zu Durchmesserverringern konstant bleibt, sodass das Fräserprofil erhalten bleibt, wenn der Spanwinkel korrekt eingehalten wird.

[AM Fräser mit verschiedener Zahnrichtung](#)

kombinierte Fräser möglichst gegenläufige wenden.

AM Schrupfräser



Arbeitsplanung

FO, Animation Druckluftmotor

FO, AB Grundplatte

1) *Wie wird die Grundplatte hergestellt (Einzelteilfertigung unter Schulbedingungen)*

Arbeitsplan erstellen

AB Arbeitsplan leer

AB Einzelteile des DLM

Benennung, Zeichnungsnummer, Werkstoff → Zeichnung

Halbzeug → TabB „Flachstahl“

Kernlochbohrer → TabB „Gewinde „ M4

Beispiel Grundplatte

Vertiefung

2) *Weiteres Teil des DLM in Gruppenarbeit*

Hausaufgabe

3) *Jeder erstellt alle Arbeitspläne für die Einzelteile des TG-Zuges*

4) *und trägt die benötigte Zeit ein → wird im Teilfach Management benötigt*



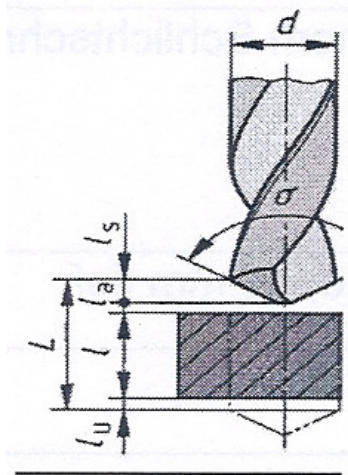
Hauptnutzungszeit th

ist die Zeit, in der eine Maschine
– ihre eigentliche Funktion erfüllt
– mit Arbeitsvorschub fährt

Herleitung

Vorschubwege

z.B. Durchgangsbohrung



- l_s Anschnitt
- l_a Anlauf
- l Bohrungstiefe
- l_u Überlauf
- L Vorschubweg

$$L = l_s + l_a + l + l_u$$

Ein: Wie lange braucht man für eine Bohrung?

Bei einer Bohrmaschine ist die der Bohrvorgang, aber nicht Rückhub, Spannen des Werkstückes, Wechsel des Werkzeuges ...

[EuroTabM] „Hauptnutzungszeit, Bohren“

Formel

$$t_h = \frac{L}{v_f \cdot i} = \frac{L \cdot i}{v_f \cdot n \cdot f}$$

t_h	Hauptnutzungszeit
v_f	Vorschubgeschw.
i	Anzahl der Schneiden
n	Bohrerdrehzahl

Fertigungszeiten FZ für IUS

$$FZ = t_h + \text{Nebenzeiten}$$

Nebenzeiten: z.B Rüstzeiten

Vertiefung

AB Hauptnutzungszeit beim Bohren



CNC Technik

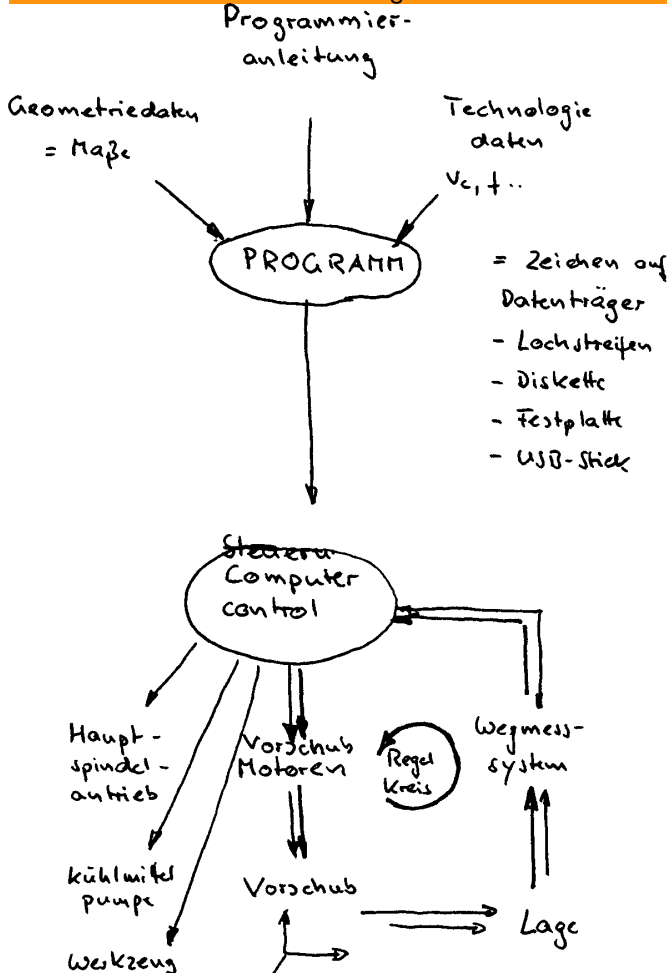
NC-Technik:

Numerical Control = Steuerung mit Lochkarten

CNC-Technik

Computerized Numerical Control = Steuerung durch Computer, ermöglicht komplizierte Interpolationen (Kreis, Spirale ..)

Arbeitsweise von CNC-Werkzeugmaschinen



Merkmale

- teure Anschaffung
- aufwändige Vorbereitung
- + für komplizierte Teile geeignet, zT ab n=1 geeignet
- + Programm leicht änderbar
- + Bediener ist während der Bearbeitung frei
- + sehr genau, hohe Wiederholgenauigkeit

Vergleich der Vorgehensweise

konventionell

Arbeitsschritt 1 planen, dann durchführen
Arbeitsschritt 2 ...

Vertiefung

1) Welche Erfahrungen haben die Schüler mit CNC ?

2) Welche Steuerungen/Maschinen verwenden Sie in Ihren Betrieben

NC wurde in den 50er Jahren am MIT im Auftrag der US Army zur Fertigung komplizierter Flugzeugteile entwickelt. Andere Entwicklungen der US Army sind: Container, NC und CNC unterscheiden sich in der Dateneingabe, -speicherung und -verarbeitung, aber nicht im Fertigungsverfahren. CNC ist flexibler und ermöglicht kompliziertere Interpolationen, vereinfachte Eingabe usw.

Control wird im Deutschen oft mit Steuerung übersetzt. Das stimmt nur teilweise, weil die Wegmessung geregelt ist. Steuerung mit Lagekontrolle = Regelung. Allerdings wird nur die Position des Werkzeuges oder des Werkstückhalters geprüft. Eine richtige Regelung würde das Maß des Teiles prüfen und danach korrigieren.

Bei einfachen Teilen mit sehr hoher Stückzahl gewinnen noch kurvengesteuerte Automaten: Sie sind aufwändiger vorzubereiten, laufen dann aber schneller und billiger. Kopierdrehmaschinen, -fräsen

CNC

alle Arbeitsschritte planen, dann alle Arbeitsschritte durchführen

**Beispiel CNC-Drehteil Spannbolzen****Schnittdaten: Arbeitsplan mit (für das Beispiel)**

Schnittdaten ermitteln

Geometriedaten**Koordinatensystem (= rechtshändiges System)****Z-Achse**

in Richtung der Arbeitsspindel, Z+ vergrößert den Abstand zwischen Werkzeug und Werkstück

X-Achse

parallel zur Aufspannebene, waagrecht, Hauptbewegungsrichtung

y-Achse

ergibt sich automatisch durch rechte-Hand-Regel

A, B, C

Drehbewegung um die X-, Y-, Z-Achse

Richtung ist durch rechte-Hand-Regel festgelegt

U-, V-, W-Achse

sind parallel zu X, Y, Z-Achse

benötigt wenn Werkzeug und Werkstück beweglich sind

I, J, K

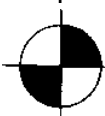
Interpolationsparameter, z.B. Angabe von

Kreismittelpunkten statt X, Y, Z

Bezugspunkte**M: Maschinennullpunkt**

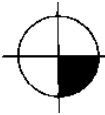
Festlegung durch Hersteller

Zweck: Vermessung der Maschine

**R: Referenzpunkt**

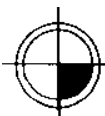
Festlegung durch Hersteller

Zweck: Rücksetzen eines inkrementalen Wegmesssystems nach dem Einschalten

**B: Programmstartpunkt**

Festlegung durch CNC-Programmierer

Zweck: Start- und Endepunkt für die Programmierung, kann Werkzeugwechsellpunkt sein

**W: Werkstücknullpunkt**

Festlegung durch CNC-Programmierer

Zweck: Ausgangspunkt für Geometriedaten im CNC-Programm

Wegmesssysteme

Glas- oder Stahlmaßstäbe mit

Absoluter Kodierung

Maßstab gibt die genaue Position an

- 0x0x0x0x0x0x
- 00xx00xx00xx
- 0000xxxx0000
- 00000000xxxx
- erfordert breite Maßstäbe
- teuer

Inkrementale Markierung

Maßstab zählt Markierungen

- 0x0x0x0x0x0x
- erfordert nur ein zählbares Merkmal (genau genommen 2 Merkmale, wegen der Richtung)
- kann sich verzählen, muss ab und zu Referenzpunkt anfahren

Konturpunkte ermitteln

ab Werkstücknullpunkt

1) *Beginnen wir mit dem Bekannten. Erstellen Sie einen Arbeitsplan mit Schnittdaten. Schüler arbeiten selbstständig.*

AB Arbeitsplan mit Zeichnung

H&T S. 104, H&T S. 107 AP mit Bildern

1) *Bevor die Geometriedaten gesammelt werden können, muss man wissen, wie in einer CNC-Maschine Orte und Bewegungen eingegeben werden.*

Nachvollziehen

AB Koordinatensystem

FO Flugzeug, rechte Handregel

H&T S. 108

Z+ führt vom Werkstück weg = Sicherheitsmaßnahme, falls das Minuszeichen vergessen wird.

X+ führt bei der Drehmaschine vom Werkstück weg, bei der Fräsmaschine macht das keinen Sinn. Bei Drehmaschinen werden für X Durchmesserwerte angegeben.

Maho hat folgendes Koordinatensystem: vor der Maschine stehend: x nach rechts, y nach oben, z nach hinten. Raymond hat mit maschinen von Maho angefangen und jetzt alle Maschinen auf dieses Koordinatensystem umgestellt. Raymond hat keine CNC-Drehmaschinen und nur Senkrechtfräsen.

AB Nullpunkte im Spannbolzen eintragen

H&T S. 109, weitere Bezugspunkte: Friedrich166 S.7-15

Bei einem inkrementalen Wegmesssystem weiß die Maschine nach dem Einschalten nicht, wo das Werkzeug steht. Es muss deshalb über einen Referenzpunkt fahren.

Vergleiche Zeitmessung im Segelschiffzeitalter per Sanduhr. Alle Stunde musste die Sanduhr gedreht werden und gezählt werden. Wenn es einmal vergessen wurde, war keine genaue Zeit bekannt. Ohne genaue Zeit konnte der Längengrad nicht gemessen werden.

Absolut:

- Vergleiche: Sonne und Tageszeit, blaue km-Schilder an BAB, Wegbeschreibung: hinter dem Kaufhaus rechts ab

Inkremental:

- Vergleiche: Sonne und Datum, 50-m-Pfosten an BAB, Wegbeschreibung: 7. Straße rechts ab
- Anwendung: Digitalmessschieber

AB Konturpunkte

H&T S. 110

**Programmaufbau**

Sehr kurze Befehle

- N Nummerierung
- G geometrische Funktionen
- F Vorschub (Feed)
- S Drehzahl (spindle speed)
- T Werkzeuge (Tools)
- M Maschinspezifische Zusatzfunktionen (Tools)

CNC-Programm (Beispiel 1.Spannung)**CNC-Programm (Beispiel 2.Spannung, Schruppbearbeitung)****CNC-Programm (Beispiel 2.Spannung, Kreisbogeninterpolation)****CNC-Programm (Beispiel 2.Spannung, Gewinde)**

N380 G97 S1200
 N390 T0505 M3
 N400 G0 X12 Z5
 N410 X9.2
 N420 G33 Z-20 F1.5 M8
 N430 G0 X12
 N440 Z5
 N450 X8.6
 N460 G33 Z-20 F1.5
 N470 G0 X12
 N480 Z5
 N490 X8.38.2
 N500 G33 Z-20 F1.5
 N510 G0 X12
 N520 Z5
 N600 X200 Z250 M9
 N610 M64
 N620 M30

Gewindezyklus

Erforderliche Angaben

- Anfangspunkt des Gewindes
- Endpunkt
- Steigung
- Tiefe
- Schnitttiefe / Anzahl der Schnitte

Berechnet optimalen Schnitt mit Wechsel selbst.

CNC-Programmsprache stammt aus den 60er Jahren, als jedes einzelne Byte Programm-
speicherplatz noch viel Geld gekostet hat oder auf Lochstreifen gespeichert wurde.**AB Leerformular Programm**

S.112 AB mit Koordinaten, Befehle heraussuchen lassen
Europa Grundkurs S.23

H&T S. 111

1) Entwicklung an der Tafel gemäß AB

2) Programm ausgeben, analysieren lassen, Fahrweg des Werkzeuges aufzeichnen lassen

3) Prinzip vorgeben, Konturpunkte berechnen, Programm schreiben

konstante Spindeldrehzahl

Werkzeug, Kühlmittel

Startpunkt

Zustellung, Schnitttiefe 0,4

Gewindeschneiden, G33 sorgt für fixierten Einschnittpunkt

Werkzeug raus

Werkzeug zurück

Zustellung

Reitstockpinole zurück

Programmende