



Fertigungstechnik

ungeordnete Unterrichtsplanung für TGT-E

Inhaltsverzeichnis

Lehrplan TGT	3	mit geometrisch bestimmter ..	12	Folgen	18
Ideen	3	.. unbestimmter Schneide	12	Schnittkräfte beim Drehen	19
Vorüberlegungen	3	Zerteilen	12	Einfluss der Einstellungen	19
Mögliche Einleitungen	3	Messerschneiden	12	Einstellwinkel χ	19
Herstellung einer Kurbelwelle	4	Beißschneiden	12	Mittenstellung	19
Funktion / Anwendung	4	Scherschneiden	12	Neigungswinkel λ	19
Herstellverfahren	4	Sonstige Zerteilen	12	Schnittkraftberechnung	20
Fügen ('gebaute' Kw)	4	Spalten	12	Grundformel	20
Gießen	4	Reißen	12	Zerspanungsgesetz	20
(Gesenk-)Schmieden	4	Brechen	12	Ermittlung der spezifischen Schnittkraft k_c ..	20
Trennen - Spanen	4	Stechen	12	20	20
Fertigung	4	Sonstige Trennverfahren	12	Korrekturfaktoren	20
Prinzip	4	Abtragen	12	C für Schnittgeschwindigkeit	20
Skizze	4	Zerlegen	12	C2 für Fertigungsverfahren	20
Arbeitsschritte	4	Reinigen	12	C3 für Schneidstoff	20
Nachbearbeitung	4	Evakuieren	12	Fräsen	21
Merkmale	5	Fertigungsgruppe 3.1 Zerteilen... 13		Vergleich der Planfräsvverfahren	21
Kosten	5	Brennschneiden	13	Stirn-Planfräsen	21
Ausgangsmaterial	5	Vorgang	13	Umfangs-Planfräsen	21
Werkzeug, Vorbereitung	5	Brennschneiddüsen	13	Drehrichtung beim Umfangs-Planfräsen	21
Energiekosten	5	Zu beachten	13	Gleichlaufräsen	21
Arbeitszeit	5	Anwendungen	13	Gegenlaufräsen	21
Videos	5	Fertigungsgruppe 3.2 Schneiden mit		Fräswerkzeuge	22
Herstellung flächiger Werkstücke	6	geometrisch bestimmter Schneide...	13	Fräserformen	22
Mögliche Verfahren	6	13		Werkzeugtypen	22
Auswahlkriterien	6	Schneidkeil	14	Zahnformen	22
Wasserhahn	6	Wirkung des Keilwinkels β	14	Zahnrichtung	22
Hauptgruppen der Fertigungsverfahren		im Werkstück (Blech)	14	Schrupfräser	22
am Beispiel eines roten Autos	7	in der Schneide (Keil)	14	Hobeln und Stoßen	22
Urformen	7	Trennwirkung durch	14	Räumen	22
Umformen	7	Wahl des Keilwinkels	14	Aufbau, Bauarten, Räummaschinen	22
Trennen	7	Winkel und Flächen am Schneidkeil	14	Fertigungsgruppe 3.3: Spanen mit	
Stoffeigenschaft ändern	7	Winkel und Flächen am Drehmeißel	14	geometrisch unbestimmter Schnei-	23
Fügen	7	Bohren	15	de	23
Beschichten	7	Aufbau eines Spiralbohrer (Wendelbohrer) ..	15	Schleifen	23
Hauptgruppe 1: Urformen	8	15		Schleifscheiben	23
Einteilung der Urformverfahren	8	Werkstoffe für Bohrer u.a. Werkzeuge	15	Schleifmittel	23
Gründe für das Gießen	8	Werkzeug-Anwendungsgruppen	15	Andere Größen	23
Gießen	8	Schleiffehler	15	Schleifverhältnis G	23
Pressen (und Sintern)	8	Schneiden ungleich lang	15	Körnung	23
Stereolithographie	8	Schneidenwinkel ungleich	15	Verschleißformen	23
Beschichtungstechniken	8	Folge	15	Kornbelastung	23
Pulverspritzgießen	8	Freiwinkel falsch	15	Härtegrad von Schleifkörpern	23
Gießen in verlorenen Formen	9	Bohrertypen	15	Gefüge	24
Gründe für das Gießen	9	Senken	16	Bindung von Schleifkörpern	24
Sandguss	9	Verfahren	16	maximale Umfangsgeschwindigkeit	24
Gießvorgang	9	Schnittbedingungen	16	Schleifscheibe auswählen	24
Gussfehler	9	Bauarten	16	Schnitt- und Vorschubgeschwindigkeit	24
Gestaltungsregeln beim Gießen	9	Reiben	17	Unfallverhütungsvorschriften	24
Feinguss	9	Zweck	17	Einfluss auf die Oberflächengüte	24
Gießen in Dauerformen	10	Reibvorgang	17	Abrichten von Schleifscheiben	24
Druckguss	10	Schnittwerte	17	Zweck	24
Gießvorgang	10	Bauarten	17	Feinbearbeitung	25
Merkmale	10	Zähnezahl	17	Zweck	25
Druckgusslegierungen	10	Drallrichtung	17	Honen	25
Spritzguss	10	Schälreibahlen	17	Verfahren	25
Kokillenguss	10	Einschneiden-Reibahlen	17	Merkmale	25
Merkmale	10	Sonstige	17	Läppen	25
Schleuderguss	10	Einflüsse auf das Reibergebnis	17	Verfahren	25
Strangguss	10	Spanentstehung	18	Merkmale	25
Sintern	11	Spanarten	18	Sonstiges Trennen	26
Herstellung von Sinterteilen	11	Reißspan	18	Erodieren	26
Merkmale	11	Scherspan	18	Funkenerosive Senken	26
Hauptgruppe 3: Trennen	12	Fließspan	18	Drahterodieren	26
Einteilung der mechanischen Trennver-		Ursachen	18	Schneidstoffe	26
fahren	12	Wirkungen	18	Schnellarbeitsstahl	26
Spanen	12	Spanleitstufe	18	HM 26	26
		Spanformen	18	Schneidkeramik	26
		Aufbauschneide	18	Werkstoff	26
		Ursache	18		



max. Arbeitstemperatur	26	Einteilung der Schutzgasschweißverfahren ...		Schweißstromquellen	34
Schnittgeschwindigkeit vc	26	31		Leerlaufspannung	34
Eigenschaften	26	WIG	31	Stabelektrode	34
Sonstiges	26	MIG	31	Blaswirkung	34
Belastungen	26	MAG	31	Vorgänge beim Schweißen	35
Anforderungen	26	Elektrode	31	Wärme kann bewirken	35
Wendeschneidplatten	27	Schweißgas	31	Schweißflamme, Schutzgas	35
Zerspanungs-Hauptgruppen bei HM	27	Anwendung, Merkmale	31	Schweißgeeignete Werkstoffe	35
Kurzzeichen	27	Aufbau einer MIG / MAG-Schweißanlage ..	31	Löten	36
Schnittdaten	27	Einstellungen beim MIG-MAG-Schweißen ..	32	Aufbau einer Lötverbindung	36
Werkzeugverschleiß	28	Drahtvorschub klein	32	Legierungsbildung	36
Verschleißformen	28	Drahtvorschub groß	32	Lötverfahren nach Temperatur	36
Verschleißursachen	28	Schweißspannung klein	32	Weichlöten	36
Folgen	28	Schweißspannung groß	32	Hartlöten	36
Aufbauschneide	28	Schweißrichtung	32	Hochtemperlöten	36
Ursachen	28	Gefahren beim Schweißen	32	Lötverfahren nach Art der Lotzuführung ..	36
Folgen	28	Gasschmelzschweißen	33	Lote	38
Standzeit	28	Merkmale	33	Weichlote	38
Standkriterien	28	Sicherheitsregeln	33	Hartlote	38
Einflussfaktoren	28	Gasverbrauch	33	Sonderlote	38
Hauptgruppe 4: Fügeverfahren....29		Aufbau der Anlage	33	Flussmittel	38
Fügen	29	Sauerstoffflasche	33	Gestaltung von Lötverbindung	38
Wirkprinzipien der Fügearten	29	Acetylenflasche	33	Arbeitsschutz	38
kraftschlüssig	29	Druckminderer	33	Merkmale	38
formschlüssig	29	Sicherheitsvorlagen	33	Anwendungen	38
stoffschlüssig	29	Acetylen-Sauerstoff-Flamme	33	Kleben	39
lösbar	29	neutrale Flamme	33	Unterscheidung nach Art des Klebstoffes ..	39
unlösbar	29	Sauerstoffüberschuss	33	Lösungsmittel kleber	39
Schweißen	30	Acetylenüberschuss	33	Reaktionskleber	39
Einteilung der Schweißverfahren	30	Flamme einstellen	33	Schmelzklebstoffe	39
Schmelzschweißen	30	Schweißrichtung	33	Haftmechanismen	39
Pressschweißen	30	Nachlinksschweißung (NL)	33	Arbeitsregeln	39
Im Einzelnen	30	Nachrechtsschweißung (NR)	33	Fertigungsablauf	39
Pressschweißen	30	Zusatzwerkstoff	33	Festigkeit	41
Schmelzschweißen	30	Schweißgeeignete Werkstoffe	33	Unfallverhütung	41
Schutzgasschweißen	31	Schweißsinbilder in techn. Zeichnungen ..	33	Gefährdungen durch Kleber:	41
		Lichtbogenhandschweißen	34	Maßnahmen	41
		Sicherheitsregeln	34	Merkmale von Klebeverbindungen	41
		Aufbau der Anlage	34		

Literaturverzeichnis

- Domke 1977: Wilhelm Domke, Werkstoffkunde und Werkstoffprüfung, 1977
EuroM: Ulrich Fischer ua., Fachkunde Metall,
EuroTabM: Ulrich Fischer ua., Tabellenbuch Metall,
EuroTabM: Ulrich Fischer ua., Tabellenbuch Metall,
Ferguson 1992: Eugene S. Ferguson, Das innere Auge - von der Kunst des Ingenieurs, 1993
HTFkM 1990: Christof Braun u.a., Fachkenntnisse Metall - Industriemechaniker, 1990
Klein 2008: Dieter Alex ua., Klein Einführung in die DIN-Normen, 2008
Klingelberg 1967: G. Brüheim u.a., Klingelberg - Technisches Hilfsbuch, 1967
Merck 1920: A. Beythien ua., Merck's Warenlexikon für Handel, Industrie und Gewerbe, 1920
Rapp 1983: Ulrich Rapp, Spaltweitenregelung beim funkenerosiven Senken durch Einsatz von Mikroprozessoren, 1983
Reichard 1993: Alfred Reichard, Fertigungstechnik 1, 1993
Roloff/Matek 1995: Matek et al., Maschinenelemente, 1995
Schal 1990: Willy Schal u.a., Fertigungstechnik 2, 1990
Schal 1990: Willy Schal u.a., Fertigungstechnik 2, 1990



Lehrplan TGT

Richtziele des Unterrichts in Jahrgangsstufe 12

Unterschiedliche Fertigungsverfahren werden verglichen und bewertet. Die Schülerinnen und Schüler lernen die Funktion einer computergesteuerten Maschine kennen und erhalten auf diese Weise Einblicke in moderne Fertigungssysteme. Die enge Verknüpfung mit dem Fach Angewandte Technik wird durch die praxisgerechte Programmierung einer CNC-Fertigungsaufgabe hergestellt. Werkstoffe werden nach ihren Eigenschaften unterschieden und unter Verwendungs- und Umweltaspekten bewertet. Die Schülerinnen und Schüler erfahren, wie Werkstoffeigenschaften geprüft und durch Kennwerte und Diagramme dargestellt werden können. Diese Kenntnisse sind Voraussetzung, das in Projektunterricht entwickelte technische Objekt analysieren, beurteilen und optimieren zu können.

Jahrgangsstufe 11

T 2	Fertigung		15 Stunden
2.1	Fertigungsverfahren unterscheiden	Exemplarische Verfahren aus den Fertigungshauptgruppen Urformen, Umformen, Trennen, Fügen	Exemplarisch Evtl. beziehen auf Projekt aus Technische Kommunikation Betriebsbesichtigung
2.2	Verschiedene Fertigungsverfahren anhand eines Bauteils vergleichen und bewerten	Stückzahl Kosten Werkstoffanforderungen	z. B.: Pkw-Querlenker Gießen Gesenkformen Tiefziehen und Fügen
2.3	Funktion der Baugruppen einer computergesteuerten Maschine beschreiben	System Werkzeugmaschine - Achsen - Null- und Bezugspunkte - Dateneingabe	Verknüpfung mit Angewandter Technik Mögliche Erweiterung - Hauptantrieb - Vorschubantrieb - Wegmessung
2.4	Grundelemente eines CNC-Programms erklären	Programmaufbau Geometrische und technologische Daten Wegbedingungen Werkzeugkorrektur	Programm in Angewandter Technik umsetzen

Ideen

Verknüpfen mit technischer Kommunikation:

Gesamtzeichnungen lesen und Frage stellen: Wie kann man das herstellen?

Wasserhahn, Heizungspumpe, Kurbeltrieb..

Werkstoffe einführen..

Projekt Bleistiftspitzer

[Sendung mir der Maus](#)

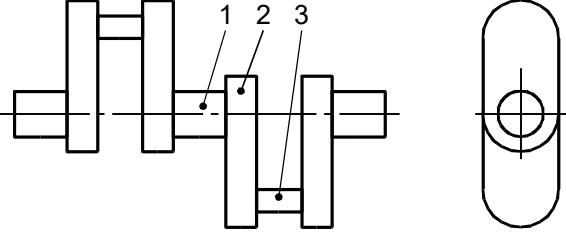
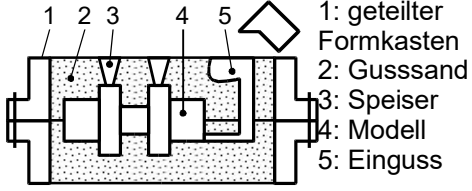
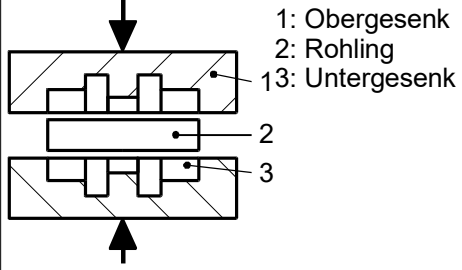
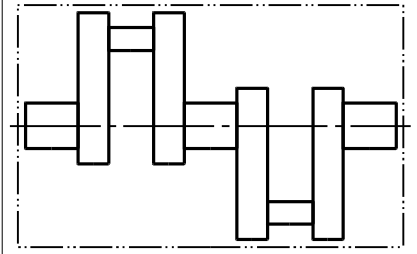
Vorüberlegungen

Neben einer Auswahl von Fertigungsverfahren können folgende Themen behandelt werden:

Fertigungsmethoden: manuelle Fertigung, kurvengesteuerte Automaten, CNC-Fertigung, Fließbandfertigung, Organisationsverfahren bei Fließbandfertigung

[Basshuysen 2002] S.98ff beschreibt ausführlich die Fertigung eines Pleuels ua.

Mögliche Einleitungen

Herstellung einer Kurbelwelle [EuroTabM], [EuroTabM46]		<i>AM Kurbelwelle, Nockenwelle o.ä., Lempaket Verbrennungsmotor</i> 1 Welche Funktion hat dieses Teil? 2 Wie kann man eine Kurbelwelle (Nockenwellen sind leichter) herstellen?	
		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	Trennen - Spanen
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. Freiformschmieden mit Hämmern aller Größe (Hand- bis Dampfhammer) ist ungenauer, aber für Kleinserien zu bevorzugen	Form wird durch Spanen herausgearbeitet
Skizze – Modell/Gesenk sind größer als Fertigteil wegen Schwindmaß [EuroTabM] → Gießereitechnik –			
Arbeitsschritte – Schmelztemperatur siehe EKD – Verlorene Modelle werden ausgeschmolzen und benötigen keine geteilte Form (Wachsausschmelzverfahren) – Große Teile (Kw für Schiffsmotoren) werden Freiformgeschmiedet	– Modell erstellen (Positiv) – Modell in Gießsand einformen (Negativ) – Modell ausformen (geteilte Form) – Gusseisen schmelzen ~ 1400°C – Mit flüss. Gusseisen ausgießen – Sandform zerstören	– Gesenk erstellen (negativ) – Rohling auf auf Rekristallisationstemperatur bringen ~1250°C – Rohling im Gesenk schmieden	– Funktionsflächen spanen (schruppen)
Nachbearbeitung	– Ausformen, entgraten, putzen – Speiser usw. entfernen – Funktionsflächen spanen (schlichten) – Wärmebehandlung	– Entgraten – Funktionsflächen spanen (schlichten) – Wärmebehandlung	– Funktionsflächen spanen (schlichten) – Wärmebehandlung <i>Ft_TA_00_Kurbelwellen.odt</i>

Merkmale <i>Kw</i> <i>Klangprobe mit Nw aus GG und Ventil aus Stahl</i> <i>Schnittbilder schrauben</i>	– alle Formen möglich – preisgünstig – Vorteile des Gusseisens – schmierend – schwingungsdämpfend	– hohe Festigkeit – Kaltverfestigung – Fasern nicht unterbrochen	– Mit Standardausstattung herstellbar – Späne sind teuer!
Kosten	1) Welches Verfahren ist billiger? 2) Welche Faktoren haben Einfluss auf den Preis?	3) Schätzen Sie Fertigungskosten je Stück für 1, 500 und 100000 Stück ab	
Ausgangsmaterial wird 'eingangs' der Fertigung eingesetzt 1) Menge anhand der Kw abschätzen 2) Preis: 2,50 €/kg (07/2010, legierter Stahl)	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) Energiekosten 10Ct/kWh 4) [EuroTabM] → Spez. Wärmekapazität; → Schmelzwärme	Gießtemperatur 1450°C [EuroTabM] → „Eisen-Kohlenstoff-Diagramm“	Rekristallisationstemperatur (Stahl): 1250°C [EuroTabM]?	Antriebsenergie z.B. 42CrMo4 mit HM $f=0,5\text{mm} \sim h \rightarrow kc = 3890 \text{ N/mm}^2$ $F_c = A \cdot kc \cdot C = 0,5 \cdot 4\text{mm}^2 \cdot 3890 \text{ MPa} \cdot 1 = 7,78 \text{ kN}$ $P_c = F_c \cdot v_c = 7,78\text{kN} \cdot 100\text{m/min} = 13\text{kW}$ bei 0,5 Zerspanzeit ~ 65 Ct
Arbeitszeit 5) Arbeitskosten 75€/h	Einformen, Ausformen, Putzen: 10min Maschinenstunde: 200€ Arbeiter: 0,5	Schmieden: 10min Maschinenstunde: 500€ Arbeiter: 1	Spanen: 1Std Maschinenstunde: 200€ Arbeiter: 0,5
Videos	– Gießen, Hand und Maschinenformen – Handformen (Prinzip) 3:45 – 9:30 – Automatisierung 9:30 – 14:00 – Motorblock - So wirds gemacht 2008 – Gusspfannen Herstellung 1'-5'	Gesenk: – Hammerköpfe schmieden - Die Maus 2005 0:00-1:35 – Das Fett muss weg - Günter Ederer 1994; 25:30-28' – Stechbeitel - So wirds gemacht 2009 ab 0:45' Freiform: – Dampfhammer - ZDF – Schmiedestahl - So wirds gemacht 2:30 - 3:30	– CNC-Maschinen – Deckel (geht auf Kosten und Zeiten ein) 0:00 – 1:30 (2 Stunden für kleines Teil) 42CrMo4 = legierter Vergütungsstahl → [EuroTabM46] S.135 Drehen, Schnittkraft und -Leistung → [EuroTabM46] S.319 Drehen, Schnittdaten → [EuroTabM46] S.316..318 <i>Ft_TA_00_Kurbelwellen.odt</i>

**Herstellung flächiger Werkstücke****Mögliche Verfahren****Umformen**

- Walzen aus Brammen oder nach dem Strangguss, z.B. Stahlbleche
- Walzen von Pizzaböden
- Hämmern, z.B. Blattgold

Urformen

- Gießen, z.B. Gullydeckel, Betonplatten, Fliesen, Schokoladentafeln,
- Verfilzen, z.B. Papier (siehe unten)
- Spritzguss, z.B.

Trennen

- Spalten, z.B. Schiefertafeln, Schindeln, Papyrus
- Sägen, z.B. Bretter, Wafer, Steinplatten
- Schneiden, z.B. Furnier, Brotscheiben

Fügen

- Weben, z.B. CFK (verstärkt mit Epoxdharz)
- Verleimen, z.B. Bretter aus Holz
- Schweißen, z.B. Baustahlmatten

Beschichten

- z.B. Papier

Auswahlkriterien

Kosten: Investition, Betrieb, Rohstoff, Energie

Eigenschaften des Produktes

Anforderungen des Ausgangsmaterials

Technische Möglichkeiten

Tradition

Aussehen

Vertiefung**Wasserhahn**

Es existieren zwei Filme mit der Maus über Wasserhähne. Der ältere zeigt Zweihebelsmischer mit Schwerkraftguss, der zweite Einhebelsmischer mit Druckguss und weitere Bearbeitung mit Robotereinsatz. Mit diesen Filmen könnte man die Entwicklung der Fertigungstechnik zeigen.¹

Vertiefung**AM TG-Zug, Rahmenplatte**

- 1 Wie kann man flächige Halbzeuge oder Werkstücke herstellen? Nennen Sie auch veraltete Verfahren mit Beispielen.
- 2 Verfahren und Beispiele an der Tafel sammeln. Sortierung nach Hauptgruppen mit Überschrift?

Früher (1970er) wurde Stahl aus dem Hochofen in Kokillen zu Brammen (ca. 1x1x5m³) gegossen und nach Verfestigung gewalzt; Nachteil ist die große erforderliche Umformarbeit. Heute gießt man im Strangguss und walzt den Strang sofort aus; Nachteil sind die erforderlichen Investitionskosten für Hochofen und Walzwerk nebeneinander in der Größenordnung ein ½ Mrd. Euro. Hämmern war früher das übliche Verfahren zur Herstellung von Blechen durch den Plattner oder von Waffen durch den Schwertfeger.

Die ersten Eisenschiffe wurden aus gegossenen Platten gefügt.

Glasscheiben, Folien, Kunststoffplatten ?

Wikinger kannten keine Säge und haben die Planken für ihre Drachenboote durch Spalten erzeugt. Gilt heute noch beim Bau einer Dau (im Indischen Ozean gebräuchlicher Schiffstyp, der wegen seiner günstigen Herstellung gegen moderne Schiffstypen konkurrieren kann)?

Papier: Maische „beschichtet“ Sieb, wird durch Rütteln verfilzt, trocknet, wird abgezogen (gegauscht)

- 3 Nach welchen Kriterien werden die Verfahren ausgewählt?

Ein Walzwerk mit Stanggießanlage hat geringere Betriebskosten als eine herkömmliche Brammenwalzwerk, erfordert aber höhere Investitionen. Alte Papierwerke haben höhere Betriebskosten, ersparen sich aber Neuinvestitionen.

Gewalzte Bleche, gespaltene Planken haben eine größere Festigkeit als ihre gesägten Pendanten. Gegossene Wafer sind nicht monokristallin.

Solange man Stahl nicht walzen konnte, musste er gegossen oder gehämmert werden mit Einschränkungen der Größe. „Ausgangs“-Material verwendet man „Eingangs“ des Produktionsprozesses..

Solange man kein Flachglas erzeugen konnte, wurden Fensterscheiben aus kleinen Stücken gefügt, z.B. Butzenscheiben aus kleinen runden Stücken.

Stößmaschinen sind weitgehend von Fräsen abgelöst, werden aber gelegentlich noch wegen der besonderen Oberfläche eingesetzt, die sie hinterlassen.

Halbzeug_Fertigungsverfahren_AB

- 1 Regie

- 2 Regie

Video Wasserhahn (Maus)

Gesamtzeichnung Wasserhahn

AM Wasserhahn

TZ_TA_Projekt_Wasserhahn.odt



Hauptgruppe 1: Urformen

Einteilung der Urformverfahren

Gründe für das Gießen

Gießen

- besonders für große Teile in geringer Stückzahl

Pressen (und Sintern)

- besonders für

Stereolithographie

- Prototypenherstellung (Rapid Prototyping)

Beschichtungstechniken

Pulverspritzgießen

- + höhere Festigkeit als beim Kunststoffspritzguss
- + höhere Maßgenauigkeit als beim Feinguss
- hohe Maßgenauigkeit erfordert Versuche und Nacharbeit der Form (Zeit, Kosten)

Quellen:[Schal 1990]

EuroTabM39 S.113 „Gießereitechnik“

Ein Zylinderlaufbuchse

Einzig mögliche Herstellung, z.B. Glocken, Motorgehäuse.
Eigenschaften des Gusswerkstoffes z.B. für die Schmierung bei Zylinderlaufbuchsen, Druckfestigkeit bei Gehäusen oder Maschinenbetten

Rapid Prototyping: Spektrum d.W. 04/95 S.

Rapid Prototyping: vdi-nachrichten 10/98

Stereolithografie: Spiegel 37/98 S.

siehe <http://www.webcache.ibu.de/modelltechnik>

[Ferguson 1992] S.104ff: „Modelle“

Ausflug: Beschichtungstechniken, Spektrum d.W.

Video Beschichten

Beschreibung des Videos einarbeiten

Quelle: Der Zuliefermarkt 4/99 S.47

- Metallpulver mit 8-12 Masse-% Binder (Wachs, Kunststoff) wird in einer Kunststoffspritzgießmaschine gespritzt
- 80% des Binders wird entfernt (Ausschmelzen, Säure, Lösungsmittel)
- Sintern

Kosten:

Ein doppelter Kunststoffgriff benötigt c. 15..20h á 100,-DM (LFB Uni Stuttgart, Lehrstuhl Techn. Design, Dez. 2000)



Gießen in verlorenen Formen

Gründe für das Gießen

- wirtschaftlich
- einzig mögliche Herstellung
- Eigenschaften des Gusswerkstoffes

Sandguss

- besonders für große Teile in geringer Stückzahl

Gießvorgang

TA siehe Lehrlinge

verlorene Form
Modell

Einguss

Speiser

Formkasten

Führungsstifte

Kern

Einform-Vorgang

Abkühl-Vorgang

Ausformen

Vertiefung

Gussfehler

Lunker = Hohlräume durch Schrumpfung oder Gas
Schlackeneinschlüsse
Schülpfen = Erhöhungen an der Gussstückoberfläche
Seigerungen = Entmischung einer Schmelze
Gussspannungen im Werkstück

Gestaltungsregeln beim Gießen

Feinguss

verlorene Wachsmodele in keramischer Gießform.

Merkmale

- + hohe Oberflächengüte und Maßgenauigkeit
- + für schwer zerspanbare Werkstoffe

Quellen:[Schal 1990]

[EuroTabM39 S.113 „Gießereitechnik“](#)

[Ein Zylinderlaufbuchse](#)

1) Wozu dient dieses Teil ?

2) Wie wird es hergestellt und warum ?

Einzig mögliche Herstellung, z.B. Glocken, Motorgehäuse.

Eigenschaften des Gusswerkstoffes z.B. für die Schmierung bei Zylinderlaufbuchsen, Druckfestigkeit bei Gehäusen oder Maschinenbetten

„Heute soll die Glocke werden...“. Entwicklung anhand der Standardfrage
"Kann man jetzt Gießen" die Probleme des Sandgusses an der Tafel
bzw. beim Zinn-guss entwickeln.

[AM Sandgussform mit Modell](#)

Meister:

nicht mitschreiben, da die Darstellung im EuroM50 ausreicht.

verlorene Form: Quarzsand, + Ton, Lehm oder Kunstharz: leicht formbar, hitzebeständig;

Modelle werden zum Herstellen verlorder Formen benötigt. Dauermodelle sind aus Holz, Metall oder Kunstharz, verlorder Modelle aus Wachs oder PS vergasen (Vollformgießen) oder schmelzen (Feinguss). Modelle sind um Bearbeitungszugabe und Schwindmaß größer als das Werkstück, deshalb werden Modelle farbig so markiert, dass der Werkstoff, für den sie angefertigt sind, erkennbar ist.

[EuroTabM39 S.113 „Schwindmaß“](#)

[AM Gussstück mit und ohne Speiser, Gusstraube T-Stücke](#)

Der Werkstoff fließt über den konischen Einguss über den Lauf in den Formhohlraum, weil bei direktem Einguss wird der Sand aufgewühlt wird.

Flüssiger Werkstoff, Luft, losgerissener Formsand und Schlacke sammeln sich im Speiser (Steiger). Die Speiser sind groß, damit beim Abkühlen flüssiger Werkstoff in die Form nachfließen kann und Lunker verhindert werden.

Der Formkasten ist mehrteilig, damit das Modell entfernt werden kann. Die Formkastenteile sind zum Einformen von hinten beidseitig offen, und sie sind geklammert oder werden besichert. Dichte Sand = 1,5..1,7 kg/dm³ [HJTabKfz17 S218]

damit die Kästen nach dem Herausnehmen des Modells wieder passgenau aufeinander liegen

Kerne füllen Hohlräume aus. Sandkerne werden extern schneller und haltbarer gefertigt.

Kernmarken dienen zum Halten des Sandkernes.

Mann+Hummel gießt Schaltsaugrohre aus Polyamid mit Kernen aus einer SnBi-Legierung

(Smp: 137°), die induktiv ausgeschmolzen werden [mot 13/96 S.65].

Unterkasten drehen, einformen, stampfen, umdrehen, Modelloberteil auflegen, Oberkasten aufsetzen, einformen, stampfen, Oberkasten abheben, Modell entnehmen, Form wieder zusammensetzen. Handformen für kleine Stückzahlen, Maschinenformen zum Verdichten des Formsandes (große Maßgenauigkeit + Oberflächengüte) und Ausziehen des Modells.

Schrumpfspannungen entstehen, weil das Gussstück außen oder an dünnen Stellen schneller abkühlt und innen oder an dicken Stellen länger schrumpft (Vgl: schnell erhitztes oder abgeschrecktes Glas). Sie treten auch an scharfen Übergängen und Querschnittsveränderungen auf. Abhilfe schafft langsames Abkühlen, sodass ΔT klein bleibt (Vorteil von Sand: hoher Wärmeübergangswiderstand), gleichmäßige Querschnitte, Rundungen.

Querverweis Mathematik: Geg. Gussstück aus GG mit $t=20\text{mm}$, $\Delta T=50^\circ\text{C}$ zwischen Mitte und Rand. Ges: Δl , ϵ , σ

Formkasten öffnen, Gussstück entnehmen, Sand entfernen, Speiser, Einguss und Lauf abschleifen, Gussstück sandstrahlen, weitere spanende Bearbeitung

[Video Gießtechnik - Physikalische Grundlagen](#)

zeigt die Schrumpfung und deren Folgen, sehr einfach

[Video Gießtechnik - Hand- und Maschinenformen](#)

Was kann schiefliegen?

Erstarrung ohne Nachschub oder so schnell, dass Schlacke und Gasblasen nicht mehr nach oben entweichen können

durch Ausbrechen des Formsandes

Legierung verschieden dichter Metallen

[AB Gestaltungsregeln und Fehler beim Gießen](#)

[Video Gießtechnik - Feinguss](#)

Um die Wachsmodele wird breiige oder pulverige Keramik gegeben und getrocknet. Dann wird das Wachs ausgeschmolzen, und die verbleibende Gießform gebrannt. Der eigentliche Guss findet möglichst in die noch heiße Form statt, sodass auch komplizierte Stücke aus Stahlguss mit dünnen Querschnitten möglich sind.

Glockenmuseum Innsbruck: Glocken wurden im Ausschmelzverfahren mit Fett zwischen Lehm-schichten gegossen (→ [www.Grassmayr.at](#))

[AM Feingussteile, Formen](#)

**Gießen in Dauerformen****Druckguss****Gießvorgang**

Formträger

Druckkammer

bewegliche Formhälfte

Einspritzen

Auswerfen

Vertiefung**Merkmale**

- dünnflüssige Schmelze unter Druck ermöglicht komplizierte Formen und dünne Wandstärken
- gute maßgenaue Oberfläche
- automatisierte, schnelle Serienfertigung möglich
- teure Formen, deshalb nur für große Stückzahlen

Druckgusslegierungen

S.125 Verwendungsangaben G, GD, GK, GZ usw.

S.127 Feinzink-Gusslegierungen

S.128a EKD: Wo sind die Eisengusslegierungen? Transfer zu anderen Legierungen. Gusslegierungen sind die Eutektikum von Legierungen. Dadurch ergibt sich ein niedriger Schmelzpunkt und ein feines, festes Gefüge.

S.129 G-AlSi12 ist die klassische Al-Gusslegierung. Zugaben von Mg erhöhen die Korrosionsbeständigkeit, Span- und Schweißbarkeit; Mg und Cu machen AlSi12 hartbar. Si macht Al verschleißfest (z.B. Alusil, Silikate in Reifen).

S.129 G-MgAl wird wegen der geringen Dichte immer mehr eingesetzt: Getriebegehäuse, Vergaser, Kolben, Felgen usw.

S.129 CuZn = Messing Ms: gut zerspanbar, korrosionsbeständig. Eigenschaften sind stark vom Zn-Gehalt abhängig: Schmelztemperatur sinkt mit Zn-Gehalt; gut warmumformbar, wenn wenig Pb oder Bi drin ist; α -Ms (bis Ms65 = 35%Zn) ist gut kaltumformbar, α + β -Ms schlecht kaltumformbar; Härten und andere Wärmebehandlungen möglich; ab ca. 50% Zn versprödet Ms. Rotes Ms enthält viel Cu, gelbes viel Zn.

S.129 CuSn = (Zinn-)Bronze wird z.B. für Lager verwendet.

S.129 CuAl = Aluminiumbronze ist sehr fest und korrosionsbeständig und wird z.B. für beanspruchte Armaturen, Pumpen, Propeller usw. verwendet.

Spritzguss

Thermoplastische Kunststoffe werden ähnlich wie beim Druckguss schnell zu kompliziertesten Teile gefertigt, wg. der teuren Formen nur für große Serien rentabel.

Kokillenguss

Guss in Dauerformen aus Stahl oder GG.

Merkmale

- + bessere Maßhaltigkeit, Formgenauigkeit und Oberfläche
- teure Form, empfindlicher Prozess

Schleuderguss

Guss in einer drehenden Kokille ergibt runde Werkstücke.

Strangguss

Werkstoff wird durch eine Matrize gedrückt

Vertiefung**AM Moped-Zylinder***Warum ist der Moped-Zylinder nicht durch Sandguss hergestellt?***AM Gusstraube Messingbüchse, OH-Modell Druckguss***Welche Elemente und welcher Ablauf werden analog zum Sandguss benötigt?*

Formträger mit fester Formhälfte

- mehrteilige Form aus Stahl oder Eisenguss

- konstruktiv aufwendiger, weil alles automatisch geht, sehr teuer

Beim Warmkammerverfahren befindet sich die Druckkammer in der Schmelze und das Einspritzen der Schmelze ist vollautomatisiert. Es ist nur geeignet für Werkstoffe, die Druckkammer und -Kolben nicht angreifen (zB Mg, Zn).

Beim Kaltkammerverfahren ist die Druckkammer außerhalb der Schmelze (z.B. Al, Cu): Die bewegliche Formhälfte mit Auswerfer dient dem automatischen Auswerfen des Gussmodells und ist auch um das Schwindmaß größer. Die Form benötigt Luftauslass (zwischen Formhälften) und muss u.U. gekühlt werden.

Einspritzen der Schmelze / Teiges: - Werkstoff wird unter Druck bis 5000bar schnell eingespritzt, sodass die Füllung der Form auch bei komplizierten Formen gewährleistet ist. Ausfahren der beweglichen Form, in Endstellung wirft der Auswerfer das Gussstück aus

Video Gießtechnik - Druckguss**EuroTabM39 S.125ff „NE-Legierungen“****FO Zustandsdiagramm ZnAl****FO Zustandsdiagramm AlSi****FO Zustandsdiagramm CuZn**

Beachte: Siedetemperatur, steigende Löslichkeit des Cu für Zn mit sinkender Temperatur

Bronzen sind alle Legierungen mit mehr als 60% Cu (außer CuZn = Messing). Sie sind fester, korrosionsbeständiger, verschleißfester und gleitfähiger als Ms.

FO mechanische Kennwerte von Zinnbronzen [Domke 1977] S.232

Kunststoffgranulat wird plastifiziert und mit großer Geschwindigkeit in die Form eingespritzt. Eine Schnecke fördert den Kunststoff, eingespritzt wird es aber, indem die ganze Schnecke durch einen Zylinder axial bewegt wird. Eingeschränkt können auch Duroplaste und Elastomere spritzgegossen werden.

EuroTabM39 S.264 „Spritzgießen“

Temperaturen und Toleranzen bei der Kunststoffverarbeitung

Formguss: Gussstück ähnelt seiner fertigen Form

Blockguss: Gussstück wird umgeformt, z.B. durch Walzen

AM Zylinderlaufbuchse**FO Schleuderguss usw.**

Es sind auch kegelige Werkstücke und Kerne möglich. Durch die Fliehkraft wird das Gefüge verfeinert und Stahl und Schlacke getrennt. Anwendung z.B. Zylinderlaufbuchsen Kokille vor dem ersten Guss auf 250 .. 400°C anwärmen.

AM Strangussteile**Video Strangguss**

Matrize in ein Negativ der Form, Patrize ist ein Abbild der Form.

Bilder vom Al-Guss eines Motorblockes: mot 9/2001



Sintern

Hinweis: Nach DIN 8580:2003 gehört das eigentliche Sintern zu „Stoffeigenschaft ändern“ in der Fertigungsgruppe 6.4. Da man im Einführungsunterricht unter Sintern auch die Vorarbeiten wie Pressen und Kalibrieren vereinnahmt, wird es hier zum Umformen in der Fertigungsgruppe 1.4 aufgenommen.

[EuroTabM] „Sintermetalle“
[Klein 2008] S.103ff

Video

[Video Sintern](#)

Sintern ist das Glühen von gepressten Metallpulverteilchen, sodass ein zusammenhängendes Gefüge entsteht.

Herstellung von Sinterteilen

1. Pulverherstellung und Vermischen
2. Pressen (→Grünling?)
3. möglich: Spanen komplizierter Teile
4. Sintern: Glühen bis zur oder knapp unter der Schmelztemperatur des niedrigstschmelzenden Anteils, sodass sich die Teilchen verbinden.
5. möglich: Kalibrieren

Merkmale

- + billige einbaufertige Massenteile
- + Metalle mit stark unterschiedlichen Schmelzpunkten legierbar
- + „widersprüchliche Eigenschaften“ möglich
- + porige ölgetränkte Lager oder Filter möglich
- teure Pressform
- Größe und Form begrenzt

Seitenumbruch

[AM Sinterteile: HM, Lagerbuchsen, Siebe, Filter, Dauermagnete, Sinterpleuel](#)

Stellite: gegossenes Hartmetalle, 1907 als CrCoW-Legierung eingeführt
Sinterhartmetall „Widia“ seit 1926 durch Krupp.
Herstellung z.B. durch Zerstäuben von Metallschmelzen

Dies ist noch nicht der Sintervorgang! Pulver wird unter hohem Druck verdichtet. Die Porengröße von Filtern usw. kann durch den Druck bestimmt werden.
z.B. Voll-HM-Spiralbohrer ?
Einfache Teile mit großen Stückzahlen, z.B. genormte Schneidplättchen, werden fertig gesintert. Andere Teile werden aus dem Presskörper gespannt und dann fertiggesintert. Beim Sintern gehen die Karbide in feste Lösung über und scheiden beim Abkühlen z.T. wieder aus. Beim Sintern schrumpft das Volumen um ca. 50%.[Klingelberg]

Vgl Herstellung von Fleischküchle: Sintern ist das Braten in der Pfanne. Eigenschaften der Fleischküchle werden durch Zusammensetzung, Pressdruck, Glüh Temperatur und Glühdauer bestimmt.

Sintern mit flüssiger Phase: Bindung durch den geschmolzenen Werkstoff. Ohne flüssige Phase entsteht die Bindung durch Diffusion ähnlich wie beim Lötten.

Teile 'fusionieren' durch Diffusion

z.B. HM-Plättchen und -Fräser können unter Druck gesintert werden. Dadurch entfällt das Pressen, und Dichte und Gefüge der Werkstücke werden besser.

Nachpressen für eine verbesserte Maßgenauigkeit und Oberflächengüte, eventuell Nachbearbeiten durch Spanen, Schmieden. Für HM nicht möglich.

z.B. Metallkarbide und Kobalt mit zu hohen bzw unterschiedlichen Schmelzpunkten,

z.B. harte Metallkarbide und zähes Kobalt oder Nickel

[AM wasserdurchlässiges Sinterblech](#)

große Teile erfordern zu viel Presskraft. Komplizierte Teile erfordern zu kompliziertes Werkzeug, das im Gegensatz zu einer Druckgussform auch hohe Kräfte übertragen muss.

Hauptgruppe 3: Trennen

FO Max und Moritz

1 Wdhg: Trennverfahren. Weitere Möglichkeiten des Trennens / ka-putt 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

Spanen

mit geometrisch bestimmter ..

Form jeder einzelnen Schneide ist festgelegt und kann gezeichnet werden.

Bohren
Drehen
Fräsen

...

.. unbestimmter Schneide

Schneiden sind unterschiedlich und zufällig.
I: Spachtel, Rost, Ventile, Zylinderlaufbuchse

(Trenn-)Schleifen
Honen
Läppen

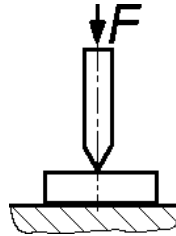
...

= spanloses mechanisches Trennen

Zerteilen

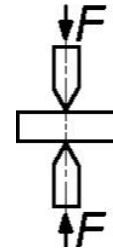
Messerschneiden

I: wenn ein Stück Schnur zu lang ist, verrostete Schraube an einer Auspuffschele lösen., Dichtung zurecht schneiden
z.B. Messer, Locheisen, Flachmeißel, Rohrschneider



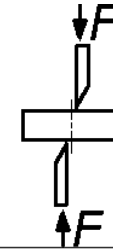
Beißschneiden

I: wenn ein Stück Draht, Kabel oder Kabelbinder zu lang ist.
z.B. Bolzenschneider, Kneifzange



Scherschneiden

I: 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

Zerlegen

z.B. Vergaser zerlegen

Reinigen

z.B. Luftfilter reinigen

Evakuieren

z.B. Tank leeren

Zentrifugieren

z.B. Wasser aus der Wäsche oder Honig aus der Wabe schleudern, Isotope anreichern



Fertigungsgruppe 3.1 Zerteilen

Brennschneiden

Quellen: [Schal 1990]

Vorgang

- Heizflamme (Acetylen + O₂) wärmt die Stahlteile auf Entzündungstemperatur vor
- Schneidsauerstoff verbrennt den Werkstoff (Wärmeabgabe)
- Schneidsauerstoffstrahl schleudert Metalloxid aus der Schnittfuge

Dies muss auch während des Betriebes erfolgen, da der Schneidsauerstoff bei dem Druckabfall von 150 bar bis auf etwa 5 bar stark abkühlt (Vergleiche CO₂-Patrone). Vorwärmung so gering wie möglich, um Wärmeeinfluss niedrig zu halten.

Die Reaktion muss viel Wärme abgeben. Wenn die Wärme nicht ausreicht, wird z.T. Eisenpulver in den Schneidstrahl geführt

Die Schlacke ist das schneidende „Werkzeug“. Je dünnflüssiger die Schlacke ist, desto besser. Schmelzpunkt des Metalloxides muss niedriger sein als der des Metalls. Schneidstrahl hat Überschallgeschwindigkeit.

Brennschneiddüsen

FO Brennschneiddüsen

- konzentrische Brennflamme für beliebige Schneidrichtungen oder hintereinanderliegen B.
- **Gase mischende Schneiddüse** mischen das Gas erst in oder vor der Düse:
 - + rückschlagsicher
 - + robust
 - geringe Qualität

Hintereinanderliegende Düsen für nur eine Schneidrichtung.

Normalerweise wird Brenngas und Heizesauerstoff gemischt der Heizedüse zugeführt. Einsatz im Hüttenbereich und Grobblechverarbeitung mit geringen Qualitätsanforderungen

Zu beachten

- Richtiger Düsenabstand zum Werkstück
- Schneiddüsengröße und Sauerstoffdruck nach der Werkstoffdicke
- sauberer Brenner für wirbelfreien Schneidstrahl
- Schneidgeschwindigkeit gleich oder kleiner als die Vorwärmgeschwindigkeit.

Zu weit: Wucht des Schneidstrahles wird nicht wirksam.
Zu eng: Vorwärmflamme nicht wirksam

Anwendungen

- unlegierte Stähle 2mm bis 3m Schnittdicke
- GG, CrNi-Stähle, Beton, bedingt Al unter Zugabe von Eisenpulver in den Schneidstrahl (**Pulverbrennschneiden**)
- **Brennfugen**
- **Flämmhobeln** zum Entfernen der Randschicht

bei legierten Stählen bestehen Schwierigkeiten mit dem Abtransport der Oxide der Legierungselemente

Die Oxide haben einen höheren Schmelzpunkt als die Legierung. (z.B. GG-Oxidhaut hat ca. 1400°C Smp., vergleiche EKD). Eisenpulver verbrennt, und die erhöhte Wärmeabgabe schmilzt auch die höherschmelzenden Oxide.

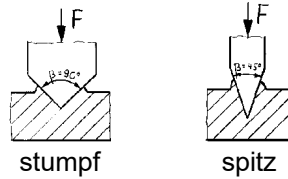
Mit speziellen Brennern wird keine durchgehende Trennung erreicht, z.B. zur Vorbereitung von Schweißfugen oder zum Freilegen von Nahtfehlern.

z.B. Verzunderung nach dem Walzen

Fertigungsgruppe 3.2 Schneiden mit geometrisch bestimmter Schneide



Schneidkeil



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?

Wirkung des Keilwinkels β

im Werkstück (Blech)

Druck $\Rightarrow$ Werkstofffließen	-	<	+
nötige Verformung	-	>	+
Spaltwirkung	-	<	+

in der Schneide (Keil)

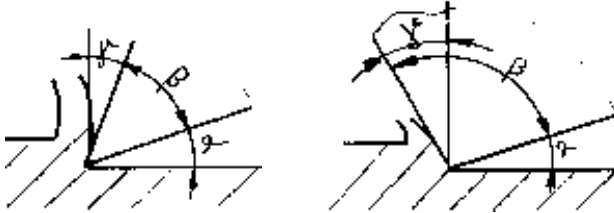
Festigkeit	+	>	-
Wärmeableitung	+	>	-
Schneidentemperatur	+	<	-
Verschleiß	+	<	-

Wahl des Keilwinkels:

- Spitzer Keil wenn möglich (weiche Wkstf), 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 $> 0^\circ$

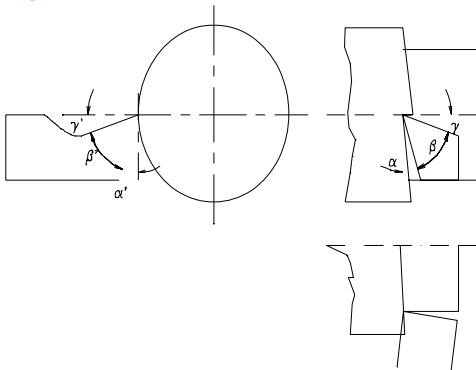
klein: Reibung, Temperatur und Verschleiß; groß: schwacher Keilwinkel, Punktlast an der Schneide: großer Verschleiß. 3° bei harten und 12° bei zähen Werkstoffen (federn hinter der Hauptschneide zurück).

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

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

Winkel und Flächen am Drehmeißel

FO entwickeln



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)

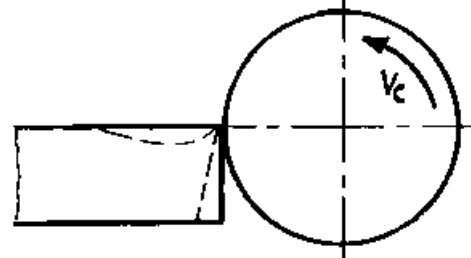
- 5) Ütlg: der spitze Keilwinkel scheint ideal, warum wendet man ihn nicht immer an?

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.

TG: ab hier überspringen und direkt zum Drehen

6 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) Späneabgenommen - (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? - Nebenspanfläche 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 β und gleichen β - Warum haben diese Meißel nicht die gleiche Festigkeit - Eckenwinkel zwischen Haupt- und Nebenschneide, je größer, desto stabiler

AB, damit die Schüler den TA nicht abschreiben müssen

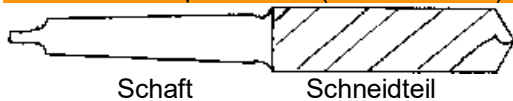
AB Begriffe am Schneidteil eines Werkzeuges



Bohren

Spanendes Bearbeitungsverfahren mit geometrisch bestimmter Schneide, meist mehrschneidig

Aufbau eines Spiralbohrer (Wendelbohrer)



zylindrisch für Bohrer bis ca. $\varnothing 10$, billig
Kegel mit festerem Kraftschluss $\Rightarrow$ große Bohrer
leicht auswechselbar, selbstzentrierend

Hauptschneide

schneidet das meiste Material

Spanwinkel = Drallwinkel

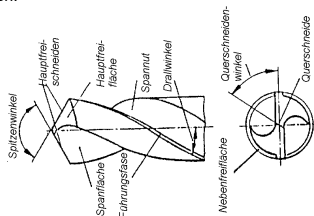
AM Bohrer mit Plexiglashülle

Nebenschneide, Nebenspanfläche $\Rightarrow$ Spannut

Die Nebenschneide folgt der Wendel, die Nebenspanfläche geht in die Spannut über.

Führungsfase oder Bohrerfase

Warum Nebenschneide hat beim Spiralbohrer eine besondere Form? Vergleiche Spiralbohrer mit Führungsfase und einem Kegelsenker, der ins Volle bohrt. Kegelsenker wird auswandern. Die **FO Führungsfase** führt den Bohrer. Sie darf wegen der Reibung nicht zu breit sein. Der Spiralbohrer verjüngt sich.



Werkstoffe für Bohrer u.a. Werkzeuge

- HSS (Schnellarbeitsstahl)
- HM (Hartmetall)
- Beschichtung möglich

Werkzeug-Anwendungsgruppen

Gilt auch für Fräser

Typ für Werkstoff

- H** hart, zähhart, kurzspanend
z.B. Hartguss, gehärteter Stahl, Schichtpressstoffe
- N** normale Festigkeit und Härte
z.B. Stahl, weiches Gusseisen
- W** weich, zäh, langspanend
z.B. Cu, Al, CuZn

Schleiffehler

Schneiden ungleich lang

Schneidenwinkel ungleich

Freiwinkel falsch

- zu groß Schneide bricht
- zu klein große Reibung
- negativ kein Schnitt

Bohrertypen

Erreichbare Toleranzen

Spiralbohrer HSS: IT10
Spiralbohrer HM: IT8..10

Ein: Wie wird die Innenfläche des **Kolbenbolzens** (Beispiel aus der vorherigen Stunde) gefertigt?

Hals verbindet Schneidteil mit Schaft, Austreiblappen nur bei konischen Schäften. Vergleiche Keil beim Holzspalten, bzw. zum Verkeilen von Mai- und Weihnachtsbaum. Je steiler der Kegel, desto besser der Schluss. Das Werkzeug muss nur eingeführt werden, die Vorschubkraft reicht durch die Kegelübersetzung zur Übertragung des Drehmoments. Der Kraftschluss wird beim Austreiben sichtbar, von Hand kann das Werkzeug nicht mehr herausgezogen werden.

Zusätzliche Erklärung für Azubis ist der ringförmige Schluss. Es handelt sich um Morsekegel in den Größen 0 bis 6.

Vtfg: AB Spiralbohrer

Wdh.: Begriffe: Hauptschneide, Nebenschneide, Spanfläche, Freifläche, Keilwinkel, Spanwinkel, Freiwinkel. Versuch, diese Begriffe am Bohrer wieder zu finden

Hauptspanfläche

Die Hauptspanfläche geht in Spannut und die Nebenspanfläche über, sie sorgt für gute Abfuhr der Späne

Hauptfreifläche, Nebenfrefläche

Die Hauptfreifläche liegt um die Bohrspitze, an ihr wird nachgeschliffen

Querschneidenwinkel

Der Querschneidenwinkel liegt zwischen der Querschneide und den Hauptschneiden. Er ist abhängig vom Hauptfreiwinkel und dient beim Nachschleifen zu seiner Abschätzung. Notwendigkeit des Querschneidenwinkels wird später besprochen.

Querschneide

Es fehlt eine Kleinigkeit, um Streckenzug zu schließen. Querschneide liegt zwischen den Hauptschneiden. Sie erschwert den Spanvorgang, da sie nur quetscht und schabt. Sie darf aber wegen der Stabilität nicht zu klein sein, beträgt ca. 10% des Bohrer $\varnothing$. Bei größeren Bohrer $\varnothing$ muss wegen ihr mit 20% des Bohrer $\varnothing$ vorgebohrt werden. Manchmal wird sie an der Spitze abgeschliffen zur Verringerung der Schnittkraft. Querschneide schluckt beim Bohren ins Volle ca. 40% der Vorschubkraft.

Spitzenwinkel

zwischen den beiden Hauptschneiden
Vtfg:

AB Spiralbohrer

Das kleinste AB der Welt: AB Schneiden und Flächen am Bohrer, Klebestift oder AB Begriffe am Schneidteil eines Werkzeuges (wieder abschaffen oder nur zur Vertiefung)

Ein: Papa lässt euch zum ersten mal an die Schlagbohrmaschine, ihr soll ein schweres Bild aufhängen. Welchen Bohrer wählt ihr? AM Dübel, Stein- und HSS-Bohrer

Werkzeugstahl heute selten, wird nur noch für Meißel usw. verwendet. Holzbohrer? goldglänzende Beschichtung aus TiN ist härter als HM und erlaubt doppelte v_c und f . Sie erhöht die Standzeit bis zum ersten Nachschleifen erheblich, danach ist die Standzeit immer noch höher, da die Beschichtung an der Spanfläche erhalten bleibt.

AM Bohrer mit verschiedenen Drallwinkeln, Durchschlagpapier

Bohrer auf OH-Projektor legen und nach Unterschieden fragen. Bohrer über das Durchschlagpapier und Papier abrollen, es ergeben sich Geraden in der Neigung des mit Spanwinkels. Das Papier an die nasse Tafel kleben und die Linien mit Kreide verlängern. Es sind 3 verschiedene Spanwinkel. Für welche Werkstoffe sind sie? Es gibt die 3 Anwendungsgruppen H, N und W. Welcher Bohrer gehört wohin?

Folge

Bohrung wird zu groß

nur eine Schneide arbeitet $\Rightarrow$ hoher Verschleiß

AB Werkzeuge zum Bohren, Reiben und Senken

[EuroTabM] „Bohren“

Ft_TA_32_Bohren.odt



Senken

Bohrverfahren zur Erzeugung von Profilen und Kegelflächen.

Verfahren

Planansenken für hervorstehende, ebene Flächen

Planeinsenken für vertiefte, ebene Flächen

Profilsenken für kegelige oder profilierte Senkungen

- 60° zum Entgraten
- 75° für Nietköpfe
- 90° für Senkschrauben
- 120° für Blechniete

Schnittbedingungen

kleinere α , größere Freiflächen als Bohrer
⇒ vermindert Rattern

vc kleiner als beim Bohren wählen

f größer -- " --

Bauarten

siehe Fachbuch

Aufbohrer (Spiralsenker, früher Dreischneider)

- zum Aufbohren gegossener, gestanzter oder auch gebohrter Löcher
- verbessert Maß-, Form- und Lagegenauigkeit (wg. dreifacher Führung) und Oberflächengüte
- bei hohen Anforderungen muss noch gerieben werden (Senker mit Untermaß verwenden)

Jede Bohrung wird wegen Verletzungsgefahr gesenkt.

z.B. für Senkkopfschrauben, Niete, Stifte usw.

120°

beim Anschleifen beachten

Werkstattregel $n = \frac{1}{4}$ Bohren

Begründung?

[Klingelberg 1967]; vc und f sollen 1 .. 1,5 x höher als beim Bohren sein.

sehen aus wie Spiralbohrer mit mind. 3 Schneiden ohne Spitze ⇒ Fachkunde Europa 52. S. 125

**Reiben****Zweck**

bessere Oberflächengüte (bis 6µm erreichbar)
hohe Form- und Maßgenauigkeit (bis ±0,01mm)

Reibvorgang

Anschnitt spant die Reibzugabe

Führungsfasen mit Rundschliff erhöhen die Qualität
(Oberflächengüte, Form- und Maßgenauigkeit)

SchnittwerteSchnittgeschwindigkeit

- niedrig (3..20 m/min) für eine hohe Standzeit

Vorschub

- groß für hohe Standzeit
- niedrig für hohe Oberflächengüte

Reibzugabe

- bezieht sich auf eine Seite

Niemals zurückdrehen, da Späne die Schneiden und Schneidendrall die Oberfläche beschädigen können

Kühlschmiermittel beeinflusst das Bohrungsmaß und die Oberfläche stark.

Bauarten**Zähnezahl**

- gerade Zahl ermöglicht Messung des Ø
- ungleiche Zahnteilung vermindert Rattermarken

DrallrichtungLinksdrall

+ Drall verhindert Rattermarken

für weiche, langspanende Werkstoffe

schiebt Späne

⇒ Durchgangslöcher

u.a. für Schälreibahlen

Schälreibahlen

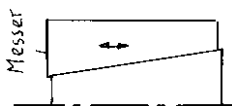
- größere Spanabnahme möglich und nötig
- v_c wie beim Bohren

Einschneiden-Reibahlen

- höhere v_c und v_f

SonstigeKegelreibahlenAufsteckreibahlenverstellbare Reibahlen

durch konische Schneiden

Stiftloch-KegelbohrerPendelhalter**Einflüsse auf das Reibergebnis****Erreichbare Toleranzen**

bis IT6

ist Aufbohren mit geringer Spanungsdicke

Form- und Maßgenauigkeit z.B. für Passungen, Passstifte usw.
Nietloch-Reibahlen werden bei der Montage von Bauteilen eingesetzt, wenn Bohrungen zur Flucht gebracht werden sollen oder vergrößert werden müssen. Im Kesselbau werden sie mit Pressluft-Handbohrmaschinen verwendet.

FO Reiben EuroM50 S.103

Hauptarbeit durch Anschnitt wie beim Bohren und Senken, gilt nicht für Kegel- und Profilreibahlen.

Rundschliffen sind auf einer Breite von 0,1 .. 0,3mm zylindrisch geschliffen, erst danach beginnt die Verjüngung der Schneidenecke (gegen Klemmen, siehe Klingenberg).

Richtwerte für das Reiben mit Maschinenreibahlen aus Stahl und HM: (auch: Hengstkatalog) *EuroTabM39 S242 „Reiben“*

Der Standzeit kommt bei Reibahlen eine höhere Bedeutung zu, weil sie nur schwer nachzu schleifen sind.

Werkstattregel $n = 1/8$ Bohren

Niedriger Vorschub steigert bei allen spanenden Verfahren die Oberflächengüte.
Großer Vorschub für große Standzeit: vermutlich wegen der Kühlung oder wegen kleinerer spezifischer Schneidenbelastung?

Werte 0,1 .. 0,3mm, bzw. bis 0,8mm für Schälreibahlen. Das optimale Verhältnis zwischen Vorschub und Reibzugabe (wg. Standzeit) wird im TB über den Ø der Ahle berücksichtigt. Kleinere Reibzugaben führen zum Klemmen, größere Zugaben zu Bohrungsüberweiten (Klingenberg, Begründung?).

Vergleiche AB Einflüsse auf das Reibergebnis.

Klingenberg (S.420f) fordert möglichst hohe Zähnezahlen gegen Rattern und enthält eine Tabelle, empfiehlt aber, gerade Zähnezahlen zu verwenden.

FO Entstehung von Bohrungsvielecken (Klingenberg S421)

Bei ungleicher Teilung stehen sich nicht alle Zähnpaare gegenüber (Hengst92 S12/4). Die Teilungsdifferenz beträgt normal 0,5..2,0%, bei EU-Teilung (extrem ungleichmäßig) liegt sie zwischen 45 ... 70° und verspricht bessere Rundheit.
Darstellung siehe StamM1 S117.

alle Angaben sind auf Rechtsschnitt bezogen.

ohne Drall

+ billiger

- hakt bei Nuten ein

für harte, spröde W.

z.B. Stahl mit $R_m > 700 \text{ N/mm}^2$, GG, Ms, spröde Al-Legierungen

für Sacklöcher bis zum Grund (Wälzlagersitze)

haben eine abweichende Schneidengeometrie und verlangen größere Spanabnahme: 100% höherer Vorschub, mindestens 50% mehr Reibzugabe.

Maschinenreibahlen mit 7 bzw. 45° Drall links und langem Anschnitt ⇒ nur Durchgangsbohrungen

Da sie nur eine Schneide (Wendeplatte aus HM) haben, zentrieren sie sich nicht selbst. Des halb sind 2 Stützleisten aus HM am Umfang nötig.

spanen über die ganze Schneidenlänge.

z.T. mit Vorreibahle mit gezahnten Schneiden wie Schruppfräser für große Spanabnahme.

Reibahlen werden auf Schaft und Hals aufgesteckt.

Verschleiß kann ausgeglichen werden

- Spreizung durch Druck
- max. 1% des ReibahlenØ
- sehr bruchempfindlich

konische Kegelbohrungen bohren und reiben in einem.

zur Einspannung gleichen Achsversatz zwischen Bohrmaschine und Bohrung aus, sodass die geriebene Bohrung genauer wird.

AB Einflüsse auf das Reibergebnis

[EuroTabM] „Reiben“

Ft_TA_32_Reiben.odt



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.

Spanarten

Bilder

Entstehung

Span

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.

TG: nur Video und Vertiefung, Rest zur Info

Ein Wie nimmt der Meißel den Span ab ?

⇒ EuroM52 S.96 „Spanbildung, -formen“

Scherspan

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

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

Zerspanung schwingungsarm

Scherwinkel $\Phi \approx 32$

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

Ursachen

Werkstoff

Spanwinkel γ

Schnittg. v_c , Vorschub f

Wirkungen

Oberfläche

Maßhaltigkeit

Schnittkraft

Scherwinkel $\Phi \approx 19$

spröde mit grobem, heterogenem Gefüge

klein

kleines v_c , großes f

rau

schlecht

schwankend

Spanleitstufe

Ültg: Wie kann die Spanform vom Werkzeug beeinflusst werden

beeinflusst Spanformen = vereinigt beide Vorteile

Fließspäne werden nachträglich gebrochen

⇒ z.B. kurze Wendelspane

⇒ gute Oberfläche, ungestörte Arbeit

Spanformen

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

Aufbauschneide

Werkstoff lagert sich vor der Schneide ab

Ursache

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

Folgen

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

Vertiefung

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

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

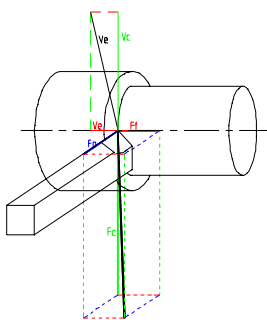
[EuroTabM46] S.300 Spanbruchdiagramm



Schnittkräfte beim Drehen

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

FO Flugzeug



$$\begin{array}{rcl} & F_c & \text{Schnittkraft} \\ + & F_f & \text{Vorschubkraft} \\ + & F_p & \text{Passivkraft} \\ = & F & \text{Zerspankraft} \end{array}$$

vektorielle Addition
(Parallelogramm)!

1) Wdh.:

AB Spanungsgrößen 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).

$$\begin{array}{rcl} & V_c & \text{Schnittgeschwindigkeit} \\ + & V_f & \text{Vorschubgeschwindigkeit} \\ + & V_w & \text{gibt's nicht} \\ = & V_e & \text{Wirkgeschwindigkeit} \end{array}$$

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.

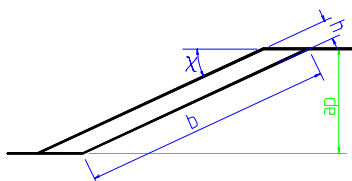
Vergleiche Flugzeug: Gieren

FO Einfluss des Einstellwinkels χ auf Passiv- und Vorschubkraft

Kräfteverteilung Schroedel S65

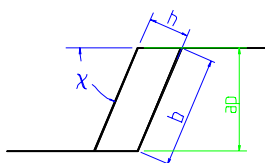
FO zweckmäßige Wahl des Einstellwinkels Zerspantechnik S.8

$\chi < 30^\circ$



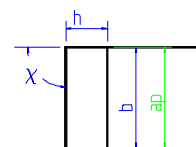
große Spannsbreite
⇒ geringe spezifische Schneidenbelastung
⇒ harte Werkstoffe
Schälspan
⇒ gute Oberfläche, ⇒ Schlichten.
große Passiv-(Rück-)Kräfte

$\chi = 45 \dots 75^\circ$



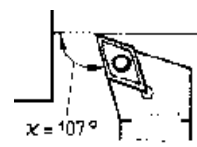
Kompromiss zwischen Schneidenbelastung und Kräften
⇒ Schruppen

$\chi = 90^\circ$



geringe Passivkraft
⇒ schlanke, schwingungsfähige Werkstücke und
⇒ zum Schlichten.

$\chi > 90^\circ$



Formdrehen, Freistiche usw.
Spitze ist bruchgefährdet.

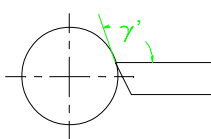
Die Spannsbreite nimmt zu, d.h. ein längerer Teil der Schneide ist im Einsatz und die spezifische Schneidenbelastung nimmt ab.
Kräfte werden senkrecht zur Oberfläche übertragen. Um die Vorschubkraft zu erzeugen, muss man radiale Kräfte aufbringen. Diese kosten zwar keine Leistung, verformen aber Maschine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

Erklärung Schälspan

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

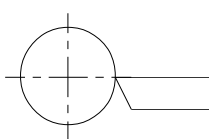
Mittenstellung

über Mitte



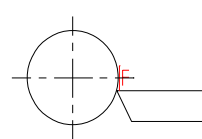
verringert Wirkspanwinkel
⇒ Schnittkraftverringering
⇒ Schruppen (gelegentlich)

auf Mitte



ist die Regel
beim Formdrehen zwingend.

unter Mitte



Werkzeug wird weniger in das Werkstück gezogen
⇒ Schlichten (gelegentlich)

Vergleiche Flugzeug: Nicken

FO Wirkungen des Neigungswinkels λ

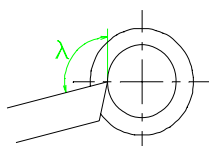
Wirkwinkel und Werkzeugwinkel sind unterschiedlich

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

FO Werkzeugwinkel und Wirkwinkel

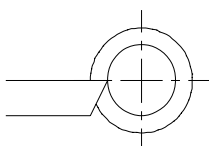
Neigungswinkel λ

$\lambda > 0$ (positiv)

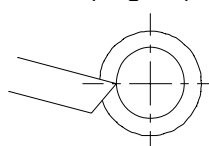


Span weg von der Oberfläche ab
⇒ Schlichten
Spananschnitt an der Spitze
⇒ Verschleiß

$\lambda = 0$



$\lambda < 0$ (negativ)



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

ziehender Schnitt ist negativ!
Winkelkonvention wie beim Spanwinkel.



Schnittkraft beim Fräsen

Schnittdaten

Werte → TabB "Schnittdaten Fräsen" (I)

- v_c Schnittgeschwindigkeit
 - f_z Vorschub je Zahn
 - a_p max. Schnitttiefe
- sind abhängig von
- Schneidstoff (HM, HSS)
 - Werkstoff
 - Schruppen / Schlichten bzw. Grob- /Feinbearbeitung

Einstellwerte

Formeln → TabB (II, III)

- $n = \frac{v_c}{\pi \cdot d}$ (Drehzahl)
- $V_f = f_z \cdot z \cdot n$ (Vorschubgeschwindigkeit)

Schnittkraft

Formeln → TabB (II)

Schnittkraft $F_C = 1,2 \cdot A \cdot k_C \cdot C$

- Korrekturfaktor 1,2 für Fräsen
- Spanungsquerschnitt $A = a_p \cdot f_z$
- spez. Schnittkraft k_C → TabB (II), hängt ab von:
 - Werkstoff
 - Spanungsdicke $h = f_z \cdot \sin \kappa$ bzw. $h \approx f_z$ für $d = 1,2 \dots 1,6 \cdot a_e$ (Bild → II)
- Korrekturfaktor C für Schnittgeschwindigkeit v_c

Schnittleistung

Schnittleistung P_C

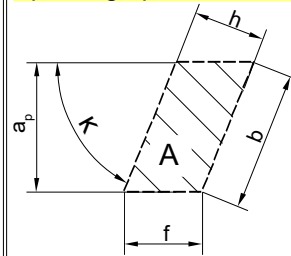
- $P_C = z_e \cdot F_C \cdot v_c$
 - Korrekturfaktor 1,2 für Fräsen
 - Anzahl Schneiden im Eingriff z_e → TabB II
- Antriebsleistung P_{Mot}
berücksichtigt Verluste in der Maschine
- $P_M = \frac{P_C}{\eta}$
 - η Wirkungsgrad der Fräsmaschine
= wichtigste Kenngröße des Ingenieurs

Fräsen_AB_TG-Zug

1) Schaftfräser Ø14 HSS in Al, $z = 6$, Schruppen. Ges.: Schnittdaten, Schnittkraft, Schnittleistung

Fundstellen		[Euro-TabM46]			
I "Schnittdaten, Fräsen"					
II "Schnittkraft, Stirnfräsen"					
III "Drehzahldiagramm"					

Spanungsquerschnitt



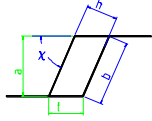
Ft_TA_39_Schnittkraftberechnung.odt



Schnittkraftberechnung

(typische Ingenieurslösung)

Span- und Spanungsgrößen



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

Grundformel

$$F_c = A \cdot k_c \cdot C_1 \cdot C_2 = h \cdot b \cdot k_c \cdot C_1 \cdot C_2 = f \cdot a \cdot k_c \cdot C_1 \cdot C_2$$

F_c Schnittkraft [N]

A Spanungsquerschnitt [mm]

k_c spezifische Schnittkraft [N/mm²]

– spezifisch = bezogen auf die Spanfläche

– ≠ const, hängt von vielen Faktoren ab

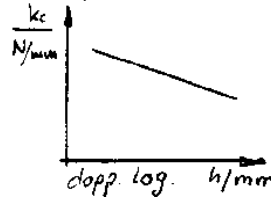
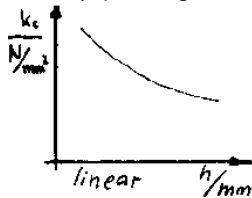
– wird in Versuchen ermittelt

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 Spannungsdicke in mm []

– m_c Werkstoffkonstante []

Korrekturfaktoren

C_1 für den Schneidstoff

C_2 für den Schneidenverschleißstoff

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 Spannungsbreite $b = 0,5 \text{ mm}$ überdreht werden. Wie groß ist die Schnittkraft F_c ?

2) Entnehmen Sie den Lösungsweg aus dem Tabellenbuch

[EuroTabM] „Schnittkraft, Drehen“

Genaue Berechnung „Scherfläche x Scherfestigkeit + Umformkraft + Reibungsverluste = Schnittkraft“ ist in der Praxis schwierig weil die Umformung vom 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!

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

4) Einflussfaktoren auf die (spezifische) Schnittkraft und ihre Auswirkung auf die Berechnung (im Detail siehe Reichard)

- Die Scherkraft ist proportional zur Scherfläche, diese steckt im Spanungsquerschnitt A
- Durch die Spannungsbreite b verändert sich der Spanvorgang nicht, außer dass die doppelte Spannungsbreite 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 Spannungsdicke h und dem Werkstoff ab. Die spezifische Schnittkraft hängt also von der Spannungsdicke h und dem Werkstoff ab.
- Mit steigender Spannungsdicke h wird der Span immer weniger umgeformt, d.h. doppelte Spannungsdicke h bzw. doppelte Spanmenge benötigt nicht mehr doppelte Schnittkraft. Die spezifische Schnittkraft k_c sinkt mit der Spannungsdicke 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 mm^{m_c}). 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.

[EuroTabM] „Schnittkraft, spezifische“

Lsg Aufgabe 1a

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

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

Die Korrekturfaktoren wechseln gelegentlich in den TabB

[EuroTabM46] S.319 „Drehen, Schnittkraft und Schnittleistung“

[EuroTabM46] S.329 „Fräsen, Schnittkraft und Schnittleistung“

[EuroTabM46] S.335 „Bohren, Schnittkraft und Schnittleistung“

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.

Ingenieurlösungen 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

Vergleich der Planfräsverfahren

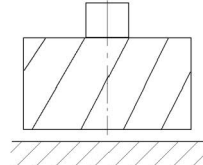
[EuroTabM] 44.Auflage einarbeiten!

AB Fräsen (Roßhart)

Werkzeuglage

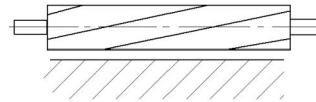
Stirn-Planfräsen

Fräserachse senkrecht ..



Umfangs-Planfräsen

... parallel zur Oberfläche



Skizze

FO Planfräsverfahren

Zeitspannungsvolumen

leichter zu wechseln
größer, da die kürzere Einspannung größere Kräfte erlaubt.

geringer

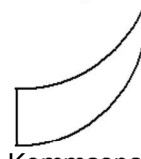
die größere Vorschübe beim Stirnplanfräsen senken auch den Energiebedarf je Spannungsvolumen

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

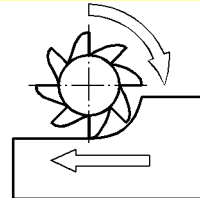
Ausnahmen: Scheibenfräser, gleichzeitiges Fräsen mehrerer Ebenen, Mischverfahren Stirn-Umfangs-Planfräsen

Durchmesser des Messerkopfes.

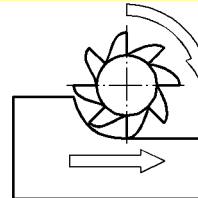
FO Umfangsplanfräsen

Drehrichtung beim Umfangs-Planfräsen

Gleichlaufräsen



Gegenlaufräsen



Bewegungsrichtung

Schneidenbewegung mit ...

... gegen Vorschubrichtung

Schnittverlauf

schlagartiger Eintritt
geschnitten

schlagartiger Austritt
geschabt, gedrückt

Werkstückoberfläche wird

Einschnitt in die alte Oberfläche

Einschnitt in die neue Oberfläche

Oberflächenqualität

besser
erkennbar am matten Glanz

schlechter

Es gilt die Vorschubbewegung des Werkstückes

Schaben erhöht Werkzeugverschleiß

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

Standzeit = Zeit im Eingriff bis zum Nachschleifen

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 $\Rightarrow$ kurze, dicker Späne

AB Fräswerkzeuge

Hinterdrehen von Formfräsern notwendig

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

[EuroTabM46] S.332 „Bohren, Schnittdaten“

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 Durchmesser verringert 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

Ft_TA_32_Fraesen.odt



Hobeln und Stoßen

schon gar nicht mehr in [EuroM] 50. Auflage

Beim Stoßen bewegt sich das Werkzeug, beim Hobeln das Werkstück. (im Gegensatz den den bekannten manuell geführten Hobeln bzw. Elektrohobeln)

Räumen

Spanen mit geometrisch bestimmter Schneide für Innen- und Außenprofile meist in einem Arbeitsgang.

AM Räumnadel

- + schwierige Profile
- + hohe Oberflächengüte
- + große Formgenauigkeit
- teures Einzweckwerkzeug

z.B. Vierkant-, Keilnabe-, Kerbzahn-, Innensechskant-, Polygonprofil

⇒ nur für große Stückzahlen

bei ABB in Baden (CH) werden die Tannenbaumprofile in Turbinenwellen, die zur Aufnahme der Schaufeln dienen, mit 8,8m Hub aus dem Vollen geräumt. (gesehen ca. 1997).

Aufbau, Bauarten, Räummaschinen

siehe Fachbuch



Fertigungsgruppe 3.3: Spanen mit geometrisch unbestimmter Schneide

Schleifen

- + hohe Oberflächengüte
- + geringe Toleranzen
- + auch für harte, schwer zerspanbare Stoffe
- + hohes Zeitspanvolumen möglich

Schleifscheiben

Bestehen aus Schleifkorn, Bindemittel und Poren

Schleifmittel

Dieselben Stoffe wie bei Schneidkeramik

A Korund (Al_2O_3)

- ⇒ zähe, zähnharte Werkstoffe
z.B. Stahl, Schweißnähte, Ti

C Siliciumcarbid (SiC)

- ⇒ weiche und harte Werkstoffe
z.B. Cu, Al, Kunststoffe

B Bornitrid (BN)

- ⇒ Präzisionsschleifen zähharter Werkstoffe z.B. Werkzeugstähle
reagiert mit Kühlschmierstoff, zerfällt ab 1200°C

D Diamant (C)

- ⇒ Präzisionsschleifen zähnharte Werkstoffe außer Stahl
z.B. für HM, GG, Glas, Keramik,

Schleifscheiben

Andere Größen

Schleifverhältnis G

vergleiche Schneidfähigkeit

$$= \frac{\text{Schleifmittlabtrag}}{\text{Werkstoffabtrag}}$$

(mit geometrisch bestimmter Schneide!)

Wesentlich bestimmt durch V_t und V_s .

$$\cong \frac{\text{Schneidstoffhärte}}{\text{Werkstoffhärte}}$$

Körnung	grob	sehr fein
A, C	4	1200
B, D	1181	46
	⇒ Schruppen	⇒ Präzisionsschleifen

Verschleißformen

Kornbelastung

⇒ Folge

- hoch Körner brechen und reißen aus
- niedrig Körner splintern (Selbstschärfeffekt)
- zu niedrig Poren verstopfen, Scheibe schmiert, pfeift und glänzt

Härtegrad von Schleifkörpern

ist der Widerstand des Schleifkornes gegen Ausbrechen

Geschwindigk.-verhältnis

Härtegrad

sehr weich

A

niedrig
(=hoher Vorschub)

weich

hart

hoch
(=niedriger Vorschub)

zu hart

..... Z

Folgen

hoher Verschleiß

Verschleiß schlechtere Oberfläche

gute Oberfläche

schmieren, glänzen, pfeifen Brandschäd.
harte Scheiben verstopfen und halten die Körner zu lange

für

sehr weiche Werkstoffe

verstopfen nicht

Zu harte Scheiben würden verstopfen, ohne dass die Körner ausbrechen.

harte Werkstoffe

Selbstschärfeffekt (mittlere Kornbelastung: etwas Verschleiß dient der Spanleistung)

weiche Werkstoffe würden verstopfen

weiche Werkstoffe

harte Werkstoffe ⇒ Körner reißen

Zu harte Scheiben halten die Körner zu lange fest, verstopfen, schmieren, glänzen und pfeifen. Ein großes Geschwindigkeitsverhältnis wirkt wie eine harte Scheibe (hohes v_q = hohe v_c), ein niedriges v_q wie eine weiche Scheibe (siehe unten).

$$q = \frac{V_t}{V_f}$$

= Bindung der Schleifkörner

Reinigung verschmierter Scheiben durch Abrichten, das auch der Profilierung und dem Rundlauf dient.

AM Abrichtstahl

Abrichtstähle reinigen verschmierte Scheiben und profilieren Profilschleifscheiben, z.B. für Gewindebohrer (Fa. Gühring mit Diamantbeschichtung)

Überarbeiten: [Klingenberg 1967], [Reichard 1993], [EuroM]

AM Ventilsierring aus Stelit

Wie wird er feinbearbeitet?

EuroTabM39 S253 „Schleifen“

Vergleiche Poren mit Spankammer beim Fräsen usw.: ohne geht es nicht!

Auswahl der Schleifscheibe für die Eingangsaufgabe in der Reihenfolge der DIN-Bezeichnung

Im Prinzip sind die Schleifmittel austauschbar außer dem Diamant, der sich nicht mit Eisen verträgt. Die typischen Einsatzgebiete richten sich nach der Wirtschaftlichkeit (Kosten von Bearbeitung, Schleifkörper, Abrichten usw.). Eine Erklärung der Einsatzgebiete auf Grund der Kornform findet man in EuroM52 S.152.

Tabellenbuch

AM Schleifscheibe und Rohmaterial aus Korund

Farbe: rotbraun (Normalkorund) über rot bis weiß (Edelkorund) bei steigender Reinheit.

Vergleiche weiße Oxidschicht auf Aluminium ist Korund.

AM Schleifscheibe und Rohmaterial aus Siliziumkarbid

Schleifscheiben aus SiC sind grün

Vergleiche Silizium im Quarzsand SiO

Vergleiche Schneidkeramik aus CBN (kubischem Bornitrid)

CBN und D sind monokristallin, haben eine hohe Kornfestigkeit und sind deshalb für Glas geeignet. A, C und synthetische Diamanten sind polykristallin und haben mehr Schneidflächen. Reagiert mit Kühlschmierstoff ab 1050°C und zerfällt ab 1200°C.

Hier wie überall hat der Kohlenstoff des Diamanten eine Affinität zu Stahl (auch V, WC), d.h. er diffundiert ab 800°C in den Stahl, und der Diamant verschwindet. Die beiden Stoffe vertragen sich nicht.

Wahl des Schneidstoffes hängt von der Wirtschaftlichkeit ab:

Tabelle siehe EuroM50 S.147

Ein: Schneidfähigkeit: Meißel soll härter sein als der Werkstoff.

Wieso kann man Diamanten schleifen? Schleifverhältnis G.

Die Definition der Schneidfähigkeit macht beim Schleifen keinen Sinn, weil die Härte bei Schleifscheiben anders definiert ist, außerdem kann man auch Werkstoffe schleifen, die härter als der eigentlich Schneidstoff sind (z.B. Diamant schleifen). Härtere Schneidstoffe werden verwendet, um das Schleifverhältnis zu senken. Das beste Schleifverhältnis haben Diamant und Bornitrid, die aber wegen der hohen Kosten oft unwirtschaftlich sind. Korund ist relativ billig

Herstellung: Rohmaterial wird gemahlen und gesiebt

FO Körnung

US-System, bezeichnet die Maschenzahl des Siebes pro Zoll (mesh/inch).
Euro-System, bezeichnet die Maschenweite in μm .

Einsatzbereich siehe EuroFk

Einschub vor Härtegrad

Vergleiche Geländefahrt mit grobstolligen Reifen:

im felsigen Gelände brechen Stollen ab

im normalem Gelände verschleifen die Stollen langsam

in Matsch oder Schnee verstopft das Profil und greift nicht mehr

Ein. im TabB stehen harte Scheiben für weiche Werkstoffe u.u. - Warum? Wieso heißt es harter Schleifkörper und nicht hartes Korn?

Die Auswahl erfolgt nach Werkstoff und Schnittbedingungen.

**Gefüge****dichtes Gefüge (z.B. 0)**

kleine Spanräume

⇒ Schlichten

großes Spanvolumen (a_p , v_f , weicher Werkstoff)

⇒ offenes Gefüge

Bindung von Schleifkörpern**V** Keramik

spröde, wärmostabil

B, BF Kunstharzwärmeempfindlich, zäh ⇒ hohe v_{Umfang} **M** Sintermetall

sehr zäh und verschleißfest ⇒ für D, B

G Galvanische Bindung**R, RF** faserverstärkter Gummi**E** Schellack**maximale Umfangsgeschwindigkeit****Schleifscheibe auswählen****Schnitt- und Vorschubgeschwindigkeit**Schnittgeschwindigkeit v_c hat wenig Einfluss, steigert aber die Schleifleistung.Werkstückgeschwindigkeit v_f in Geschwindigkeitsverhältnis

$$q = \frac{v_c}{v_f}$$

hoch: bessere Oberfläche, zu hoch: Brandflecken

niedrig: wirkt wie weiche Scheibe (Schruppen)

Auswahl der Schnittparameter

 v_c gemäß vorhandener Scheibezugehöriges v_w (v_f) mit q berechnen**Unfallverhütungsvorschriften**

TabB: Farbkodierung für Höchstgeschwindigkeiten

Vertiefung**Einfluss auf die Oberflächengüte****Abrichten von Schleifscheiben****Zweck**

- Reinigen
mit „Igel“
- Rundlauf
mit „Igel“
- Profilieren
mit Diamantscheibe oder massivem Diamant
Crushieren: negativ profilierte Scheibe aus gehärtetem Stahl wird in die Schleifscheibe gedrückt und ohne v_c abgerollt → Körner der Schleifscheibe zerbröseln.
funkenerosiv
elektrochemisch (für metallische Bindungen)

FO Vergleich Gefüge und TeilungVergleiche Teilung bei geometrisch bestimmten Schneiden
Warum nimmt man überhaupt ein offenes Gefüge ?

Eselsbrücke: Eigenschaften der Keramik von Villeroy&Boch

Eselsbrücke: Bakelit, Blastik

Eselsbrücke: Rubber

Besteht im Wesentlichen aus Harzen, die eine ostindische Schildlaus aussondert, um sich darin mit ihren Eier einzuschließen, sodass die Jungen sich darin entwickeln.[Merck 1920]

EuroTabM39 S.254 „Schleifscheiben Auswahl“

EuroTabM39 S.252 „Schleifen“

Geschwindigkeitsverhältnis q ist das Verhältnis zwischen Schnittgeschwindigkeit und Werkstückgeschwindigkeit v_f (oft auch v_w) und umgekehrt proportional zur mittleren Spanungsdicke.
Hohes q verbessert die Oberfläche, kann aber zu Brandflecken führen.
Günstigstes q siehe TabB

AB Unfallverhütung beim Schleifen

Arbeitsblatt mit Bildern unvorschriftsmäßiger Arbeit erstellen und Schüler Fehler eintragen lassen

AB Abschlussprüfungen zum Schleifen

AB Schleifverfahren und Oberflächengüte

Einflüsse besprechen, Erklärungen siehe unten.



Feinbearbeitung

Zweck

- Maßgenauigkeit (Toleranzklasse 5)
- Formgenauigkeit
- Lagegenauigkeit
- hohe Oberflächengüte
- möglichst keine Gefügeänderung

Honen

ist Spanen mit gebundenem Korn unter ständiger Flächenberührung des Werkzeuges (Honstein).

Verfahren

Langhubhonen

Honsteine sind länger als das Werkstück
hervorragendes Ölhalteverhalten
gute Formgenauigkeit

Kurzhubhonen (Superfinish) (Vgl. Schwingschleifer)

Merkmale

Rautiefe Rz = 0,1 .. 10µm

Läppen

ist Spanen mit losem Korn, das zwischen dem formübertragenden Läppwerkzeug und dem Werkstück in ungerichteten Wirkbahnen abrollt

Verfahren

Planläppen

auf Einscheiben-Läppmaschine

Planparallelläppen

auf Zweiseiben-Läppmaschine

Außenrundläppen

Innenrundläppen

Merkmale

matte Oberfläche

[Reichard 1993] und Fragen zur Meisterprüfung einarbeiten

Typisch: Hubbewegung verbunden mit Drehbewegung, sodass sich die Bearbeitungsriefen unter einem vorbestimmten Winkel kreuzen.

z.B. Zylinderlaufbuchsen, Pleuelstangen, Gehäuse von Hydraulikventilen

zylindrische Außenflächen z.B. Lagerstellen von Kurbelwellen, Wälzlagerlaufbahnen

Typisch: Hubbewegung verbunden mit Drehbewegung, sodass sich die Bearbeitungsriefen unter einem vorbestimmten Winkel kreuzen.

z.B. Messgeräte, Lehren, Dichtflächen von Pumpenteilen, Hartmetallwerkzeuge

z.B. Düsenadeln, Prüfzylinder, Hydraulik-Steuerkolben

z.B. Einspritzpumpenteile, Hydraulikventile



Sonstiges Trennen

Erodieren

[EuroTabM] 44.Auflage einarbeiten!
[Rapp 1983]

Funkenerosive Senken

Drahterodieren

Seitenumbruch

**Video Schneidstoffe 2**

Vergleicht die Schneidstoffe HSS, HM, Cermet und Schneidkeramik und zeigt Zusammensetzung, Fertigung und Einsatz der Schneidstoffe. Begriffe:

HSS geringe Schnittgeschwindigkeit

HM Zusammensetzung, Sintern, Beschichtung, Wendeschneidplatten, Schneidengeometrie detailliert, Zerspanungsanwendungsbereiche bis zu Unterschieden in der Zusammensetzung

Cermet: Zusammensetzung, Einsatzbereich

Schneidkeramik: Hitzebeständigkeit, Schneidkantenfase, Rein- und Mischkeramik

0000 HSS, HM, Cermet, Schneidkeramik

0010 HSS: geringe Schnittgeschwindigkeit, heutiger Einsatz

0025 HM: meist angewendeter Schneidstoff mit Beispielen

0045 HM: Zusammensetzung mit Sinterprozess, beschichtete und unbeschichtete Wendeschneidplatten, Beschichtungsprozess,

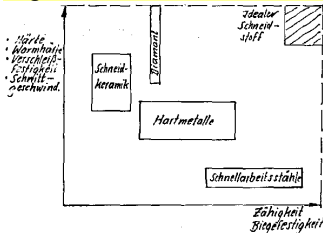
0090 Einsatz bei Fräsen, Drehen und Bohren

0100 Schneidengeometrie detailliert

0140 Zerspanungsanwendungsbereiche bis zur Zusammensetzung der HM-Sorten

0183 Cermet: Zusammensetzung, zum Schlichten aller Stahlsorten

0207 Schneidkeramik

Schneidstoffe**Werkstoff****max. Arbeitstemperatur****Schnittgeschwindigkeit v_c** **Eigenschaften****Sonstiges**

Diamant ist nicht für Stahl geeignet, da die Affinität zw. Fe und C die Diamantschneide (reines C) allmählich auflöst.

CBN usw.**Belastungen**

- stetige oder schlagartige Schnittkräfte
- hohe Temperaturen
- Temperaturschwankungen
- Reibung
- Verschleiß

Beschichtungen**TiN****Zirkonoxid ZOX**

- dünnere Schicht als TiN → Kanten schärfer

Schnellarbeitsstahl

HSS, SS

600°C

sehr zäh

⇒ für komplizierte Formen

Fräser, Bohrer, Räumnadeln, Reibahlen

⇒ für scharfe Schneiden

Leichtmetalle, Kunststoff

HM

Härtemittel & Bindemittel

TiC, TaC, WC & Co

900°C

bis 10 x HSS

hart

⇒ für harte Werkstoffe

Hartguss, hochvergütete CrNi-Stähle, oberflächengehärtete Werkstücke, Glas, Granit, Porzellan, Duroplaste, Hartgummi

spröde ⇒

unterbrochener Schnitt?

temperaturschockempfindlich

⇒ ganz oder gar nicht kühlen

len

Wendeschneidplatte

auch Voll-HM-Werkzeuge

Werkzeuganwendungsgruppen siehe unten

Schneidkeramik

meist Al_2O_3 (Korund), auch

Cermet, CBN, Si_3N_4

1200°C

bis 3 x HM

sehr hart

⇒ für Eisenmetalle, HSS

sehr spröde

⇒ kein unterbrochener

Schnitt

sehr temperaturschockempfindlich

⇒ nicht kühlen

Wendeschneidplatte

FO Kyocera

Beschichtung möglich**Anforderungen**

- Anlassbeständigkeit (= Warmhärte); Verschleißfestigkeit; Zähigkeit (= Biegebruchfestigkeit); Temperaturwechselbeständigkeit, Schneidfähigkeit

Härte muss wesentlich über dem Werkstück-Werkstoff liegen, Schneidkante muss scharf sein

Herr ? von Hoffmann Group, 27.06.2011: beschichtete Werkzeuge werden bei Ihnen vor dem Nachschleifen entschichtet.



Wendeschneidplatten

Wendeschneidplatte DIN 6590 SPMN 15 04 ED N P20
DIN6590 ohne Bohrung

S quadratisch
P Normalfreiwinkel = 11°
M Toleranzklasse
N ohne Spanleitstufe, von oben geklemmt
15 Kantenlänge in mm
04 Dicke in mm ohne Dezimalstelle
E Einstellwinkel 75°
D Nebenfreiwinkel 15°
N rechts- und linksschneidend
P20 Zerspanungs-Anwendungsgruppe

Zerspanungs-Hauptgruppen bei HM

TA Belastungen und Notwendige Eigenschaften für
Schneidstoffe einarbeiten

P für langspanende Werkstoffe

z.B. Stahl, GS, ungeeignet für NE-Metalle

M für lang- und kurzspanende Werkstoffe in speziellen
Anwendungsgebieten

z.B. Hartstähle (z.B. Nirosta), NE-Metalle, GG

K für kurzspanende Werkstoffe

G?, NE-Metalle, Nichtmetalle

Kurzzeichen

P
M 01 10 20 30 40 50
K
←
Karbid-Anteil und Härte
zunehmende Schnittgeschwindigkeit v_c
Co-Anteil und Zähigkeit
zunehmender Vorschub f

Schnittdaten

Aufgaben

- 1 Eine Welle $\varnothing 40$ aus 16MnCr5 mit Längsnut soll überdreht werden. Zur Verfügung stehen die HM M10, K01, P01, P40. Wählen Sie HM, Vorschub, Schnittgeschwindigkeit, Drehzahl?
Lsg: P für Stahl, 40 für Zähigkeit (unterbrochener Schnitt)

Ütlg.

Video Schneidstoffe 1

Wendeschneidplatte

anschließend Werkzeugverschleiß

EuroTabM39 243 Wendeschneidplatten

DIN 6590 steht nicht im DIN-Nummern-Verzeichnis des Tabellenbuches Europa Ausgabe 41, siehe Inhaltsverzeichnis

Ütlg aus Wendeschneidplatten: Welche Bedeutung hat P 20 ?

EuroTabM39 S.134 „Zerspanungsgruppen“

Farbverlauf wie beim Regenbogen: UV, Blau, Gelb, ..., Rot, IR

Kennfarbe blau

Kennfarbe gelb

Kennfarbe rot

Mittelding

Kennfarbe rot

kurzspanend, kein Stahl

Die Schnittgeschwindigkeit wird auf die Standzeit ausgelegt. Durch die zunehmende Härte kann die verschleißfördernde Schnittgeschwindigkeit gesteigert werden.

Mit dem Vorschub steigen die Kräfte, die wiederum Zähigkeit verlangen.

EuroTabM39 S134 „Hartmetalle“: P für Stahl, 40 für Zähigkeit (unterbrochener Schnitt)

EuroTabM39 S247 „Drehen, Richtwerte“: unbeschichtetes HM P40; $v_c = 70 \dots 95 \text{ m/min}$; $f = 0,1 \dots 1,5 \text{ mm}$. Gewählt wird $v_c = 90 \text{ m/min}$ und $f = 0,2 \text{ mm}$ (wegen Überdrehen = Schlichten)

EuroTabM39 S230 „Drehzahlprogramm“ $n = 710 \text{ /min}$ für $v_c = 90 \text{ m/min}$

**Video Schneidstoffe 1****Schneidstoffe 1 Grundlagen**

Zeigt für die Schneidstoffe HSS, HM, Cermet, Schneidkeramik, CBN und PKD die unterschiedlichen Eigenschaften hinsichtlich Zähigkeit und Verschleißfestigkeit. Behandelt Auswirkungen der Reibungswärme, Werkzeugverschleiß, Schnittparameter (Werkzeugdaten) und Schneidengeometrie ein und zeigt kurz Wendeschneidplatten

0000 Vorspann Drehvorgänge

0016 Werkzeuge mit Wendeschneidplatten für Fräsen, Drehen und Bohren

0022 Schneidstoffe HSS, HM, Cermet, Schneidkeramik, CBN, PKD

0036 Verschleißfestigkeit, Zähigkeit: Schneidkeramik zum Schlichten bei hohen v

0075 Diagramm Zähigkeit, Verschleißfestigkeit

0090 Reibung, Temperatur, Warmhärte für Schneidstoffe

0102 Werkzeug-: Freiflächen-, Kolk-, Oxidationsverschleiß, mechanisch und chemisch

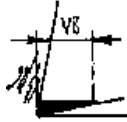
0135 Werkzeugdaten

0163 Schneidengeometrie

0222 Wendeschneidplatten für Fräsen, Drehen, Bohren

Werkzeugverschleiß**Verschleißformen**

Freiflächenverschleiß



Kolkverschleiß



Kantenabrundung



Spanflächenverschleiß

**Verschleißursachen**

Reibung, Ausbrüche (z.B. durch Aufbauschneide), Diffusion, Oxidation

Folgen

Maßgenauigkeit, Rautiefe, Standfestigkeit

Aufbauschneide**Ursachen**

kleine oder negative Span- $\angle$, niedrige v_c , zähe Werkstoffe, Verwandtschaft zum Schneidenwerkstoff

Bild Aufbauschneide**Folgen**

- undefinierte Schneidengeometrie
- wie oben + Ausbrüche

Standzeit**Standkriterien**

Verschleißmarkenbreite VB z.B. VB = 0,2 (mm)

Rauheit des Werkstückes z.B. R_a = 12,5 (μ m)

VB: Verschleißmarkenbreite

Ist die Zeit, die eine Schneide spanend im Eingriff ist, bis Nachschleifen erforderlich ist.

Einflussfaktoren

v_c hat den größten Einfluss auf die Standzeit

FO Einfluss der Zerspanungsgrößen auf den Verschleiß

i.d.R. wird v_c so gewählt, dass eine Standzeit von 15' erreicht wird?



Hauptgruppe 4: Fügeverfahren

Fügen

verbindet mehrere Werkstücke miteinander

FO zerlegter Polizeipanzer von G.Seyfried

- 1) Ein: Das kriminalistische Problem „Wer war das?“ können wir zwar nicht lösen, aber wir können das kleine Malheur beheben.
- 2) In welcher Hauptgruppe sind die nötigen Fertigungsverfahren eingeordnet.

Wdhg: Die 6 Hauptgruppen der Fertigungsverfahren sind: Urformen, Umformen, Trennen, Fügen, Stoffeigenschaften ändern und Beschichten.
Fügen verbindet hinsichtlich allgemeiner Energieübertragung (z.B. Schweißen - Kraft, z.B. Keilriemen - Bewegung), Stofffluss (z.B. Bremsleitung) oder Informationsfluss (z.B. elektrische Kabel) [HTFKM 1990] S.285.

- 3) Brainstorming: Welche Fügearten kennen Sie? Gegliedert an die Tafel schreiben, anschließend Unterschied finden lassen

Fragestellung ?

Fügearten

kraftschlüssig

Zusammenhalt durch Reibung

Klemmen

z.B. Kabelschuh,

Schrauben

z.B. Zylinderkopf gegen Verschieben

formschlüssig

Zusammenhalt durch ineinander passende Formen

Schnappverbindungen

z.B. Auskleidung im Kfz, Stecker, Kabelbinde

Schrauben

z.B. Zylinderkopf gegen Abheben

z.B. Passschrauben

stoffschlüssig

Zusammenhalt durch Verbindung der Werkstoffe

Löten

FO Hartlöten einer Karosserie

Kleben

z.B. Scheiben, Schraubensicherung, Bremsbeläge, Alu-Karosserie des Lotus Elise

Schraubverbindungen sind kraftschlüssig = sie halten durch Reibung.

Nur Passschrauben dürfen scherbelastet werden.

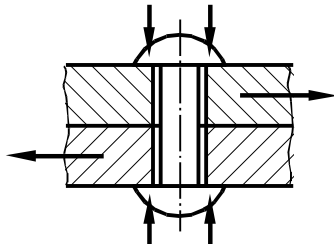
Pressen

z.B. aufgeschumpfte Lager

Kegel

z.B. Werkzeugkegel

Warmnieten



Werkstücke verspannen beim Abkühlen.
z.B. Stahlbau (auch die Titanic wurde mit Warmnieten gebaut, damit die Stahlplatten wasserdicht zusammengezogen wurden.)

Keilriemen

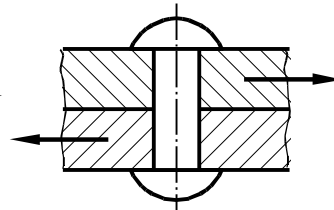
Passfedern, Keilwellen

z.B. Keilriemenrad auf Lima

Bolzen, Stifte

z.B. Kolbenbolzen

Kaltnieten



wirken wie ein Zylinderstift oder Bolzen
z.B. Bremsbeläge, Karosseriereparatur
FO Nietverfahren, Blindnieten

Schweißen

z.B. Stahlkarosserien

Geeignete Aluminiumverbindungen Mg- oder Cu-Anteile) härten beim Warmauslagern langsam aus. Alu-Nieten im Flugzeugbau werden deshalb bis zur Fertigung kalt gelagert, härten nach der Montage aus und erhalten erst dann die notwendige Scherfestigkeit.

bei Überlastung

⇒ rutscht durch

⇒ schert ab

⇒ Werkstoff wird zerstört

FO Fügeverfahren

FO Beispiele für Fügeverfahren

Viele Verbindungen enthalten mehrere Prinzipien

lösbar

wenn die Verbindung mit denselben Elementen wieder gefügt werden kann

unlösbar

wenn ein Element der Verbindung beschädigt wird.

Ütg: Ein stark beschädigter Kotflügel soll ausgewechselt werden.

Wie sind Kotflügel montiert? Geschraubt oder geschweißt.

Welchen Unterschied macht dies für das Auswechseln?

Vtfg: Ordne im TA Wirkprinzipien zu, welche Verbindungen lösbar und welche unlösbar sind.

AB Wirkprinzipien der Fügeverfahren

- 4) [EuroKfz] 29.Auflage ist veraltet. Suchen Sie Bilder in der neuen Ausgabe!

AB erstellen

Gesamtvertiefung

Bilder von gefügten Teilen in [EuroKfz] 29.Auflage

S.137 WNV, Konus, Scheibenfächer, Keilwelle

S.138 Klemmverbinder

S.145f Nieten HohlNieten (→ [Decker 2009] S.192)

S.148 Schnappverbindung

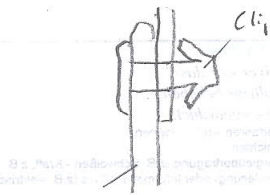
S.226 Pleuel

S.239 Ventilkeile

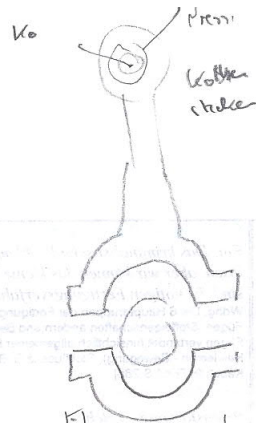
S.565 Klemmstück Batteriepol



Beispiele aus Kfz



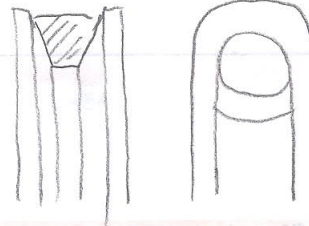
Innenverkleidung



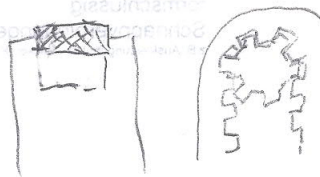
Passscheibe

1. Verbinden, Flansch-PS
2. Verbindung Flansch-KW

Keilriemen



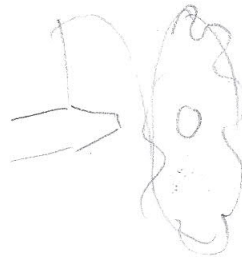
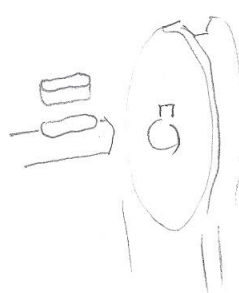
Zahnrad



spielt keine Rolle
kein Antrieb von
Gewebe, für Wasser
Kleinteile

Drücken durch
→ können auch Zahne
haben, um die
Werkarbeit zu
verringern

→ ruft viel Druck
nötig, für die
Notbremse, damit



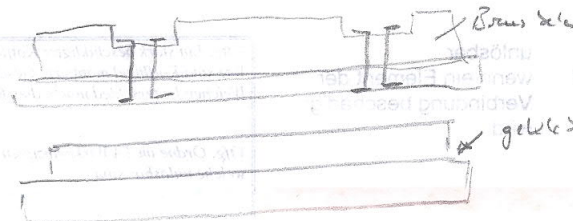
Schraubzieher

Zahnrad

Zahnrad

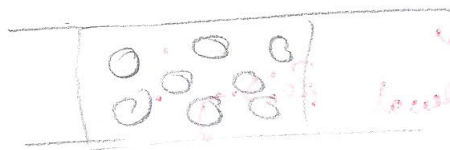


Axial
tafel
abnehmbar



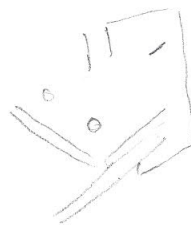
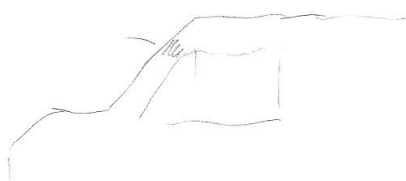
Brassblech

geklebt



Bayonettschluss

FK Kfz durchgeh





Schweißen

Alternative Einführung

Versuch Stiftschweißen

7 Stabstifte bündeln, den mittleren herausstehen lassen, mit der Hand fest zusammen drücken und so gegen den Tisch schlagen, dass der herausstehende Stift zwischen die an deren geschoben wird: Stifte verschweißen durch die Reibungshitze.

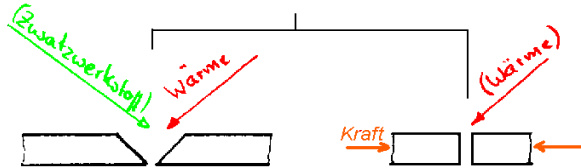
1) Warum bleiben die Stifte aneinander kleben?

ist das Verbinden oder Beschichten von Werkstoffen mit oder ohne Zusatzwerkstoff. Der Werkstoff wird dabei flüssig.

Merkmale

- + freie Gestaltung, einfache Ausführung
- + Gewichtseinsparung
- + keine Gussmodelle erforderlich
- Gefügeänderung in der Schweißzone
- Verzug und Schrumpfung am Bauteil
- nicht für alle Metalle geeignet

Einteilung der Schweißverfahren



Schmelzschweißen

mit Wärme und ggf. Zusatzwerkstoff

- Gasmelzschweißen (A-Schweißen)
- Lichtbogen schmelz-Sch. (E-Schweißen)
- Unterpulver-Sch.
- Lichtbogen-Sch.
- Schutzgasschweißen

Pressschweißen

mit Wärme und Kraft

- Widerstandspressschw.
- Punktschweißen
- Reibschweißen

Im Einzelnen

Pressschweißen

.. mit elektr. Strom

z.B. Punktschweißen

.. durch Bewegung

z.B. Reibbolzenschweißen

rotationssymmetrische Teile werden aneinander gepresst, ein Teil wird gedreht. Aufschmelzen durch Reibungswärme, für Hohlshaftventile, Kunststoffe, aus dem Vollen gefrästes Turbinenrad und die Welle fügen (ABB, Baden, 1995) usw..

.. durch elektr. Gasentladung o.ä.

z.B. mit magnetisch bewegtem Lichtbogen

.. durch Gas

z.B. Feuerschweißen

Uraltverfahren: Teile werden im Feuer erhitzt und aufeinander geschmiedet, funktioniert auch bei Gusseisen, inzwischen verdrängt.

Gießpressschweißen

Schmelzschweißen

.. durch elektrischen Strom

.. durch Strahl

z.B. Lichtstrahlschweißen

.. durch Flüssigkeit

z.B. Gießschmelzschweißen

AM Bimetallventil

1) Wie werden Schaft und Teller bei Bimetallventilen gefügt?

2)

Um optimale Werkstoffe für die thermische Belastung am Ventilteller und für die Reibung am Schaft einsetzen zu können, werden manche (Auslass-)ventile aus 2 verschiedenen Werkstoffen durch Reibschweißen gefügt. Ventilsitz und Schaftende können durch Auftragschweißen verschleißfest gemacht werden. Man nennt dies panzern.

Definition: Schweißen (thermisches Fügen) ist das stoffschlüssige Vereinigen oder Beschichten von Werkstoffen in flüssigem oder plastischen Zustand unter Anwendung von Wärme und / oder Kraft, ohne oder mit Zusatzwerkstoff. (EuroM50 S190). In Ausnahmefällen bleibt der Werkstoff fest (Diffusionsschweißen, Kaltverschweißen, z.B. von Parallelendmaßen) oder teigig (Kunststoffe).

nicht unterrichten

Wärme kann durch Druck, Reibung, elektrischen Strom, Gasflamme, Holzkohlenfeuer u.v.a.m. eingebracht werden.

Zusatzwerkstoff kann auch beim Schmelzschweißen entfallen.

Beim Pressschweißen kann die Wärme entfallen, wenn genügend Druck vorhanden ist, z.B. beim Sprengschweißen.

FO zu Schweißverfahren

Schweißverfahren, die nicht vertieft werden, können hier an Hand der Folien erläutert werden.

Mbm, Kfz nur Pressschweißen durch elektr. Strom

FO Einteilung der Schweißverfahren (Schal S158f)

FO Punktschweißen (Schal S166 bis 169)

Bauteile werden zusammengepresst und Strom hindurch geschickt. An der Berührungsstelle ist der höchste Widerstand, die Werkstoffe werden dort am heißesten und (ver-)schmelzen. z.B. Buckelschweißen für Monierstahlgeflechte.

FO Reibschweißen (Schal S163)

z.B. Sprengschweißen für unterschiedlichste Werkstoffe untereinander, z.B. Ta (Smp. 2800°C) mit Cu (Smp. 1083°C).

Bauteile werden mit kleinem Spalt gefügt. Dann wird ein Lichtbogen dazwischen gezündet und magnetisch geführt, für Rohre.

z.B. Diffusionsschweißen

Teile werden gepresst und bei Luftabschluss bis knapp unter die Soliduslinie erhitzt. Die Verbindung erfolgt durch Diffusion (etwa wie Löten ohne Lot), für Reaktor- und Luftfahrttechnik.

Gießfuge wird z.B. mit Thermit (ausgegossen und?) erwärmt, Fe wird Zusatzwerkstoff, Al_2O_3 schirmt Luft ab und schwimmt obenauf.

Elektroden schmelzen ab, auf der Schmelze liegt Schlacke (Schweißnaht ist beidseitig ein geformt). Die Wärme entsteht nicht durch Lichtbogen, sondern durch Widerstand in der Schlacke ähnlich dem Unterpulverschweißen. Vorteil: billig bei hoher Schweißleistung, wenig Pulververbrauch.

Wärme durch fokussiertes Licht, für Glas, Keramik, Kunststoffe, auch Metalle.

ähnlich Gießpressschweißverfahren ohne Pressung, für Langschienen der Bundesbahn über mehrere Kilometer



Schutzgasschweißen

Schutzgas schirmt das Metall und die Elektrode gegen Luft ab und sorgt für guten Stromfluss

Merkmale

- + alle Stromarten möglich
- + Stumpfnähte usw. leicht zu schweißen, auch vertikal und über Kopf.
- + wenig oder kein Verlust an Legierungselementen, deshalb gute Eigenschaften der Schweißnaht.
- + glatte, saubere Oberfläche, kein Flussmittel nötig
- + fast alle gebräuchlichen Metalle schweißbar

Kfz: Wichtigste Verfahren in der Kfz Werkstatt?

Meister: Einfachstes Verfahren für den Heimwerker?

nicht unterrichten

Wechselstrom oder Gleichstrom in beiden Polungen

Einteilung der Schutzgasschweißverfahren

Video Schutzgasschweißen

Schüler in drei Gruppen teilen (WIG, MIG und MAG); Auftrag:

- Was heißt WIG, MIG und MAG?
- Welche Elektrode wird eingesetzt?
- Welches Schutzgas wird verwendet?
- Wofür wird das Verfahren angewendet?

	WIG Wolfram-Inertgas-Schw.	MIG Metall-Inertgas-Schweißen	MAG Metall-Aktivgas-Schweißen
		MSG (Metall-Schutzgasschweißen)	
Elektrode	Dauer-Elektrode aus <u>Wolfram</u> Wolfram ist sehr hitzebeständig (Glühfaden einer Glühlampe) und wird kaum verbraucht. Wechsel- oder Gleichstrom mit negativer Polung (positive Elektrode wird geschont.)	abschmelzende <u>Metallelektrode</u> (= Zusatzwerkstoff) Zusatzwerkstoff dient gleichzeitig als Elektrode und muss ständig von der Rolle nachgeführt werden. Dadurch erspart man sich thermische Probleme mit der Elektrode und kann praktisch jede Stromart verwenden, aber man bekommt Probleme durch ständiges Ändern des Abstandes der Elektrode zum Werkstück, Elektrodenform, Stromstärke usw.	
Schweißgas	Inertes Schutzgas: reagiert nicht mit dem Werkstoff (z.B. Ar, He, H ₂) Inert: Vergleiche Edelmetalle (Gold läuft nicht an) und Edelgase (reagieren nicht) Alle Gase rein oder gemischt, reiner H ₂ nur noch selten.	Inertes Schutzgas (z.B. Ar, He)	Aktives Schutzgas: reagiert mit dem Werkstoff, (z.B. Ar mit CO ₂ oder O ₂) - billig, verbrennt aber Legierungselemente CO ₂ ist thermisch instabil, zerfällt im Lichtbogen und setzt O ₂ frei. H ₂ wird zur Reduktion eingesetzt. N ₂ mit 1 .. 30% H ₂ -Anteil dient dem Wurzelschutz.
Anwendung, Merkmale	+ hochwertige Schweißverbindung für alle Metalle, besonders für Leichtmetalle, Wechselstrom und Cr- und CrNi-Stähle Gleichstrom - teuer, langsam - besonders mit Zusatzwerkstoff schwer handzuhaben	+ für NE-Metalle	+ für un- und niedriglegierte Stähle weil hier keine Legierungselemente verbrannt werden können, mit viel Ar auch für hochlegierte Stähle + leicht zu lernen + leicht anzuwenden + hohe Schweißleistung + billig (Karosseriebleche)

Aufbau einer MIG / MAG-Schweißanlage

FO MIG-MAG-Schweißanlage

EuroKfz25 S.85 Bild 1 und 2 „Schweißbrenner, MAG-Schweißen“

Besprechung an Hand Fachbuch und Folie, ohne TA

- Welche Bauteile hat eine MIG/MAG-Schweißanlage und Brenner
- Welche Aufgaben haben die Teile?

- Ar, CO₂, O₂: schirmen Schweißstelle gegen Luft ab; verlangsamen Auskühlen und verbessern Plasmaaufbau
- die Anlage kann für MIG- und MAG-Schweißen verwendet werden, es muss nur die Gasflasche ausgetauscht werden.

Flaschendruck muss von > 100bar auf Arbeitsdruck reduziert werden (Acetylen 0,25 .. 0,5 bar; Sauerstoff 2,5bar; Schutzgas?). Wie funktioniert das?

In Partnerarbeit mit Fachbuch Funktion erarbeiten und dann besprechen.

Lernziel: Zeichnung lesen, Funktion beschreiben, Druckregelventile kennenlernen (sind häufig im Kfz!)

FO Druckminderer

EuroKfz25 S.81 Bild 1 2 „Schweißen“

- begrenzt Schutzgasverbrauch
- Draht wird nachgeführt
- Geschwindigkeit, Strom und Werkstoff müssen aufeinander abgestimmt sein
- Elektrodendraht, Stromzufuhr, Schutzgas, eventuell Kühlung (falls der Elektrodenquerschnitt für die Stromstärke nicht ausreicht).

führt Strom zurück. Man muss die Polung beachten, weil durch die kinetische Energie der Elektronen die Temperatur der +Seite höher als die der - Seite ist. Je nach Ort des Anbringens kann der Rückstrom den Lichtbogen beeinflussen (Blaswirkung).

- steuert Schweißstrom
- abstimmen mit Drahtwerkstoff, Werkstückdicke und Geschwindigkeit

führt Drahtelektrode

Strom und Drahtvorschub werden gleichzeitig geschaltet

Schutzgase

Druckminderer

Antrieb für Drahtvorschub

Schlauchpaket

Polklemme

Schweißspannung

Drahtführungsseele

Schalter



Einstellungen beim MIG-MAG-Schweißen

Matrix und Beschriftung vorgeben; Hitze, Schweißleistung und Anwendung fragend entwickeln. Lichtbogenarten

Drahtvorschub		Drahtvorschub klein	Drahtvorschub groß
Schweißspannung		⇒ kleine Schweißleistung	⇒ große Schweißleistung
Schweißspannung klein 14 - 25 V, bis 125 A ⇒ kleine Hitze		dünne Bleche Zwangslagen ⇒ Kurzlichtbogen	
Schweißspannung groß 25 - 40 V, 125 - 350 A ⇒ große Hitze			dicke Bleche, keine Wurzelnähte ⇒ Sprüh-/Langlichtbogen

Vergleiche Stromstärken:
Glühbirne 100 W mit 0,5A bei 220V
Glühbirne 100W mit 8 A bei 12W
Anlasser 150 .. 250 A

Schweißspannung und Drahtvorschub müssen auf Blechdicke und Werkstoffe abgestimmt sein.

Schweißrichtung

Gemeint sind die Werkstoffe der Werkstücke und der Elektrode.

nur bei Meister:

[Video MAG 1 Lichtbogenarten](#)

anschließend Lichtbogenarten eintragen.

Gleichartiges Problem bei E- und A-Schweißen

[FO Schweißrichtung](#)

Gefahren beim Schweißen

Gefährlich ist zwar der Strom und nicht die Spannung, aber ab ca. 40V kann tödlicher Strom im Körper entstehen

Bei Kontakt mit elektrischen Spannungen ab ca. 40V können im Körper gefährliche Ströme entstehen. Diese führen zu Verbrennungen oder zu Muskelkrämpfen (z.B. Herzstörungen).

⇒ Schutzkleinspannung 40V

Auch bis 40V können tödliche Ströme entstehen, wenn ungünstige Umstände vorliegen:

- kurze Wege (Brust - Herz - Rücken, Schläfe - Hirn - Schläfe)

⇒ besondere Vorschriften in engen Räume, z.B. Karosserien

Der Schüler soll verstehen, dass bereits geringe Spannungen gefährliche Ströme entstehen lassen können.

Warum stellt man die Spannung nicht höher ein ?

Impulse: Elektrostatische Entladung haben bis 100000V und sind ungefährlich, die Autobatterie bringt beim Anlassen 200 A und ist ungefährlich.

**Gasschmelzschweißen****Merkmale**

- + unabhängig von Strom
- + Reduktionswirkung
- Flamme hat wenig Energie (bis ca. 4mm Stahl)

Sicherheitsregeln*AB Sicherheitsregeln im Umgang mit Gasen**AB Sicherheitsregeln beim Umgang mit Gasflaschen***Gasverbrauch****Aufbau der Anlage****Sauerstoffflasche****Acetylenflasche****Druckminderer****Sicherheitsvorlagen****Flammrückschlagventil****Acetylen-Sauerstoff-Flamme****neutrale Flamme**

Gas : O₂ = 1 : 1 .. 1,1

Der optimale Arbeitsbereich liegt 2 .. 5mm vor dem hell leuchtenden Flammenkegel

- größte Temperatur
- schwach reduzierende Wirkung des CO für Fe

Sauerstoffüberschuss

- oxidiert Fe-Werkstoffe, Schlackeneinschlüsse
- + verhindert Verdampfen von Zn in CuZn-Legierung

Acetylenüberschuss

- kohlt Fe auf ⇒ Versprödung
- für Hartlötten, Al, Mg und GG

Flamme einstellen

Sauerstoff zuerst ein und zuletzt aus

Schweißrichtung

Wichtig ist das vollständige Aufschmelzen der Fugenflanken.

Nachlinksschweißung (NL)

für Bleche bis 3mm wg. der geringen Wärmeabgabe

Nachrechtsschweißung (NR)

für Bleche ab 3mm wg Schutz des Schweißbades vor Luft und schneller Auskühlung

Zusatzwerkstoff

Schweißstabklassen I bis VI farbig gekennzeichnet, Anwendung und Eigenschaften siehe TabB

Schweißgeeignete Werkstoffe

- Allg. Baustähle, Feinkornbaustähle, niedriglegierte Stähle mit C max. 0,2% gut schweißbar
- hochlegierte Stähle, GG, Al nur bedingt schweißbar (mit Flussmitteln)

Schweißsinnbilder in techn. Zeichnungen

Kennzahl 3 bzw. 311

nicht Kfz

Autogenschweißgeräte bleiben auch in der Kfz-Werkstatt unverzichtbar zum Erwärmen zum Schrauben usw.. (Krafthand 127/95; Tips zur Einrichtung einer Werkstatt.)

Bearbeitung zuerst, weil die Sicherheitsregeln einige Besonderheiten begründen, z.B. dass Acetylen durch den Sauerstoff angezogen wird, weil Acetylen bei Drücken über 2bar explosionsartig zerlegt. Bei niedrigen Drücken kann aber nicht genug Acetylen strömen

Formeln und Werte: [EuroTabM] „Druckgasflaschen“

FO Gasschmelzschweißausrüstung

und Schlauch sind blau, kein Fett oder Öl verwenden,

gelb oder weiß, Schlauch rot

Acetylen verbrennt unter starker Wärmeabgabe: $2C_2H_2 + 5O_2 \rightarrow 4CO_2 + 2H_2O + 624kcal$; früher hergestellt aus Calciumcarbid: $CaC_2 + H_2O \rightarrow C_2H_2 + Ca(OH)_2$; Calciumcarbid entsteht im Lichtbogen elektr. Öfen aus Koks und gebranntem Kalk: $CaO + 3C \rightarrow CaC_2 + CO - 110,5kcal$

FO Druckminderer

reduziert Flaschendruck auf Arbeitsdruck

Sauerstoff 2,5 bar; Acetylen 0,03 .. 0,8 bar

FO Sicherheitsvorlage

verhindert bei Flammrückschlag, dass Gas in die Flasche tritt.

Die Gasaustrittsgeschwindigkeit muss größer als die Zündgeschwindigkeit sein. Wird sie unterschritten, kann es zum Flammrückschlag kommen.

FO Brenner

FO Acetylen-Sauerstoff-Flamme

Auch andere Brenngase möglich, Acetylen ist bevorzugt, weil es die höchsten Verbrennungstemperaturen erzeugt.

Wie wird das Verdampfen verhindert?

Weil Sauerstoff Acetylen ansaugen soll

TA siehe Blatt (einarbeiten)

gilt für Rechtshänder

FO Schweißrichtung

Brenner zeigt in Richtung Fuge, Blech wird vorgewärmt, schnelles Schweißen möglich

Brenner zeigt in Richtung der fertigen Schweißnaht, Schweißnaht kühlt langsamer ab
Wenn das Schweißbad bzw. das Blech zu schnell abkühlt, kann es zum Abschreckhärten mit Verspröden kommen.

EuroTabM39 S268 „Gasschweißen“

EuroTabM39 S268 „Gasschweißen“

Martensitbildung

EuroTabM39 S88 „Schweißsinnbilder“



Lichtbogenhandschweißen

= E-Schweißen

Wärmequelle: elektrischer Lichtbogen

Zusatzwerkstoff: Stabelektrode

Sicherheitsregeln

AB Sicherheitsregeln beim Lichtbogenschweißen

Aufbau der Anlage

Schweißstromquellen

Schweißtransformator (AC in AC)

- + einfach, verschleißarm, leise, kaum Blaswirkung
- nicht für alle Elektroden, schlechte Zündeigenschaften, sehr gefährlich, deshalb übliche Leerlaufspannung max. 80V~

Schweißgleichrichter (Drehstrom in DC)

- + Leerlaufspannung bis max. 100V -
- + kurzschlussichere Bauart ist für enge Räume zugelassen (Leerlaufspannung max. 42V-)
- + sehr gute Schweißeigenschaften, für alle Elektroden, Polung wählbar
- Blaswirkung, teuer

Schweißumformer (Schweißaggregat, Motor erzeugt DC)

- + wie Schweißgleichrichter
- laut, Wartung nötig, Leerlaufverluste

Gleich- oder Wechselstrom

Stromstärke 60-1000A, abhängig von Elektrode und Werkstückdicke.

Leerlaufspannung

- ist aus Sicherheitsgründen begrenzt:
→ enge Räume → Betriebsspannung = 15 .. 50V~

Stabelektrode

Kerndraht = Zusatzwerkstoff

Umhüllung

- stabilisiert Lichtbogen (Gas)
- schirmt Schmelze gegen Luft ab (Gas)
- verringert Schrumpfspannungen (Schlacke)
- führt bei Bedarf Legierungselemente zu.
- beste Nahtgüte bei basischer Umhüllung.

Lagerung: trocken bei mindestens 18°C

Auswahl, Kennzeichnung, Elektrodenbedarf siehe TabB

Blaswirkung

Magnetfeld um die Elektrode und den Strompfad im Werkstück drängt den Lichtbogen ab.

Abhilfe:

- andere Richtung für die Stabelektrode
- Polklemme an andere Stelle
- Wechselstrom

Bei genügender Spannung über der Luft oder durch Erhitzen der Luft (Stabelektrode berührt Werkstück kurz) wird diese ionisiert und leitend. Es entsteht ein Lichtbogen. Siehe auch geöffneten Lichtschalter. Temperaturen am Minuspol ca. 3600°C, am Pluspol (meist Werkstück) ca. 4200°C (durch kinetische Wirkung der Elektronen).

Bez. - HJTabKfz16 S108 "Schweißarbeiten"

- EuroM50 S196,203 "Schweißen"

- EuroTabM37 S259 "Schutz vor gefährliche Körperströmen"

FO Lichtbogenschweißanlage

Gleichstrom kann durch das Magnetfeld in Elektrode und Werkstück zur Ablenkung des Lichtbogens führen (Blaswirkung).

Wechselstrom bewirkt einen instabilen Lichtbogen (Zusammenbruch bei jedem Nulldurchgang).

Vgl. Haushaltsströme (16A Hauptsicherung), Anlasser, Halogenlampe

Wdh. Wirkung auf den Körper

Edison wollte Gleichspannung einführen (leichter handzuhaben, aber schwerer zu transportieren) und argumentierte mit der Sicherheit. Zur Demonstration traktierte er einen Hund mit Gleich- und Wechselstrom, bei Wechselstrom verendete der Hund.

EuroTabM39 S272ff „Stabelektrode“

EuroM50 S195



Vorgänge beim Schweißen

Wärme kann bewirken

- Schrumpfkkräfte beim Abkühlen:
- Spannungen: Werkstoff muss zäh sein
- Verformung: bei Konstruktion berücksichtigen
- Härten und Verspröden bei zu schnellem Abkühlen: C-Gehalt niedrig oder Wärmebehandlung
- Gefügeveränderung: geeignete Legierung und/oder Wärmebehandlung

Schweißflamme, Schutzgas

- entkohlen, aufkohlen
- Verbrennung der Legierungselemente

Schweißgeeignete Werkstoffe

- unlegierte Stähle: $C < 0,22\%$, $P < 0,05\%$, $S < 0,05\%$ problemlos; darüber geeignete Zusatzwerkstoffe verwenden
- legierte Stähle: benötigten artgleichen Zusatzwerkstoff. Können nicht durch Gasschweißen geschweißt werden.
- Stahlguss: mit jedem Schweißverfahren, vorwärmen gegen Aufhärten
- Gusseisen: kann kaum Zugspannungen aufnehmen, genaue Kenntnis der Spannungsverhältnisse erforderlich
- Kupfer mit WIG und MIG, bei Wandstärken $> 5\text{mm}$ vorwärmen wegen der guten Wärmeleitung
- Leichtmetall(-Legierungen): mit WIG (Wechselstrom) oder MIG, Schweißstellen müssen metallisch blank sein

[EuroTabM] "Schweißen"



Ft_TA_47_Loeten.odt
Seitenumbruch



Ein: kühlen; Lage: kopft; ? was tun, wenn Austausch zu teuer (eig. Fz)

Löten

Vgl. mit kleben und Schweißen

Definition: ist das stoffschlüssige Verbinden von Metallen mit einem Zusatzwerkstoff (Lot)

Merkmale

- für dünne Bleche
- geringe Temperaturbelastung
- thermisch und elektrisch leitfähig
- warmfest
- dicht

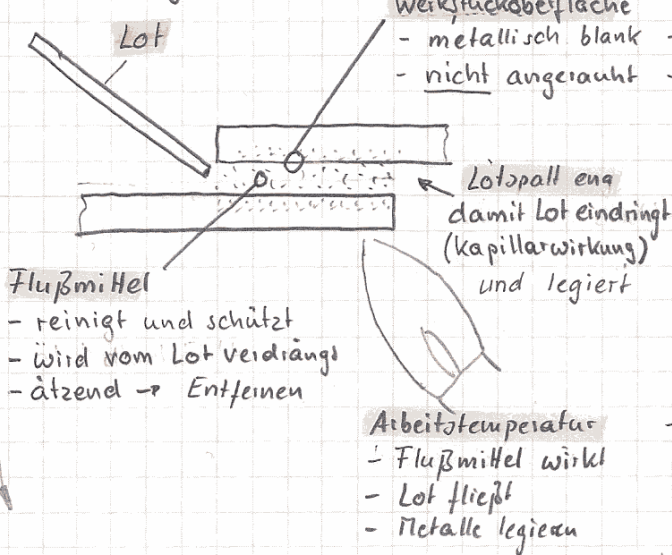
unterschiedliche Dicke

AN Steuergerät
Elektronik

Ullg. was wird zum
Löten benötigt

möglich: Film Lötübung

Lötvorgang



heiße Metalle
oxidieren schnell
an der Luft

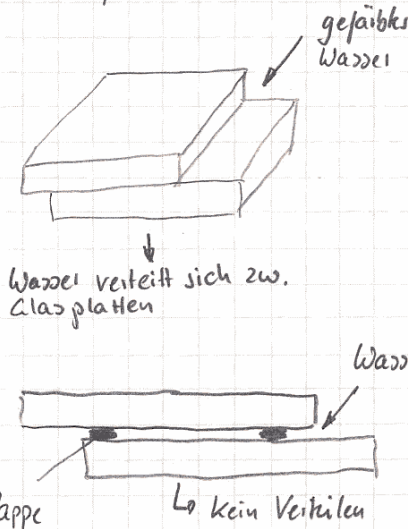
→ andere Anwendungen
z.B. Karosserie, VP

→ höher als Schmelzpunkt
des Lotes

Vt/g:
Vorbereitung /
Nachbereitung

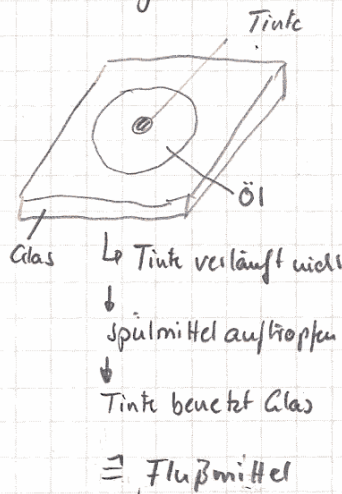
Versuch 1

- OH Projektion
- Glasplättchen sauber

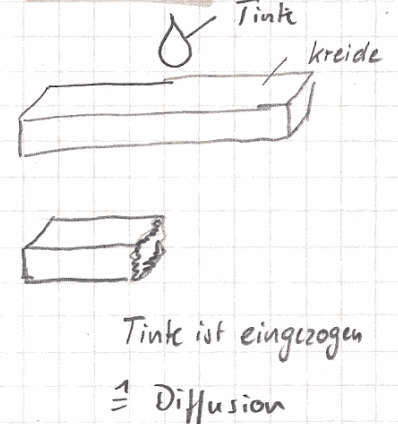


Versuch 2

- OH Projektion



Versuch 3



**Lote**

FO Zustandsdiagramm Sn-Pb

EuroTabM39 S276 „Lote“

Weichlote

niedrigschmelzende Lote aus Pb, Zn, Sn und Cd mit Sb, Ag und Cu für höhere Festigkeit.
Sickerlot werden sofort dünnflüssig und sind für enge Spalte geeignet, z.B. Sickerlot L-Sn60Pb (mit 3,5%Sb).
Schmierlote haben einen großen Schmelzbereich.

Hartlote

auf Basis von Cu, Ni oder Ag.

Sonderlote**Flussmittel**

- beseitigen Oberflächenfilme, schirmen die Lötstelle und verhindern die Neubildung
- Lötvorgang soll 2 min nach Aufbringen des Flussmittels beendet sein
- erleichtern das Fließen des Lotes
- sind meist gesundheitsschädlich: Nicht berühren, UVV beachten
- wirken Korrosiv und müssen meist entfernt werden

Bezeichnung nach Wirkung: z.B. F-SW11

F: Flussmittel

S: zum Löten von Schwermetall (alternativ: L)

W: Weichlöten (sonst H)

Löttemperatur muss in der Wirktemperatur des Flussmittels liegen.

Gestaltung von Lötverbindung

Spaltbreite s.o.

Aufrauen ist überflüssig, Riefen nützen nur zum Zentrieren.

Arbeitsschutz**Merkmale**

- + fast jede metallische Werkstoffpaarung möglich
- + relativ geringe Löttemperaturen,
⇒ geringe Spannungen im Werkstück
- + gute elektrische Leitfähigkeit
- + gute thermische Leitfähigkeit
- + für stark unterschiedliche Wandstärken geeignet
- + wärmebeständig, dicht
- + für schwierig erreichbare Stellen geeignet
- begrenzte Festigkeit
- Gefahr elektrochemischer Korrosion
- aufwendige Reinigung der Lötflächen erforderlich
- ev. Wärmebehandlung kann Lötstelle beeinträchtigen

Anwendungen

Lot ist ein zum Löten benutztes Zusatzmetall (reines Metall oder Legierung) in Form von Draht, Blech, Formteilen aus Draht oder Blech, Stangen, Schnitzeln, Körnern, Pulver und Pasten.
Anforderungen: Smp. mind. 50° unter dem der Grundwerkstoffe, gute Haftfähigkeit auf dem Grundwerkstoff; gute Kapillar- und Diffusionseigenschaften; geringer Wärmeexpansionsunterschied; Nähe zum Grundwerkstoff in der elektrochemischen Spannungsreihe
Schmelzbereich eines Lotes liegt zwischen Liquidus- und Soliduslinie. Es werden bevorzugt Legierung mit niedrigem Schmelzpunkt verwendet.

Pb, Cd, Sb (lat.: stibium = Antimon) sind gesundheitsschädlich.

Niedrige Arbeitstemperaturen senken Energie- und Lohnkosten, erleichtern den Arbeitsvorgang, verringern Grobkorn- und Zunderbildung. Deshalb setzen sich Silberlote immer mehr durch.

mit besonders niedrigen Schmelztemperaturen (bis 38°C), für Nahrungsmitteltechnik usw.
Das Feldsche Metall (51 Gew.-% In, 32,5% Bi, 16,5% Sn, Smp: 62°C) benetzt Glas und kann dieses löten.

z.B. Lötlösung, Lötfett, Kolophonium, Streuborax)

Nicht erforderlich bei Ofenlötung unter Schutzgas oder im Vakuum.

Oberflächenfilme aus geringen Verunreinigungen und Oxiden.

Voraussetzung: ausreichende Reinigung der Werkstücke.

Beim Löten wird das Flussmittel vom Lot verdrängt.

Das Flussmittel kann max. 4min Oxidschichten auflösen, danach bilden sich neue Oxide.
Abschirmen unter Schutzgas verlängert die Lebensdauer, z.B. für dickwandige Werkstücke, die nur langsam auf Temperatur kommen.

verringern Oberflächenspannung des Lotes, vgl. Spülmittel in Wasser

auch „säurefreie“ Flussmittel entwickeln beim Löten Säure!

[Schal 1990]: Konstruktionsbeispiele auseinanderarbeiten.

Innerhalb des Maßes darf die Spaltbreite schwanken. kritischer sind Parallelitätsfehler, weil sie meist zu stärkerer Veränderung führen (Flussmittel kann nicht abfließen, Lot kann nicht eindringen).

Rändel zur Zentrierung von Bolzen möglich.

AB Gestaltung von Lötverbindungen

- Pb, Cd, Sb (stibium = Antimon) sind giftige Schwermetalle

- Flussmittel enthalten Säuren, auch "säurefreie" Flussmittel entwickeln bei Arbeitstemperatur Säure

- Lote und ihre Dämpfe enthalten giftige Schwermetalle

- Flussmittel wirken ätzend und korrosiv, deshalb Entfernen

Karosserie, Kühler, Elektronik, Installationstechnik, HM-Schneiden, Konserven

wenig Wärmeenergie notwendig, kurze Erwärm- und Lötzeit

Nachteil: Korrosion

Einsatz bei Kühlern und Schneidplättchen

Lot wird eingesetzt oder kann selbst zur Lötstelle fließen

wegen korrosiver Wirkung der Flussmittel

- nur mittlere Festigkeit

- korrosionsanfällig (Flussmittel, Potential unterschiede,)

- geringe Spalttoleranz erfordert genaue Vorbereitung

- Flussmittel oder Schutzgas erforderlich

Karosserie, Kühler, Elektronik, Installationstechnik, HM-Schneiden, Konserven



Kleben

Kleben ist das Verbinden von Werkstücken aus gleichen oder unter schiedlichen Werkstoffen mit Hilfe eines artgleichen oder artfremden Zusatzwerkstoffes (Kleber) mit oder ohne Anwendung von Druck und/oder Wärme unter Ausnutzung von Adhäsionskräften

Unterscheidung nach Art des Klebstoffes.

Lösungsmittelkleber

härten durch Verdunsten des Lösungsmittels aus

- schrumpfen während des Abbindens
- erfordern hohe Fügekräfte über längere Zeit

Reaktionskleber

Polymerisationskleber

härten durch chemische Reaktion mit der Umgebung

z.B. Luftfeuchtigkeit (z.B. Sekundenkleber)

Luftabschluss (z.B. Loctite)

UV-Strahlung

Wärme

[EuroTabM39 S275 „Kleben“:]

Eigenschaften von Klebstoffen: End festigkeit bis 35 N/mm², chemisch beständig, dichtend, spröde oder elastisch je nach Typ

Polyadditionskleber, Polykondensationskleber

härten durch chemische Reaktion der Komponenten untereinander entweder

- nach dem Vermischen (Zweikomponentenkleber, Mischungsverhältnis beachten)
- oder der Kleber ist fertig vorgemischt, und die Reaktion beginnt erst bei über 200°C.

Schmelzklebstoffe

haften ohne chemische Reaktion.

Haftmechanismen

Die Kohäsion ist meist schwächer als Adhäsion,



Arbeitsregeln

- sauber, trocken, fettfrei
- schmale Fugen bevorzugen.
- Benetzungsvermögen fördert Adhäsion.
- hochviskose Kleber oder Klebekitt vermeiden bei großen Rautiefen klebstofffreie Zonen
- Einfluss der Temperatur beachten
- verschiedene Haftmechanismen verlangen sorgfältige Vorbereitung je nach Klebertyp.

Herstellerangaben beachten

Fertigungsablauf

- Haftgrund vorbereiten
- Klebstoff vorbereiten (z.B. mischen, erwärmen)
- Kleber auftragen, ggf. Ablüften des Lösemittels
- Fügen und Fixieren der Teile (ev. Erwärmen, Fügdruck)
- Aushärten
- Nachbehandeln (z.B. Reinigen, Lackieren)

Einzelheiten siehe Herstellervorschriften

1) ?

2) ?

Ein: z.Zt. gibt es 3 verschiedene Fz-Typen aus Alu mit verschiedenen Fügeverfahren. Beim Lotus Elise besteht das Chassis aus Al-Profilen, die mit Epoxid-Harz verklebt sind. Vorteil ggü. dem Schweißen ist der geringe Wärmeverzug und die geringere benötigte Wandstärke (Gewicht). Bei Audi werden die Knoten vergossen, bei Renault verschweißt.

Leimlösungen bestehen meist aus organischen Substanzen (Eiweiß, Stärke) oder Kunststoffen in einem Lösungsmittel (meist Wasser) und härten durch Verdunsten des Lösungsmittels aus.

Dispersionen bestehen aus feinsten wasserunlöslichen Feststoffen in Wasser (z.B. Weißleim: PVC in Wasser).

Lösungsmittelkleber bestehen aus dem Grundstoff (meist Kunststoff), der vollständig im Lösungsmittel aufgelöst ist.

Sie erfordern höhere Fügekräfte über längere Zeit

Alle Reaktionskleber härten ohne Lösungsmittel.

Beispiele:

Cyanoacrylate reagieren mit der Luftfeuchtigkeit und härten sehr schnell aus (Sekundenkleber). So können nur kleine Flächen bearbeitet, aber schnell weiter bearbeitet werden. Vgl. Verarbeitungshinweise von Uhu Sekundenalleskleber: „Durch Anhauchen einer Klebestelle wird die Klebung beschleunigt“.

Polyacryl-Di-Ester härten aus, sobald keine Luft mehr an das Harz gelangen kann (anaerob). Besitzt hohe Kapillarkwirkung und kann daher engste Fugen füllen (z.B. Loctite)

Methacrylate benötigen einen Beschleuniger, der eine Kettenreaktion in Gang setzt. Sollte vielleicht besser Starter heißen, das Mischungsverhältnis spielt keine Rolle.

Polykondensationskleber (z.B. Phenolharze) reagieren wie Polyadditionskleber, setzen aber Nebenprodukte frei (z.B. Wasser, Formaldehyd). Der entstehende Dampfdruck erfordert höhere Fügekräfte.

Beispiele

- Epoxidharz-Kleber sind im Maschinenbau am weitesten verbreitet, besonders wegen der guten Adhäsion auf Metallen. Ihre Viskosität ist in weiten Grenzen einstellbar, deshalb sind sie in engen Fugen wie in großen Spalten und bei rauen Oberflächen anwendbar. Festigkeit bis 60N/mm² und höher.

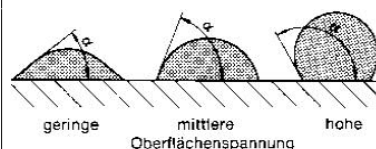
- Polyurethan-Kleber eignen sich besonders für elastische Verbindungen. Ihre Viskosität kann durch Lösungsmittel eingestellt werden, doch müssen diese vor dem Fügen verdunstet (z.B. Kontaktkleber wie Uhu, Pattex usw.).

[EuroTabM] S275 „Kleben“: Eigenschaften von Klebstoffen

bestehen aus thermoplastische Kunststoffe, die geschmolzen werden.

[EuroTabM] S275 „Kleben“: Eigenschaften von Klebstoffen:

wärmebeständig bis max. 150°C, erlauben breite Fugen



Schmutz und Oxid verringert Adhäsion

[EuroTabM] „Kleben“: Vorbehandlung von Fügeteilen bei Klebeverbindungen

geringerer Einfluss der Kohäsion

FO Fugendicke beim Kleben

Als Maß für das Benetzungsvermögen gilt der Randwinkel eines Tropfens (siehe oben)

Obwohl dünnflüssige Kleber bessere Adhäsion erzeugen, aber bei weiten Fugen zu klebstofffreien Zonen neigen.

FO Rauheit und Schmutz beim Kleben

FO Temperatur und Festigkeit beim Kleben

Haftmechanismen: van der Waalsche Kräfte, Adsorption (physikalisch), Chemosorption und sogar Formschluss (durch Rauheit).

[EuroTabM] „Kleben“

Topfzeit = Zeit, innerhalb der der Kleber verarbeitet werden kann.

Viele, wenn nicht gar alle menschliche Gruppen versuchen, sich gegen andere Gruppen abzugrenzen. Das kann mehr oder weniger versteckt durch Kleidung erfolgen, Rituale oder auch durch Sprache, z.B. Fachsprache in Berufsgruppen. Wer sie nicht beherrscht, gehört nicht dazu – wer es nicht glaubt, möge einmal in einem klebstoffverarbeitenden Betrieb den Ausdruck „Tropfzeit“ verwenden..

FO Aushärzeit beim Kleben



Ein Braumbadde + Beläge

Alt Sandwich, Braumbeläge

zB Gehäusedeckel

Rückspiegel Porsche

Flugzeugbau

Elektronik

Schrauben, Schraubbefestigungen

Merkmale

+ unterschiedliche Werkstoffe

+ dichtend

+ einfache Fertigung

+ leicht

+ keine hohen Temperaturen

+ kaum Maßveränderung

= begrenzte Festigkeit

= Alterung

= temperaturempfindlich

= Abbindezeit, Vorzerlegung

= unbeständig gegen viele Stoffe

Warum nicht alles kleben

Gummidichtung am Auto

HT auf Drehmeißel

Bezieht auch

→ AB - Anwendung von Klebstoffen : Einzelarbeit an Hand von Klebverpackungen
TA - - - - -

Wirkungsweise von Klebeverbindungen

Schälbarkeit
sehr schlecht

Zugfestigkeit niedrig

Scherfestigkeit hoch

Adhäsion

Kohäsion

Verbindung zwischen Kleber und Werkstück

Verbindung im Kleber

weist schwächer ab Adhäsion

Oberfläche
staub-, fett-, oxidfrei
keine Lufteinschlüsse
möglichst groß

klebefilm muß dünn sein
0,1 ... 0,3 mm

erst nach Versuchen mit Tesafilm

Zusammenhalt eines Werkstücks

- Kooperation, Kompagnon, Finna & Ko

Versuch Klebkleben

Vgl mit Löten

Übfg zu konstruktiven Lösungen : Versuch mit Tesafilm

Zugbelastung

Scherbelastung
hohe Festigkeit

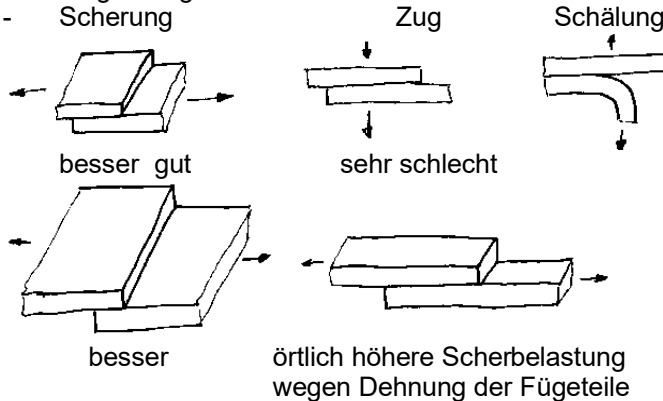
Schälbelastung
sehr niedrige Festigkeit

Vtfg AB



Festigkeit

- möglichst große Flächen kleben
- Scherung



weitere Einflüsse: Kriechen, Alterung

Maßnahmen dagegen:

- Sicherheitszahl 1,5 .. 3
- eigene Versuche

Unfallverhütung

Gefährdungen durch Kleber:

- brennbare oder explosive Lösungsmittel
- Hautreizungen, Augenreizungen, Erblindungen

Maßnahmen

- Belüftung bzw. Absauganlagen
- Körperschutz und -reinigung

Vorschriften, Herstellerangaben und Merkblätter der Berufsgenossenschaften beachten

Merkmale von Klebeverbindungen

- + unterschiedliche Werkstoffe möglich
- + keine hohen Temperaturen bei der Fertigung
- + glatte Außenflächen bei Blechkonstruktionen
- + gas- und flüssigkeitsdicht
- + gleichmäßige Kraftübertragung
- + schwingungsdämpfend
- + leicht
- + kaum Auftrag, aber keine Passmaße erforderlich
- + elektrisch isolierend, Korrosionsschutz
- begrenzte Festigkeit und Warmfestigkeit
- Vorbereitung der Klebeflächen, lange Abbindezeit
- nicht für alle Belastungen geeignet
- Alterung, Kriechen

da die Festigkeit gegenüber dem Werkstück eher gering ist.

Versuch Zug-, Scher- und Schältest mit Tesafilm
AB Konstruktive Gestaltung von Klebeverbindungen

FO Überlappungsverhältnis beim Kleben

bei in Krafrichtungen langen Überlappungen kommt es zur Dehnung der Fügeteile und deshalb zu höheren Scherbelastungen am Anfang und am Ende der Überlappung. Bezogen auf die Fläche sinkt die Scherfestigkeit.

Gilt auch für Schweißverbindungen usw.

Kriechen: stetiges Verformen unter Belastung: Dauerfestigkeit beträgt etwa 20.. 40% der Scherfestigkeit

Alterung senkt die Festigkeit um bis zu 30%

Dermatosen bei Allergikern

zB Bremsbeläge, Fensterdichtungen, Sandwich-Bauweise usw

zB Deckel, Getriebegehäuse

zB Flugzeugbau

zB Schrumpfverbindungen, Schraubensicherungen, zB Führungsflächen von Werkzeugmaschinen mit Kunststoffolie
zB SMD, Elektroindustrie



Technische Begriffe

Begriffe aus der Fauna einschließlich Menschen

Viele technische Begriffe stammen aus dem Tier- und Pflanzenreich und sonstigen

Auge

Kolbenaugen, Pleuelauge

Bär

Ein Fallbär ist ein Gewicht, mit dem man z.B. Pfosten in die Erde rammt.

Bock

Stützbock, Rammbock, Tribock (=Dreibock, Trebuchet, Blide)

Engländer / Franzos

Als Engländer oder Franzosen bezeichnet man verstellbare Schraubenschlüssel.

Esel

Als Onager (Wildesel) bezeichneten römische Legionäre ihr Katapultgeschütz, weil es beim Abschuss bockte.

Feder

Sprungfeder, Stahlfeder, Passfeder, Schreibfeder

Fuchs

Fuchsschwanz

Geißenfuß / Kuhfuß

sind Hebelwerkzeuge nicht nur für Einbrecher.

Hahn

Wasserhahn

Hahnküken

Ein Hahnküken ist der drehbare Verschlusssteil in einem Zapfhahn oder in einem Hahn für chemische Versuchsaufbauten.

Kamel

Eine Art Hebebühne.

Katze

Eine Laufkatze ist der kleine Wagen, der auf dem Kranbalken hin und her läuft wie eine Katze auf dem Dachfirst.

Klaue

- ist bei Tieren eine verhornte Zehenspitze (z.B. Rind, Schaf, Schweine) oder eine Kralle [Wikipedia] „Klaue“, 22. April 2016 um 17:33 Uhr
- technische Beispiele:
Klaue, Klauenkupplung

Kran(ich)

Das Wort Kran stammt vom Wort Kranich ab, da frühe Kräne dem stolzierenden Tier mit dem langen Schnabel ähnelten.

Krokodil

z.B. Krokodilklemme

Made

Madenschrauben (Gewindestifte) sind kleine Schrauben ohne Kopf, die vollständig in der Gewindebohrung verschwinden.

Matrize, Patrize

Matrize und Patrize stammen von den lateinischen Worten Mater und Pater für Mutter und Vater ab (vergleiche: Mutter).

Ein Trebuchet ist ein mittelalterliches Wurfgeschütz, dass von einem pendelnd aufgehängten Gegengewicht angetrieben wird.
Foto aus Warwick

Im Gegensatz zu einem Tribock beruhte der Onager auf einer Torsionsfeder aus Ochsensehnen.

Zunächst wurden z.B. Gänsefedern zum Schreiben verwendet, später wurde der Begriff für die Schreibfeder eines Füllers übernommen.



Bild: Leutpold

Beispiel: Bei der Herstellung von Schallplatten schneidet man die Tonspur mit einem Diamanten in die sogenannte Patrize, die theoretisch im Plattenspieler abspielbar ist. Für die Massenerstellung der Schallplatten stellt man galvanisch ein Gegenstück her, die Matrize; mit der Matrize presst man dann die Schallplatten aus erwärmter Kunststoffmasse. Wenn man große Stückzahlen herstellt oder weniger widerstandsfähige Materialien für die Matrize verwendet, stellt man weitere positive und negative Gegenstücke der Matrize her und nennt sie Sohn und Tochter.



Maus

z.B. Computermaus

Molch

- ist in der Technik ein Gerät, dass Aufgaben in hohlen Leitungen erledigt.
- z.B. zum Warten und Prüfen von Erdgaspipelines; zum Reinigen vom Farbschläuchen in der Lackiertechnik

Mutter

Im amerikanischen Sprachgebrauch wird der Zusammenhang noch deutlicher, denn dort heißen Stecker und Buchse *male plug* und *female plug*. I

Schlange

Schlangenhals

Pferd

Pferdekopfpumpe

Schnecke

Schneckenpumpe (Archimedische Schraube, hieß im Griechischen 'Cochleas' nach einer spiralförmigen Seeschnecke), Förderschnecke, Extruderschnecke

Spinne

Wäschspinne, Wegespinne

Wolf

Fleischwolf, Reißwolf

Widder

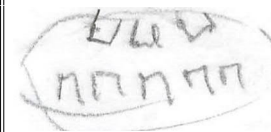
Ein Widder ist eine Ramme, z.B. zum Aufbrechen von Türen.

Zahn

– Zahnrad

Vergleiche auch Matrize und Patrizie.

Vgl. alemannisch: Männli und Wiibli zur Unterscheidung von Stecker und Buchse



Begriffe aus der Pflanzenreich

Baum

– z.B. Schlagbaum, Schrankenbaum

Sonstige Begriffe

Planetengetriebe

mit Sonnenrad, Planetenrädern und dem Himmelsrad

Achse, Welle ...

Achse

trägt radiale Lasten,
z.B. nicht angetriebene Räder

Welle

überträgt Drehmomente
z.B. Kardanwelle, Kurbelwelle

Spindel

überträgt axiale Kräfte durch Drehung
z.B. Schraubstockspindel, Leitspindel einer Drehmaschine

Stab

überträgt nur axiale Kräfte
z.B. in Fachwerken

Balken

trägt nicht nur axiale Kräfte, sondern auch Biegemomente
z.B. Balkenbrücke

Haspel

wickelt etwas auf
z.B. Haspel einer Angel oder für Papierrollen



Stange

allgemein für langes Teil

Bolzen

ist eine kurze Achse

Technische Begriffe nach Personen

Stirling-, Lenor-, Otto-, Diesel-, Wankelmotor

Kardanwelle

Röntgenstrahlen

Voith-Retarder

Hirthverzahnung