
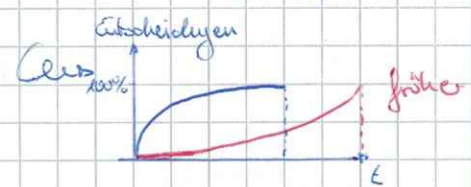
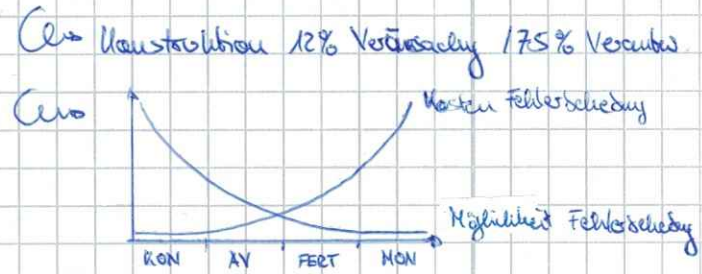


Allgemein:

- > Überführung eines Bauteils von Anfangs- in vorg. Endzustand. <<
- ~ Wertschöpfung über die DLZ
- ~ Größter Energiebedarf beim Urformen
- ~ **DRESDNER MODELL:** „Richtiger Werkstoff zum richtigen Preis an der richtigen Stelle mit der richtigen Ökologie.“
- ~ Hype-Zyklus: 
- ~ Tailored blanks: Coilmaterialien unterschiedl. Dicke / Festigkeit

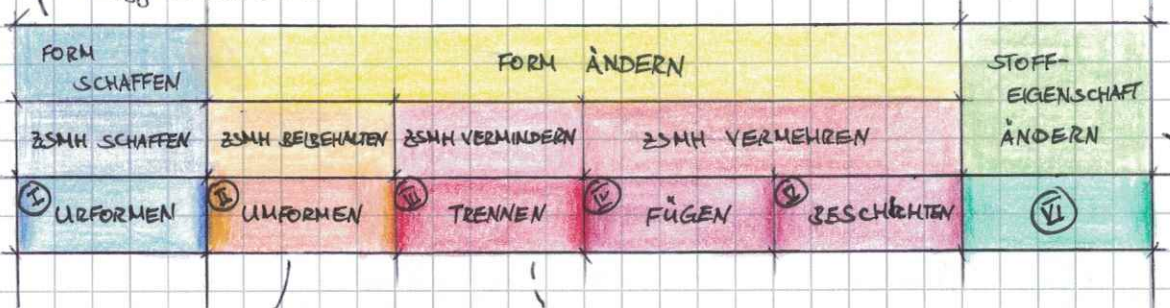
Eigenschaftsorientierte Fertigung:



C₁₀₀ Simulation verhindert Prozessplanung

Fertigungsverfahren nach DIN 8580:

Fester Körper aus formlosem Stoff durch ZSMH



Fertigen durch plastisches Ändern der Form eines festen Körpers (= Masse / ZSMH)

Fertigen durch Ändern der Werkstoffeigenschaften des Werkstücks

[DIN 8585]

z.B. Spänen:

Trennvorgang, bei dem ein Werkstück mit Hilfe der Schneide eines Werkzeugs Werkstoffschichten in Form von Spänen zur Änderung der Werkstückform & -oberfläche mechanisch abgetrennt werden.



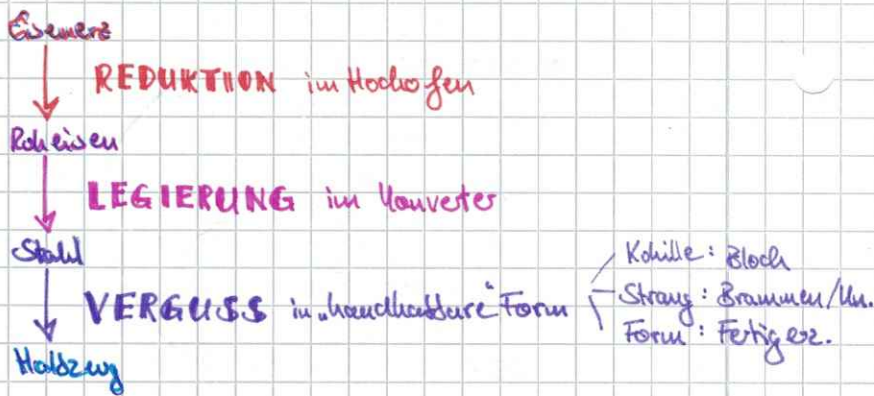
Fertigungsprozesse & Verfahren:

- ↳ Wertschöpfung nur während DLZ
- ↳ Produktwissen FRKH bereitstellen
- ↳ Produktentwicklungszeiten sind in jeder Branche steigend (→ ↗ 1 Jahr)
- ↳ Produkte werden komplexer (Mechanisch / Elektronisch / Elektrische Komp + Software)
- ↳ Internationalisierung der Produktion ⇒ Verteilte Strukturstrukturen
- ↳ ⊖ Kreditrität ⊕ Dokumentation

Urformen:

"Fertigen eines festen Körpers aus formlosem Stoff durch Schaffen von Zusammenhalt."

z.B. Stahl:



ad. ①:

Öfen:

- α) fossile Brennstoffe (Kohle, Öl, Gas)
- β) elektr. Strom (Induktion, Lichtbogen, Widerstand)
- γ) Reaktionswärme (Sauerstoff in Schmelze)

↳ Eisenerz ⊕ Kohle $\xrightarrow[\text{Wind (O}_2\text{)}]{\text{Heiß}}$ Flüssiges Roheisen ⊕ Schlacke



ad. ②: Frühen:

↳ Stahl = Eisen mit geringem C-Anteil

⇒ Oxidation unerwünschter Begleitelemente

↳ Entkohlung
SCHLACKE ↳ Entphosphorung, Entschwefelung, Manganreaktion

↳ Durch unterschiedl. Eigenschaften bei 2 Stoffen, soll E-Liq-Linie

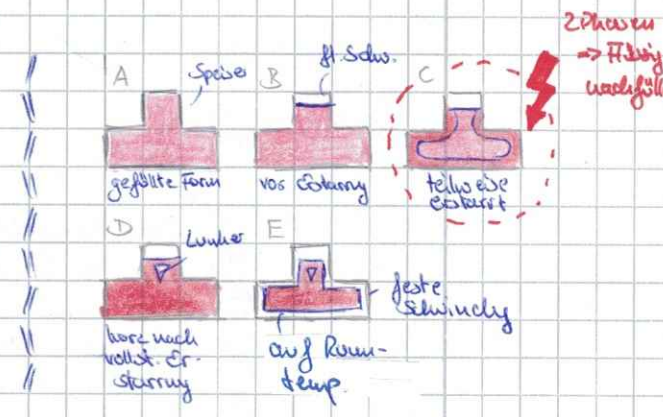
↳ eutektische Legierung (Au) ↔ Grafitformen im Grauguss

▷ Gießverfahren: Unterteilung:

- A) nach **KRAFTWIRKUNG**: Schwerk-, Druck-, Zentrifugal
- B) nach **ART der GIEßFORM**: Sandform-, Kokillen-
- C) nach **GENAUIGKEIT**: Normal-, Fein-, Präzisions-
- D) nach **WERKSTOFF**: Grauguss-, Stahl-, Ne-Metall-

⊕ an Temp

• Volumenkontraktion / Schwund bei Abkühlung:



- ↳ Bei den meisten Metallen sinkt das spez. Volumen bei sinkender Temperatur
- ↳ Stahl erstarrende Gusseisenwerkstoffe \Rightarrow Volumenerweiterung
- ↳ **TECHNISCHES VOLUMENDEFIZIT**

$$\Delta V = \Delta V_F \text{ (Flüssigkontrakt.)} + \Delta V_E \text{ (Erstarrens exp. Kontrakt.)} + \Delta V_S \text{ (Festkörperkontraktion / Schwund)}$$

↳ **Verhinderung von Volumenfehlern:** { gießtechnologische, wärmetechnische, konstruktive Maßnahmen.

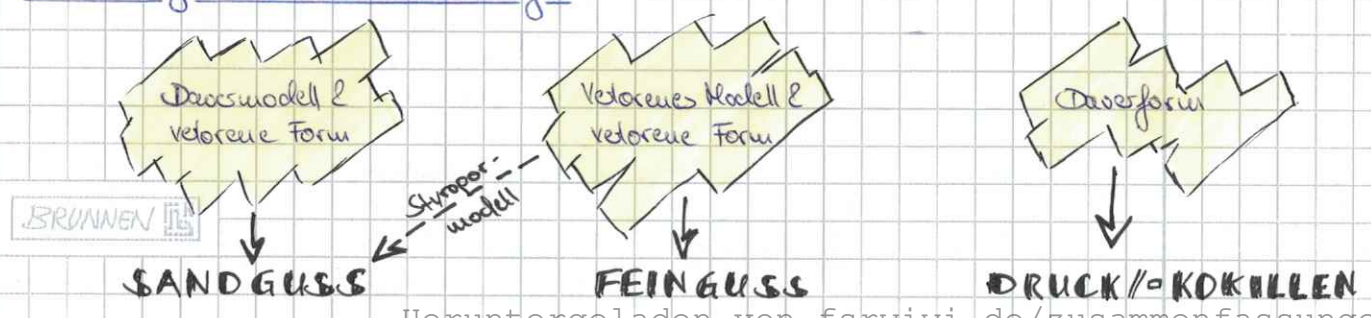
\Rightarrow Lunkerverhalten

• Schwindmaß:

$$s = \frac{L_3 - L_2}{L_0} \cdot 100\% = \alpha \cdot (T_3 - T_2) \cdot 100\%$$

\Rightarrow Grauguss: 1%; Stahlguss: 2%

▷ Einteilung nach Art der Formherstellung:



Block- & Hohlriegelguss:

↳ Hohlriegelguss:

- ① K. schließen
- ② Gießen
- ③ Erstarren
- ④ K. öffnen
- ⑤ Entformen

NACHTEILE

- ⊖ Staschen beim Wärmeeinsetzen => Vorstraße
- ⊖ Schöpfen zum Entfernen des Hohlriegels

Stranggießen:

↳ wirt Durchlaufhülle ⊕ gehülte Rollen

↳ Hülle über als gefülltes Strang

ZIEL

↳ Herstellung eines langgestreckten Gusskörpers mit const. Q-Schnitt

Sand- bzw. Formguss:

- ① Werkstoffmodell mit Schwindmaß
- ② Bau der Form & Keme
- ③ Abguss
- ④ Entnahme WST (→ „Vektorene Form“)
- ⑤ Rosten (⊖ Speiserückstände, Grate)
- ⑥ Wärmebehandlung

↳ Teilung in Ober-/Unterkasten (Keme, & keine Zerstörung Modell)

↳ Speiser/Steiger (Eithilffly während Guss, enthalten Mat.-Überschuss)

↳ Keme für Hohlräume

↳ Einguss seitlich versetzt → kinetische Energie!

Probleme:

FORMFÜLLUNG

... zu kurz: Beschädigung durch Ausspülen, Spannungsrisse & Wulstbildung

... zu lange: leere Hohlräume, Vert. verschweißig, Sandausbleibfehler

↳ ~ Strömungs \vec{v} & Fließvermögen Schmelze

↳ ~ Gießtemperatur

↳ ~ Wärmevertragsgeschwindigkeit

$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$

Höhe des Gießtrichters

⚡ Turbulente Strömungen:

$Re = \frac{w \cdot d}{\nu}$ (REYNOLD)

> 2320 turbulent / < 2320 laminar

KERNE:

Aufgabe: Formen von Innenkonturen

Anforderungen:

- maßgenau & temp.-beständig
- erosionsbeständig
- durchströmbar

Entferndbarkeit!

A Dauerhem: Stahlhem, zielbar & wiederverwendbar, mech. Antrieb

B rot. Sandhem: nicht zielbar! muss erstört werden

Zusätzlich existiert noch eine GASAUFTRIEBKRAFT

- ⊕ geringe HK (Ø Maschienen)
- ⊕ alle Metalle
- ⊕ keine Größen/Gewichtsbeschränkung

- ⊖ verlorene Form
- ⊖ Toleranzen ± 1.5-5%
- ⊖ kleine bis mittlere Serien

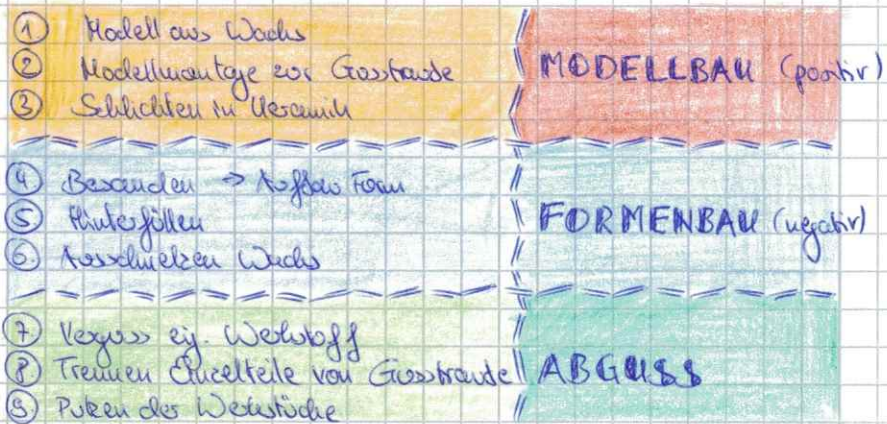
Droguss:

- 1 Form auslösen
- 2 Umlülle schließen
- 3 Schmelze per Druckhosen in Umlülle
- 4 Abkühlung
- 5 Umlülle öffnen & Gussstück auswerfen

- ⊕ sandere/glatte OF
- ⊕ Maßgenauigkeit
- ⊕ ger. Wandstärken

- ⊖ nur Großserien wirtschaftlich
- ⊖ teurer Formenbau
- ⊖ hohe thermische/mech. Belastung Formen
- ⊖ niedrige Festigkeit → Luft einschleppen

Feinguss:



- ⊕ großer Konstruktionspielraum
- ⊕ exkl. Kontornah
- ⊕ Oberflächengüte
- ⊕ kleine - große Serien
- ⊕ Rapid Prototyping möglich

- ⊖ verlorene Form
- ⊖ max. 50%
- ⊖ Spritzgießmaschine für Wachs
- ⊖ nur kleine Modelle wirtschaftlich

Schwerkuss:

- 1 Rotations-symmetrische Gussform
- 2 schnelle Rotation um Symmetrieachse
- 3 Verguss Werkstoff über Gießrinne

} Fließkraft!

- ⊕ keine Umlülle notwendig
- ⊕ höhere Gefügeichte & Festigkeit (vgl. Schwerkraftguss)
- ⊕ geringe Fehleranfälligkeit

- ⊖ nur rotations-symmetrische Bauteile
- ⊖ unterschiedl. WST durch unterschiedliche Dichte (Eigenschaften möglich → Zeitfolge)



Sintern:

- ① Pulver, Metall & Gleitmittel
- ② Pulverpressen: Verdichten & Formgebung bei Raumtemperatur
- ③ Sintern: mehrere Stunden Sintern ohne Schmelzen
- ④ Geometrisch & im Eigenschaften bestimmtes Maß.

MATERIALIEN: Hartmetalle / -stoffe; Carbide W, Ta, Ti, Co

BEISPIELE: Schneid- & Werkzeuflitten; Gewindeführer & Schneidleisen; Umform- & Zerteilwerkzeuge

- ⊕ eig. unbegrenzte Formenvielfalt
- ⊕ erhaltbar → Werkstoffausnutzung
- ⊕ genau
- ⊕ ej. alle Werkstoffe

- ⊖ zeitaufwendig
- ⊖ teuer

Thixoforming:

» ... Verfahren, mit einer Temperatur innerhalb des Solidus - Liquidus - Intervalls (TEILFEST)... «

PROBLEMS

• TEUER

• Temperaturfenster zw. 4°K & 8°K

• Korngröße < 100 µm
globuläres Gefüge: + dehnfähig

↳ sehr komplizierte zählflächige Geometrien in ① Schnitt

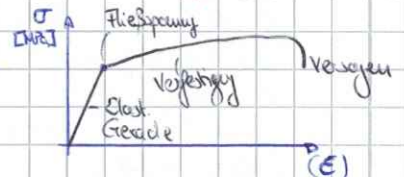
↳ Militär / Raumfahrt

Umformtechnik:

» Fertigen durch dikksames (plastisches) Ändern der Form eines festen Körpers. Dabei werden sowohl Masse als auch Zusammensetzung beibehalten. « [Volumenkonstanz]

... UNTER BEHERSCHUNG SEINER GEOMETRIE ...

↳ Verformen wäre ohne Beherrschung der Geometrie
↳ Erst elastische dann plastische Deformationen

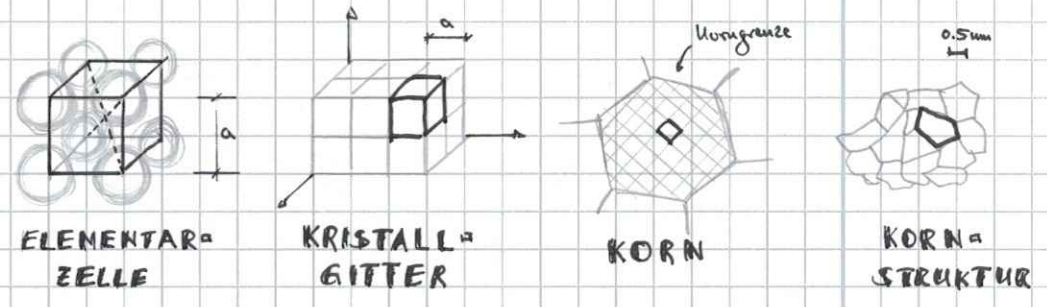


VERFESTIGUNG: Anstieg Fließspannung - Einschnürung

VERSAGEN: Maximalspannung infolge diffuses Einschnürung

↳ Stahl ist dann entweder gut umformbar oder hochfest

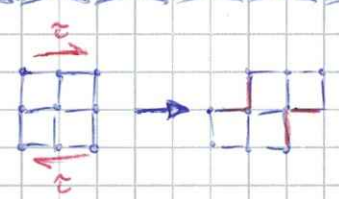
Kristallgittertypen:



↳ kleinsinkelkorngrenzen: durch Ausrichtung / polygonartige Anordnung von Versetzungen.

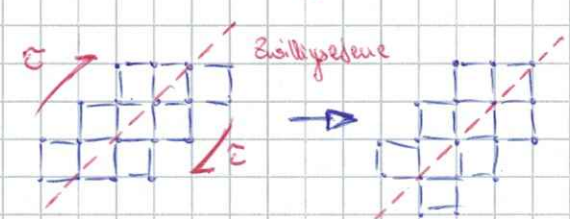


plast. Deformation durch Gleitung:



elastische Deformation

Zwillingsbildung:



↳ größere Spannung (vgl. Gleitung)

↳ Wenn Scherung nicht möglich → kleinen Temp. // hohe Dehnst.

Theoretische & reale Schwellfestigkeit:

↳ Faktor 10 - 100 zw. real & theor.

GITTERFEHLER:

„...oder Versetzungen sind Abweichungen von der idealen, regulär-kristallinen Gitterstruktur.“

- ▷ Punktfehler (0D): Leerstellen // Leerpaar // Verschiebung // Einlagerungen
- ▷ Linienfehler (1D): Stufen // Schraubenversetzungen
- ▷ Flächenfehler (2D): Korngrenzen // Stapelfehler
- ▷ Volumenfehler (3D): Poren // Einschlüsse, Verunreinigungen

① Kristallanisotropie:

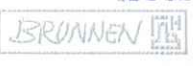
Orientierung der Körner in Körperstreckung (Textur)

② Geformanisotropie:

Verlängerung von Körnern / Linien-Einschlüssen (Stilwalschleiche, Magnesiumfild)

⇒ (X) mech. Anisotropie:

Richtungsabhängigkeit des elast./plast. Werkstoffkennwerte



BSP. Bleche beim Walzen!

Technische / Wahre Dehnung:

TECHNISCH: $\epsilon = \frac{l_1 - l_0}{l_0}$

WAHRE: $\varphi = \ln\left(\frac{l_1}{l_0}\right)$

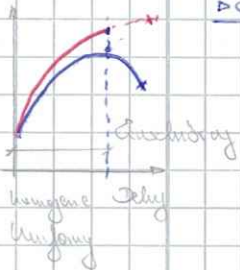
$d\varphi = \frac{dl}{l} \Rightarrow \varphi = \int_{l_0}^{l_1} \frac{dl}{l}$

↳ Technische Dehnung ist nicht additiv → Bei Wahre sind die Inkremente summierbar

↳ immer gleich/gleich verrechnen auch $\sigma = \frac{F}{A} \Rightarrow$ ursprüngliche Maße

↳ Volumenkonstanz: $v_1 = v_2$
 $v_1 \cdot \rho = v_2 \cdot \rho$
 $l_1 \cdot A_1 = l_2 \cdot A_2$

Spannungs-Dehnungs-Linie / Fließkurve:

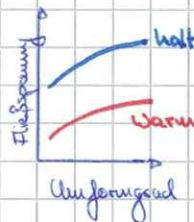


- Fließkurve ohne elastischen Bereich
 - SDN → technische Dehnung + technische Spannung
 - FH → wahre Dehnung + wahre Spannung
- ↳ wenn Abfallen $A \rightarrow 0$

↳ Einschnürung beginnt bei der maximalen techn. Spannung

Einflussparameter der Fließkurve:

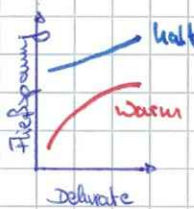
DEFORMATION



Dehnrate = const.

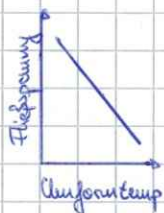
... manche Prozesse laufen langsamer um die notwendigen Kräfte zu reduzieren...

RATE



Umformgrad = const.

TEMPERATUR



↳ Volumenkonstanz: Inkompressibler WST @ Umformgrad $\varphi_{x,v,1,2} = \ln \frac{v_{1,2}}{v_{1,0}}$

$V_0 = V_1$

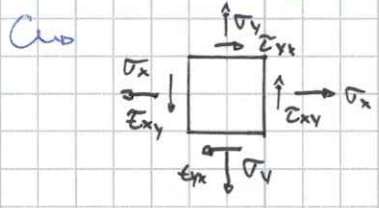
$\frac{V_0}{V_1} = 1$

$\frac{H_1 \cdot B_1 \cdot A_1}{H_0 \cdot B_0 \cdot A_0} = 1$

$= 1 = \ln \Rightarrow \varphi_H + \varphi_B + \varphi_A = 0 \quad \& \quad \ddot{\varphi}; \ddot{\varphi}_1; \ddot{\varphi}_2$

Mehrachsige Spannungszustände:

↳ in Realität oft mit Normalspannungen σ_i & Schubspannungen τ_{ij}



FLIEßORT:

wird 2-achsigen Spannungszustand des zu plast. Deformation führt.

↳ Woher Infos über Spannungszustände? → Experimente // Analysieren bzgl. Fließort

ODER (für isotrope Werkstoffe) Tresca & Mises

↳ Mises oft für Stähle bzw. höherfeste & erschaltete Materialien



↳ Tresca



//// = elastisch

Umformtechnik:

DIN 8582

- Durchumformen
- - - - - Zugdurchumformen
- <<<<<<>>>>>> Zugumformen
- ~~~~~ Züge umformen
- Scherumformen



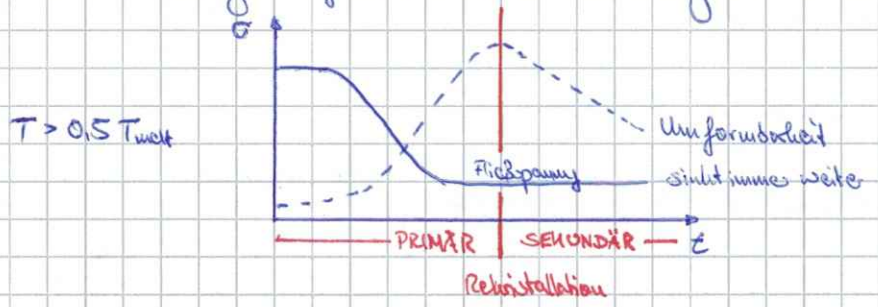
UMFORMTEMPERATUR:

- KALT** ... unter Rekristallisationstemp.
- HALBWARM** ... Grenzbereich Rekristallisationstemp.
- WARM** ... über Rekristallisationstemp.

↳ Rekristallation verändert Mikrostruktur (⊕ Energie → ⊖ Verschleißschicht / Kornwachstum)

REKRISTALLATIONSTEMPERATUR:

„Notwendige Temperatur die eine Umwandlung aller Körner zur Folge hat!“



KALT: ⊕ Oberflächenveränderung; ⊕ Festigkeit; ⊖ Dehnung (Kaltverfestigung)

HALBWARM: geringe OF-Veränderung; Umformkräfte < Kalt; Nachbearbeiten < Warm

σ_z Stahl = 600°C
σ_z Al = 300°C



WARM: Großes Umformvermögen mit geringen Kräften; Δ Festigkeit (umgeformt) = 0

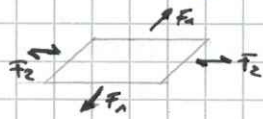
Narriv vs Blechumformung:

MASSIV:



- ~ Halbzugsabmessungen in alle 3 Raumrichtungen ähnlich
- ~ Werkstofffluss in alle 3 Richtungen
- ~ i. A. 3-achsiges Spannungszustand
- ~ Umformkräfte > Blech
- ~ älter als Blech

BLECH:



- ~ Abmessungen in Dicke <<<
- ~ Werkstoff ist Hohlkörper (~ konst. Wandstärke)
- ~ i. A. 2-achsiges Spannungszustand

UMFORMEN

DRUCK

ZUGDRUCK

ZUG

BIEGE

SCHUB

Walzen
Freiformen
Gesäßformen

Durchziehen
Tiefziehen
Umgieziehen

Längen
Weiten
Tiefen

geadl. WZ-Bau.
dreiwale. "

Verschieden
Verdrehen

Walzen:

"Walzen ist Durchumformen durch Abrollen rotationssymmetrische Werkzeuge auf einem Werkstück."

- ① KINEMATIK: Längs-, Quers-, Schräg-
- ② WZ-GEOMETRIE: Flach-, Profil-
- ③ WST-GEOMETRIE: Voll-, Hohl-

LÄNGS-

- In Dicke gestreckt, in Länge gestreckt
- a) Blechherstellung: Starke Oberflächendehnung => Festigkeits
- b) Profilherstellung: Profilmalzen, WST-Änderung im Stich

Cos Greif- & Durchziehbedingung:

• Greifen: $\Delta h_{max} = \mu^2 \cdot r$ ($\mu \cdot F_N \cdot \cos \alpha_0 \geq F_U \cdot \sin \alpha_0 \Leftrightarrow \mu \geq \tan \alpha_0 \Leftrightarrow \mu \geq \alpha_0$)

• Durchziehen: Annahme F_N & F_Z greifen in Walzspaltmitte an!

$\Delta h_{max} = 4\mu^2 \cdot r$

! Reibkoeffizient beim Greifen & Durchziehen evtl. unterschiedlich!

Schmieden:

» DRUCKUNFORMEN «

A) Freiformschmieden:

- Herstellung von Vorformen
- sonst schwierig bei großen Formen (→ z.B. viele große Wellen)

B) Gesenkschmieden:

- Obergesenk, Untergesenk, Werkstück

- ↳ mit Grat:
- Puffer für Genauigkeit & Abweichungen
 - charakteristische Spannung "INNENDRUCK"
 - exempl. Schmiedeteile

Durchdrücken:

Maximalfornung » Durchdrücken » Fließpressen // Verjüngen // Strangpressen

DEKLARATION:

- ① Voll- oder Hohlkörper (Napf)
- ② Materialfluss IN Stempelrichtung = vorwärts -
GEGEN Stempelrichtung = rückwärts -
QUER Stempelrichtung = quer -

↳ z.B. Basisform Buchse oder Cremedosen

↳ allseitiger Druckspannungszustand: Verfahren einfach zu beschreiben

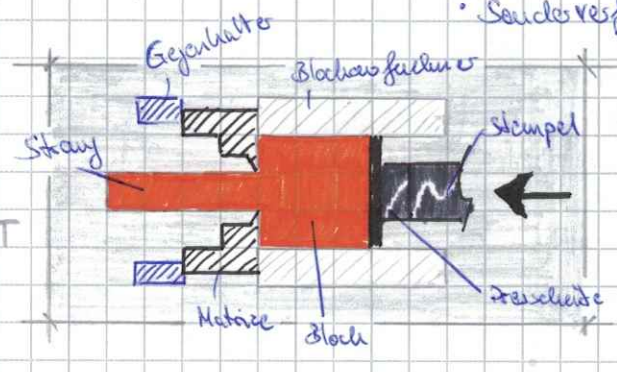
Strangpressen:

↳ keine Einschränkung Querschnittsgeometrie innen außen
⊕ VERSTEIFUNGSELEMENTE

↳ Fahrzeugbau & Architektur

VERFAHREN:

- **Direkt**
- Indirekt
- Hydrostatisch
- Sandersverfahren



- 1) Laden
- 2) Pressen
- 3) Schöpfen
- 4) Scheren

↳ Meist Leichtmetalle
↳ Europa 10MN Presskraft
üblich 1000t

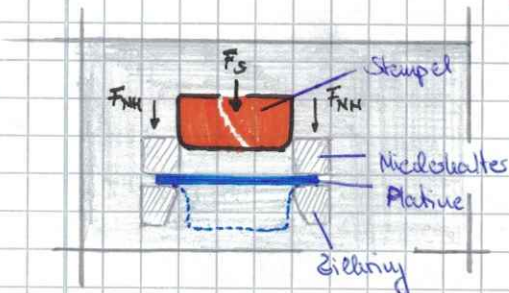
↳ Pressen über mitlaufenden Dorn (Stempel mit Dorn)

↳ Hammerwerkzeug: Teilen mit Trägern ... Dornplatte ... Dorn → danach verschleifen

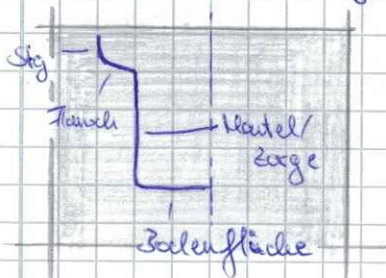


Tiefziehen:

» nach DIN 8584 zum Zylinderumformen gehörig, bei dem ein Blechquerschnitt (Platine/Runde) zu einem Hohlkörper (oder Hohlkörper zu kleinerem Umfang) ohne beachtliche Änderung der Blechdicke umgeformt wird. «



↳ viele Karosserieteile sind tiefgezogen, auch höherwertige Auspuff, Spülen

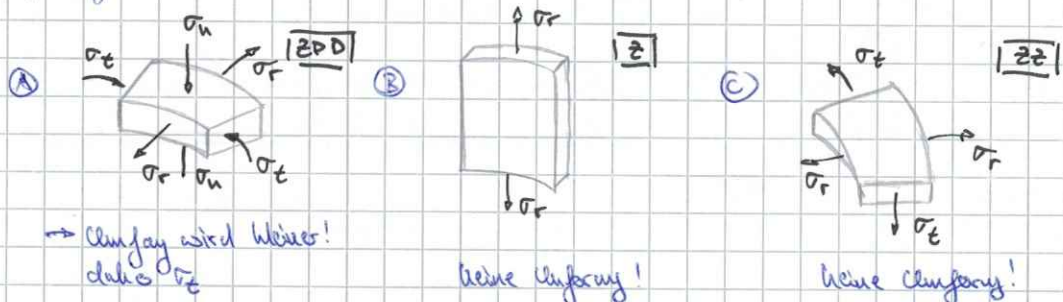


- 1) • Blech einlegen
- 2) • Schließen Niederhalter
- 3) • Beginn Stempelhub
- 4) • Tiefziehen
- 5) • Abwerfen d. Blechformteils

STOFFABHÄNGIGES ZIEHVERHÄLTNISS

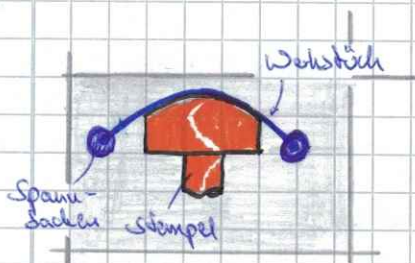
$$\beta_0 = \frac{D_0}{d_{st}} \quad (\text{Stahl: } 1,8 \leq \beta \leq 2,5)$$

Spannungszustände:



Streckziehen:

» Tiefen Blechquerschnitt per starrem Stempel. Ist am Rand fest eingespannt. Erh. Spannungen ⊕ Zg. «



- ① Platine einlegen
- ② Spannlacke schließen
- ③ Stempel anfahren
- ④ Streckziehen

Biegen:

• Rollschwendigen: Spannlacke / Ziegerolle / Pair / Biegeform

↳ geschwungene Bewegung:

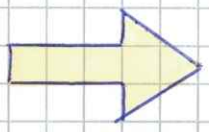
Fräßen, freies Runden, Gesenkzügen, -runden
Gleichziehen, Rollziehen, Umziehen

Schlussschleifen:

↳ mit Gegenhalter durchsetzen eines Bereiches
↳ z.B. Voranalyselemente

▷ Unterteilung des Umformverfahrens:

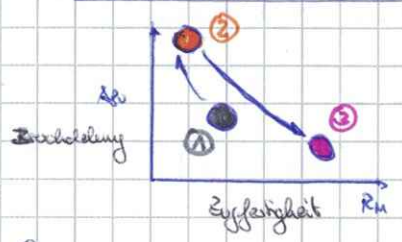
- Blech / Massiv
- Warm / Kalt
- Spannung



▷ Umformeigenschaften Stahl:

↳ Eigentlich entweder Zugfestigkeit ODER Bruchdehnung
 $\sigma = \frac{F}{A}$ $\sigma \uparrow \Delta A$ oder $\sigma \downarrow \Delta A$

MANGAN-BOR-STAHL:



- ① Lieferzustand
- ② erwärmter Zustand
- ③ pressgehärteter Zustand

Automotive

↳ ad ③: Direkt: Rohre → Kostenreduzieren → Trans. → Umformen & Härten
 Indirekt: " → Vorformen → Aust. → Trans. → Kalibrieren & Härten

↳ Abhängigkeitsgeschwindigkeit hat Einfluss auf Mikrostruktur
 ↳ schnell → Härten (Martensit)
 ↳ langsamer → Bainit / Perlit / Ferrit / Austenit

↳ Durch thermische Prozessführung verschiedene Eigenschaften im gleichen Werkstück.

⚡ Anwendungsbereiche für höchstfeste Werkstoffe: Stoßfänger, Schwelle, B-Säule innen

▷ Trennen:

"Formänderung unter örtlichen Aufhebung des Stoffzusammenhalts. Abtrennen i. F.v. Metallteilchen / Spänen, die Abfall darstellen."

↳ z.B. Fräsen von Werkzeugteilen HSC (High Speed Cutting)

Gruppe 3 teilt sich nochmals in:

- Zerzählen
- Spanen mit geom. undest. Schneide
- • •
- • •
- dest. Schneide
- Abtragen
- Zulegen
- Reinigen

Zerspan- & Abtragtechnik:

Ums. Einwirkgründe:

- ⊕ Maßgenauigkeit & OF-Güte
- ⊕ Bearbeitung vieler WST
- ⊕ Zerspan WZ recht einfach & WST-unabhängig
- ⊕ Leistungsfähigkeit & Wirklichkeitsfaktor
- ⊕ Produktivität & Wirtschaftlichkeit bei W. Serien.

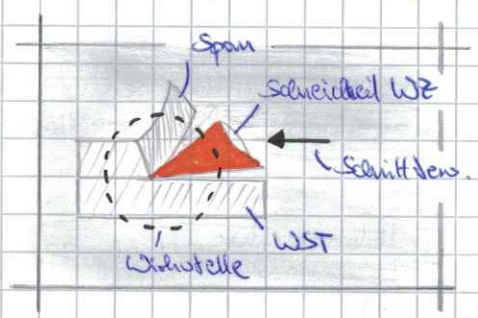
Ums. Invarianzbedingtes:

- ~ Anforderungen an BT ⊕
- ~ Anteil von Verschleißbestandteilen zu Me-Wst ⊕
- ~ Miniaturisierung & Komplexität

Ums. Rarigkeiten: (Ra als Integralmittel) & Rz in Bereichen & Z:

↳ auch Flächen Sz, Sa

[=> Bohren ⊖ ; Räumen ⊖ ; Läppen ⊕]



mit geom. dest. Schneide (Sägezahn, Schleifhorn, ...)

Fügetechnik:

- Bei Werkstoffauswahl Kombination untersch. Werkstoffe
- ↳ z.B. Hochfest Aluminium / Stahl => Ähnliches Atome-Durchmesser

HAUPTGRUPPE 4:

- Zusammenstecken
- Füllen
- An-/Überpressen
- Umformen
- Umformen
- Schweißen
- Löten
- Kleben
- Textiles Fügen

DEFINITION

„ Fügen ist das Zusammenbringen von zwei oder mehr Werkstücken geometrisch bestimmter Form oder von starren Werkstücken mit formlosem Stoff. Dabei wird das Zusammenhalt örtlich geschaffen und im Ganzen vermehrt.“

FAZIT: Fügetechnik soll möglichst die gleichen Anforderungen erfüllen, wie die zu verbindenden Bauteile

$$f(\theta) = \text{Verbindungszeit} = \frac{\text{Zus. Fügetechnik}}{\text{Zus. Grundwerkst.}} = 1$$

► Fügeverbinding als Schwachstelle:

- ① Abbiegung geometr. Medien \Rightarrow Kraftumlenkung
- ② Verfahrensbeeinflusster Grundwerkstoff im Randbereich

► Einteilung der Fügeverbindungen:

- Ⓐ Hauptwirkprinzipien der Herstellung (siehe HG4)
- Ⓑ Funktion (starr / beweglich)
- Ⓒ Verwendung von Fügeelementen (un-)mittelbar
- Ⓓ Verbindungsmechanismus (Form- / Kraft- / Stoffschluss)
- Ⓔ Art der Verbindung (un-)lösbar, sachl. lösbar
- Ⓕ Zweck d. Verbindung (verbinden / ergänzen)

↳ Bsp.: Einlötlöt- / Klebverbindungen

► Schraubverbindungen:

- ~ lösbare Verbindungen
- ~ gute Beschriftungsmöglichkeiten

↳ Stahl-Schrauben mit großem Vorspannungsmoment

↳ (A) drückt keinen Korrosionsschutz, leichter, geringere Fert-Kosten & Stillkosten als höher

↳ Stanzen mit Hohlbohrer macht sich sein eigenes Loch

↳ Erwärmen (Holz / Leichtes Spalt) // dynam. Belastung (+ Kraftschluss / Verdrängung Spaltbildung)

► Fügeverfahren Klassifikation:

	SCHWEIßEN	LÖTEN	KLEBEN
CHEM. ZUSAMMENSETZUNG	gleich	ungleich	ungleich
CHEM. BESTANDTEILE	gleich	gleich	ungleich

↳ Aufschmelzen des WSt

↳ Leitfähigkeit durch Metallpartikel

Schweißen:

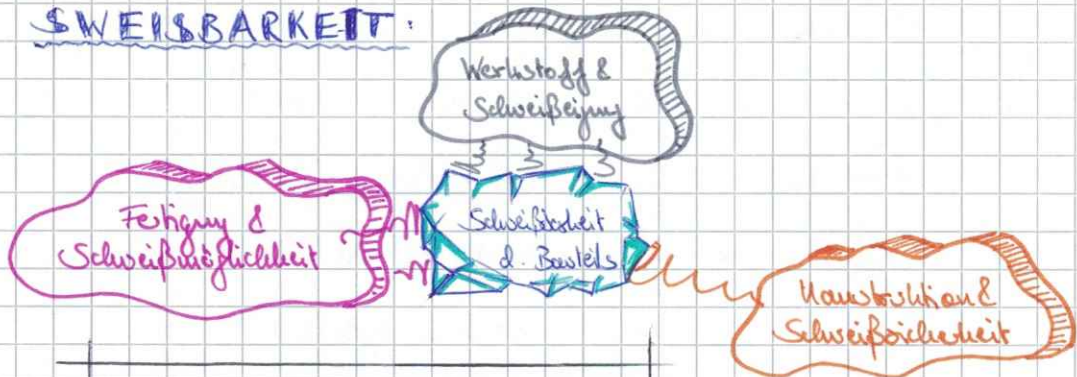
↳ Schweißen ist das unlösbare Verfügen von Grundwerkstoffen unter Anwendung von Wärme & Druck mit/ohne Zusatzwerkstoff mit gleichem oder nahezu gleichem Schmelzbereich

Energiequellen:

- Reaktionswärme
- Lichtbogenenergie
- elektr. Energie
- kin. Energie d. Vorschubstrahlung
- elektromagn. Strahlungsenergie
- mechan. Energie

↳ Bsp. WWII Schlachtschiffe: Großen Niete \rightarrow Schweißen ... rechteckige Ladebohlen \rightarrow Risse

SWEISBARKEIT:



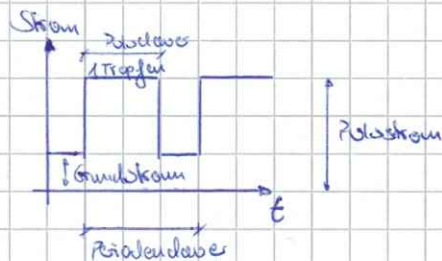
... Eigenschaft, sich bei geeigneten werkstofflichen Voraussetzungen & abgestimmte konstruktive/technologische Bedingungen eines Schweißverfahrens sich mit sich selbst/anderen Stellen so verbinden zu lassen, dass Betriebslasten ausgehalten werden.

↳ I-Norm ist geringste Norm / u-Norm maßgeblich für Belastung

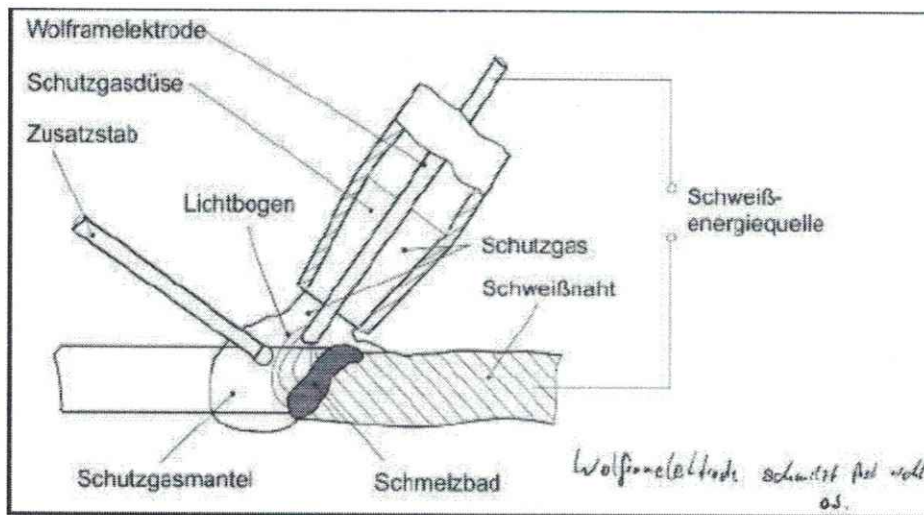
↳ Entweder Press- oder Schmelzschweißen (Gas, Gasenladung, Flüssigkeit, Stahl, elektr. Strom)

↳ Wichtig die richtige Stromquelle zu wählen mit Gleichrichter, Transistorstufen & Transformatoren...

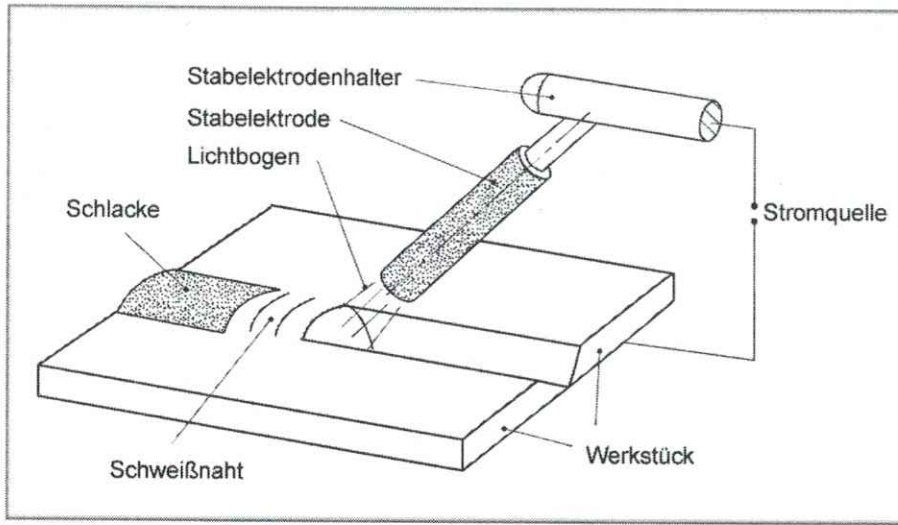
↳ Strom bei Impulsstromtechnik:



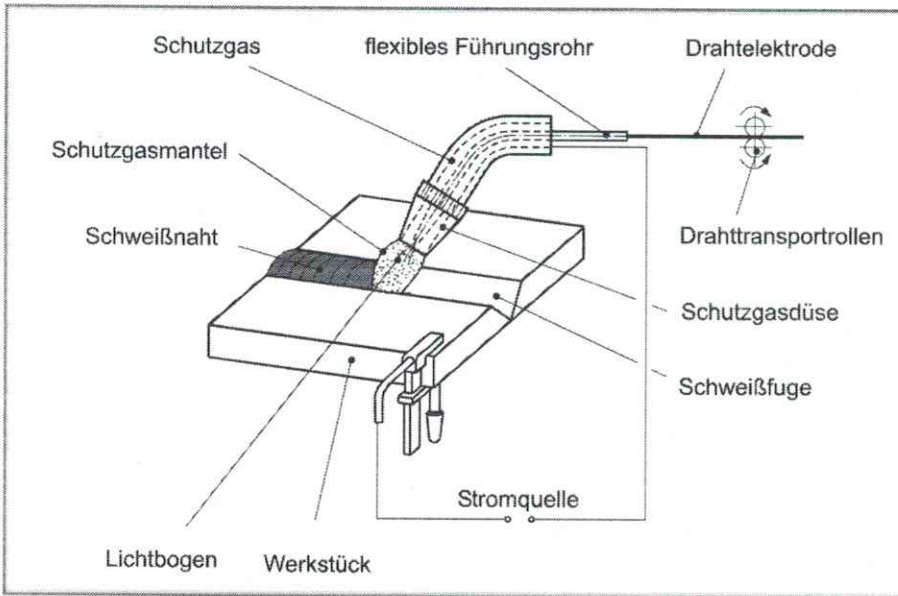
↳ Schutzgas schützt gg. Reaktion mit Atmosphäre ... & stellt z.B. Viskosität an (CO_2 oder Stickgas)



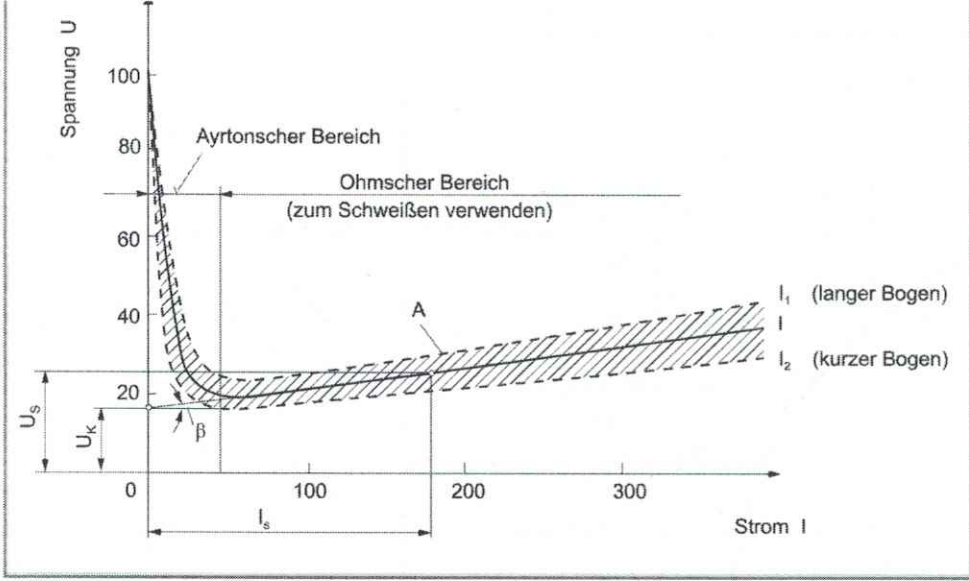
		Spanraumzahl RZ	Spanform- klasse	Beurteilung
Bandspäne		≥ 90	1	<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">ungünstig</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">gut</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">brauchbar</div> </div>
Wirrspäne		≥ 90	2	
Flachwendel- späne		≥ 50	3	
lange, zylindr. Wendelspäne		≥ 50	4	
Wendelspan- stücke		≥ 25	5	
Spiralspäne		≥ 8	6	
Spiralspan- stücke		≥ 8	7	
Bröckelspäne		≥ 3	8	



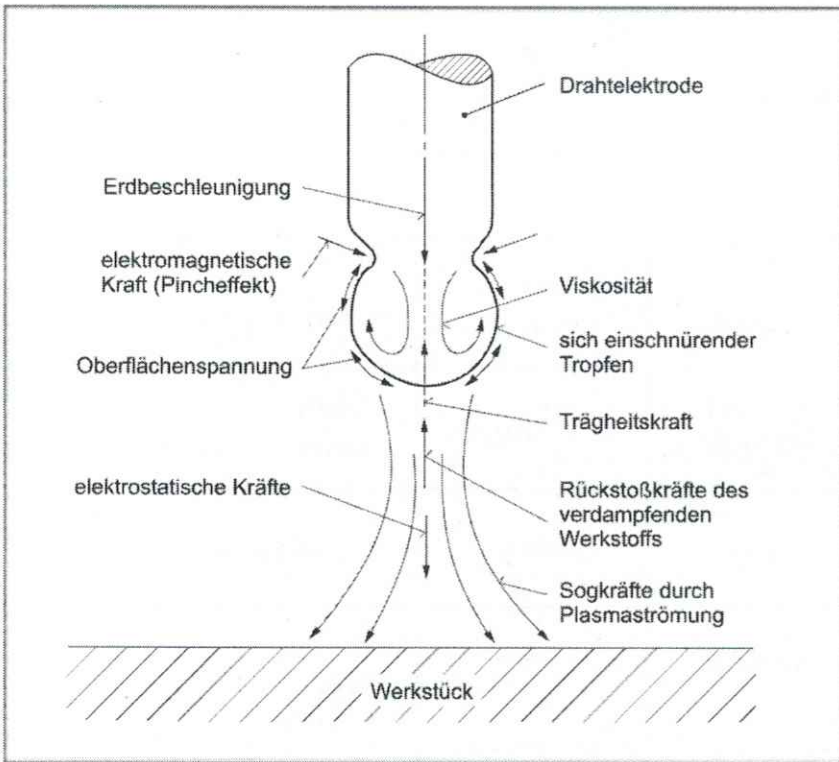
Lichtbogenhand



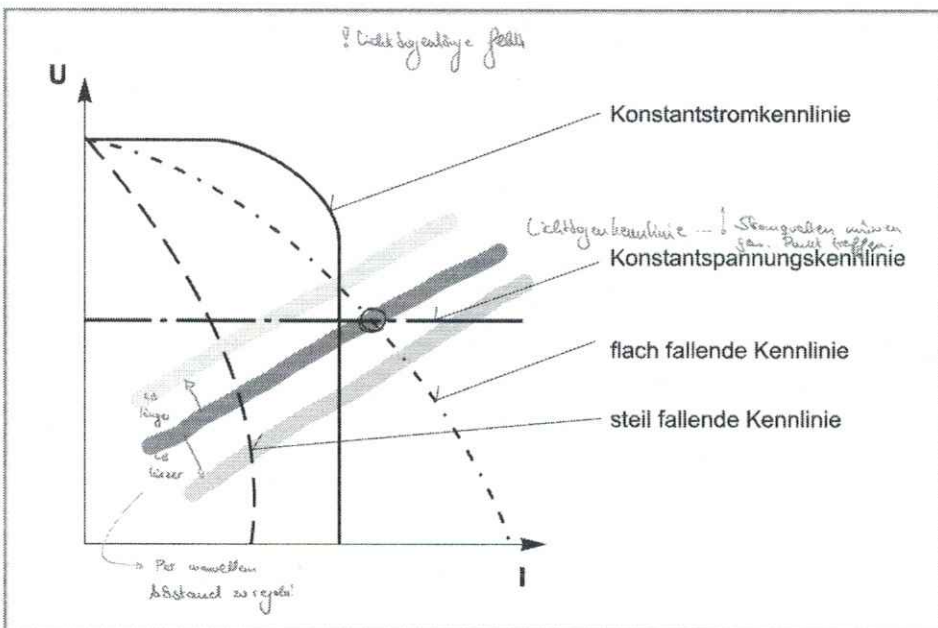
Schutzgas



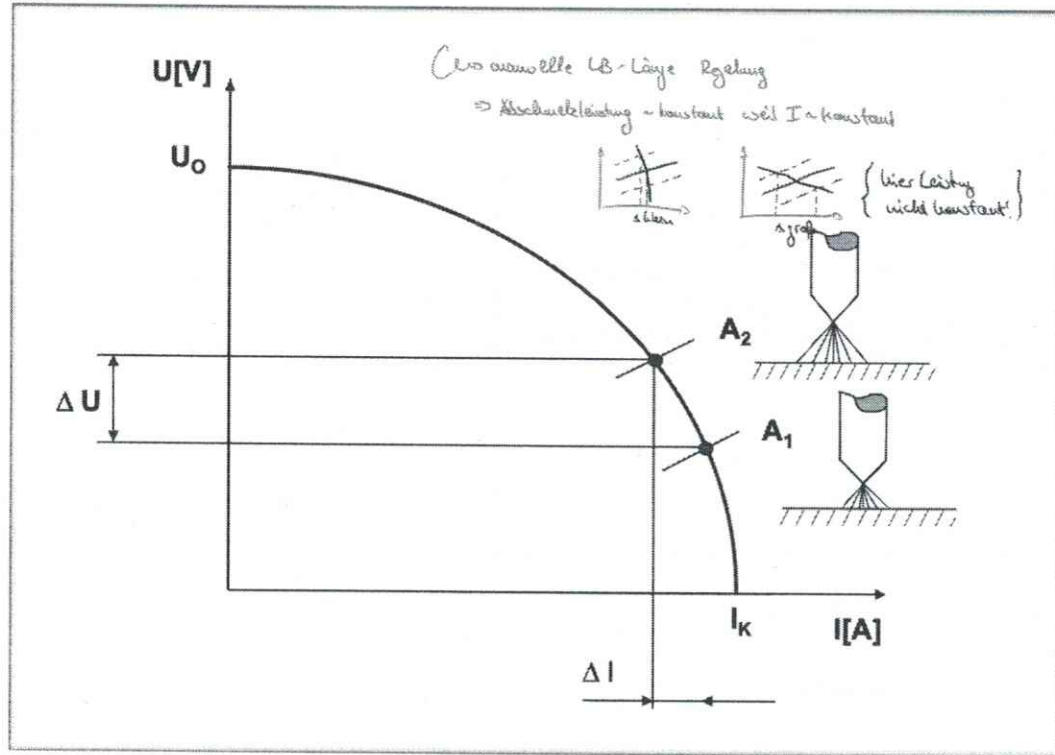
Lichtbogenkurvenlinie



Kräftewirkung beim Tropfenübergang



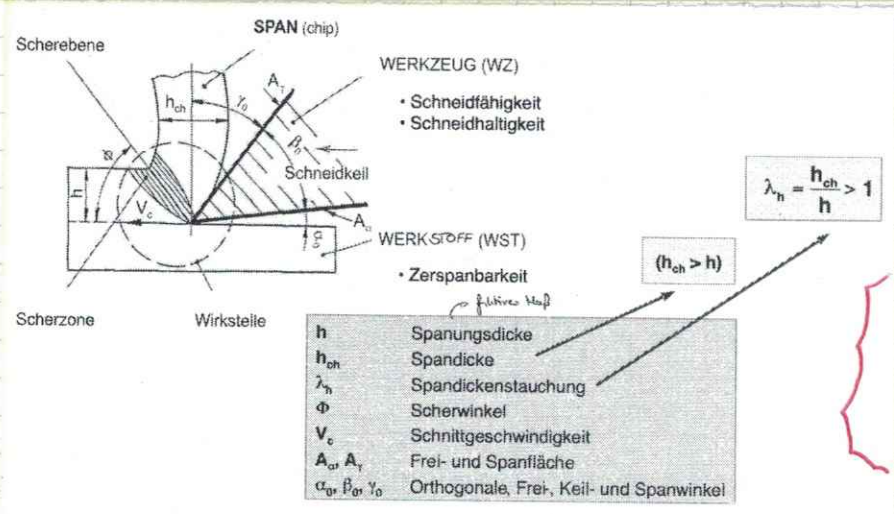
Statische Stromquellenkennlinien



Δ Arbeitspunkt
bei Δ UB-Länge

	Abschmelzleistung	Schutz	Anwendung	Kosten	Werkstoff
E-Hand Schweißen	gering	Schlacke	Montage, Heftarbeiten	sehr niedrig	Stahl; unlegiert bis rostfrei
Metall-Schutzgas schweißen	hoch	Gas	Werkstatt	niedrig	alle Metalle
WIG	gering	(Inert) Gas	Werkstatt	niedrig	alle Metalle Energie & Zusatzst. zugeben

Einschub Zerspantechnik



↳ Beim Spannen mit geometrischer bestimmt & Schneide sind **SCHNEIDENANZAHL, GEOMETRIE** der Schneidhöhe & **LAGE** der Schneiden zum Werkstück bestimmt

↳ Gewollte partielle Zerstörung von über schüssigem WSt. mit Ziel gew. geom. Form & Qualität

↳ Flächen primär linear-elastisch erzeugt (\neq Form WZ)

ZERSPANEN

MECHANISCH

↳ **BOHREN:**

- A) Ins Volle
- B) Aufbohren (Voll / Teilw. Lochtiefe)
- C) Reiben

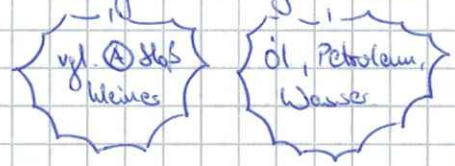
Geometrisch unbestimmte Schneide:

① Gedrucktes Vorn: z.B. Schleifen \rightarrow Schleifmittel + Bindemittel + Poren



↳ Meist Nachbearbeitung größerer Stufen

② Ungedrucktes Vorn: z.B. Lappen \rightarrow Schleifmittel + Trägermedium

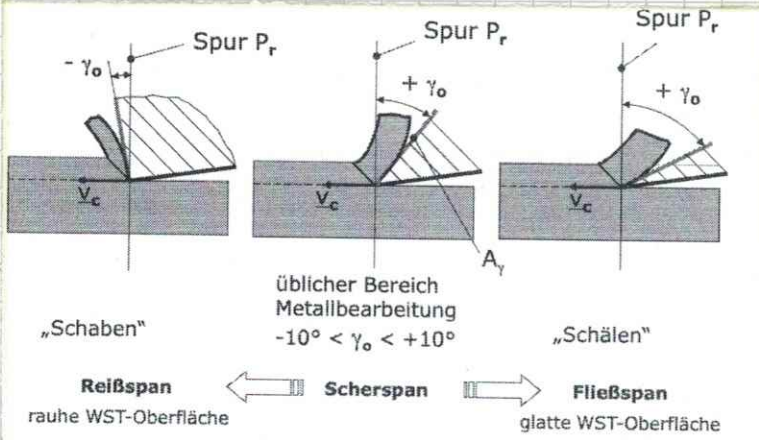


↳ Ultraschalllappen, Formwerkzeug schwingt nach longitudinal... $\frac{1}{4}$ OF-Zerüttung

↳ Klassifikation des Schneidwerkstoffe nach Zähigkeit \perp Verschleißfest/Schnittv./Werkstoffe

↳ Gute Spanform: Schrauben- / Spiral (Druck) Span Schichtdicke zw. 0,32 & 0,95 $\frac{\mu m}{2}$

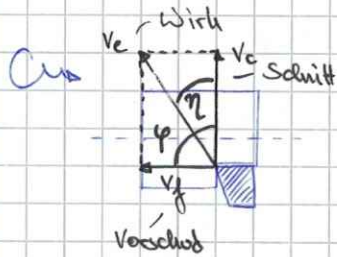
▷ Grundlagen:



↳ Die **ARBEITSEBENE** P_{fe} wird von F_c/v_c & F_f/v_f aufgespannt.

↳ $F_c/F_f/F_a$ in der P_{fe} (vor Leistung) „aktiv“

↳ F_p steht senkrecht auf Arbeitsebene „passiv“

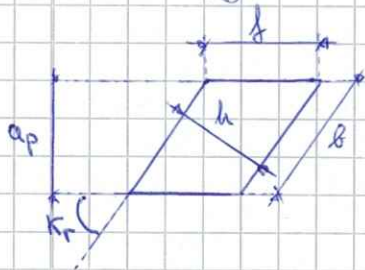


... Die Schnittgeschwindigkeit steht immer senkrecht auf der Schneide...

↳ Rund- / Plan- / Absteckdrehen

φ ... Vorschubrichtungswinkel
 $zeta$... Wirkrichtungswinkel (aus Skalarprodukt v_c, v_f)

▷ Spannungsgrößen:



h ... Spannsdicke
 b ... Spannsbreite

- ▷ $\sin(kr) = \frac{h}{f} = \frac{a_p}{b}$
- ▷ $b = \frac{a_p}{\sin kr}$
- ▷ $h = f \cdot \sin(kr)$
- ▷ $A = b \cdot h = a_p \cdot f$

↳ SCHNITTKRAFT $\{F_c\}$:

$F_c = A \cdot k_c = b \cdot h \cdot k_c$ [Grundgleichung KIENZLE]

spez. Schnittkraft $[\frac{N}{mm^2}]$ ↳ f (WST, h , γ_0 , v_c , WST-Verschleiß...)
 Haupt- einfluss

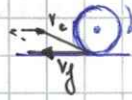
Einschub Zerspantechnik

Fräsen:

A) Beim Gegenlauffräsen



B) Beim Umfangsfräsen:



Räumen:

(-Spanen, geom. dest. Schneide -)

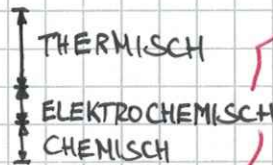
→ WZ extrem teuer Cus z.B. bei Turbinenrotordüsen... oder Turbinenschwefelprofilen.

BASISGRÖßEN DER ZERSPANTECHNIK →

Abtragetechnik:

NICHTMECHANISCH

- Funkenerosion
- Laserstrahlbearbeitung
- Elektrochemisches Senken
- Chemisches Ätzen



Gasolte Zersetzung des Materials T/E/W mit gleichem Ziel wie Zerspanen

Laser:

- Monochromatische Strahlung
- Strahlung mit geringer Divergenz
- kohärente Strahlung
- sehr hohe Leistung möglich ($10^8 - 10^{14} \text{ W/cm}^2$)

Cus CO₂-Laser (Leaky geschliffenes Spiegel)

Cus Nd: YAG-Laser (Lichtleiterfaser ~ 15m)

Wirkvorgänge beim Zerspanen:

→ An der Wirkstelle treffen zwei Festkörper: WERKSTOFF (weicher) & SCHNEIDSTOFF (härtere) aufeinander. Aus Form & Anordnung der Schneiden (geom. Aspekt) & Bewegungsverhalten (kinem. Aspekt) resultieren unterschiedliche Verfahren & große Formenvielfalt der herstellbaren Bauteile.

→ Ein- oder Mehrschneidig

Cus Relativbewegung zwischen WZ & WSt

Vorschub:

... des in einer Umlaufzeit zurückgelegte Weg ("f")
 ... "z" ist die Zähnezahl (Damm f pro Zahn)



$$f = fz \cdot z$$

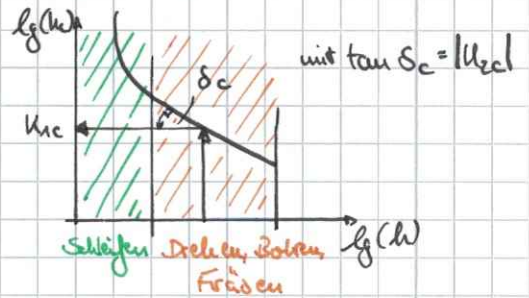
Die spez Schnittkraft:

k_c wird beim Drehen ermittelt: $k_c = k_{nc} \cdot l^{u_{lc}} \cdot \overline{TK}_i$

↳ Multipler Vorkorrekturenfaktor

! nur gültig für Definitionsbereich!

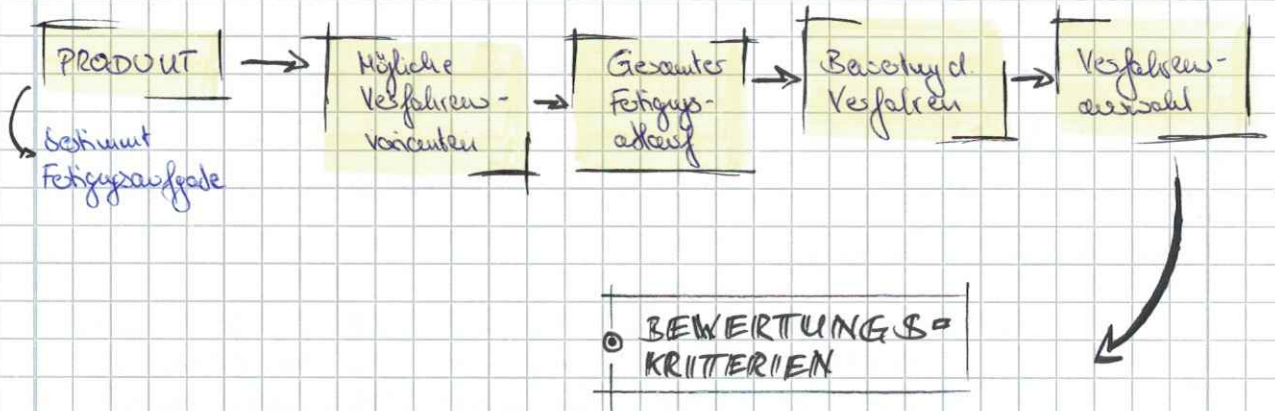
$\Rightarrow \lg(k_c) = \lg(k_{nc}) + u_{lc} \cdot \lg(l)$



$u_{nc} > 0 \quad // \quad u_{lc} < 0$

- ↳ 80% Wärmeabführung im Span & 18% im WZ
- ↳ Reale Spannbildung: temperaturbedingt auf Festigkeit // Umformgeschw.-abhängig
- ↳ Werkstoff braucht große Verfestigung bei hohen Umformgeschwindigkeiten
- ↳ Dubile Schädigung von Metall: Luftkühlung, Wackeln & Vereiningung von Poren / Einschlüssen

Technologischer Variantenvergleich:

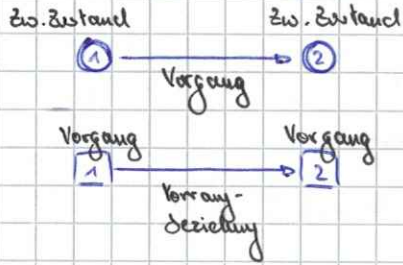


- • • • ... Produktbezogen: Konstruktive Gestaltung, Werkstoff
- • • • ... Verfahrenbezogen: Werkstoff- / Energieverbrauch
- • • • ... Wirtschaftlich: Investitionszeit, Personal, Termine
- • • • ... Sozial & Umwelt: Arbeitssicherheit, Umweltschutz

FERTIGUNGSAUFGABE:

... Definition per Explosionszeichnung / Zusammenbauzeichnung

◦ Beschreibung von Verfahrensvarianten:



VPN: Prozessgraph für Teilefertigung

VMN: Vorranggraph für Montage

↳ Arbeitsgang (AG):

Selbstständiges Teil des FP des aus allen technologisch unmittelbar aufeinanderfolgenden Arbeitsoperationen besteht, die an einem / mehreren gemeinsam zu bearbeitenden Arbeitsgegenständen, von ≥ 1 Arbeitskraft an einem Arbeitsplatz ausgeführt werden.

↳ Arbeitsstufe (AST):

Technologisch selbstständiges Teil d. AG, das mit gleichbleibenden Arbeitsmitteln bei gleichbl. technologischen Bedingungen ausgeführt wird.

↳ Erstellung Vorranggraphen:

- 1.) Festlegung Basisbauteil
- 2.) Def. Vorrangbeziehungen \Rightarrow Vorrangbeziehungsliste
- 3.) Erarbeitung Graph

↳ Fügen II:

	ABSCHMELZ-LEISTUNG	SCHUTZ	ANWENDUNG	KOSTEN	WERKSTOFF
E-HAND-SCHWEIßEN	GERING	SCHLACKE	MONT./HEFTARBEITEN	NIEDRIG	STAHL (unlegiert rostfrei)
METALL-SCHUTZGAS	HOCH	GAS	WERKSTATT	NIEDRIG	ALLE METALLE
WOLFRAM-INERTGAS	GERING	(INERT-)GAS	WERKSTATT	NIEDRIG	ALLE METALLE

↳ Schutzgas hat auch weitere Aufgaben wie Viskosität etc. einstellen...

◦ Einteilung nach Art d. Lichtbogens:



LICHTBOGENART	TROPFENGRÖßE	WST-ÜBERGANG	ZEICHNUNG
Wurlichtbogen	fein	im Wurzschloss	
Überganglichtbogen	fein-grob	Wurzschloss behaftet	
Spätklichtbogen	feinst	Wurzschloss frei	
Langlichtbogen	grob	Wurzschloss behaftet	
Lupolichtbogen	ein	Wurzschloss frei	

WIG:

- ⊕ Wärme / Zusatz - WST - Zufuhr
- ⊕ Hier zum Schutz W-Elektrode durch Sprüngen Peak LB-Eindring

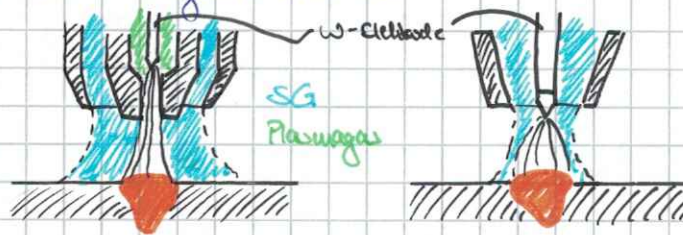
↳ allerdings bei unzureichendem Licht verdrängt Wolfram
 ↳ Schutzgaswahl elementar beim WIG

Al-Oberflächenabtragung:

- Elektrodenansatz unterhalb Oxidschicht → lokales Glühen → Metaldampfexplosionen (⊖)
- Ionenbombardement (⊕) zertrümmern Oxidschicht durch ihre Masse
 ↳ Unerwartete gleichmäßige OF-Abtragung
- Jedes Fotonenpaar des Lichtstroms an Oxidschichtkante

Plasmaverfahren:

↳ Vergleich zum WIG



PLASMASCHWEIßEN:

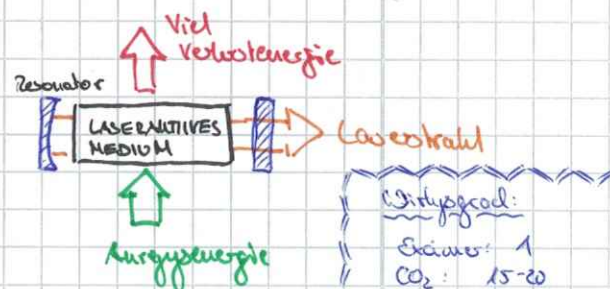
- Plasmatransferschweißen (LB drückt zw. Elektrode & Düse)
- Plasmalichtbogen-schweißen (LB zw. Werkst. & Elektrode)
- Plasmastrahl-Plasmalichtbogen-schweißen (beides, 2 Stromkreise)

↳ großes Wärmeinput ⇒ Untertemperaturarbeiten

↳ INFOCUS: Wolframspitze in Kupfer eingefasst & aktiv gelüftet, hochleistungsfähiges WIG
 ↳ Höhere Stromstärke möglich

Laser:

- Monochromatische Strahlung
- geringe Divergenz (kein großer Raumwinkel)
- kohärente Strahlung
- hohe Leistung



↳ Wellenlängenabhängiges Absorptionsverhalten verschiedener Metalle

↳ WIG: gute OF, ⊕ Beizen, Polieren,

↳ Laser: ~ 0,1 mm Breite, extrem genaue Bauteile, z.B. keine Nacharbeit

↳ TAILORED BLANKS: ⊖ Gewicht ⊖ Material
⊖ Teilezahl ⊖ WZ-Maßen, ⊖ Lsg M
⊕ Stabilität ⊕ Festigkeit
⊖ Vorfertigungsarbeiten ⊖ Abschleifarbeiten

↳ Synergie: ger. Bauwerksamkeit ⇒ gutes Kundenverständnis

↳ MAG-HL: ⊕ Andruck, ⊖ Neben im Nachhinein, ⊖ Zundergefahr, ⊕ Schleifzeit

▷ Pressschweißen: • per Gas, Flüssigkeit, feste Körper, elektr. Gasentladung...

↳ WIDERSTANDSPRESSSCHWEIßEN: Dient dem unlösbaren Verbinden von Werkstoffen durch Wärme-wirkung d. elektr. Stroms unter Auswirkung des im Stromkreis vorhandenen elektr. Widerstandes und unter Anwendung von Druck.

↳ Hochlicht vs. Lochlicht

↳ Widerstandspunkt mit zwei Elektrodenstempeln & Wechselstrom-Impuls
↳ Achtung Nebenstrom bei zu kleinem Punktabstand oder Nebenstromprofil
↳ Andruck ca. 5% von 2x Blechdicke ... 70% Elektrodenstempeln = Nachpunkt
↳ Bei Verbund → Nebenstrombrüche

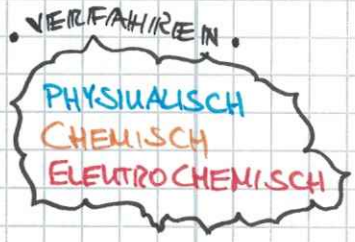
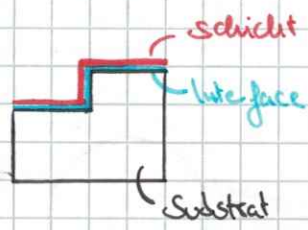
↳ Reibschweißen & Schwingradreibschweißen

⊕ Abtunung auf
Aufgabe
⊕ gütliche Steuerung- &
Regelung

⊕ ger. Schweißzeiten
⊕ für WZ-Maßen
⊖ nicht bei aufhängerempf. WZ
⊖ Gefahr Rissbildung bei langsamen Absinken Relativbewegung

↳ Bolzenschweißen mit Spitzeneinlege ⇒ schmelzt zusammen.

Beschichten:



↳ Verhindern v. Korrosion // ⊕ Flecken-Beständigkeit // ⊕ Verschleißfestigkeit
 ↳ Allg. Einstellung der OF-Eigenschaften (dekorativ, leitfähig, Reibung...)

HGS:

[DIN 8580]

- (.1) A) aus flüssigem Zustand ... Feuerverzinken, Lackieren
- (.2) B) aus plastischem Zustand ... Spachteln
- (.3) C) aus breiigem Zustand ... Verputzen
- (.4) D) aus körnigen/pulverförmigen Zustand ... elektrost. Besch., Therm. Spritzen
- (.6) E) durch Schweißen ... alle Verfahren
- (.7) F) durch Löten ... Bei sehr spröden Wst
- (.8) G) aus gas-/dampförmigen Zustand ... Vakuumdeklumpfen/-beständen
- (.9) H) aus ionischem Zustand ... Galvanisieren, chem. Beschichten

↳ Eigentlich Beschichtung NACH fertiggestelltes Fertigeig ... oder große, unhandliche BT => Halbfertigfertigung!

↳ viele Vorstufen vor dem Lackieren

Auftag vs. Verbindungs-schweißen:

↳ Vermischungsgrad

▷ Auftag:



$$V = \frac{G}{Z+G} \cdot 100$$

▷ Verbindlich



$$V = \frac{G}{Z+G_1+G_2} \cdot 100$$

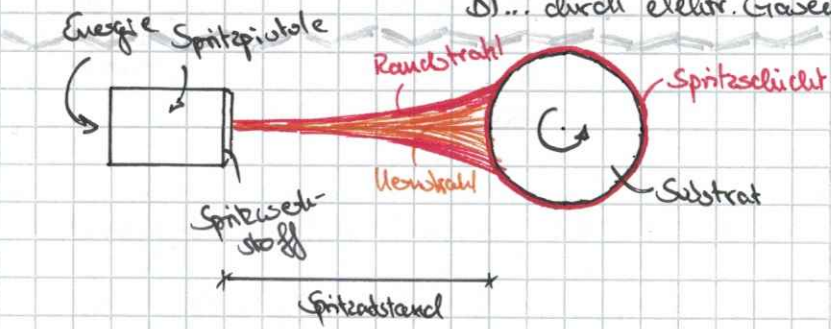
↳ Schweißzuggefüge im Schaeffler-Diagramm

Umströmeunterschied vs. Dekorfolie:

- Lack dünner
- Folie beständiger
- Folie einfacher wechselbar

Thermisches Spritzen:

- A) ... durch Strahl
- B) ... durch Flüssigkeit
- C) ... durch Gas
- D) ... durch elektr. Glühentladung



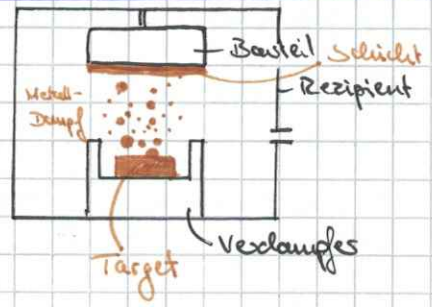
- ① An- und Abschmelzen des Spritzschmelzstoffes
- ② Auflösen & Zerstören des Spritzschmelzstoffes
- ③ Flug des Spritzpartikels
- ④ Aufprall / Verankerung des Partikel auf das Bauteil und die Verankerung d. Partikel untereinander

- ↳ Partikel für Verschleißschutz
- ↳ Metalloxide: Al_2O_3 - Isolator
- ZrO_2 - Temp.-Beständigkeit
- ↳ Reine Metalle: Ni - Chemieverbindungen

- ▷ Flammspritzen: Brenner mit Pulvereintrag
- ▷ Plasmaspritzen: ähnlich mit Plasma Brenner
- ▷ Optimierung des Schicht per Hybrid-Verfahren: Laser-Pulver & Thermisch
- ⊕ Homogenität ⊖ Poren & Einschlüsse

Physical Vapor Deposition (PVD):

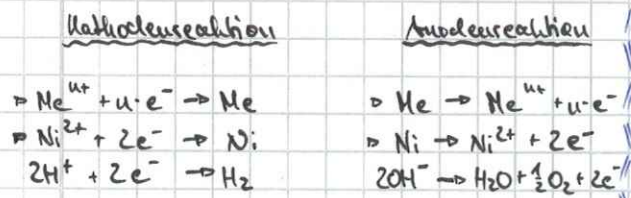
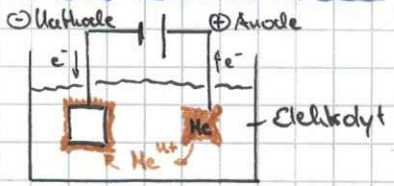
- Schichtdicke: $< 0,1 \mu m$ (DLC Schicht)
- Es findet eine Wärmebeeinflussung statt



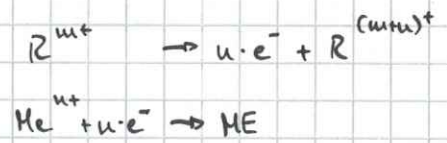
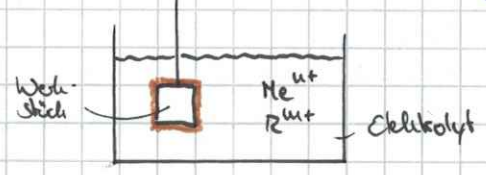
- ↳ Viel für Verschleißschutz (weniges Reibung = wen. Verschleiß)
- ↳ Laser Arc Hybridverfahren für

Amorphe Kohlenstoffschichten - DLC (Diamond like Carbon)

Elektrolyt. Metallabscheiden:



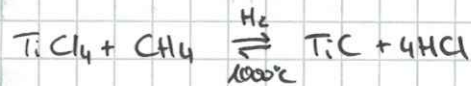
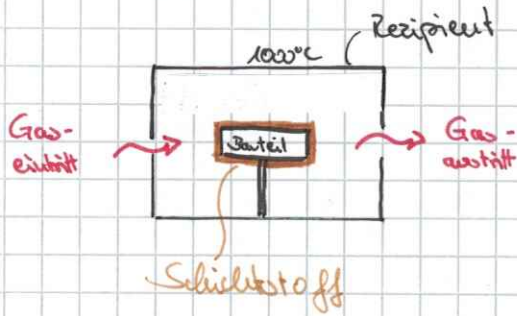
Chem. po Reduktionsabscheidung:



↳ e^- aus Reduktanten
 Heruntergeladen von [www.wissens-wiki.de](#) zu [www.wissens-wiki.de](#)

Chemical Vapor Deposition:

[CVD]



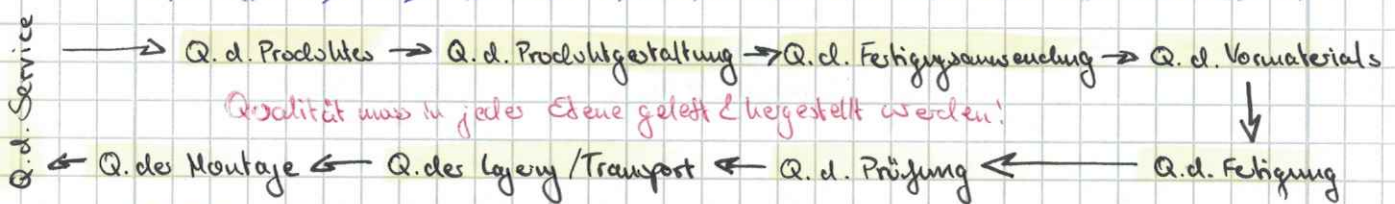
Qualität & so:

- Für Gewinn: Innovationskraft, Produktivität, Qualität (Vertrauensvorschuss)

QUALITÄT?

„Gesamtheit aller Eigenschaften & Methoden eines Produktes / einer Tätigkeit, die sich auf deren Eignung zum Erfüllen gegebener Erfordernisse bezieht.“

„Überschäumen Design & Anforderungen“



↳ Zuverlässigkeit: Qualität unter vorgeg. Bedingungen od. in best. Zeit

↳ Bereitschaftswt.: Zu einem determinierten / stochastischen ZP muss Produkt funktionieren

Woher kommen Qualitätsunterschiede:

- z.B. wie 2 identische Produkte
- Abweichungen innerhalb eines Stücks (Lage Bohren)
- Temperaturschwankungen

Die 4 großen M's:

- MENSCH** (Müdigkeit, Wechsel)
- MASCHINE** (Lagerspiel, Verschleiß, Spannschwankungen...)
- METHODEN** (Zusammenspiel Mensch + Maschine)
- MATERIAL** (Zugelassene Abweichungen, WSt, Normen)

↳ Klassifizierung der Ursachen:

- a) zufällig: zwei Maschinen 1 Problem
→ Sortierung nach Toleranzmassen
→ NUR zwei exakt gleiche Maschinen
- b) systematisch: Störung lokalisierbar
→ plötzlich
→ langsame Verschleibung: Müdigkeit, Wechsel, ...



Qualitätssicherung:

- Alle Maßnahmen zur Sicherung der Qualität (Produktion, Beschaffung, Finanzierung, Orga, ...)
- Technische, Wirtschaftliche, Mathem.-Stat. & juristische Aspekte

↳ Teilfunktionen:

- ① Qualitätsplanung (Toleranz / Prüfbarkeit)
- ② Qualitätsprüfung (Messtechnik, Genauigkeit, Vorgehen)
- ③ Qualitätslenkung (Auswertung Ergebnisse ①)

↳ Statistische Qualitätssicherung:

- Bestimmte Abweichungen akzeptabel
- Voll- vs. Teilkontrolle (Umfang Stichprobe)
- Festlegung Prüfzahl (→ Sicherheitsrisiko)
- ⇒ Lösungsansatz: Redundante Systeme (Pumpen versch. Hersteller)

Qualitätsmanagement:

ISO 9001

→ Durch Globalisierung & Arbeitsteilung will man überall die gleiche Qualität produzieren. Sowohl mit ungeraten als auch mit ausgebildeten Arbeitskräften. <<

↳ Vgl. Automatische Abschaltung bei Verlassen Toleranzbereich

↳ NUTZEN:

- Prozesse analysiert & Schwachstellen identifiziert
- ⊕ Qualität => WW-Vorteil
- Daten sind Unterstützung für BWL (vgl. Consulting)
- Erstellen QM-Handbuch zur Verankerung von Strategie & Qualitätsverständnis im Unternehmen

PARAMETER DER FERTIGUNGS- AUFGABE

WERKSTOFF 

FORM 

ABMESSUNG 

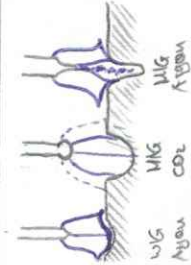
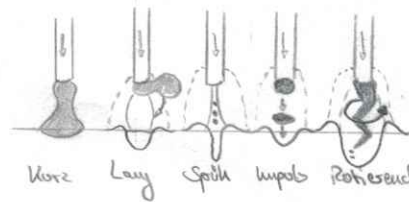
GENAUIGKEIT 

OBERFLÄCHE 

STÜCKZAHL 

Lichtbogenarten

LB-Art	Topfen	Werkstoffübergang
Kurz-	fein-	im Ausschlag, gleichmäßig
Übergang-	fein-grob	im Ausschlag-Überschlagfrei
Spaltlicht-	feinst-	Überschlagfrei /
Langlicht-	grob-	unregelmäßig im Ausschlag
Impulslicht-	fein-	Überschlagfrei



WAHRE SPANNUNG

- Normenkonform, Bezug
- Instrumente ablesbar

TECHNISCHE SPANNUNG

- Normenkonform, Bezug
- Instrumente (nicht) ablesbar