

**THESEN
zur LV Fertigungstechnik: Kapitel Umform- und Zerteiltechnik**

Definition des Umformens:

UMFORMEN ist Fertigen durch bildsames (plastisches) Ändern der Form eines festen Körpers. Dabei werden sowohl die Masse als auch der Zusammenhalt beibehalten (DIN 8582).

Vorteile von Umformverfahren:

- 1. Materialeinsparungen gegenüber spanender Bearbeitung von
10% bis 60%
(gleichzeitig günstigere energetischen Verbrauchswerte)**
- 2. Kurze Fertigungszeiten im Vergleich zur spanenden Fertigung durch hohen Automatisierungsgrad, verkürzte Haupt- und Nebenzeiten und Mehrmaschinenbedienung. (hohe Mengenleistung mit kürzesten Stückzeiten)
Einsparung bis zu 30 %**
- 3. Verbesserung der Werkstückqualität: gute Oberflächengüte und Maßgenauigkeit (sehr kleine Toleranzen möglich).**
- 4. Erhöhung der Werkstückmaterial-Festigkeit bei Kaltumformung (Kaltverfestigung) und günstige mechanische Werkstoffeigenschaften (verringerte Kerbwirkung durch nicht angeschnittenen Faserverlauf).**

Definition des Umformgrades:

Der Umformgrad ϕ ist das logarithmische

Formänderungsverhältnis : $\phi_h = \ln (h_1/h_0)$

$$\phi_b = \ln (b_1/b_0)$$

$$\phi_l = \ln (l_1/l_0)$$

Gesetz der Volumenkonstanz:

$$V_0 = V_1$$

$$\phi_h + \phi_b + \phi_l = 0$$

$\phi_g = / \phi_{\max} /$, d.h. Träger

des alleinigen Vorzeichens

Fließbedingung:

(für dreiachsigen Spannungszustand ohne Berücksichtigung der mittleren Hauptnormalspannung nach MOHR)

"Die Differenz der Hauptnormalspannungen entspricht dem 2-fachen Wert der maximal auftretenden Schubspannungen"

(Schubspannungshypothese nach TRESCA)

$$\sigma_{\max} - \sigma_{\min} = 2 \tau_{\max} = R_e = \sigma_v$$

(σ_v = einachsige Vergleichsspannung)

Definition der Fließspannung/Formänderungsfestigkeit k_f

Die Fließspannung k_f ist die Normalspannung, die bei einem einachsigen Spannungszustand zum Erreichen bzw. bei vorangegangener Formänderung zum Aufrechterhalten des plastischen Zustandes notwendig ist.

Einflußgrößen auf k_f :

$$k_f = f(\text{Werkstoff /Zusammensetzung, Vorbehandlung/, } \phi, \phi, \delta)$$

**Darstellung als Fließkurven in Arbeitsblätter
VDI 5-3200 und 3201 für die meisten in der Umformtechnik
angewendeten Metallegierungen**

Darstellung von k_f als Potenzfunktion (nach Reihle u.a.)

$$k_f = C \phi^n$$

(Gültigkeitsbereich: $\phi = 0,2$ bis $1,0$)

$$C = R_m (e/n)^n$$

$$n = \phi_{gl}$$

Hierin bedeuten:

n = Verfestigungsexponent,

R_m = Zugfestigkeit,

e = Basis der natürlichen Logarithmen,

**ϕ_{gl} = Umformgrad bei der Gleichmaß-
dehnung im Zugversuch**

Umformarbeit:

$$W_{id} = V \int_0^{\phi_1} k_f d\phi = V k_f \phi_1$$

(ideelle Umformarbeit bei verlustfreier Umformung eines unverfestigten Werkstoffs)

Bei verfestigten Werkstoffen ist mittlere Fließspannung k_{fm} einzusetzen:

$$k_{fm} = 1/\phi_1 \int_0^{\phi_1} k_f d\phi$$

oder näherungsweise:

$$k_{fm} = k_{f0} + k_{f1} / 2$$

Tatsächliche Umformarbeit unter Berücksichtigung zusätzlicher Verluste durch Reibung, innere Schiebung im Werkstoff, Biegung u.ä.:

$$W_{ges} = \frac{W_{id}}{\eta_F}$$

Der Umformwirkungsgrad η_F muß experimentell bestimmt werden ($\eta_F = 0,4$ bis $0,8$).

η_F ist abhängig von der äußeren Reibung an den Werkzeugflächen, dem umgeformten Werkstoff, der Werkstückgeometrie, dem Stofffluß und der Art des Umformverfahrens

Umformkraft:
$$F_{\text{ges}} = \frac{F_{\text{id}}}{\eta_F} \quad (\text{nur für stationäre Vorg.})$$

Umformverfahren mit unmittelbarer Kraftwirkung:
(z.B. Walzen, Stauchen mit Wirkung der äußeren Kraft in Richtung der Hauptumformrichtung)

$$F_{\text{id}} = A_1 \cdot k_{f1}$$

Umformverfahren mit mittelbarer Kraftwirkung:
(z.B. Drahtziehen, Tiefziehen, Vorwärts-Vollfließpressen)

$$F_{\text{id}} = A_1 \cdot k_{fm} \cdot \phi_1$$

Definition des Druckumformens:

Druckumformen (DIN 8583) ist Umformen eines festen Körpers, wobei der plastische Zustand im wesentlichen durch eine ein- oder mehrachsige Druckbelastung herbeigeführt wird.

Definition des Walzens:

Walzen ist stetiges oder schrittweises Druckumformen mit einem oder mehreren sich drehenden Werkzeugen (Walzen) und ohne oder mit Gegenwerkzeugen (Stopfen, Stangen, Dorne).

Die Walzen können entweder angetrieben oder durch das Walzgut geschleppt werden.

In Sonderfällen werden an Stelle einer oder mehrerer Walzen andersgeformte oder andersbewegte Werkzeuge (z.B. Flachbacken bei Gewindewalzen) verwendet.

Längswalzen:

Walzgut wird ohne Drehung durch den Walzspalt bewegt, wobei die Walzen gegensinning umlaufen.

Querwalzen:

Walzgut rotiert um die eigene Achse zwischen gleichsinning umlaufenden Walzen ohne Vorschubbewegung.

Schrägwalzen:

Die Walzenachsen sind unter einem Kreuzungswinkel von 3° bis 6° angeordnet, dadurch entsteht ein Längsvorschub in dem um seine Längsachse rotierenden Werkstück.

Vorteile des Gewindewalzens (gilt auch für das Kaltwalzen von Schnecken, Rillen, Rändelungen und Verzahnungen):

- * nicht unterbrochener Faserverlauf
- * kalt verfestigte Gewindeflanken
- * kleiner Reibungskoeffizient μ
- * gute Oberfläche (preßblank)
- * erhöhte Dauerfestigkeit
- * ausreichende Genauigkeit
- * minimale Fertigungszeit auf Automaten
- * beträchtliche Materialeinsparung gegenüber dem Spanen

Greifbedingung für das Walzen:

Greifen ist möglich, wenn der Eingriffswinkel α kleiner als der Reibungswinkel ρ ist.

$$\tan \alpha \leq \mu = \tan \rho$$

Das Greifvermögen ist abhängig von:

- * Walzguttemperatur (mit steigender Temperatur sinkt μ)
- * Walzengeschwindigkeit (mit steigender Geschwindigkeit sinkt μ)
- * Oberfläche der Walzen (Reibwert)

Durchziehbedingung für das Walzen:

Beim Walzen kann der Eingriffswinkel doppelt so groß sein wie beim Greifen.

$$\tan \alpha/2 \leq \mu = \tan \rho$$

Fließscheide:

Nur in der fiktiven Fließscheide entspricht die Walzgeschwindigkeit u_m der Umfangsgeschwindigkeit der Walzen v_u

Vor der Fließscheide liegt die Rückstauzone ($u_m < v_u$) und nach der Fließscheide liegt die Voreilzone ($u_m > v_u$ ca. 3% bis 6%)

Formänderungswiderstand:

$$k_w = k_f / \eta$$

Formänderungswirkungsgrad η :

* η erfaßt die Reibverluste beim Walzvorgang

* η liegt je nach Temperatur und Walzgeschwindigkeit zwischen

$$\eta=0,3 \text{ und } \eta=0,6 \text{ (warm)}$$

$$\eta=0,4 \text{ und } \eta=0,7 \text{ (kalt)}$$

Umformarbeit und Umformkraft beim Walzen:

$$W_{id} = 2 F_{tid} l_1 = k_f m V \phi$$

$$\phi_g = \phi_h = \ln (h_1/h_0)$$

$$F_{tid} = 1/2 k_f m A_1 \phi_g$$

$$A_1 = b_m h_1 = V / l_1$$

(Endquerschnitt des Walzgutes)

Leistung beim Walzen:

$$P = 2 M \omega = k_f m / \eta_F v_u A_1 \phi g$$

Walzkraft:

$$F_W = A_d k_W = A_d k_f / \eta_F$$

$$\text{gedrückte Fläche } A_d = b_m l_d = \frac{b_0 + b_1}{2} \sqrt{R \Delta h}$$

Freiformen (Freiformschmieden):

Druckumformen eines festen Körpers, wobei die Form des Werkstückes nicht oder nur teilweise in den Werkzeugen enthalten ist. Der Werkstoff kann zwischen den Werkzeugen frei fließen.

Gesenkformen (Gesenkschmieden):

Druckumformen von vorgewärmten Metallen mit gegeneinander bewegten Hohlformwerkzeugen - den Gesenken - , wobei diese Werkzeuge das Werkstück ganz oder zu einem wesentlichen Teil umschließen und dessen Form enthalten (abformende Gestalterzeugung)

Arbeitsschritte beim Freiformschmieden:

- * **Erwärmen des Rohblockes**
- * **Abtrennen des Blockkopfes**
- * **Stauchen und Durchschmieden des Rohblockes**
- * **spezielle Formgebung in den vorgesehenen Umformstufen, ev. mit Zwischenerwärmung**
- * **Abkühlen des Rohlings in der Kühlgrube**
- * **Wärmebehandlung**

Gesenkschmieden:

- Vorteile:**
- geringe Einsatzmasse
 - günstiger Faserverlauf
 - bessere Festigkeitseigenschaften
 - geringere zusätzliche spanende Bearbeitung

Nachteile:- relativ hohe Kosten für Schmiedeeinrichtungen, Gesenke und Erwärmungseinrichtungen (Energiekosten)

Drei Varianten nach Form der Rohlinge:

- Gesenkschmieden von der Stange (etwa 2m lang) (bis 3 kg und etwa $d = 50$ mm)
- Gesenkschmieden vom Spaltstück (kleine, flache Werkstücke, Flächenschluß; Faserverlauf unterbrochen !)
- Gesenkschmieden vom Stück (große und schwer zu schmiedende Werkstücke, erhöhte Genauigkeit)

Drei grundsätzliche Arbeitsvorgänge: Stauchen, Breiten und Steigen

Gestaltung von Schmiedestücken: - DIN 7523

Funktion des Grates:

- Aufnahme überflüssigen Materials
- Steuerung des Werkstoffflusses

Kraft- und Arbeitsbedarf: Nomogramme

$$F = A_d \cdot k_{we}$$

$$W = V \cdot \phi_g \cdot k_{fm} / \eta_F$$

STRANGPRESSEN:

Def.: ~ ist Durchdrücken (Druckumformen) eines Werkstückes durch formgebende Werkzeug-Öffnungen hindurch

Anwendung: Herstellung von Halbzeugen aus Al, Cu, Zn, Sn, Pb sowie der entsprechenden Legierungen, aber auch Stahl möglich (Warmumformung) bis zu 20 m Länge

**Besonderheiten des Stahl-Strangpressens:
(Ugine-Sejournet-Verf.)`**

- als Schmiermittel kommt GLAS zum Einsatz
(Glaspulver, gepreßte Glasscheiben)

Verfahrensvarianten:

- **Vorwärts-Strangpressen:**
Werkstofffluß in Richtung der Stempelbewegung
- **Rückwärts-Strangpressen:**
Werkstofffluß entgegen der Richtung der Stempelbewegung

Umformkraft: $F_u = A_0 k_w \phi_{ges}$

Preßfehler: (Beispiele)

- **Trichterbildung am Strangende (Preßlunker):**
 - zu geringer Preßrest
- **Innenrisse:** - zu kalte Innenschichten
- **Aufreißen des Stranges in Umfangsrichtung:**
 - zu große Umformgeschwindigkeit
- **Längsrisse:** - zu starke Abkühlung der Außenschicht
- **Poren und Riefen:** - Aufschweißungen am Werkzeug

Vorteile des Strangpressens:

- relativ niedrige Werkzeugkosten, auch bei geringen Losgrößen
- enge Maßtoleranzen (relativ wenig Nacharbeit)
- große Vielfalt der Formgebungsmöglichkeiten
- Verwendbarkeit von arbeitssparenden Profilabschnitten als Konstruktionselemente für Serien- und Massenartikel
- rationelles Ausgangsmaterial für spanende Fertigbearbeitung

FLIEßPRESSEN:

Def.: ~ ist Durchdrücken eines zwischen Werkzeug-Teilen aufgenommenen Werkstücks mittels Stempel durch eine Düse (Matrize) - kalt oder warm möglich; Herstellung von Werkstücken !!! (kein Halbzeug)

Verfahrensvarianten:

- **Rückwärts-Fließpressen:**
Materialfluß entgegen der Stempelbewegung
- **Vorwärts-Fließpressen:**
Materialfluß in Richtung der Stempelbewegung
- **Quer-Fließpressen:**
Materialfluß quer zur Stempelbewegung
- **Kombiniertes Fließpressen:**
Kombinationen der obigen Varianten

Besonderheiten des Kaltfließpressens von Stahl:

- **Einsatz eines Schmiermittelträgers erforderlich**
i.R. Phosphatschicht von 5 bis 10 μm

Erreichbare Werkstückgenauigkeiten:

- **IT 13 bis IT 8 (Durchm.)**
- **Oberflächenrauheit $R_z \leq 6,3 \mu\text{m}$**

Vorteile:

- **gute Festigkeits- und Dauerfestigkeitswerte**
(Kaltverfestigung, ununterbrochener Faserverlauf)
- **große Materialeinsparungen möglich (Vergleich zur spanenden Fertigung)**
- **hohe Mengenleistungen auch bei komplizierten Formteilen**

Nachteile:

- **Vor- und Nachbehandlung erforderlich**
- **teure Einrichtungen und Werkzeuge**

Eindrücken (Druckumformung)

Verfahren:

- Prägen (Voll- und Hohlprägen)
Hohlprägen (Blechdicke $s = \text{konstant}$): Beispiel Nummerierung in Blech
Vollprägen (s - gezielt verringert): Münzprägen
- Glattprägen: Verbesserung der Oberfläche durch geringes Kaltstauchen
- Maßprägen: Stauchen mit höhenbegrenzenden Anschlägen
- Einsenken: Eindrücken von Formwerkzeugen in ein Werkstück zum Erzeugen einer genauen Innenform (z.B. GESENKE für das Gesenkschmieden)
- Einprägen: Eindrücken von Zeichen mittels Prägestempel
- Eindrücken mit umlaufender Bewegung des Werkzeuges: > Walzprägen; Rändeln; Kordeln; Gewindefurchen (umformende Herstellung von Innengewinden)

ZUG - DRUCK - UMFORMEN

Beim Zug-Druck-Umformen wird der plastische Zustand durch zusammengesetzte mehrachsige Zug- und Druckspannungen erreicht.

DIN 8584: - Durchziehen (Draht- und Stabziehen)

- Tiefziehen
- Drücken
- Kragenziehen und Knickbauen

Draht- und Stabziehen

Def.: Anfangsteil wird durch eine in Ziehrichtung verengte, formgebende
düsenförmige Matrize (Ziehstein) durchgezogen

Herstellung von Halbzeug, meist Vollprofile (kreisförmiger Querschnitt)

Ausgangsmaterial: warmgewalzt, entzundert und angespitzt

Unterscheidung zwischen Gleitziehen (feststehendes Ziehwerkzeug) und Walzziehen (Ziehrollenpaar)

Schmierstoffe:

- Trägerschicht auf der Basis von Phosphat, Kalk, Borax oder Oxalat
- Schmiermittel sind Petroleum, Rüböl, Mineralöle, Seifenemulsionen teilweise mit MoS₂- und Graphit-Zusatz für die Naßschmierung und
- Bienenwachs, Talg, Kalkmischungen und Metallseifen für die Trockenschmierung

Ziehsteine:

- Stahl-Ziehringe mit einer Standmenge von ca. 2000 kg je Durchgang
- Hartmetall (HM): Standmenge erreicht das 30-200fache
- Diamant für Feindrähte mit d = 1,5 mm bis zu 5 µm

Ziehvorgang:

- mehrere Stufen erforderlich; Kaltverfestigung (bei Stahl ist fast nach jedem Zug eine Wärmebehandlung - Glühen - erforderlich)

Maschinen:

- für dicke Stäbe d > 16 mm: Ziehbänke
- für Draht: Mehrfach-Drahtziehmaschinen

Ziehkraft:

$$\begin{aligned} F_{ges} &= F_{id} + F_R + F_S \\ &= k_{fm} \cdot A_1 \left[\phi (1 + \mu / \tan \alpha) + 2 / 3 \tan \alpha \right] \end{aligned}$$

optimaler Ziehwinkel:

$$\alpha_{opt} = \sqrt{3 / 2 \cdot \mu \cdot \phi}$$

Gleitziehen von Rohren:

- Hohl-Gleitziehen: kein Werkzeug im Inneren, Wanddicke s stellt sich frei ein
- Gleitziehen über festen Stopfen: d und s verringert

ABSTRECKZIEHEN VON HOHLKÖRPERN

- Vermindern der Wanddicke von hülsenförmigen Hohlkörpern mit Boden (durch Tiefziehen oder Fließpressen gefertigt)
- Vorteile gegenüber FP: kleinere Kräfte und geringere WZ-Beanspruchungen
große Wanddickengenauigkeit
- Charakteristik: gute Oberflächen; großer Hub der Presse erforderlich;
Herstellung von Getränkedosen (800 bis 1200 Stck/min)
durch kombiniertes TZ und Abstrecken,
Blechdicke
 $s = 0,182 \text{ mm}$

TIEFZIEHEN (DIN 8584)

Definition:

Zug-Druck-Umformen eines Blechzuschnitts - je nach Werkstoff auch einer Folie oder Platte, eines Ausschnittes oder Abschnittes - zu einem Hohlkörper, **ohne beabsichtigte Veränderung der Blechdicke** (Anschlag- oder Erstzug). Es kann auch ein Hohlkörper zu einem Hohlkörper mit kleinerem Umfang tiefgezogen werden (Weiterschlag).

TZ ist wichtigstes Verfahren der Blechumformung
(Massenfertigung von Bauteilen für Fahrzeuge, Haushaltgeräte u. ä.)

TZ ist ein Verfahren mit mittelbarer Krafteinleitung - die Ziehkraft F_{st} wird vom Stempel auf den Ziehteilboden übertragen und von der Napfwand, der sog. Zarge, in den Flansch weitergeleitet.

Grenze für das TZ:

- Bodenzone kann die zur Umformung des Flansches erforderliche Kraft nicht mehr

übertragen (Bodenreißer)

Bedingung: $F_{st} = F_{Br}$

Ziehkraft: $F_Z = F_{id} + F_{R1} + F_B + F_{R2} = F_{id} + F_B + F_R$

Formänderungswirkungsgrad $\eta F = 0,5$ bis $0,8$

Tagentiale Druckspannungen führen zur Faltenbildung, deren Vermeidung den Einsatz eines Niederhalters erfordert!!!

Ziehverhältnis: $\beta = d_0 / d_1$

- beim Überschreiten des Grenzziehverhältnisses

$\beta_{max} = d_{0max} / d_1$ ----> Bodenreißer!!!

Berechnung der Bodenreißkraft (überschlägig):

$F_{Br} \approx \pi \cdot d_m \cdot s_0 \cdot R_m$
(d_m - mittlerer Napfdurchmesser)

TZ im Weiterzug:

- Niederhalter muß Ausgangsform angepaßt sein

Ziehspalt: $u_z = s_0 + a\sqrt{10} s_0$
 $a = 0,07$ (St); $a = 0,02$ (Al); $a = 0,04$ (NE-Met.)

TZ ohne Niederhalter:

- bei relativ dicken Blechteilen mit $d_1 / s_0 < 25$

Ziehring sollte möglichst traktrixförmig ausgebildet sein

Zuschnittermittlung: (Guldinsche Regel)
- einfaches rotationssymmetrisches Ziehteil ohne Bodenrundung

$$d_0 = \sqrt{d^2 + 4d \cdot h}$$

Maschinen zum TZ:

weggebundene oder hydraulische Pressen

DRÜCKEN

Unter dem Oberbegriff "Drücken" ist eine Gruppe von Umformverfahren zusammengefaßt, die alle der Herstellung rotationssymmetrischer Hohlkörper mit vielfältigen Formen der Mantellinie dienen.

Als Anfangsformen werden runde Blechzuschnitte (Ronden) oder Hohlkörper verwendet.

Gemeinsames Merkmal dieser Verfahren ist der punktförmige oder in Einzelfällen linienförmige Angriff der Werkzeuge bei in der Regel rotierenden Werkstücken.

In der örtlich eng begrenzten Umformzone treten wie beim Tiefziehen tangential Druck- und radiale Zugspannungen auf.

Die Bewegung der Werkzeuge entlang der zu fertigenden Werkstückmantellinie erfolgt manuell oder wird maschinell über Kopiereinrichtung oder CNC-Steuerung realisiert.

Das Drückverhältnis wird wie folgt berechnet:

$$\beta = d_0 / d_1$$

Versagensfälle beim Drücken:

- Ausknicken des Flansches durch Wellen- und Faltenbildung
- Risse in tangentialer Richtung am Übergang zwischen Flansch und Zarge
- radiale Risse im äußeren Flanschbereich beim Wegdrücken von Falten durch Biegewechselbelastung

Wirtschaftlichkeit: Drücken ist bei kleinen Stückzahlen und großen Durchmessern wirtschaftlicher als TZ (Waschmaschinentrommeln, Kochkessel); bei noch größeren Durchmesser (Parabolspiegel, Kumpelböden, spez. Flugzeug- oder Raketenteile) konkurrenzlos

ZUGUMFORMEN

Die Fertigform wird überwiegend durch Zugbeanspruchung erreicht. Es tritt eine Oberflächenvergrößerung bei einer Wanddickenabnahme auf.

LÄNGEN

Def.: ~ ist Zugumformen eines Werkstückes durch eine von außen aufgebrachte, in der Werkstücklängsachse wirkende Zugkraft

Anwendung: Streckrichten von Rohren, Strangpreßprofilen u. Grobblechplatten

WEITEN

Def.: ~ ist Zugumformen durch eine im (hohlen) Werkstück radial nach außen wirkende Kraft.

Anwendung: Herstellung von Gehäusen, Trommeln, Karosserieteilen oder große Blechformteile

Weiten mit starren WZ (Dorn; Spreizwerkzeug aus Segmenten)

Weiten mit elastischen Werkstoffen (Elastomerkunststoff, Gummi)

Weiten mit hydraulischen Medien

TIEFEN (Streckziehen)

Def.: ~ ist das Anbringen von Vertiefungen in einem ebenen oder gewölbten Blech

Anwendung:

- Hohlprägen mit elastischem Wirkmedium (Kfz-Nummernschilder)
- Streckziehen von Karosserieteilen (bis zu 50 m²)

Festigkeit streckgezogener Teile ist höher als die tiefgezogener !!

Formänderungsanalyse

Anwendung:

für umformtechnisch schwierige Karosserieteile

Durchführung:

Aufbringen von Rasternetzen vor dem Umformen, Messung der Verzerrungen nach dem Umformen

Aufbringung der Raster:

- elektrochemisches Markieren mittels Schablone
- photochemisch-elektrochemisches Auftragen (Fotolack)

Auswertung der Meßraster:

- Ausmessen mit Lineal oder Meßmikroskop
- Visioplastische Bildverarbeitungstechnik

Koordinatensystem:

- ϕ_1 - Längenformänderung
- ϕ_2 - Breitenformänderung
- reines Tiefziehen: $\phi_1 = -\phi_2$ (Idealfall)
- reines Streckziehen: $\phi_1 = \phi_2$ (Idealfall)

GRENZFORMÄNDERUNGSKURVE

BIEGEN

Def.: ~ ist nach DIN 8586 das Umformen eines festen Körpers, wobei der plastische Zustand im wesentlichen durch eine Biegebeanspruchung herbeigeführt wird. (im Allgemeinen Kaltumformung)

Anwendung:

- * alle metallischen Werkstoffe
- * Blechumformung:
 - Massenfertigung kleinster Teile bis Einzelfertigung im Schiffbau
- * Biegen von Rohren, Drähte u. Stäbe

Einteilung:

- Biegeumformen mit geradliniger WZ-Bewegung:
 - Gesenkbiegen (Abkantpresse): U-; V- Biegen
- Biegeumformen mit drehender WZ-Bewegung:
 - Schwenkbiegen, Profilieren

Biegespannungen: (Betrachtung von drei Zonen)

- reine Zugzone:
 - Bereich zwischen der ursprünglich mittleren und der äußeren Randfaser
- Druck-Zug-Zone:
 - Zone zw. d. ungelängten und d. spannungsfreien Faser
- reine Druckzone:
 - Zone zwischen der Grenzdehnungs- und der inneren Randfaser

Rückfederung: (rein elastischer Biegevorgang)

- * Bei Aufhebung des Belastungsmoments bei der rein elastischen Biegung wird die Werkstückanfangslage wieder erreicht. Bei der elastisch-plastischen Biegung wird nur eine

teilweise Rückbiegung (elast. Anteil) erreicht.
Möglichkeiten zur Verringerung der Rückfederung:

1. Nachdrücken der Biegekante im Gesenk
2. Anwendung eines erhöhten Prägeimpulses
3. Anwendung von Warm- statt Kaltbiegen
4. Verringerung des relativen Biegeradius r_1/s_0
5. Anwendung des Profilierens statt des Gesenkbiegens

(Reduzierung der Rückfederung beruht auf einer Verringerung der elastischen Kernzone)

* minimal zulässiger Biegeradius (Vermeidung d. Rißgefahr):

$$r_{\text{imin}} = c_1 s_0$$

c_1 - Biegefaktor vom Werkstoff und Walzrichtung abhängig
(quer zur Walzrichtung sind Biegeeigenschaften besser)

Schneiden von Blech (Zerteilen) - Verfahren des Trennens

Def.: (DIN 8588)

Trennen ist Ändern der Form eines festen Körpers, wobei der Zusammenhalt örtlich aufgehoben, d.h. im ganzen vermindert wird. Zerteilen ist mechanisches Trennen ohne Entstehung von formlosen Stoff (spanloses Trennen).

Schneidvorgang ist immer mit einer plastischen Umformung verbunden, bis Werkstoff Trennfestigkeit τ_B erreicht hat und einreißt

optimaler Schneidspaltbereich:

$$u = 0,08 \text{ bis } 0,10 s_0$$

Schneidkraft:

$$F_{\text{smax}} = k_s A_s \quad (\text{scharfes WZ})$$

$$F_{\text{smax}} = 1,6 k_s A_s \quad (\text{stumpfes WZ})$$

-Schnittfläche: $A_S = l_S \cdot s_0$ (l_S = Länge der Schnittlinie)

- Schneidwiderstand: $k_S \sim 0,8 R_m$

Einteilung der Schneid-WZ:

- Frei-Schneid-WZ
- Plattenführungs-Schneid-WZ
- Säulenführungs-Schneid-WZ
- Folge-Schneid-WZ
- Gesamt-Schneid-WZ
- Verbund-WZ (Schneiden + Umformen)

Vorschubbegrenzungen:

- Einhängestifte
- Seitenschneider
- Such- oder Pilotstifte
- Walzenvorschubeinrichtungen

Genauschnitten: (Feinschnitten)

- kleinstmöglicher Schneidspalt (Vermeidung Biegesp.)
- Gegenhalter zur Vermeidung der Durchwölbung
- Erzeugung zusätzlicher Druckspannungen in d. Schneidzone

(dreifachwirkende Presse erforderlich)