

Interreg



EUROPÄISCHE
UNION

Österreich-Tschechische Republik

Europäischer Fonds für regionale Entwicklung



MASCHINENBAU

Blechverarbeitung



UNIVERSITY
OF APPLIED SCIENCES
UPPER AUSTRIA



EUROPÄISCHE UNION

INHALT

1. Wärmebehandlung.....	3
1.1. Zweck und grundlegende Klassifizierung der Wärmebehandlungsmethoden	3
1.2. Glühen.....	5
1.3. Abschrecken.....	8
1.4. Anlassen	9
2. Technologien zum Schneiden von Blechen	10
2.1. Blechumformtechnik - Scheren.....	10
2.2. Scherprinzip	10
2.3. Berechnung von Kraft und Arbeitsaufwand für parallele Schaufeln.....	12
2.4. Berechnung von Festigkeit und Arbeitsaufwand für schräge Klingen	14
2.5. Klassifizierung der Scherung	15
3. Feinschneiden und spezielle Scherverfahren	21
3.1. Feinschneiden.....	21
3.2. Scherenpläne	24
3.3. Scherwerkzeuge	26
3.4. Spezielle Scherverfahren.....	28
4. Massen-Umformungen-Technologien-Extrusion.....	30
4.1. Massen-Umformung-Technologien - Extrusion.....	30
4.2. Extrusionsprinzip und Einfluss des Materials	31
4.3. Arbeits- und Folienkalkulationen	33
4.4. Einfluss der Reibung	34
4.5. Klassifizierung der technologischen Verfahren der Extrusion	34
4.6. Spezielle Extrusionsverfahren.....	37
4.7. Extrusionsmaschinen und -werkzeuge	38
5. Biegen	39
5.1. Technologie der Blechumformung - biegen.....	39
5.2. Verformung des Querschnitts, neutrale Achse	40
5.3. Dämpfung.....	42
5.4. Spannungsverteilung.....	44
5.5. Biegetechnische Verfahren.....	45
5.6. Biegen von Werkzeugen.....	52

6. Spezielle Schmiedeverfahren.....	53
6.1. Stauchen.....	53
6.2. Vervollständigung.....	54
6.3. Präzisionsschmieden.....	54
6.4. Schmieden mit horizontaler Schmiedepresse.....	55
6.5. Strangpressschmieden.....	56
6.6. Rotierendes Schmieden.....	57
6.7. Multidirektionales Schmieden.....	58

I. WÄRMEBEHANDLUNG

I.1. Zweck und grundlegende Klassifizierung der Wärmebehandlungsmethoden

Durch die richtige Verwendung von Metall- und Legierungseigenschaften ist es möglich, z.B. das Gewicht einer Maschine oder Maschine zu reduzieren oder kostengünstigere Materialien zu verwenden. Beides führt zu einer Steigerung der Wirtschaftlichkeit der Produktion.

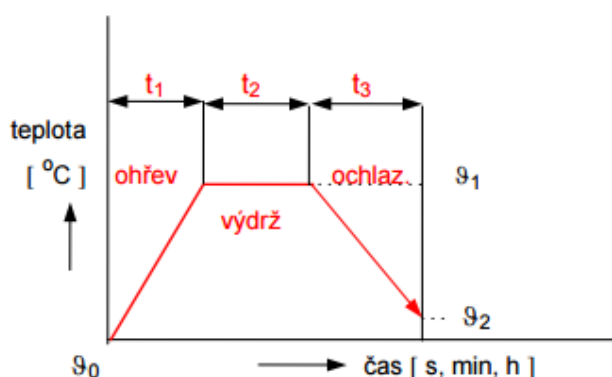
Die Wärmebehandlung umfasst alle Prozesse, bei denen ein Objekt oder Material im festen Zustand auf eine bestimmte Weise erwärmt und gekühlt wird, um die gewünschten Eigenschaften zu erreichen.

Es beinhaltet immer die folgenden Prozesse:

- Erwärmen auf eine bestimmte Temperatur
- Aufrechterhaltung dieser Temperatur
- Abkühlung auf eine bestimmte Temperatur bei einer bestimmten Geschwindigkeit

In einigen Fällen können diese Prozesse unter verschiedenen Bedingungen mehrmals wiederholt werden.

Die Kühl- oder Heizgeschwindigkeit wird mit hoher Geschwindigkeit in $^{\circ}\text{C}/\text{s}$, mit niedriger Geschwindigkeit in $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ oder $^{\circ}\text{C}/\text{h}$ angegeben.



Legende: *teplota* - Temperatur, *ohřev* - Heizung, *výdrž* - Temperaturerhaltung, *ochlaz.* - Kühlung, *čas* - Zeit

Obwohl beide Geschwindigkeiten nicht gleichmäßig sind (sie hängen vom momentanen Temperaturgradienten ab), betrachten wir hauptsächlich die Durchschnittsgeschwindigkeit, die sich wie folgt berechnet:

a) při ohřevu

$$c = \frac{\vartheta_1 - \vartheta_0}{t_1}$$

b) při ochlazování

$$c = \frac{\vartheta_1 - \vartheta_2}{t_3}$$

kde: ϑ_0 je výchozí teplota před ohřevem

ϑ_1 je teplota ohřevu

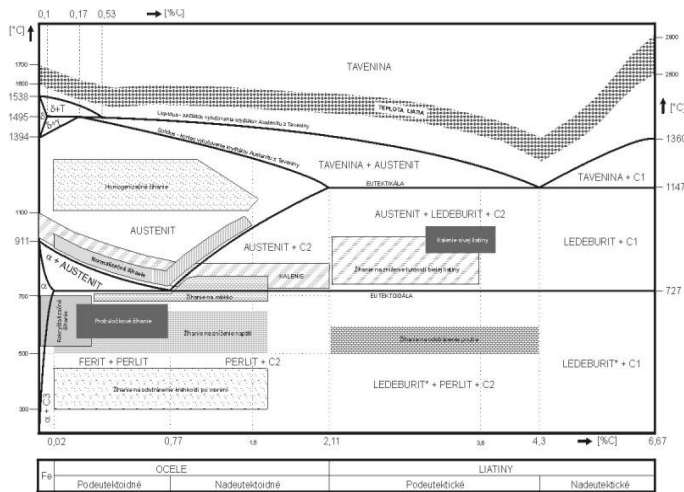
ϑ_2 je požadovaná teplota na konci ochlazování

Legende: při ohřevu - in der Heizung, při ochlazování - in der Kühlung, kde - wo, výchozí teplota před ohřevem - Starttemperatur vor dem Heizen, teplota ohřevu - Heiztemperatur, požadovaná teplota na konci ochlazování - Solltemperatur nach dem Kühlen

Die Wärmebehandlung beeinflusst mechanische Eigenschaften wie Festigkeit, Härte, Duktilität, Kerbzähigkeit, Verschleißfestigkeit, etc. In vielen Fällen treten Strukturveränderungen auf, weshalb Kenntnisse über Gleichgewichtsdiagramme und Phasenänderungen erforderlich sind.

Da das Gleichgewicht der Phasenänderungen im festen Zustand vollständig durch Diffusion bestimmt wird, ist es für das Ergebnis der Wärmebehandlung wichtig, welche Wirkung die Diffusion haben wird. Der Verlauf der Diffusion wird sowohl von der Temperatur als auch von der Dauer (Zeitspanne), in der die Temperatur gehalten wird, beeinflusst. Durch die Beeinflussung der Diffusion wird die Wärmebehandlung in zwei grundlegende Gruppen eingeteilt:

- thermische Behandlungsmethoden, die die Diffusion verstärken und sie nur geringfügig behindern. Diese Verfahren werden im Allgemeinen als Glühen bezeichnet.
- thermische Behandlungsverfahren, die die Diffusion erheblich behindern oder vollständig stoppen. Der Nichtgleichgewichtszustand der Legierung ist im Allgemeinen umso größer, je höher die Abkühlgeschwindigkeit ist. Die Hauptmethode ist das Abschrecken.



1.2. Glühen

Das Ziel des Glühens ist meist:

- Zur Reduzierung der Eigenspannung,
- Um die Folgen der vorhergehenden mechanischen Bearbeitung zu vermeiden,
- Verbesserung der technologischen Eigenschaften (Kaltumformung, Bearbeitung),
- Zur Verringerung der chemischen und strukturellen Heterogenität.

Der entscheidende technologische Parameter des Glühens ist die Temperatur und die Zeit bei der Temperatur, wenn die Abkühlung sehr langsam ist. Die Glühtemperaturen der einzelnen Verfahren ergeben sich aus dem Gleichgewichtsdiagramm von Fe-Fe₃C.

Alle Glüharten können durch die Glühtemperatur dividiert werden:

- Glühen zur Reduzierung der Eigenspannung. Ziel ist es, die Eigenspannungen im Material während der Gusserstarrung, der Abkühlung nach der Kalt- und Warmumformung und in den Deckschichten nach der Spanbearbeitung zu reduzieren. Bei der Glühtemperatur von 450 - 650 °C ist die Streckgrenze so niedrig, dass die Eigenspannung durch lokale plastische Verformung reduziert werden kann. Je nach Größe, Form und Material sind 2 - 10 Stunden Verbleib auf der Temperatur bei langsamer Abkühlung erforderlich, um neue Eigenspannungen zu vermeiden.
- Rekristallisationsglühen. Es bezieht sich hauptsächlich auf das Zwischenglühen beim Kaltumformen von kohlenstoffarmem Stahl, das die Härtung beseitigt und die Verformbarkeit und Duktilität wiederherstellt. Dies geschieht durch die Erwärmung auf die Rekristallisationstemperatur (550 - 700 °C), mit einer Dauer von 1 - 5 Stunden. Mit dieser Methode ist es möglich, die Form und Größe des Kornes signifikant zu verändern. Der Zweck des Glühens ist in der Regel die Verfeinerung des

Weichglühen

Die Oberflächenspannung bewirkt die Sphäroidisierung von Eutektoidkarbidpartikeln. Durch die Umstellung von lamellarem Perlit auf Kornperlit ist es möglich, die Kaltumformmöglichkeit in kohlenstoffarmem Stahl und die Bearbeitungsmöglichkeit in Stahl mit einem C-Gehalt von über 0,4 % zu verbessern. Darüber hinaus ermöglicht das Glühen die Vorbereitung einer geeigneten Ausgangsstruktur für das anschließende Abschrecken, insbesondere bei Eutektoid- und Übereutektoidstahl. Die gleichmäßige Verteilung der körnigen Hartmetalle in der ferritischen Grundmasse erleichtert die anschließende Austenitierung und verbessert die allgemeinen Eigenschaften nach dem Abschrecken, das insbesondere bei Lagerstählen erfolgreich eingesetzt wird. Die Glühtemperatur ist nahe der Eutektoidtemperatur.

Die Erhöhung der Temperatur über Ac1 oder deren Schwankung um diese Temperatur herum erleichtert und beschleunigt das Auflösen von Hartmetallteilchen. Die Glühzeit unterscheidet sich je nach Stahlart und vorheriger Wärmebehandlung von 4 h bei Kohlenstoffstahl bis 16 h bei hochlegierten Stählen. Das Glühen wird durch langsames Abkühlen im Ofen beendet.

Anti-Flake-Glühen

Es wird bei überkritischem Wasserstoffgehalt im Stahl eingesetzt, wenn Stahl anfällig für die Bildung von Innenrissen - Flocken - ist. Die Bildung von Flocken kann durch eine Langzeitbeheizung (bis zu zehn Stunden) bei Temperaturen von 650 - 750 °C verhindert werden, bei der durch eine deutliche Erhöhung der Wasserstoffdiffusionsfähigkeit im Ferrit dessen Gehalt unter den kritischen Wert sinkt. Das Glühen muss unmittelbar nach dem Gießen oder Warmumformen (vor dem Abkühlen auf die Temperatur der Umgebungstemperatur) durchgeführt werden, wenn der vorhandene Wasserstoff keine Moleküle bildet, die nicht diffusionsfähig und damit vom Stahl entfernbar sind. Nach langem Verbleiben auf der Glühtemperatur ist es ratsam, sehr langsam auf mindestens 500 °C abzukühlen.

Glühen zur Beseitigung von Sprödigkeit nach dem Beizen.

Beim Entfernen von Enthammungen durch Beizen kommt es in Stahlbauteilen zu einer Diffusion von Wasserstoff im Metall und damit zu einer Wasserstoffbrüchigkeit. Da während des Beizens die Wasserstoffpenetration in Stahl begrenzt ist, kann Wasserstoff durch Glühen bei einer Temperatur zwischen 300 °C und 500 °C für 1 - 4 h leicht entfernt werden.

Normalisierung

Es ist eine der am weitesten verbreiteten Methoden der Stahlwärmebehandlung, da es nach dem Gießen, Formen oder logarithmischen Glühen bei hohen Temperaturen ein feinkörniges und gleichmäßiges Gefüge gewährleistet. Das klassische Verfahren wird nur für subeutektoide Stähle angewendet, wenn bei einer Temperatur von 30 - 50 °C und einer Dauer von 1 - 4 Stunden ein feines, gleichmäßiges austenitisches Gefüge entsteht, das sich nach dem Abkühlen in ein feinkörniges ferritisch-perlitisches Gefüge mit günstigen mechanischen Eigenschaften umwandelt. Ausnahmsweise wird es bei übereutektoiden Stählen eingesetzt, um eine bessere Umverteilung der sekundären Zementitpartikel zu erreichen, die durch langsames Abkühlen an Korngrenzen in Form von Gittern entfernt wurden. Durch das Erwärmen auf die Temperatur über A_{cm} werden Hartmetallgewebe in Austenit gelöst und durch das schnelle Abkühlen wird ein wiederholtes Entfernen an den Korngrenzen verhindert.

Homogenisierungsglühen.

Es verringert die Nichthomogenität der chemischen Zusammensetzung von dickwandigen Gussteilen, bei denen eine signifikante dendritische Segregation auftrat. Das Langzeitglühen bei Temperaturen von 1 100 bis 1 200 °C (meist etwa 200 °C unter Solidus) bewirkt eine ausreichende Diffusionsgeschwindigkeit von Kohlenstoff und anderen Elementen, um Segregation und unerwünschte Heterogenität zu reduzieren. Der Verbleib bei der Temperatur hängt von der Größe und Dicke des Gussteils ab, was in der Regel zu einer signifikanten Korngröße führt, die eine anschließende Normalglühung erfordert.

Lösungsglühen.

Diese Art des Glühens wird verwendet, um Carbide, Nitride und andere intermetallische Phasen zu lösen, was die Homogenität des Austenits und seine Sättigung mit Legierungselementen erhöht. Es wird am häufigsten bei hochlegierten Austenitstählen verwendet, bei denen durch Glühen bei Temperaturen von 1 050 - 1 150 °C eine reine Austenitstruktur erhalten wird, mit anschließender schneller Abkühlung, die eine wiederholte Beseitigung von Phasen verhindert.

Isothermisches Glühen.

Durch die Kombination von drei Glüharten (Normalisierung, weich, Spannungsreduzierung) in einem Arbeitsgang ist es möglich, ein homogeneres Feinkorngefüge mit verbesserter Bearbeitung zu erreichen. Der Prozess beginnt mit der Normalisierung, danach wird der Stahl durch einen Luftstrom auf eine Temperatur von 700 - 650 °C abgekühlt, bei der in isothermer Verzögerung die Spaltung von metastabilem Austenit in feinkörniges sphäroidisiertes Perlit erfolgt. Der Verbleib bei der Temperatur ergibt sich aus der Kennt-

nis des IRA-Diagramms für die jeweilige Stahlklasse. Schließlich wird es durch die Luft gekühlt. Das Verfahren eignet sich für einige Arten von mittellegierten Stählen, die schwer weichglühbar sind.

1.3. Abschrecken

Ziel des Abschreckens ist es, die Härte, Festigkeit und Verschleißfestigkeit von Stahl zu verbessern. Diese Eigenschaften sind typisch für teilweise oder vollständig nicht ausgleichende Strukturen, die durch Abkühlung von Austenit mit überkritischer Geschwindigkeit erreicht werden können. Je nach Phase, in der sich die resultierenden Strukturen befinden, erfolgt eine martensitische oder bainitische Abschreckung.

Ein wichtiger Prozessparameter ist die Abschrecktemperatur, bei der der Stahl vor dem Abkühlen austenitisiert wird. Die richtige Abschrecktemperatur für subeutektoiden Stähle liegt bei etwa 30 - 50 °C über AC3, wo sie die homogene Struktur des Austenits vor der Zersetzung gewährleistet. Bei super-eutektoiden Stählen liegt die ausreichende Temperatur nur etwa 20 °C über AC1, wobei die Ausgangsstruktur aus einer heterogenen Struktur aus Austenit und ungelösten Karbiden besteht, die die Verschleißfestigkeit nach dem Abschrecken erhöhen. Eine unsachgemäße Abschrecktemperatur führt zu einer Erhöhung unerwünschter Phasen im Endgefüge (Ferrit) oder zu einer Verdickung des Kornes, was zu Abschreckrisen führen kann.

Abschreckbarkeit ist die Fähigkeit des Stahls, durch Austenitisierung der Temperaturabsenkung einen unausgewogenen Zustand zu erreichen.

Die Abschreckfähigkeit wird durch die maximale Härte nach dem Abschrecken bestimmt; sie ist abhängig vom Kohlenstoffgehalt im Austenit. Die resultierende Härte wird auch durch die Abschrecktemperatur beeinflusst, insbesondere bei supereutektoiden Stählen.

Arten des Abschreckens

- Das einfache Abschrecken ist der einfachste Prozess. Die Temperatur sinkt unter MS stetig ab, wenn die Umwandlung von Austenit in Martensit beginnt. Es entstehen hohe Eigenspannungen und maximale Verformungen, daher ist dieser Typ nicht zum Abschrecken von Produkten mit komplexer Form geeignet.
- Das diskontinuierliche Abschrecken beginnt mit überkritischer Geschwindigkeit, um die perlitische Umwandlung (z.B. in Wasser) zu unterstützen, und kontinuierlich mit Kühlung in gemäßigter Umgebung (z.B. Öl). Auf diese Weise wird die Differenz zwischen der Temperatur an der Oberfläche und im Inneren des Produkts sowie die thermische Belastung reduziert.

- Das isotherme Abschrecken ist ähnlich wie das thermische Abschrecken, wobei die Verweilzeit in der bainitischen Umwandlung dauert, bis die isotherme Austenitzerersetzung abgeschlossen ist. Die thermische und strukturelle Belastung ist minimal, there´s keine Gefahr von Verformungen und Rissen. Das älteste isotherme Abschreckverfahren ist die Patentierung zur Herstellung von hochfesten Drähten.
- Das thermische Abschrecken ermöglicht es, die Temperaturen im gesamten Volumen des abgeschreckten Produkts auszugleichen. Es reduziert die Belastung und Verformung durch Aufenthalt über der MS-Temperatur. Die Kühlung im Intervall der martensitischen Umwandlung erfolgt in der Regel in der Luft. Das Verfahren eignet sich für dünnwandige Stahlprodukte mit komplexen Formen, deren bainitischer Bereich nach links verschoben ist. |
- Das Abschrecken von Getreide durch Gefrieren erfordert eine zusätzliche Kühlung in Flüssigstickstoff-Gefrierbädern, die die Stabilisierung von RA (Restaustenit) bei Stählen mit niedrigen MS- und Mf-Temperaturen verhindern soll. Es wird auf die Produkte, die bei Temperaturen unter Null arbeiten, Messwerkzeuge und Lagerstahl angewendet, wo die Formstabilität gefordert ist.
- Das kontinuierliche bainitische Abschrecken wird für Stähle mit bainitischem Bereich auf der linken Seite eingesetzt. Die resultierende Zusammensetzung besteht aus Bainit, Martensit und Restaustenit.

1.4. Anlassen

Das Anlassen ist eine Wärmebehandlungsmethode für Stahl, die in der Regel nach dem Abschrecken erfolgt. Durch das Erwärmen von abgeschrecktem Stahl auf Temperaturen, die AC1 nicht überschreiten, kommt es zur Martensitzerersetzung und Umwandlung von Restaustenit. Die Gefügeveränderungen und die daraus resultierenden Änderungen der mechanischen Eigenschaften hängen im Wesentlichen von der Anlasstemperatur ab. Aus technologischer Sicht unterscheiden wir zwischen:

- Das Anlassen bei niedrigen Temperaturen (bis 300 - 350 °C), das die Eigenspannung nach dem Abschrecken verringert, den RA-Gehalt reduziert und die Abmessungen stabilisiert.
- Anlassen bei höheren Temperaturen (über 450 °C), bei dem eine vollständige Zersetzung des Martensits stattfindet, was sich durch eine deutliche Abnahme von Härte und Festigkeit, aber auch durch eine Erhöhung der Plastizität und Zähigkeit zeigt.

2. TECHNOLOGIEN ZUM SCHNEIDEN VON BLECHEN

2.1. Blechumformtechnik - Scheren

Das Scheren ist die am häufigsten verwendete Formgebung.

Es wird verwendet für:

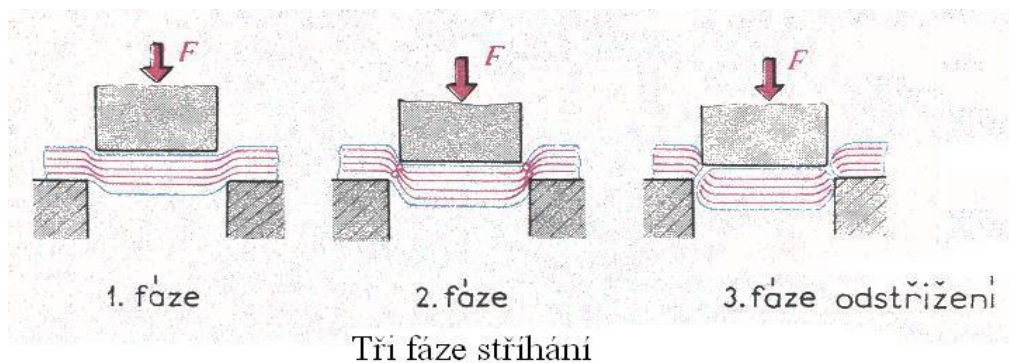
- Vorbereitung von Halbfabrikaten (Scheren von Blechen oder Coils, Profilscheren, Flachformen, etc.)
- Schneiden von Blechbauteilen entweder für den Endverbrauch oder für andere Technologieprodukte (Biegen, Extrudieren, Ziehen, etc.).
- Fertigstellung oder Nebentätigkeiten, einschließlich:
 - Stanzen,
 - Ausblendung,
 - Trimmen,
 - Rollenschneiden, etc.

Anhand der Prozesstemperatur unterscheiden wir zwei Arten der Scherung:

- **Kaltscheren** - für weiche Stähle (maximale Festigkeit 400 MPa) oder für Bleche,
- **Heißscheren** - für härtere und dickere Materialien, Erwärmung auf 700 °C

2.2. Scherprinzip

Das Scheren ist das Trennen eines Teils des Materials durch Einwirkung von gegenüberliegenden Scherkanten, die eine Gleitschubspannung in der Scherebene verursachen. Das Scherprinzip ist im Bild dargestellt. Die Scherung erfolgt in drei Phasen:



Die erste Phase ist eine Phase elastischer Verformungen, wenn das Material komprimiert, gebogen und in das Matrizenloch gedrückt wird.

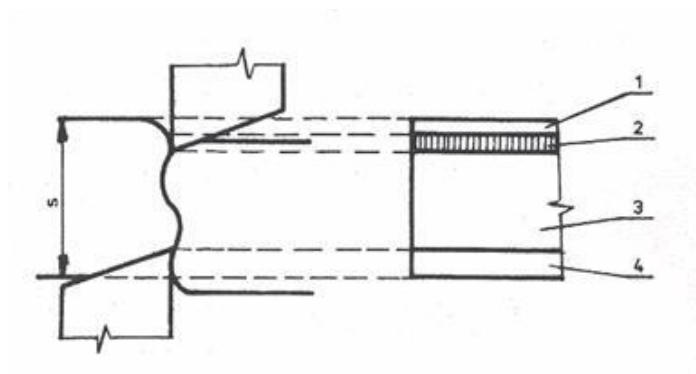
Die zweite Phase ist die Phase der plastischen Verformungen. Der Stempel wird in das Blech gedrückt, dieses wird in das Matrizenloch gedrückt und die Spannung übersteigt die Streckgrenze und nähert sich der Bruchfestigkeit am Rand von Stempel und Matrize.

In der dritten Phase entstehen an den Kanten Risse, die sich ausbreiten, bis das Material gerissen ist.

Die Scherung wird getrennt, bevor der Stempel die Dicke der Materialschere durchläuft, und die Scherung wird anschließend extrudiert. Dadurch sind die Kanten der Scherflächen nicht vollständig plan und die Schere weist eine gewisse Rauheit auf, die im Bereich nicht gleichmäßig verteilt ist.

Die Stellen, an denen die ersten Risse entstanden sind, sind rauer als die anderen Scherflächen. Allerdings wird das Material nicht exakt in der gewünschten Ebene getrennt, da das Material elastisch ist und die Spannung den Druck über die gesamte Fläche verursacht. Auf diese Weise unterscheiden wir zwischen den einzelnen Zonen auf der Scherfläche.

Das Scheren ist somit der einzige Umformvorgang, der zu den gewünschten Materialbrüchen führt. Bei der Berechnung der Umformkräfte wird dies durch die Verwendung von Festigkeitsgrenzen anstelle von Streckgrenze berücksichtigt.



Verformungszonen beim Scheren

1 - Krümmung (elastische Verformung), 2 - Reißzone, 3 - Scherzone (plastische Verformung), 4 - Druckzone

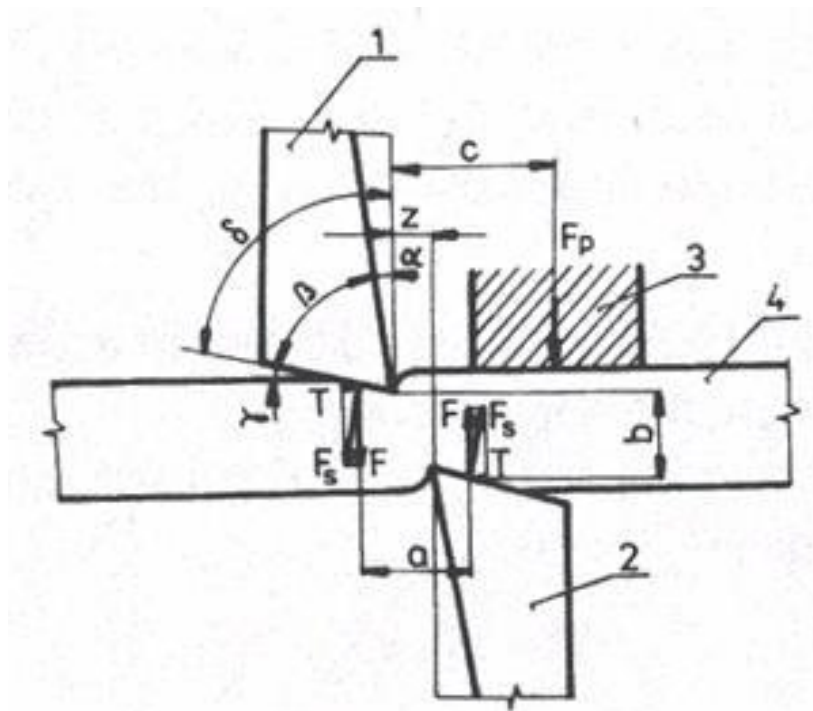
2.3. Berechnung von Kraft und Arbeitsaufwand für parallele Schaufeln

Aufgrund des Spaltes zwischen Stempel und Matrize wirken im eigentlichen Prozess die Scherkräfte nicht optimal in einer Ebene, wo sich die Scherkraft F_s in Reibung (T) und Normal (F) auflöst, was Biegemomente sowie einzelne Zonen im Endprodukt oder Halbzeug verursacht.

Das Moment $M_p = F \cdot a$ bewirkt eine Drehung des Materials, die durch einen Halter verhindert werden kann, während das Krängungsmoment $M_T = T \cdot b$ durch Vergrößerung des Spanwinkels γ reduziert werden kann.

Die Haltekraft kann als $F \cdot a = F_p \cdot c$ berechnet werden, wobei a das 1,5- bis 2-fache der Scherspaltgröße (bezeichnet als z) beträgt.

Die Kraftkomponente T bewegt die Klingen auseinander und sie werden gebogen (Bruchgefahr).



Prinzip und Kraftwirkung beim Scheren mit parallelen Messern

1 - obere bewegliche Klinge, 2 - untere unbewegliche Klinge, 3 - Halter, 4 - Material geschert

Die Größe der Scherkräfte beim Scheren mit parallelen Messern wird wie folgt berechnet:

$$F_s = (1,1, 1,3) \cdot O \cdot s \cdot \tau_s$$

wobei

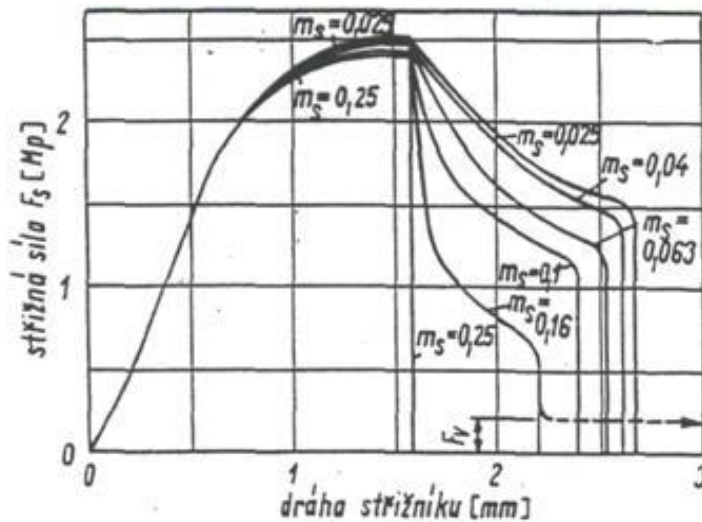
s die Dicke des Blechs[mm],

O Scherumfang[mm],

τ_s Scherspannung, Scherfestigkeit - $\tau_s = 0,8 \cdot R_m$ [MPa],

S Querschnittsfläche in der Scherebene

- $S = O \cdot s$ [mm²].



Unsere Scherkraft beim Scheren mit parallelen Messern; Beispiel für den Einfluss des Scherspalt auf den Verlauf der Scherkraft F und die Arbeitsgröße A

Da Scherspannung, Scherfestigkeit die Werte sind, die vom Grad des durchschnittlichen Drucks des Messers in das Material abhängen, gilt die Formel nicht für den gesamten Scherprozess, aber die Scherkraft variiert vom Nullwert bis zu einem bestimmten Maximum und zurück zu Null, was hauptsächlich von der Materialdicke und teilweise auch vom Scherspalt abhängt.

Der eigentliche Scherprozess erzeugt keine reine Scherung, sondern eine kombinierte Spannung, die die Messer stumpf macht; daher wird die tatsächliche Scherkraft um 10 - 30 % erhöht. Die Scherung ist gleich der Ebene unterhalb der Kurve und hängt vom Scherspalt ab.

$$A = F_s \cdot k \cdot k \cdot z$$

wobei

k der Koeffizient des Raumes unterhalb der Kurve ist.

z Hub[mm].

2.4. Berechnung von Festigkeit und Arbeitsaufwand für schräge Klingen

Für die Berechnung von Scherkraft und Arbeitsaufwand wird eine analoge Formel bezogen auf einen Dreiecksbereich verwendet:

$$F_s = (1,1 \cdot 1,3) \cdot s \cdot b \cdot \tau_s = (1,1 \cdot 1,3) \cdot s \cdot \tau_s / \operatorname{tg} \varphi$$

wobei

s Blechdicke[mm],

b.... Scherlänge - $b = a / \operatorname{tg} \varphi$ [mm],

φ Scherwinkel, Messerfasenwinkel (2 - 6° bei Tafelscheren, 7 - 20° bei Hebelscheren)

τ_s Schubspannung - $\tau_s = 0,8 \cdot R_m$ [MPa].

$$A = F_s \cdot k \cdot k \cdot z = F_s \cdot k \cdot b \cdot \operatorname{tg} \varphi$$

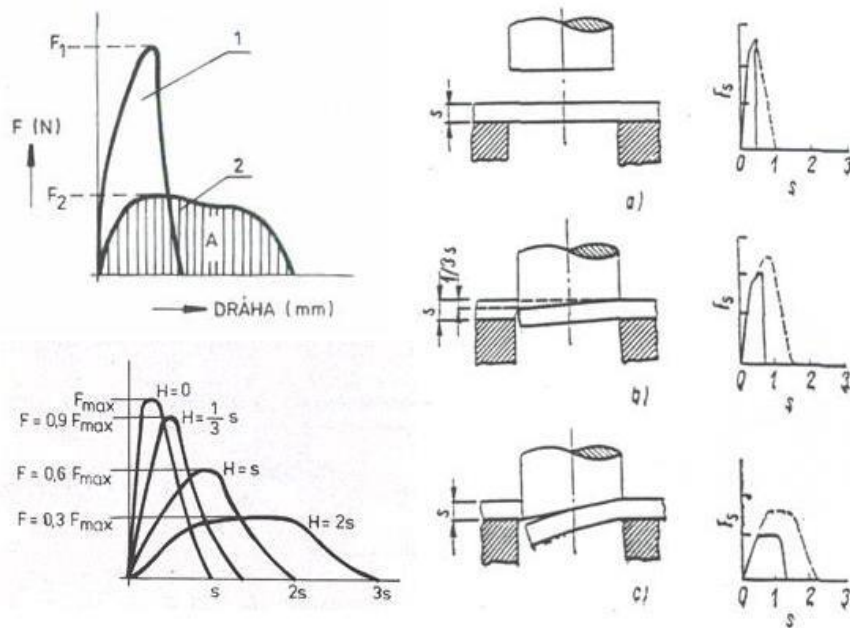
Wobei

k der Koeffizient des Raumes unterhalb der Kurve ist.

z Hub[m].

Die berechnete Kraft bleibt konstant, wenn der Schaufelhub die volle Materialstärke erreicht. Die Größe der Scherkraft nimmt ab, wenn die Messer den Hub bis zum Erreichen von Null beenden. Die erforderliche Arbeitsgröße wird berechnet und entspricht der Fläche unterhalb der Kurve.

Beim Vergleich der Größenordnung von Scherkraft und Arbeitsaufwand für das Scheren mit Parallel- und Schrägmessern ist es offensichtlich, dass das Scheren mit Schrägmessern vorteilhafter ist, da bei gleicher Blechdicke und Scherlänge viel weniger Kraft erforderlich ist als bei parallelen Messern; die Länge der Schere ist jedoch viel größer. Durch die Verringerung der Scherkraft werden die Messerhübe deutlich reduziert.



Vergleich der Scherkraft und der Arbeitskraft bei Verwendung von Parallel- und Schrägmessern (oben links) und Einfluss des Fasenwinkels auf den Kraft- und Arbeitskräfteverlauf (unten links) mit dem Verlauf der Fase 0, $1/3 H$ a $H = s$ (rechts - durchgezogene Linie ist für normale Scherung, schraffierte Linie für präzises Schneiden).

2.5. Klassifizierung der Scherung

Bei der Konstruktion der Messer unterscheiden wir zwischen verschiedenen Arten der Scherung:

- Scheren mit parallelen Messern,
- Scheren mit schrägen Messern
- Scheren mit Scheibenmessern,
- Messer zum Schneiden von Profilen und Stangen.

Scheren mit parallelen Messern

Das zum Scheren mit parallelen Messern verwendete Werkzeug besteht aus einer Quetschung und einer Matrize, zwischen denen ein Spiel- oder Scherspalt m_s ($1/2$ des Scherspalt) beträgt, da es aufgrund der Unfallgefahr nicht möglich ist, ein Werkzeug ohne Spalt zu konstruieren. Um einen Qualitätsspan zu erreichen, ist ein optimaler Abstand zwischen einem Stempel und einer Matrize erforderlich. Der einseitige Abstand liegt in der Regel zwischen 3 und 10 % der Blechdicke in Abhängigkeit von der Dicke und Festigkeit des Materials (der Abstand nimmt mit der Festigkeit zu).

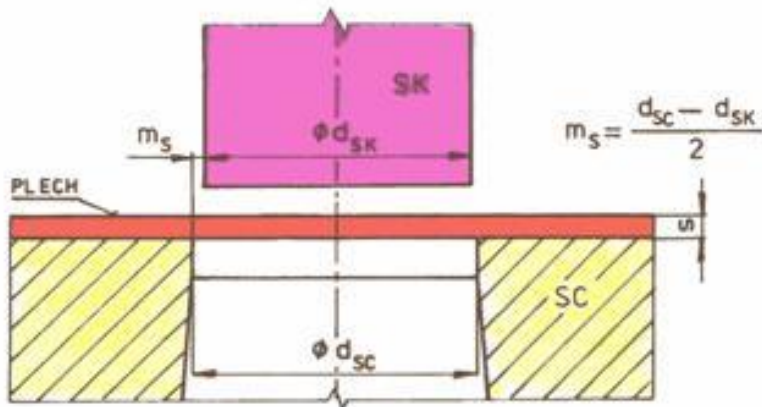
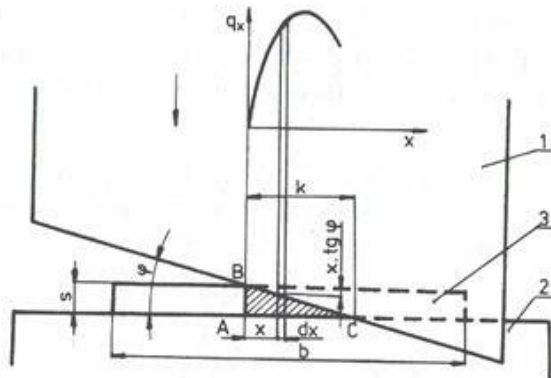


Diagramm der Scherung mit dem Scherwerkzeug (SK - Stempel, SC - Matrize)
Scheren mit schrägen Messern

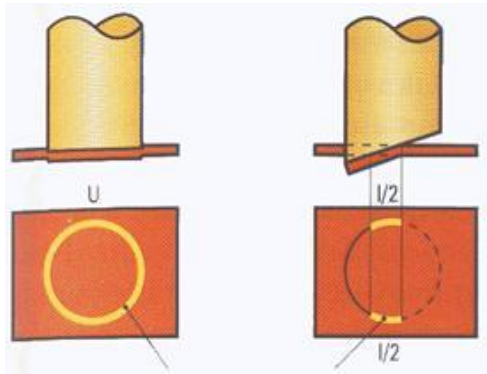
Das Scheren mit schrägen Messern, die einen bestimmten Winkel einhalten, ist geeignet, da es die insgesamt erforderliche Scherkraft im Vergleich zum Scheren mit parallelen Messern reduziert.

Das Material wird allmählich geschert. Für die Größe der Querkraft ist der wichtigste Faktor die Größe der Scherkante und die Dicke - Dreiecksfläche.

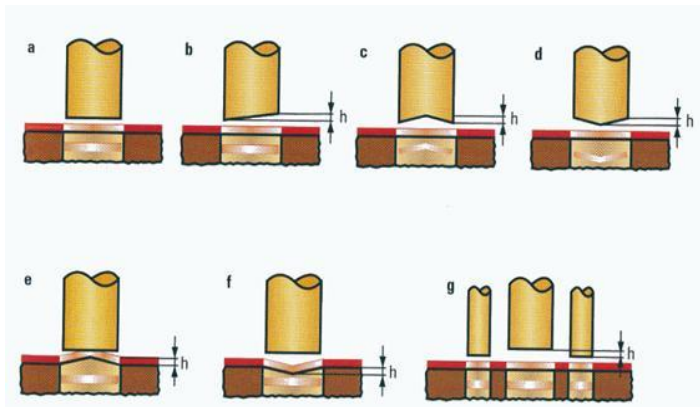


Scheren mit schrägen Messern
(1 - obere bewegliche Klinge, 2 - untere unbewegliche Klinge, 3 - geschertes Material)

Wie bei einer einfachen geraden Scherung kann der Verlauf der unmittelbaren Kraft kontrolliert werden, auch wenn die gesamte auf das Scheren ausgeübte Arbeit nicht abnimmt. Bei Instrumenten können Scherwerkzeuge aus Matrize und Scherstift für zwei der am häufigsten verwendeten Scherverfahren, nämlich Stanzen und Stanzen, auf zwei Arten eingesetzt werden:



Vergleich der Scherlänge beim Scheren mit parallelen oder schrägen Messern

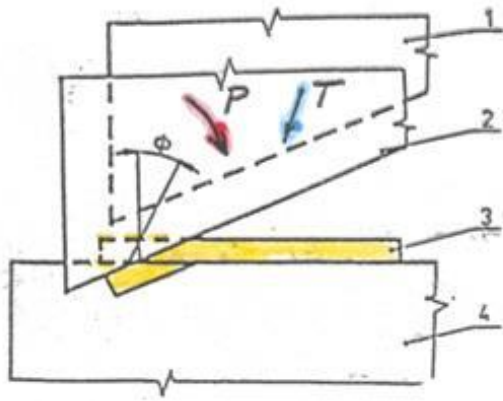


Scherstift- und Matrizenmodifikationen (a - gerade Scherung, b - einseitige Scherstiftfase, c, d - beidseitige Scherstiftfase, e, f - Matrizenfase, f - abgestufte Anordnung des Scherstiftes)

Scherenmesser mit abgeschrägten Kanten werden eingesetzt, wenn wir die Scherkraft reduzieren wollen, die größer ist als die Presskraft. Beim Stanzen ist die Fase beidseitig auf der Matrize - das Produkt ist gerade, während der Abfall gebogen wird. Die beidseitige Fase gleicht die Kräfte auf den Scherstift aus und weicht nicht von der Achse ab. Die einseitige Fase wird nur zum Ausklinken verwendet. Beim Stanzen ist die Matrize gerade und der Scherstift ist abgeschrägt, das Produkt ist gerade und der Abfall ist gebogen. Beim Scheren komplexer Formen wird eine Kantenfase nicht empfohlen.

Die Schrägschere beinhaltet Hebelscheren, deren Messer durch Winkelneigung bewegt werden. Da sich der Winkel λ beim Kippen der Messer ändert, werden Hebelscheren in der Regel mit einem oder beiden schrägen Messern ausgeführt, so dass der Winkel λ entlang der Scherlinie konstant bleibt.

Eine spezielle Methode zum Scheren mit schrägen Messern ist ein TAHANÝ STŘIH, wenn der Scherwinkel (DRAW TAŽENÍ) φ 2 - 10° beträgt. Dieses Scherverfahren wird zum Scheren von Faserstoffen eingesetzt, wobei die Scherkraft bei dem Winkel $\varphi = 70^\circ$ um bis zu 20 % reduziert wird.



(1 - Ausgangsposition des beweglichen Messers, 2 - Position des beweglichen Messers im Scherenbetrieb, 3 - untere unbewegliche Klinge, 4 - geschertes Material)

Scheren mit Scheibenmessern

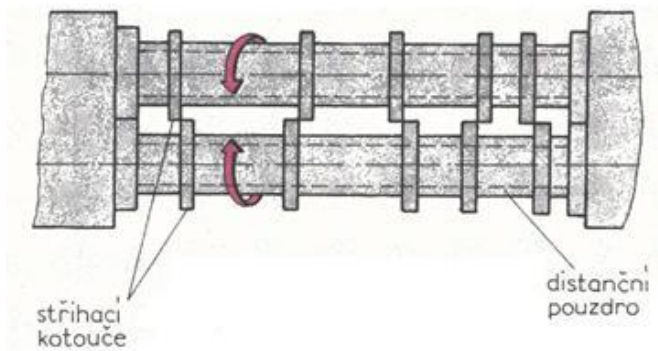
Für das Längsscheren von langen Bändern werden Scheibenscheren verwendet. Es ist ein Scherwerkzeug mit Rollmessern.

Der Einsatz von Scheibenmessern verlängert die Scherzeit, reduziert aber gleichzeitig die Hübe. Der Winkel der Kante ändert sich von den höchsten Werten am Punkt des Hubs auf Null.

Die Kombination aus zweikegelter und zylindrischer Klinge wird zum Schneiden von gekrümmten Formen verwendet, wobei der Vorteil der geschwenkten Werkzeugachsen genutzt wird.

Beim Kurvenscheren muss der Messerdurchmesser so klein wie möglich sein. Dies ermöglicht die Konstruktion von Scheren mit langen Scheibenträgern und damit die Handhabung von geschertem Material.

Eine besondere Art von Schergeräten sind oszillierende Scheren. Sie werden zum Fräsen und Herstellen von Nuten und Löchern verwendet. Die maximale Materialstärke beträgt ca. 10 mm.

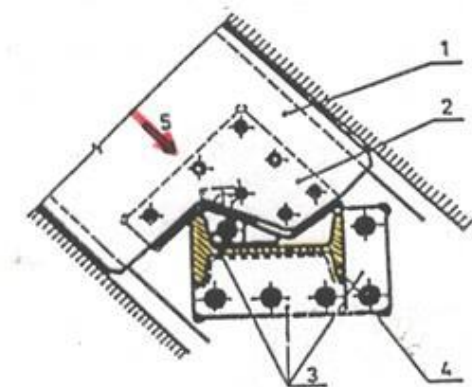


Kreisschere - Streifenschere - Streifenschere

Legende: střihací kotouče - Schermesser, distanční pouzdro - Koffer

Scheren von Profilen, Stangen und Rohren

Was oft geschert wird, ist Profilmaterial, rund, rund, rund, Profile, etc. Während der Querschnitt der Funktionsteile der Werkzeuge in etwa gleich bleibt, ändert sich die Längsform je nach Scherzweck.

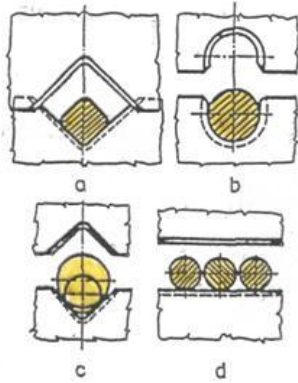


Profilschermesser

(1 - Stempel, 2 - bewegliches Blatt, 3 - unbewegliches Blatt, 4 - geschertes Profil, 5 - Bewegungsrichtung des Blattes)

Beim Scheren von Profilmaterial gilt das Prinzip, dass die Dicke immer nahezu gleich sein muss. Die Form der beweglichen Schaufel passt sich diesem Prinzip an. Die Abbildung zeigt die Messerform zum Scheren von Profilen und die Messerform zum Scheren von Vierkantprofilen sowie zum Scheren von Kreisformen. Bei einer Schrägbewegung des beweglichen Teils des Werkzeugs wird in Abhängigkeit vom Hub ein gleichmäßiger Scherkräfteverlauf erreicht, als wenn die Bewegung des Messers von einem Teil der Querschnittsachse abhängt.

Beim Scheren von Rohren mit möglichst geringer Verformung hat der bewegliche Teil des Werkzeugs die Form eines Spitzbogens. Das spitze Teil durchbohrt zunächst das Rohr; die Seiten schneiden dann das Rohr so ab, dass die resultierende Kraft auf die Kante senkrecht zur Richtung der höchsten Zähigkeit steht. Der Scherspalt ist auf der gesamten Länge nicht gleich, er nimmt von den Seiten zur Mitte hin zu.

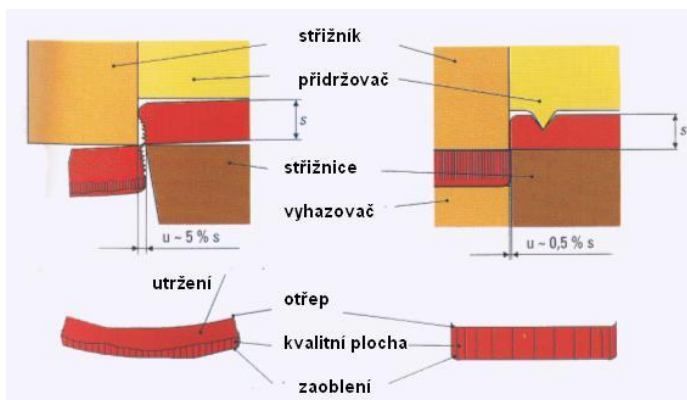


Messer zum Schneiden von quadratischem und rundem Material (a - quadratischer Querschnitt, b - kreisförmiger Querschnitt, c - Querschnitt mit unterschiedlichem Durchmesser, d - kreisförmiger Querschnitt mit zulässiger Profilverformung)

3.FEINSCHNEIDEN UND SPEZIELLE SCHERVERFAHREN

3.1. Feinschneiden

Mit den oben beschriebenen Scherverfahren weisen die Scherfläche und das Scherprodukt eine gewisse Standardqualität auf. Dies bezieht sich auf die Rauheit der gescherten Fläche und die Genauigkeit der Abmessungen. Die folgende Abbildung zeigt die Scherqualität für Normal- und Feinschneiden.



Legende: střížník - Scherstift, přidržovač - Halter, střížnice - Matrize, vyhazovač - Auswerfer, utržení - Riss, otřep - Grat, kvalitní plocha - Qualitätsoberfläche, zaoblení - Krümmung

Um die gescherten Teile ohne weitere Modifikationen direkt für die Montage verwenden zu können, strebten die Technologen nach einer Verbesserung des Scherverfahrens. Alle Verfahren zur Verbesserung der Qualität der Scherfläche und der Abmessungen des gescherten Bauteils werden gemeinsam als Feinschneiden bezeichnet.

Für die Endproduktqualität ist der Abstand (Spalt) zwischen Scherstift und Matrize sehr wichtig, da durch die Vergrößerung des Spaltes die durch Biegespannung verursachten Zugkomponenten eliminiert werden und die Spannung nahe der reinen Schubspannung liegt.

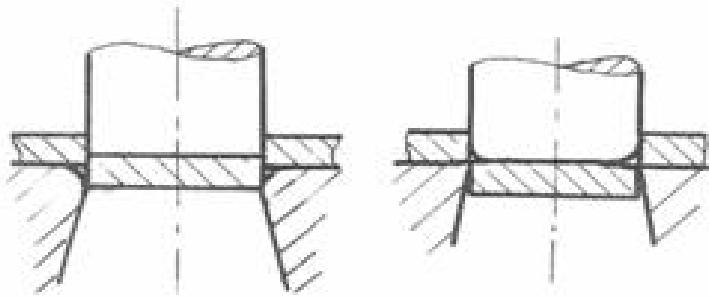
Grundsätzlich lassen sich Präzisionsschermethoden in die Herstellung der Produkte unterteilen:

- **In einem Arbeitsgang** - spielfreies Scheren, Scheren mit Halter, Scheren mit Druckkante, Scheren mit Druckkante und Gegendruck, Umkehrscheren, Scheren mit Unterspiel, Scheren mit ESSA-Pressen,
- **In zwei Arbeitsgängen** - Trimmen, vibrierender Scherstift.

Spielfreies Scheren

Die spielfreie Scherung ist in der Abbildung dargestellt. Ein Funktionsteil des Werkzeugs (entweder Scherstift oder Matrize) ist ohne Kante, mit abgerundeter Scherkante ausgeführt.

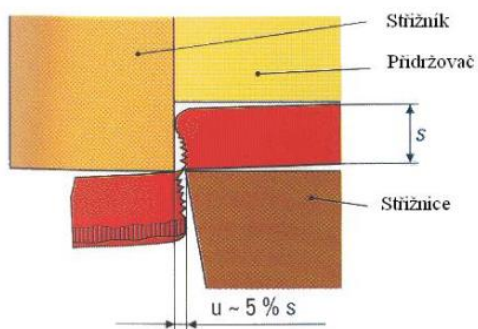
Der zweite Teil wird geschärft. Die linksseitige Anordnung verbessert die Qualität des Lochs, die rechtsseitige Anordnung verbessert die Qualität der Produktoberfläche.



Spielfreies Scheren

Scheren mit Halterung

Die Verwendung eines Halters verhindert das Verbiegen der Produktkanten und verbessert die Qualität der Oberfläche. Die Zugspannung wirkt zusammen mit der Druckspannung und verbessert so die Spannung am Scherpunkt.

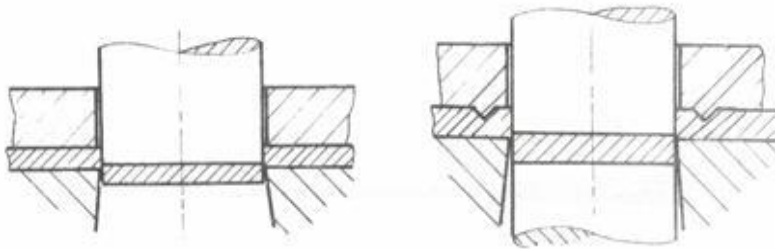


Použití přidržovače

Legende: střížník - Scherstift, přidržovač - Halterung, střížnice - Matrize, použití přidržovače - mit Halterung

Scheren mit Druckkante

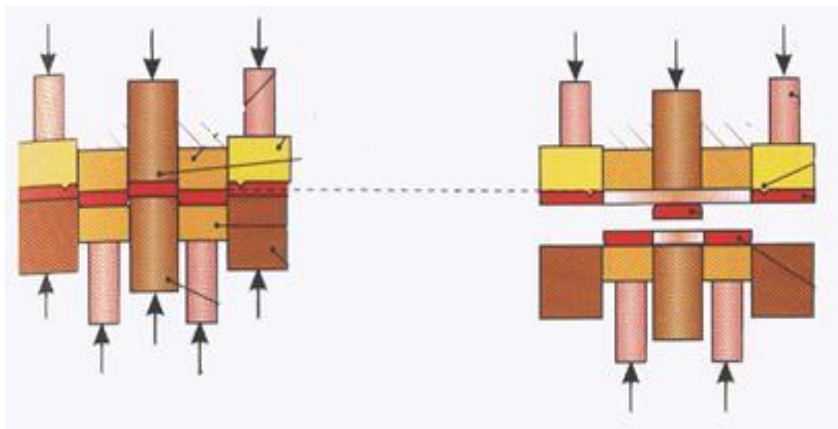
Die bisher besten Ergebnisse beim Feinschneiden wurden durch den Einsatz von Scheren mit Druckkante erzielt. Die Druckkante wird im Bereich des Scherumfangs gedrückt und verändert dort die Spannung im Scherbereich in eine dreiaxiale. Die Druckkante bewirkt auch eine Kompression, die ein Annähern an die saubere Scherung erleichtert. Die Gegenpresse wird durch einen elastischen Unterstempel gewährleistet. Diese Anordnung ermöglicht das Schneiden auch von relativ dicken Materialien. Für dickere Materialien (Dicke mehr als 5 mm) können entweder zwei Umfänge verwendet werden oder einer am Scherstift und einer am Werkzeug.



Scheren mit Halter (links) und Scheren mit Druckkante und Gegendruck (rechts)

Gegenscheren

Das Gegenscheren besteht darin, das Halbzeug zu greifen, damit die Spannung nicht wirkt.



Gegenscheren

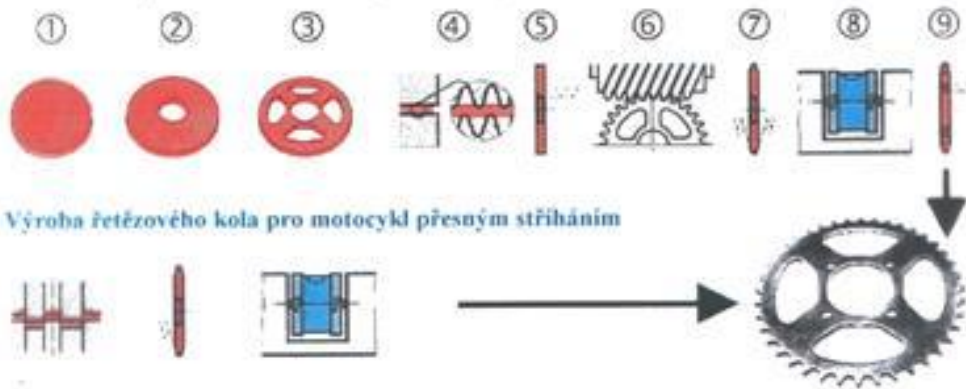
Scheren mit negativem Spiel und Verwendung der ESSA-Press

Das Scheren mit negativem Spiel ist ein Prozess, bei dem der Scherstift nicht in das Matrizenloch eindringt. Der Scherstiftdurchmesser beträgt etwa 0,1 - 0,2 % der Blechdicke

größer als der Matrizendurchmesser. Der Scherstift muss 0,2 - 0,5 mm über der Matrizen-ebene liegen, was zu einer Kompression im Material und damit zu einer höheren Scherkraft führt.

Das Scheren mit der ESSA-Presse ist das Verfahren, wenn Scherstifte gleichzeitig scheren und oszillieren und so die Scherfläche polieren.

Konvenční výroba řetězového kola pro motocykl



Výroba řetězového kola pro motocykl přesným stříháním



1. vystřihování
2. děrování
3. děrování odlehčujících otvorů
4. vyrovnávání povrchu
5. soustružení vnitřní díry a oboustranné zkosení hran
6. frézování zubů (odvalování)
7. úprava zubů
8. vrtání otvorů
9. úprava otvorů, odstranění otřepů

Legende: konvenční výroba řetězového kola pro motocykl - konventionelle Herstellung von Motorradritzeln, výroba řetězového kola pro motocykl přesným stříháním - Herstellung von Motorradritzeln mittels Feinschneiden, 1 - Scheren, 2 - Stanzen, 3 - Herstellen von Entlastungslöchern, 4 - Oberflächenbehandlung, 5 - Herstellen von Innenloch, beidseitige Kantenfase, 6 - Zahnfräsen, 7 - Modifikation von Zahnkränzen, 8 - Bohren von Löchern, 9 - Modifikation von Löchern, Entfernen von Graten

3.2. Scherenpläne

Beim Scheren ist es sehr wichtig, die Teile so auf das Blech zu legen, dass möglichst wenig Abfall entsteht. Die Platzierung auf den Teilen auf dem Blech wird dann als Scherplan bezeichnet. Abfall (sowohl technologisch als auch bautechnisch) ist ein untrennbarer Bestandteil der Schertechnologie, die einer der Massenproduktionsprozesse ist; daher muss

der Platzierung der Teile große Aufmerksamkeit geschenkt werden, da das Material etwa 60 - 70 % der Gesamtkosten ausmacht. Die Wahl des Scherplans hängt von der Form und Struktur des Produktes, der Einhaltung der Konstruktionsprinzipien, den Mindestabständen zwischen den Produkten und dem Abstand vom Blechrand ab.

Scherpläne können entweder ein Stückplan sein, wenn die am besten geeignete Schermethode gewählt wird, oder ein groß angelegter Scherplan, wenn verschiedene Formen und Komponenten eines Produkts geschert werden sollen.

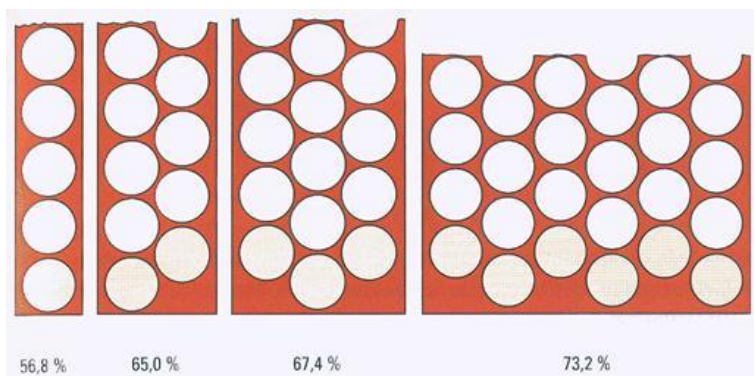
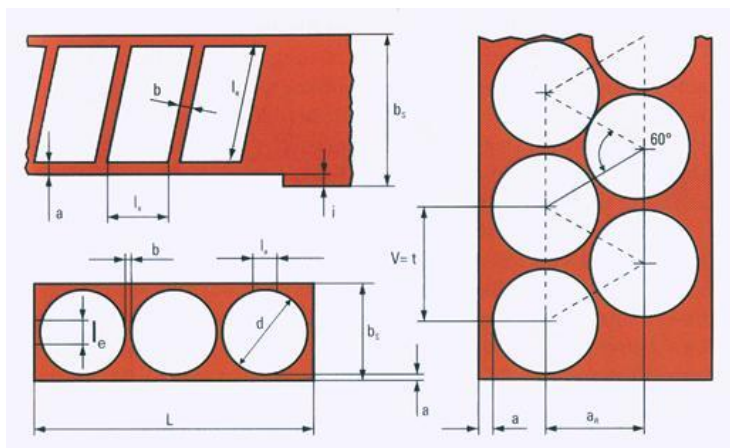
Die Schereffizienz ist gekennzeichnet durch den Koeffizienten des Materialeinsatzes, ausgedrückt als:

$$\eta = \frac{S_o}{S_p} \cdot S_p$$

wobei

S_o die Gesamtfläche der Produkte [mm²],

S_p Bereich des Blechbandes [mm²].



3.3. Scherwerkzeuge

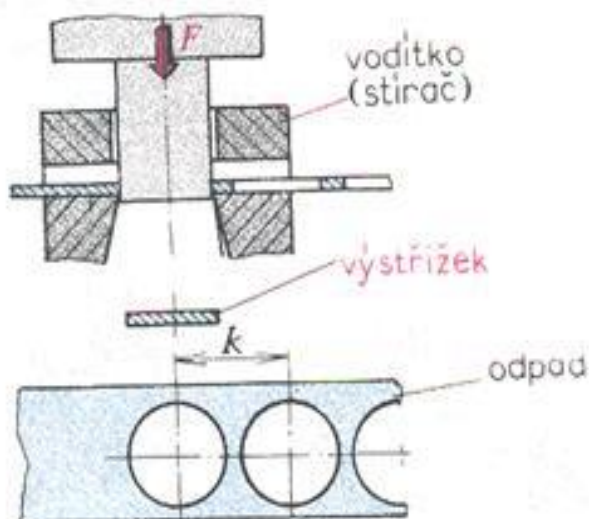
Scherwerkzeuge sind die Werkzeuge, bei denen die Funktion des oberen beweglichen Messers durch einen Scherstift und die Funktion des unteren unbeweglichen Messers durch die Matrize ausgeführt wird.

Klassifizierung:

- Nach Anzahl der Operationen
- Einzelbetrieb,
- progressiv,
- kombiniert,
- Verbindung,
- Verbindung progressiv,
- nach Betriebsart
- Scheren,
- Biegen,
- Ziehen, etc.
- nach Anzahl der Produkte
- Einzelprodukt
- mehrfach.

Einoperationsscherenwerkzeuge

Der erste Typ ist ein einstufiges Scherwerkzeug. Die Position des Bandes wird durch einen Anschlag sichergestellt, die Bewegung erfolgt in einem Schritt (Größe des Produktes plus Zugabe).



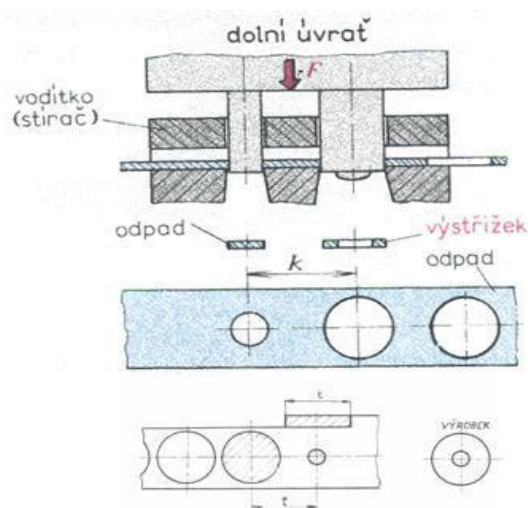
Einoperationsscherenwerkzeug

Legende: vodítko, stírač - Stripper, výstřížek - Produkt, Odpad - Abfall

Progressive Scherwerkzeuge

Progressives Scherwerkzeug macht das Produkt schrittweise, mit mehreren Schritten und mehreren Arbeitsgängen. Ein Lastanschlag wird verwendet, wenn ein neuer Riemen eingesetzt wird. Die Position des Bandes wird durch einen festen Endanschlag sichergestellt.

Die Funktion des Werkzeugs ist in der Abbildung zu sehen. Es gibt 3 schraffierte Bereiche, die in einem Zug geschoren werden. Der rechteckige Bereich wird durch einen seitlichen Scherstift abgeschnitten, der eine sogenannte Stufe gewährleistet, d.h. die Bewegung des Riemens um den Abstand t . Kreisförmige Flächen mit unterschiedlichen Durchmessern stellen unterschiedliche Produkte dar. Die Bewegung des Riemens erfolgt von rechts nach links. Das rechte (kleine) runde Produkt geht in den Abfall, auf der linken Seite sind die fertigen Produkte (Waschanlagen) zu sehen.



Progressives Scherwerkzeug

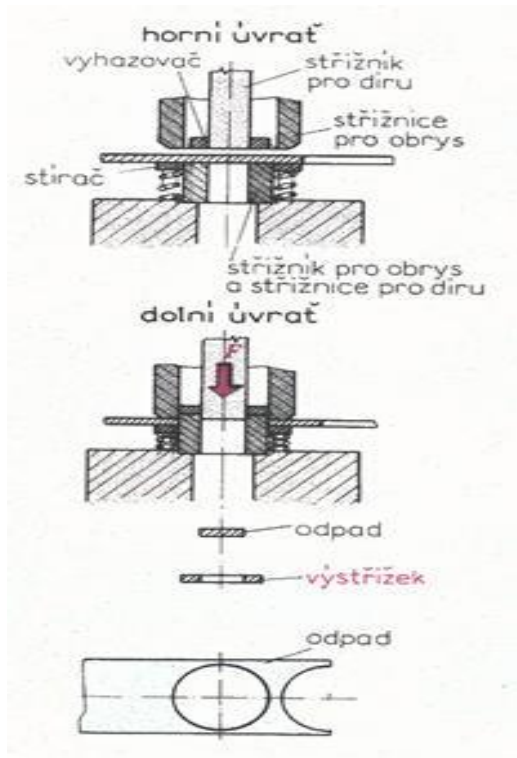
Legende: dolní úvrat - niedrigerer Totpunkt

Kombinierte und zusammengesetzte Scherwerkzeuge

Ein kombiniertes Scherwerkzeug ist für mehrere Arbeitsgänge pro Schritt ausgelegt. Auf diese Weise wird z.B. Stanzen und Stanzen während des Scherens durchgeführt.

Im Gegensatz dazu ist ein Verbund-Scherwerkzeug so konzipiert, dass es verschiedene Aufgaben in einem Schritt (z.B. Scheren, Biegen, Ziehen, etc.) oder in mehreren Schritten kombiniert. Dies wird als Verbund-Folgewerkzeug bezeichnet. Die einzelnen Arbeitsgänge

werden durch die Konstruktion des Scherstiftes oder des Werkzeugs als solches sichergestellt.



Kombiniertes Scherwerkzeug

Legende: horní úvrat - oberer Totpunkt, vyhazovač - Auswerfer, střížník pro díru - Scherstift zur Herstellung von Löchern, střížnice pro obrys - Matrize zur Herstellung von Konturen, střížník pro obrys - Scherstift zur Herstellung von Konturen, střížnice pro díru - Matrize zur Herstellung von Löchern, dolní úvrat - unterer Totpunkt

3.4. Spezielle Scherverfahren

Scheren mit Hilfe von Gummi

Das Scheren mit Hilfe von Gummi wird zum Scheren des Produkts aus dünnem Weißblech verwendet. Das Scherwerkzeug besteht hier aus einer Stahlplatte, deren Dicke 6 - 10 mm beträgt, mit der gleichen Kontur wie die Produktkontur, und Gummi, entweder in einem Rahmen fixiert oder lose auf einem Halbzeug platziert.

Mit diesem Werkzeug kann das Beschnitt, Stanzen oder eine Kombination aus Beschnitt und Stanzen durchgeführt werden. Die Dicke der Gummipolsterplatte beträgt ca. 150 mm und besteht aus mehreren Komponenten.

Der Stahlrahmen ist sehr beansprucht, ebenso wie die Stahlschneidplatte, die eine glatte Oberfläche aufweisen muss, damit sie keine Spuren auf dem Endprodukt hinterlässt.

Der Vorteil ist die Einfachheit und der niedrige Preis des Werkzeugs, die Möglichkeit, verschiedene Teile gleichzeitig zu scheren, oder eine mögliche Kombination mit dem Ziehen.

Nachteile sind das Abfallvolumen, die Beschränkung der Dicke und die geringe Haltbarkeit des Gummis.

Scheren mit erhöhter Geschwindigkeit

Das Scheren mit erhöhter Geschwindigkeit basiert auf der Minimierung des Volumens bei verminderter Plastizität. Die Risse liegen sehr dicht beieinander, was zu senkrechten und planaren Scherflächen führt.

Dies ist nur bei kritischen Drehzahlen möglich, wobei die Werte für Kohlenstoffstahl zwischen 3 - 5 m. s-1 liegen.

4. MASSEN-UMFORMUNGEN-TECHNOLOGIEN-EXTRUSION

4.I. Massen-Umformung-Technologien - Extrusion

Die Extrusion ist eine Technologie, die bei verschiedenen Temperaturen durchgeführt werden kann - es gibt die Heißextrusion, die Warmextrusion und die Kaltextrusion. Die Spannung im verformten Teil des Materials ist dreiaxial, unter Druck von allen Seiten. Das zu formende Material wird in die durch die Konstruktion der Formmaschine - Extruder bestimmte Richtung bewegt. Das Produkt wird dann als Extrudat bezeichnet.

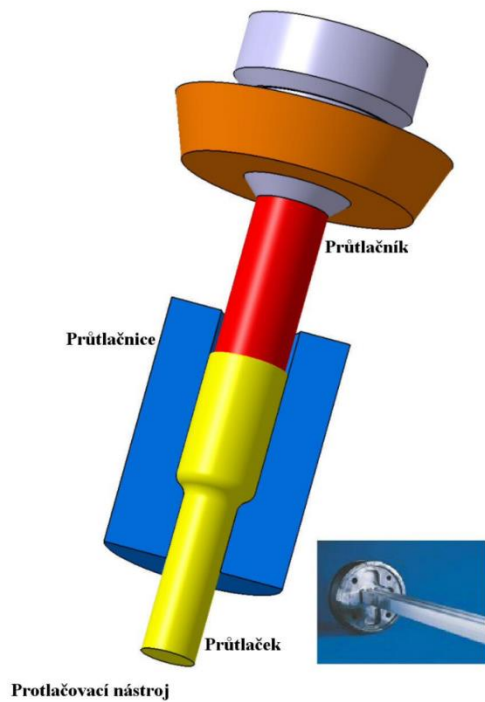
Es gibt zwei Arten dieser Technologie. Der erste Typ beschäftigt sich mit der Herstellung von Endprodukten, der zweite Typ mit Halbfabrikaten (Rohre, Stangen, Profile, etc.). Seit mehr als 100 Jahren wird Kaltfließpressen zur Verformung von Leicht- und Nichteisenmetallen eingesetzt. Diese Technologie wurde z.B. zur Herstellung von Tuben, Kartuschen, etc. eingesetzt.

Heißextrusion

Diese Technologie wird für Stangen und Rohre mit kompliziertem Querschnitt eingesetzt, die nicht durch Walzen hergestellt werden können.

Kaltfließpressen

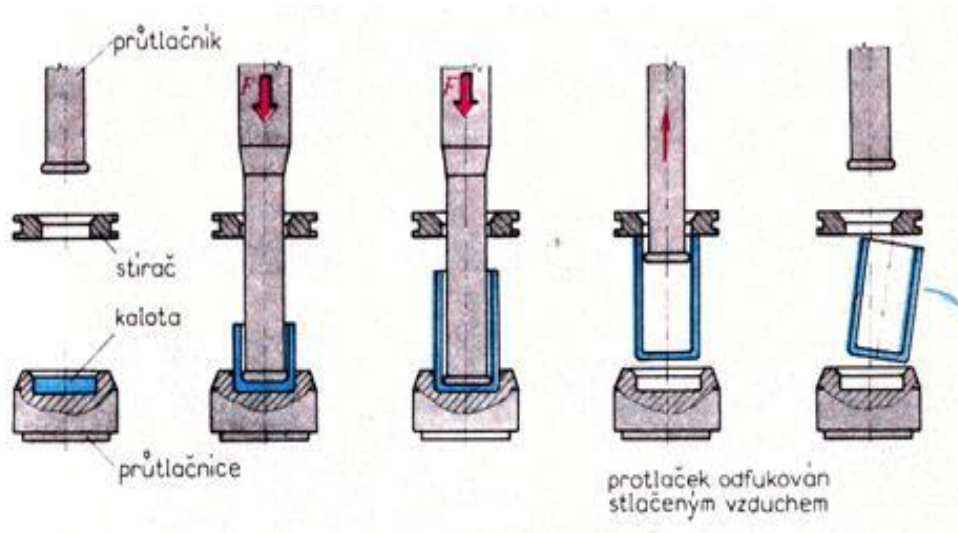
Mit dieser Technologie werden dünnwandige Körper hergestellt: Kartuschen, Tuben, Spraydosen.



Legende: průtlačník - Schieber, průtlaček - Extrudat, průtlačnice - Matrize, protlačovací nástroj - Extruder

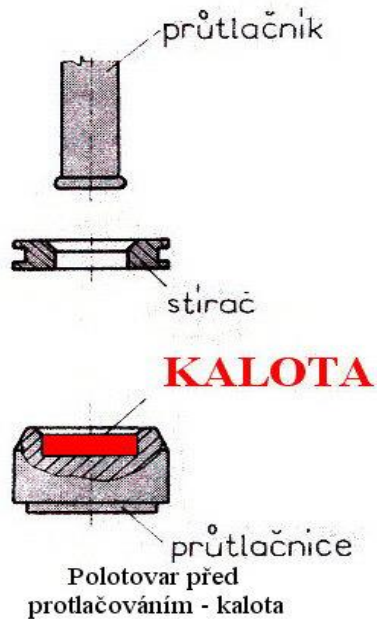
4.2. Extrusionsprinzip und Einfluss des Materials

Das Extrusionsprinzip besteht in der Materialverformung durch die Kräfte, die in einer vorgegebenen Richtung wirken und zur Herstellung eines Endprodukts mit gewünschten mechanischen Eigenschaften und Abmessungen führen. Die Extrusion ist eines der Verfahren, das am meisten zur deutlichen Senkung der Produktionskosten und damit zur Rationalisierung der Produktion beigetragen hat. Die Präzision von Extrudaten ist in der Regel sehr hoch ($\pm 0,05$ mm), so dass es nicht notwendig ist, sie vor der Montage zu dimensionieren. Auch der Materialeinsatz ist sehr hoch (90 - 100 %).



Legende: průtlačník - Pusher, stírač - Stripper, Kalota - Kalotte, průtlačnice - Die, protlaček odfukován stlačeným vzduchem - Extrudat durch Druckluft abgeblasen

- Die Qualität und der Ausgangszustand des Materials beeinflussen die Extrusionstechnik und den Prozess maßgeblich.
- Aufgrund der Widerstandsgröße sind für die Extrusion Materialien mit mehr als 10% Duktilität und 50% Kontraktion (Stähle mit einem C-Gehalt bis zu 0,2 %) geeignet.
- Ungeeignete Werkstoffe sind solche, die einen Umformdruck von mehr als 2500 MPa erfordern oder wenn es aufgrund ihrer chemischen Zusammensetzung nicht möglich ist, während eines Arbeitsgangs mindestens 25% Verformung vorzunehmen.
- Materialien mit geringer Umformfestigkeit (Aluminium und seine Legierungen) können in einem Arbeitsgang extrudiert werden.
- Stähle und andere Metalle werden in mehr als einem Arbeitsgang extrudiert. In einigen Fällen ist ein Zwischenglühen erforderlich (zuerst Rekristallisation und dann Weichglühen).
- Die maximale Reduzierung pro Strang wird durch die zulässige Spannung der Vorrichtung begrenzt. Die Reduzierung z.B. für Stahl mit einem C-Gehalt von 0,1% beträgt bis zu 60 %.
- Vor der Extrusion muss das Material durch Richten und Teilen in Kalotten, einschließlich Wärmebehandlung, modifiziert werden, gefolgt von einer Oberflächenbehandlung.



Legende: polotovár před protlačováním (kalota) - Halbzeug vor der Extrusion (Kalotte)

4.3. Arbeits- und Folienkalkulationen

Für die Kaltextrusion sind hohe Verformungskräfte erforderlich, abhängig von der chemischen Zusammensetzung des Materials, der Vorbereitung und Wärmebehandlung, der Schmierung, der Werkzeuggeometrie (je größer, desto höher die Kraft), der Größe der Reduktion (je größer, desto höher die Kraft), der Wanddicke (je dünner, desto höher die Kraft), dem Maschinentyp. Die notwendigen Kräfte und Arbeitskräfte sind schwer zu berechnen und werden hier nicht erwähnt. Der Kaltextrusionswiderstand wächst mit dem Grad der Materialverstärkung, und die Berechnung sieht wie folgt aus:

$$\text{kostř} = (\text{ko1} + \text{ko2}) / 2,$$

Es ist das Gleiche, auch wenn es keine Linie, sondern eine Kurve ist. Beim Warmfließpressen ist der Widerstand konstant.

4.4. Einfluss der Reibung

Einer der entscheidenden Faktoren im Extrusionsprozess ist die Reibung, die den Prozess, die Qualität des Produkts und die Wirtschaftlichkeit der Produktion, insbesondere bei Stählen, maßgeblich beeinflusst - eine entsprechende Oberflächenbehandlung ist erforderlich, da sonst Trockenreibung entsteht und das Werkzeug brennt. Die Oberflächenbehandlung besteht aus:

- Beseitigung von Oberflächenfehlern (Strahlen, Schleifen, Beizen bei Al,),
- Chemische und mechanische Reinigung (Waschen, Trocknen,...),
- Phosphatierung (Phosphatoberfläche hat eine hohe Haftung zum Ausgangsmaterial, das meist eine Scheibe oder eine Scheibe mit einem Loch, der sogenannten Kalotte, ist. Dadurch kann die Materialoberfläche aufgrund der Porosität der Phosphatschicht bei hohem Druck, die erstmals in den 1930er Jahren eingesetzt wurde, geschmiert werden,)
- Auftragen einer Gleitmittelschicht (z.B. durch Lösen von organischem Öl und Seife).

Die Größe der Reibungskräfte hängt auch von der Rauheit der Druck- und Matrizenoberfläche und deren Verschleiß an kritischen Stellen ab. In einigen Fällen wird Glas mit einer geeigneten chemischen Zusammensetzung als Schmiermittel für die Heißextrusion verwendet. Beim Extrudieren schmilzt das Glas (und es ist notwendig, die glasartige Folie zu entfernen). Bei Nichteisenmetallen wird ein sogenanntes Chemise verwendet / Spalt zwischen Schieber und Matrize, ca. 2 - 4 mm, wobei das Material austritt und als Schmiermittel wirkt.

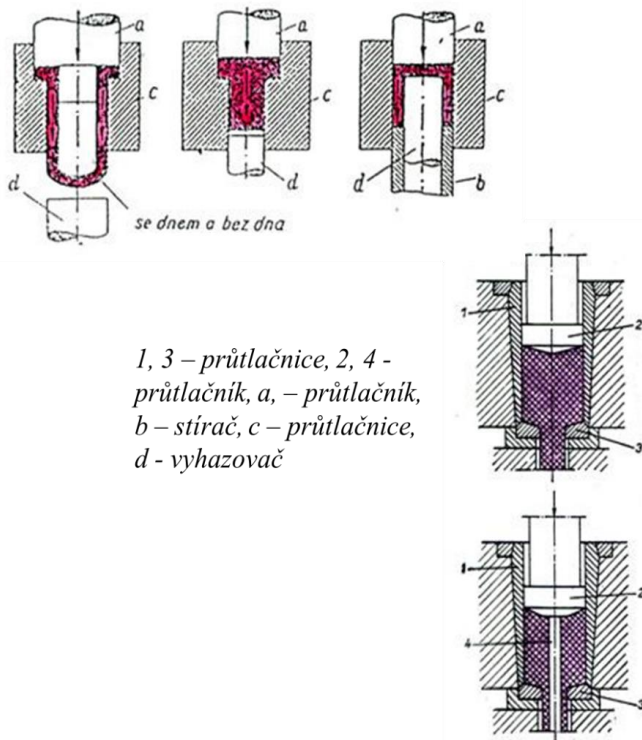
4.5. Klassifizierung der technologischen Verfahren der Extrusion

Die Extrusion wird durch die Bewegungsrichtung und das Werkzeug in mehrere Typen unterteilt:

- Vorwärts (direkt),
- rückwärts,
- kombiniert,
- Seitenextrusion,
- radial.

Direktextrusion

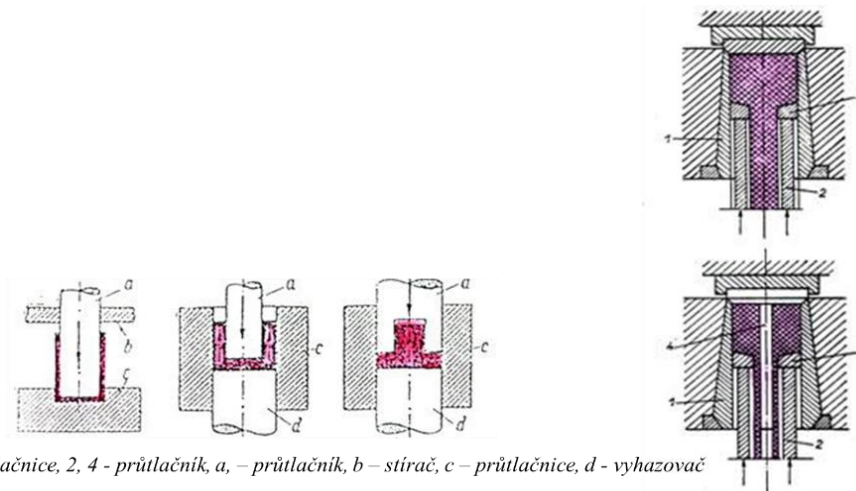
Beim Vorwärts-(Direkt-)Extrudieren bewegt sich das Material in die gleiche Richtung wie der Schieber. Das Ausgangshalfabrikat ist eine Kalotte, die durch z.B. Blechpressen oder Stangentrennen gewonnen wird. Es wird zum Formen von Bolzen, Bolzen, Buchsen usw. verwendet, d.h. von Produkten mit nicht konstantem Querschnitt.



Legende: 1,3 - Matrize, 2,4 - Drücker, b - Stripper, d - Auswerfer, se dnem a bez dna - mit und ohne Boden

Rückwärtsextrusion

Bei der Rückwärtsextrusion bewegt sich das Material in die entgegengesetzte Richtung. Es wird zur Herstellung von Hohlextrudaten mit Rippen verwendet, bei denen die Wanddicke im Vergleich zu einem Durchschnittswert sehr klein oder sehr hoch ist.

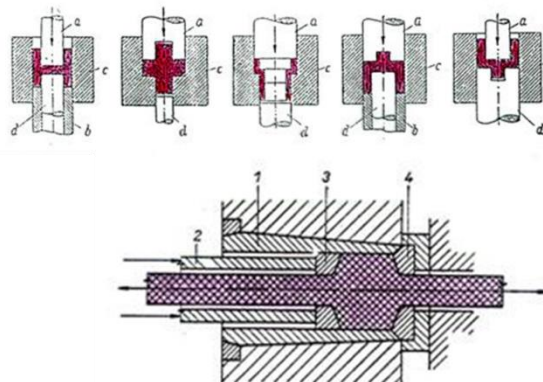


1, 3 – průtlačnice, 2, 4 - průtlačník, a, – průtlačník, b – stírač, c – průtlačnice, d - vyhazovač

Kombinierte Extrusion

Es wird zur Herstellung von Profilen verwendet, die stark beansprucht werden und keine zylindrische Form haben müssen.

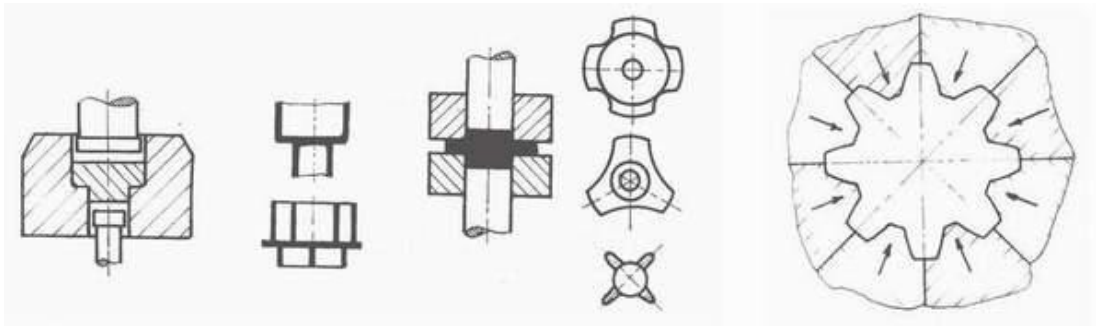
Bei der kombinierten Extrusion bewegt sich das Material in beide Richtungen, wenn der Verformungsgrad im unteren Teil der Extrudate am Boden einer Matrize niedriger sein muss als im oberen Teil, der durch einen Schieber gebildet wird; sonst gelangt das Material nicht in den Boden.



1, 3 – průtlačnice, 2, 4 - průtlačník, a, – průtlačník, b – stírač, c – průtlačnice, d – vyhazovač

Seiten- und Radialextrusion

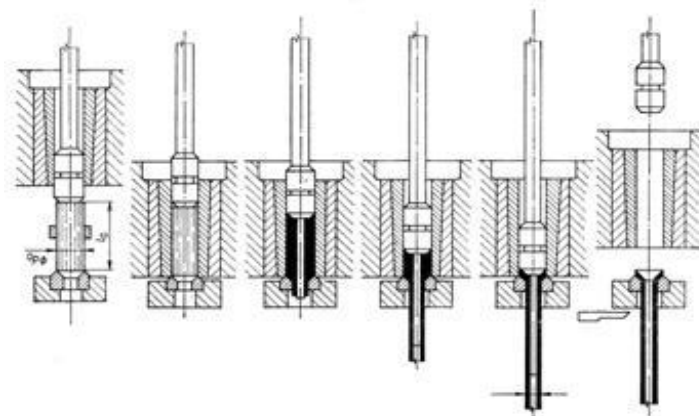
Beim Seitenextrudieren bewegt sich das gebildete Material senkrecht zur Richtung der Schubbewegung. Es wird zur Herstellung von Extrudaten mit beidseitiger Außen- und Innenlagerung verwendet. Das Radialextrudieren besteht in der Umformung, bei der sich das Material und die Maschinenteile in radialer Richtung zur Materialachse bewegen.



4.6. Spezielle Extrusionsverfahren

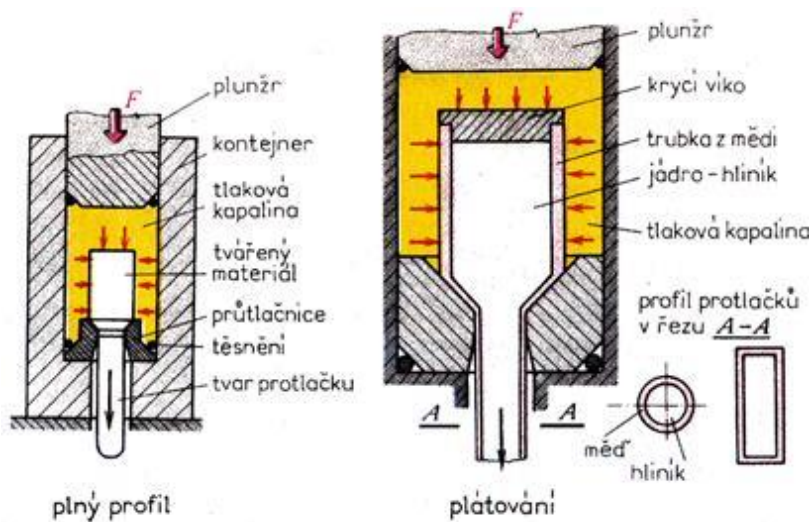
Rohrextrusion

Für die Technologie der Rohrextrusion sind die ersten Halbzeuge Walzblocks von gewünschter Länge. Es folgen das Erwärmen und Stanzen sowie die Vorwärtsextrusion. Wenn der Prozess abgeschlossen ist, befindet sich im Werkzeug Restmaterial, technologischer Abfall, der entfernt werden muss. Der Verformungsgrad ist hoch, der Verlängerungskoeffizient beträgt 8 - 25 (aus dem Halbzeug mit 700 mm Länge und 200 mm Durchmesser kann ein Rohr mit einer Länge von 6-18 mm hergestellt werden).



Hydrostatisches Strangpressen

Eine weitere spezielle Technologie ist die hydrostatische Extrusion, bei der das Halbzeug von einem Fluid mit hohem Druck umgeben ist. Dadurch entsteht eine Spannung auf allen Seiten und die Verformbarkeit des Materials nimmt zu. Die technologischen Möglichkeiten der hydrostatischen Extrusion sind so weit fortgeschritten, dass die Extrusion ohne Phosphatschicht oder für die kupferbeschichteten Produkte durchgeführt werden kann. Der hydrostatische Druck beträgt bis zu 3000 MPa. Die Umformung in einem Arbeitsgang kann bis zu 80% betragen.



Legende: plunžr - Kolben, kontejner - Behälter, tlaková kapalina - Druckflüssigkeit, tvářený Material - gebildetes Material, průtlačnice - Matrize, těsnění, tvar protlačku - extrudierte Form, plný Profil - Vollprofil, krycí víko - Deckel, trubka z mědi - Kupferrohr, jádro - Kern, hliník - Aluminium, Profil protlačků v řezu A-A - Profil von Extrudaten im A-A-Profil, měď - Kupfer, hliník - Aluminium, plátování - Verkleidung

4.7. Extrusionsmaschinen und -werkzeuge

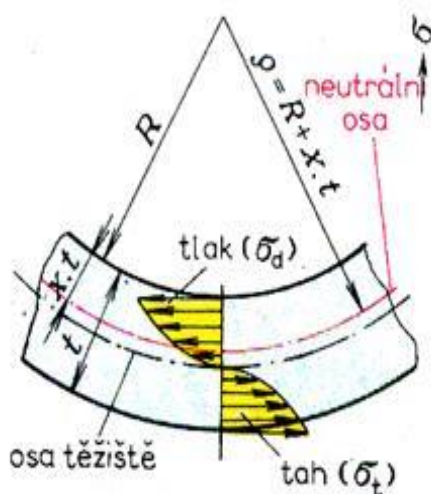
Ein wichtiger Faktor ist auch die Konstruktion des Werkzeugs und die Geometrie von Matrize und Schieber. Es ist nicht möglich, Fasen, Radien, Krümmungen (zaoblení) usw. der Formteile des Werkzeugs auszuwählen. Ein Werkzeug, dessen Hauptteile Schieber und Matrize sind, wird einem bestimmten Druck ausgesetzt, weshalb Material, Wärmebehandlung und Oberflächenrauheit wichtig sind. Die Lebensdauer der Formteile des Werkzeugs liegt zwischen 3000 und 50000 Stück. Der Kaltextrusionsprozess von Stählen wird durch die Festigkeit des Matrizenmaterials begrenzt; beim Rückwärtsextrudieren auch durch die Festigkeit des Pushermaterials.

Für die Kaltextrusion werden hauptsächlich mechanische Kurbel- und Kniehebel-Vertikalpressen und hydraulische Pressen eingesetzt. Die Presskraft beträgt 300 - 120000 kN. In der Warmfließpresstechnik sind die Materialprozesse die Materialien, deren Kaltverformbarkeit begrenzt ist und die teuer wären (z.B. Walzen). Nach der Extrusion werden die Extrudate durch den Ejektor ausgeworfen oder mit Druckluft geblasen. Bei der kombinierten Extrusion werden die Extrudate vom Auswerfer oder Stripper ausgeworfen (je nachdem, ob sie am Schieber haften bleiben oder im Werkzeug verbleiben). Die Innenwände der Extrudate sind leicht konisch mit einer Fase von 1 - 2°. Das Werkzeug muss Löcher für Luft- und Schmierstoffleckagen aufweisen.

5. BIEGEN

5.1. Technologie der Blechumformung - biegen

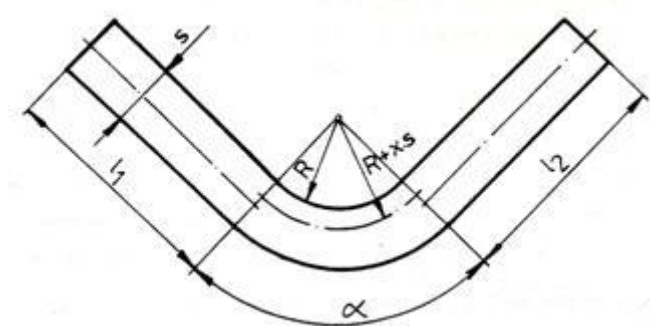
- Biegen ist ein Umformprozess, bei dem das Material in verschiedenen Biege­winkeln mit höherer oder kleinerer Kantenverrundung verformt wird.
- Zum Biegen wird ein Biege­werkzeug verwendet, das aus einem Biegestempel und einer Biegematrize besteht.
- **Das Produkt ist ein Stanzen (Biegen).**
- Das Biegen (die resultierenden Formen können in ihre ursprüngliche Form zurück­gebracht werden) in die gewünschte Form funktioniert nach den gleichen Prinzi­pien der Plastizität wie bei anderen Umformverfahren. Bei Überschreitung der Streckgrenze wird eine plastische Verformung erreicht. Die plastische Verformung wird von einer elastischen Verformung begleitet. Es handelt sich um eine elasti­sche plastische Verformung mit einem anderen Verlauf von der Materialoberflä­che zur neutralen Achse.



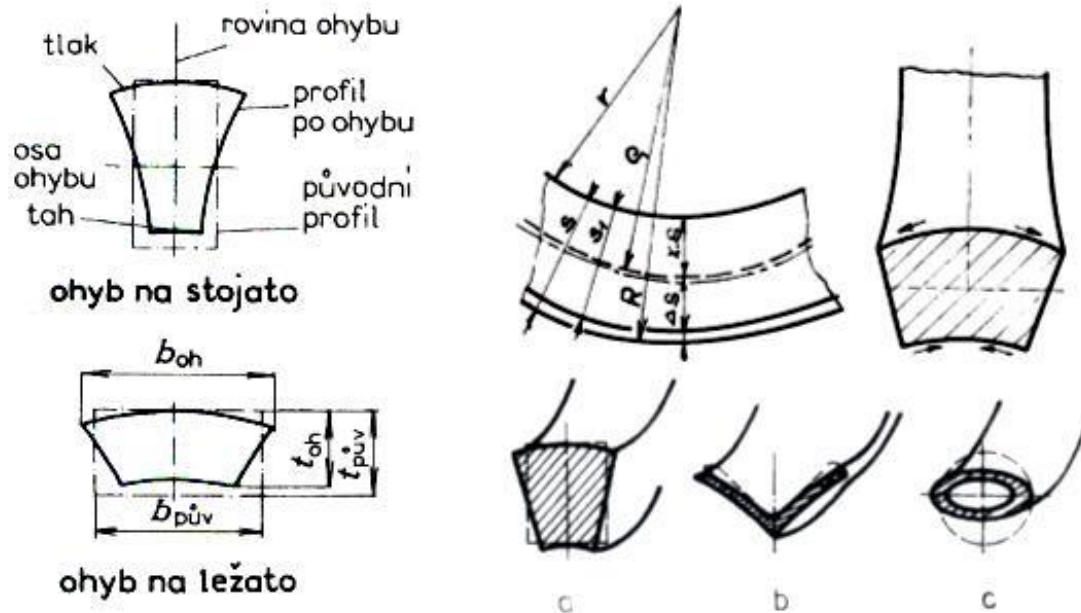
Legende: neutrální osa - neutrale Achse, osa téžiště - Schwer­punktachse, tlak - Druck, tah - Zeichnung

5.2. Verformung des Querschnitts, neutrale Achse

- Biegen verformt den Querschnitt. Bei größerem Querschnitt ist die Verformung höher als bei kleinerem Querschnitt. Bei breiten Bändern ($b \geq 3s$) wird das Material nicht verformt, da der Widerstand des Materials mit großer Breite (aufgrund seiner geringen Dicke) gegen die Verformung in Querrichtung wirkt. Metallschichten an der Außenseite der Biegung dehnen sich aus und erstrecken sich in Längsrichtung und drücken in Querrichtung.
- Um den zentralen Teil des Abschnitts des gebogenen Materials herum erreicht die Zugspannung niedrigere Werte als die Streckgrenze des Materials. Zwischen den beiden Bändern sind die Fasern spannungsfrei und es gibt keine Verformung. Ihre Verbindungen bilden eine so genannte neutrale Achse, in der es keine Spannung gibt und die sich beim Biegen weder verkürzt noch verlängert. Die neutrale Achse befindet sich am Anfang in der Mitte des Abschnitts, beim Biegen bewegt sie sich zur Innenseite der Biegung. Sie ist daher nicht identisch mit der Schwerpunktschwerachse des gebogenen Materials.



Bewegung der neutralen Achse am Biegepunkt



Querschnittsverformung beim Biegen für verschiedene Höhen und Profile

Legende: tlak - Druck, osa ohybu - Biegeachse, tah - ziehen, původní Profil - Anfangsprofil, Profil po ohybu - Profil nach dem Biegen, rovina ohybu – Biegeebene

Die Länge des Halbzeugs vor dem Biegen wird aus der Länge der neutralen Achse bei Biegeteilen und aus der Länge der geraden Abschnitte bestimmt. Bei dünnen Blechen ist der Unterschied nicht signifikant, muss aber bei dicken Blechen berücksichtigt werden. Der Abstand x , der die Position der neutralen Achse kennzeichnet, ist abhängig vom R/t - siehe Tabelle. Der Biegeradius der neutralen Achse beträgt

$$\rho = R + x \cdot T$$

wobei

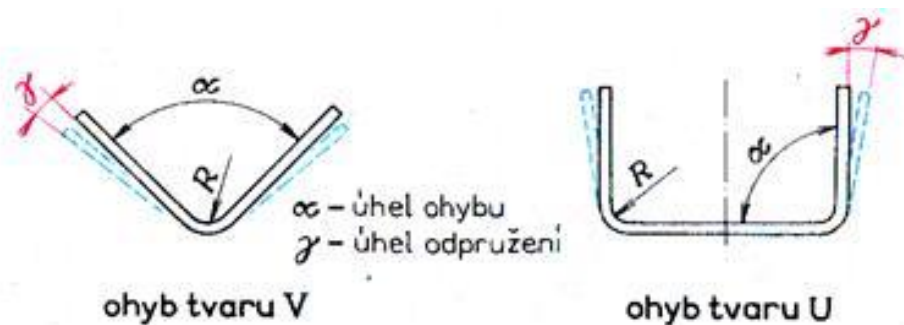
R der innere Biegeradius[mm],

x Koeffizient der Bewegung der neutralen Achse,

t Materialstärke[mm].

5.3. Dämpfung

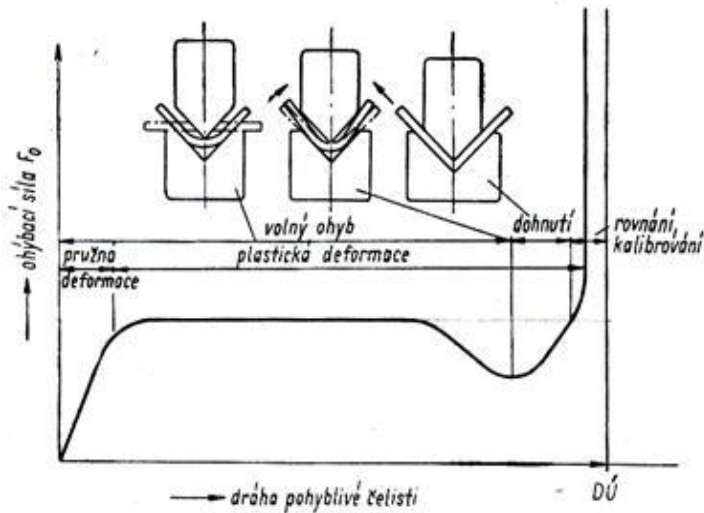
Wenn die äußeren Kräfte nicht mehr auf den zu verformenden Körper wirken, kehren die Abmessungen des Körpers teilweise in den Ausgangszustand zurück, d.h. der Körper dämpft. Während bei den oben genannten Technologien die Dämpfung vernachlässigbar war, ist sie beim Biegen wichtig. Die Dämpfung beim Biegen zeigt sich als ein Winkel deviation, dessen Bedeutung mit der Länge der Arme zunimmt. Die Rückwärtsdämpfung der Biegeteile wird durch die elastische Verformung des Materials um die Neutralachse verursacht. Die Größe der Winkel hängt von der Materialverformbarkeit, dem Biegeradius und der Biegemethode ab. Sie liegt in der Regel zwischen 3 und 15°.



Legende: úhel ohybu - Biege- oder Formwinkel, úhel odpružení - Dämpfungswinkel, ohyb tvaru V/U - V/U-Form Biegung

Die Dämpfung ist meist wie folgt begrenzt:

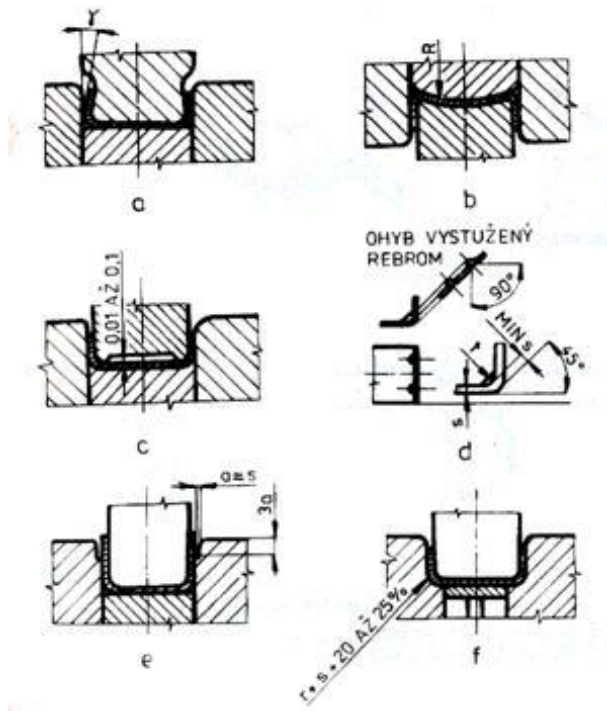
- Das Material wird um den Wert des Dämpfungswinkels γ gebogen, der entweder durch die empirischen Formeln oder aus den Tabellen bestimmt wird. Das Werkzeug muss mit der Winkelkorrektur γ konstruiert werden, sonst hat das Produkt nicht die gewünschte Form.
- Es wird eine Kalibrierung verwendet, d.h. die Presskraft am Ende des Presszyklus wird erhöht, lokale plastische Verformungen treten an der Stelle der Biegung auf und der Wert der Dämpfung nimmt ab, bis sie schließlich verschwindet.



Verlauf der Biegekraft einschließlich Kalibrierung

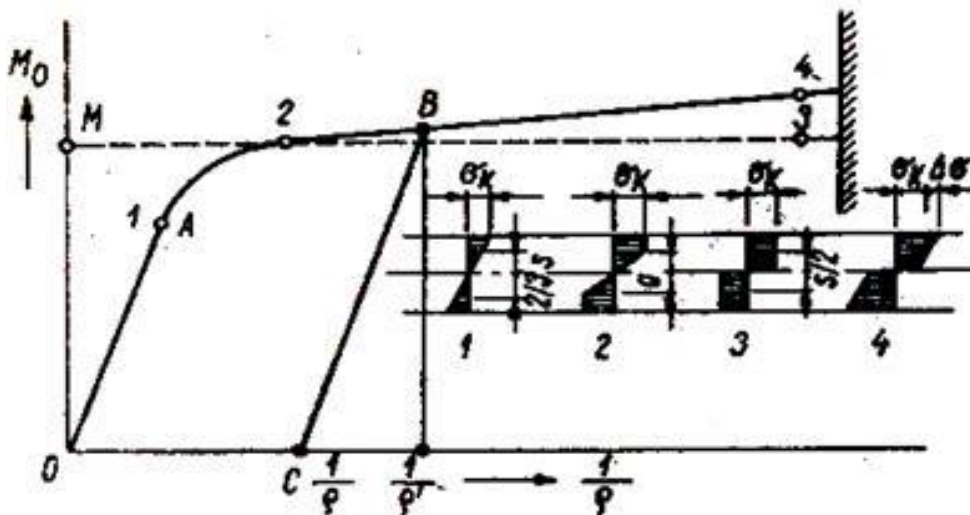
Legende: ohýbací síla - Biegekraft, pružná deformace - elastische Verformung, plastická deformace - plastische Verformung, volný ohyb - lose Kurve, kalibrování - Kalibrierung

- Vertiefungen auf der Prägung werden verwendet, wenn die Polsterung fast vollständig entfernt ist. Die Biegedämpfung kann wie folgt entfernt werden: Auflockerung (podbroušení) der beweglichen Backe um den Winkel γ , Abrundung der Unterseite der beweglichen Backe und des Halters um den Radius R , Verstärkung des Materials in den Ecken durch Stoß, Pressen der Rippe an der Biegestelle, allmähliches Biegen mit dem Auflockern der festen Backe um die Materialdicke und Verstärkung des Materials durch einen Verformungsradius in den festen Backen.



5.4. Spannungsverteilung

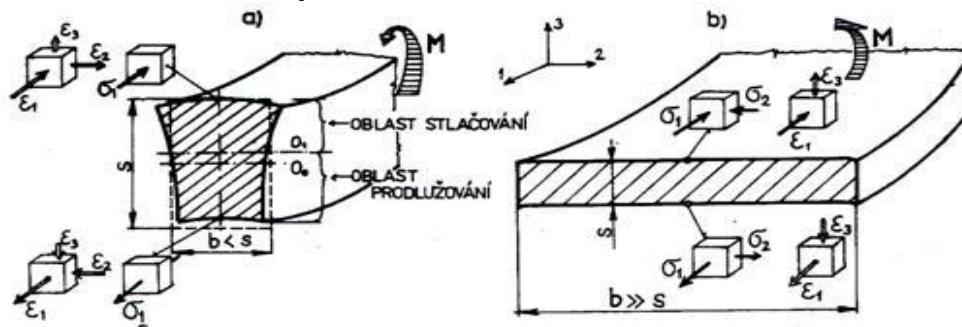
- Beim Biegen ist die Spannung in den Außenfasern der Materialien entgegengesetzt (Zug, Druck).
- Die Abbildung (1) zeigt die Spannungsverteilung im biegebeanspruchten Materialquerschnitt unterhalb der Streckgrenze.
- Steigt die Spannung über die Fließgrenze hinaus, nimmt auch die plastische Verformung zu (in der Mitte). In diesem Fall steigt die Spannung in den Zonen der plastischen Verformung nicht über den Fließgrenzenwert (2) hinaus.
- Steigt das Biegemoment, verschwindet der elastische Kern und die Spannungsgröße bleibt konstant (3).
- Wenn wir die Festigkeit des Materials beim Kaltumformen berücksichtigen, sind die Verhältnisse gemäß (4) und der Abbildung rechts.
- Um die neutrale Achse befindet sich eine Zone mit elastischer Verformung, die nach dem Blitzen eine Dämpfung bewirkt.



Spannungsverteilung im Querschnitt beim Biegen von Material

Am Biegepunkt weist das gebogene Material drei Zonen auf (die Spannung im gebogenen Material bei dünnen Blechen ist in der Abbildung dargestellt):

- **Zone der elastischen Verformung um die neutrale Achse,**
- **Äußere Zone der dauerhaften Verlängerung,**
- **Innere Zone des permanenten Vortriebs**



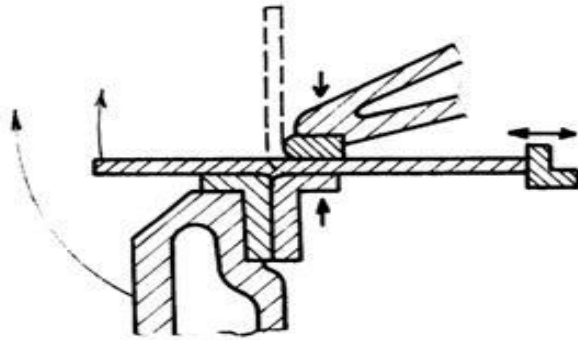
Spannung und Verformung im gebogenen Material

5.5. Biegetechnische Verfahren

- Das Biegen kann frei oder mit einem festen Werkzeug durchgeführt werden.
- Die technologischen Verfahren des Biegens lassen sich wie folgt unterteilen:
 - Durch das verwendete Werkzeug,
 - Um den Krümmungsradius,
 - Mit der technologischen Methode.

Klassifizierung der technologischen Biegeverfahren nach dem verwendeten Werkzeug

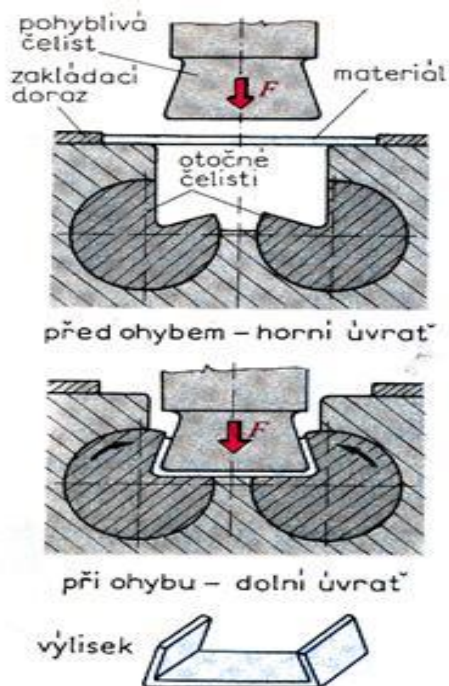
- Manuelles Biegen mit manuellen Biegewerkzeugen, Biegungen.
- Nicht alle Biegevorgänge können mit der Presse durchgeführt werden. Für einige Biegeoperationen sind spezielle Biegewerkzeuge, auch manuell betätigt, vorgesehen, z.B. zum Biegen von langen Bändern und Blechen (diese werden mit einer Maschine mit Scharnierplatte gebogen - siehe Schema in der Abbildung).
- Das zu biegende Material wird auf den Maschinentisch gelegt und bis zum Anschlag nivelliert. Dann wird es an der Biegekante eingespannt. Die Kante der Maschine besteht aus austauschbaren, stahlgehärteten Stäben. Nach dem Einspannen wird das Material durch Kippen der Platte um einen beliebigen Winkel gebogen, der mit einem Anschlag voreingestellt ist. Die Maschine wird mit einer Reihe von Zusatzeinrichtungen geliefert.



Biegewerkzeug mit einer rotierenden Platte

- Biegen mit Pressen in einem Biegewerkzeug (Biegemaschine), dessen bewegliche Backe geradlinige Hubbewegungen ausführt.
- Diese Art des Biegens wird mit den folgenden Pressentypen durchgeführt:
 - mechanisch
 - hydraulisch,
 - Sondermaschinen - je nach technologischem Prozess selbst

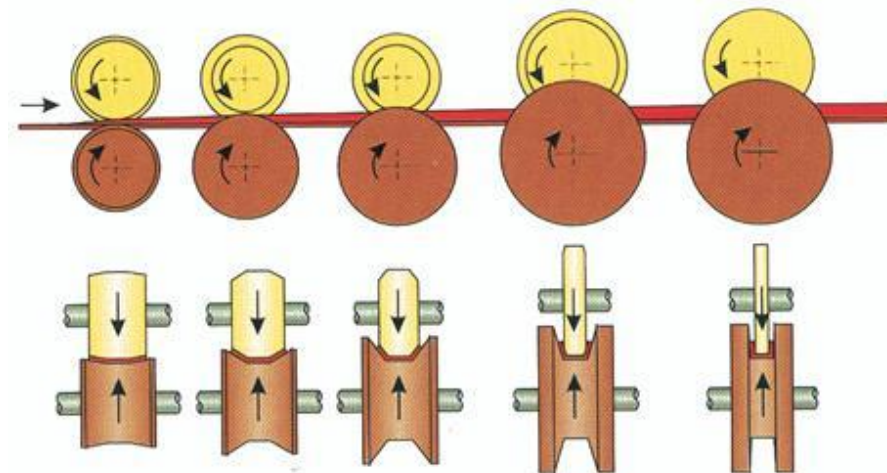
Biegewerkzeuge für den Presseneinsatz sind im Vergleich zu anderen Werkzeugen recht einfach. Die Abbildung zeigt ein Biegewerkzeug zum Biegen mit einem Biegewinkel über 90°. Die zylindrischen Teile des Werkzeugs drehen sich um die Zylinderachsen und die Federn bringen sie in die Ausgangsposition zurück. Das Produkt wird aus dem Werkzeug entfernt, indem es senkrecht zur Biegeebene aus der Biegung gleitet.



Biegewerkzeug (Biegewinkel über 90°)

Legende: pohyblivá čelist - bewegliche Backe, Material - Material, otočné čelisti - rotierende Backen, před ohybem - vor dem Biegen, horní úvrať - oberer Totpunkt, při ohybu - beim Biegen, dolní úvrať - unterer Totpunkt, výlisek - Stanzen

Biegen mit Rollen: Das Biegewerkzeug sind die Rollen, die eine Drehbewegung ausführen. Die folgende Abbildung zeigt ein Beispiel für das Biegen durch Walzen.



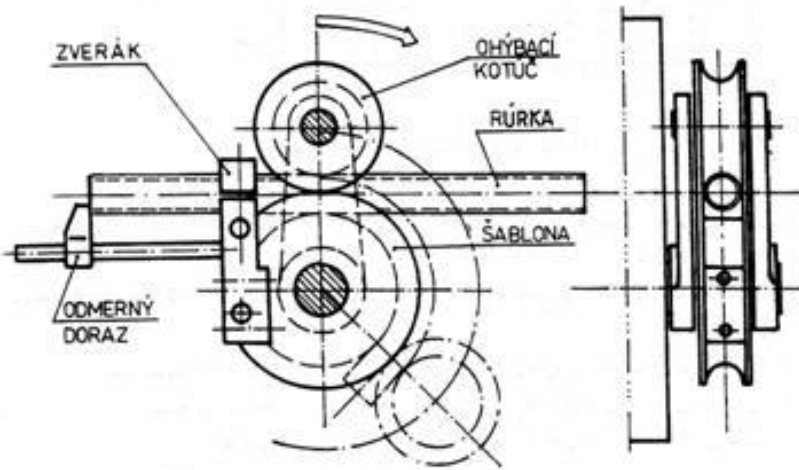
Ende durch Walzen

Klassifizierung der technologischen Verfahren nach Krümmungsradius

- Biegen mit kleinem Radius - große plastische Verformung,
- Biegen mit hohem Radius - geringe plastische Verformung.

Klassifizierung nach Produktionstechnologien

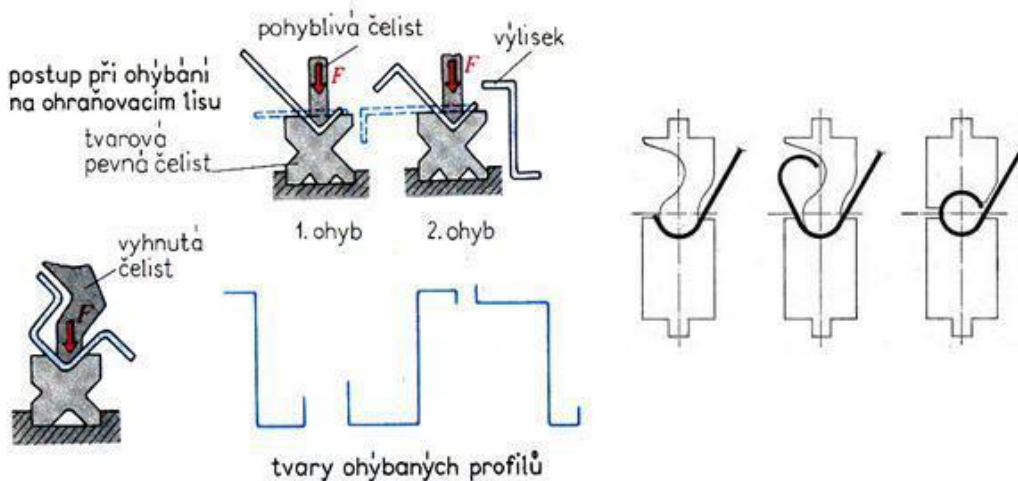
- "klassisches" Biegen - Biegebeispiele wurden in den Abbildungen und Diagrammen dargestellt. Die folgende Abbildung zeigt das Biegen von Rohren. Das Biegen erfolgt durch Rollen der Scheibe über das in den Schlitz einer anderen Scheibe eingesetzte Rohr. Die Scheiben sind austauschbar, die Schlitz müssen dem Durchmesser der Rohre entsprechen. Verformungen von Rohren werden verhindert, indem das Rohr in den Schlitz eingeführt wird, so dass es sich nicht verbreitern kann.



Biegen von Rohren

Legende: svěrák - Klemme, doraz - Schlag, ohýbací kotouč - Biegescheibe, rúrka (trubka) - Rohr, šablona - Form

Bremsbiegen an Pressen, die zur Herstellung verschiedener dünnwandiger Profile sowie Profile mit einer Dicke von 20 mm und Profile mit kleinem Rundungsradius dienen. Das Prinzip unterscheidet sich nicht vom Biegen auf einer herkömmlichen Presse. Der Unterschied liegt in der Länge der Maschine und der Presse. Die Länge wird durch die Breite der Bremspresse begrenzt.



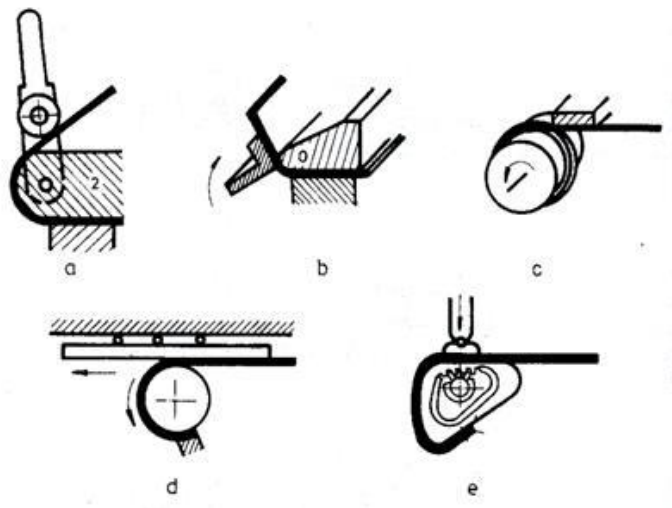
Beispiele für das Biegen von Bremsen

Legende: postup při ohýbání na ohraňovacím lisu - Bremsbiegen an der Bremspresse, tvarová pevná čelist - feste Backe, pohyblivá čelist - bewegliche Backe, výlisek - Stanzen, ohyb - Biegen, vyhnutá Cellist - gebogene Backe, tvary ohýbaných Profil - Formen der gebogenen Profile

Das Ausgangsmaterial sind die Blechbänder. Jeder Umformvorgang wird pro Pressenhub durchgeführt, und für jede Profilform muss ein separates Werkzeug an der Presse ange-

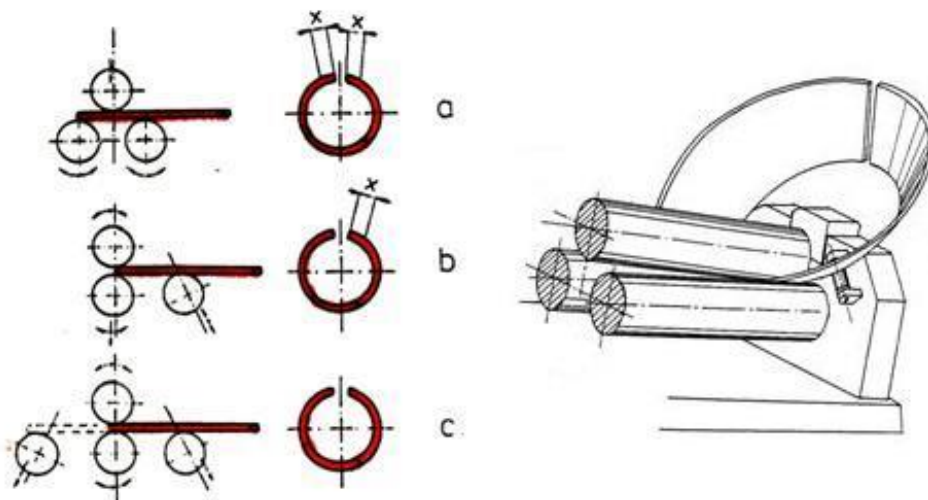
werden. Das Werkzeug besteht aus verschiedenen Stahlstäben, die sowohl mit der Maschine geliefert als auch speziell konstruiert und gefertigt werden. Der obere Teil des Werkzeugs kann geformt werden. Die Bremspresse ist eine mechanische Presse, die es ermöglicht, lange Stangenwerkzeuge zu verwenden. Bei beiden Maschinen wird die Biegung in der gesamten Länge des Materials durchgeführt - also in der gesamten Länge.

- Das Flashen (lemování) ist ein Vorgang, bei dem wir die Kante einer Stanzung verstärken oder ein Halbzeug für eine zusätzliche Fugenbildung vorbereiten müssen. Es wird auch verwendet, um Nuten in der Mitte oder an der Kante zu machen, um die Steifigkeit des Produkts zu erhöhen.
- Das Wickeln (navíjení) ist ein Prozess, bei dem das geformte Material allmählich auf der Rolle aufgewickelt wird und die gewünschte Form ergibt, die mit der Form des Werkzeugs identisch ist. Meistens wird die Wicklung in Coilblechen verwendet.



a - manuell, b - mit Biegewerkzeug, c - Wickelfedern auf Dorn, d - Wickelstangen, e - Wickeln eines Bandes auf eine Form

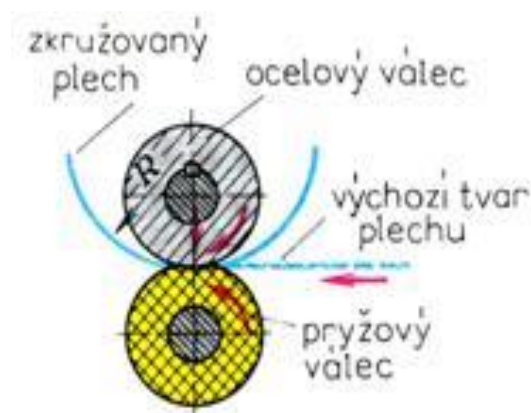
Das Walzenbiegen wird zur Herstellung von zylindrischen oder konischen Hüllen für Behälter, Rohre und sogar für 30 mm dicke Bleche eingesetzt. Dickere Bleche werden dann warmgewalzt. Maschinen, die zu diesem Zweck eingesetzt werden, werden als Biegerollen bezeichnet (siehe Abbildung unten). Die Werkzeuge können Drei- oder Mehrrollenwerkzeuge sein, deren Ausführung von der Blechdicke und den Anforderungen an die Rundung der Blechenden abhängt.



Anordnung der Biegerollen (links) und Detailansicht einer Kegelbiegung (rechts)
 a - dreifach gerolltes symmetrisches Werkzeug, b - dreifach gerolltes unsymmetrisches Werkzeug, c - vierfach gerolltes Werkzeug

Dünne Bleche werden mit einer Stahl- und Gummiwalze auf den Maschinen gebogen - Biegetechnik mit elastischem Werkzeug. Der Biegeradius ändert sich in Abhängigkeit von der Gummikompression. Die Oberflächenqualität der Produkte ist wesentlich besser, aber es ist mehr Umformarbeit notwendig, da ein Teil davon für die Verformung des elastischen Teils der Maschine - Gummi - notwendig ist.

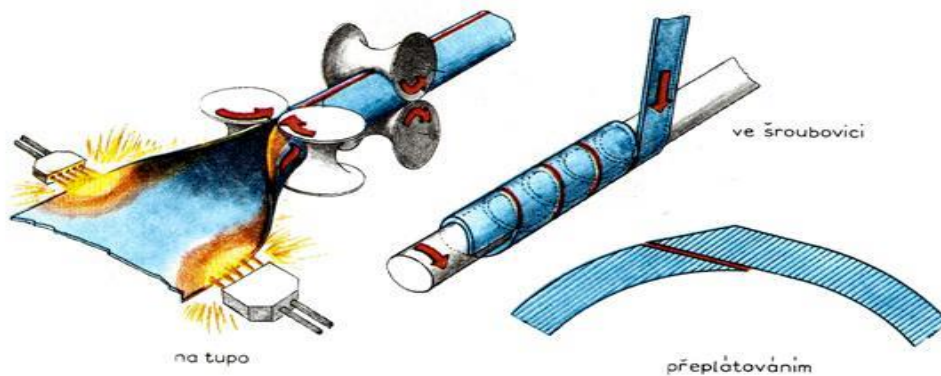
Das Walzen, Profilieren, Wickeln auf Pressen wird durchgeführt, um eine kreisförmige Form an den Blechkanten zu erzeugen. Es besteht aus einem allmählichen kontinuierlichen Biegen von Bändern auf Profiliermaschinen und wird zur Herstellung von Rohren (geschweißt, dünnwandig) und Profilen oder zum Wickeln von Scharnierflügeln unter Verwendung der vertikalen Bewegung des Pressbalkens verwendet. Beim Walzen erfolgt eine allmähliche Formänderung durch Biegen mit unterschiedlich dimensionierten Rollen, so dass eine horizontale Spannung im Blech entsteht und sich das Band mit hoher Geschwindigkeit (ca. 25 m.min⁻¹) von selbst bewegt.



Biegewerkzeug mit Gummirolle

Legende: zkružovaný plech gebogenes Blech, ocelový válec - Stahlwalze, výchozí tvar plechu - Ausgangsblechform, pryžový válec - Gummiwalze

Für die Profilierung können einfache zweiteilige Werkzeuge verwendet werden, die als Paar Profilscheiben ausgeführt sind. Die Abbildung links zeigt ein Werkzeug, das zum seitlichen Biegen eines Blechs geeignet ist, die Abbildung rechts zeigt die Anpassung für die Sicken (žlábkování). Die seitliche Biegung und die Nut können sowohl am Rand eines ebenen Blechs (Bandes) als auch am Rand eines zu einer zylindrischen Form gewalzten Blechs vorgenommen werden. Durch allmähliches Biegen ist es möglich, ein Profil beliebiger Länge herzustellen, auch bei komplexeren Profilen.

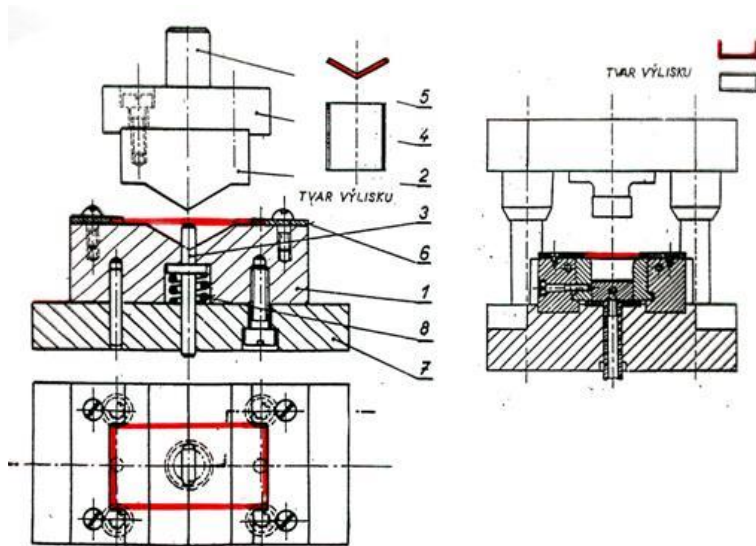


Herstellung von dünnwandigen Rohren durch Profilerung, Wicklung, Überlappung und Überlappung

Legende: na tupo - butt, ve šroubovici - helix, přeplátováním - überlappend

5.6. Biegen von Werkzeugen

Das Biegewerkzeug besteht aus einem Biegestempel und einer Biegematrize oder einem Lastanschlag. Biegewerkzeuge können durch die Methode und Technologie des Biegens unterteilt werden, meist für eine U- oder V-Form. Biegewerkzeuge sind in der Regel nicht getrennt und werden als kombinierte Werkzeuge ausgeführt.

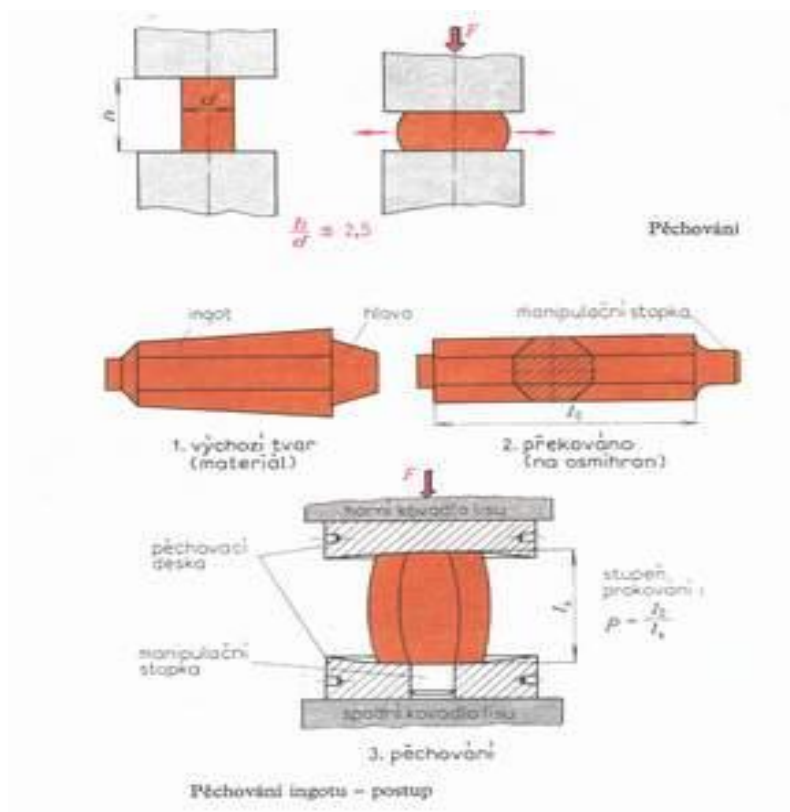


Werkzeuge für ein V (links) und U (rechts) gekrümmt

6.SPEZIELLE SCHMIEDEVERFAHREN

6.1. Stauchen

- Zu den grundlegenden Verfahren des Freiformschmiedens gehört das Stauchen.
- Stauchen ist der einfachere Schmiedeprozess, bei dem zwischen zwei Flach- oder Umformbacken eine plastische Verformung des Materials auftritt.
- Andererseits ist das Stauchen die kraft- und energieintensivste Schmiedeoperation. Es kann entweder direktes Schmieden beim Schmieden von Flachschiemteilen oder eine Voroperation zum perfekten Schmieden des Materials sein, die die Anisotropie reduziert und die Faseranordnung verbessert.
- Es reduziert die Höhe und erweitert die Querschnittsfläche.
- Beim Schmieden muss das Material gleichmäßig erwärmt werden und parallele Stirnflächen gewährleisten, die Materialdicke reduzieren (Biegegefahr) und die Position senkrecht zur Maschinenachse sicherstellen.



Stauchen von zylindrischen Halbfabrikaten

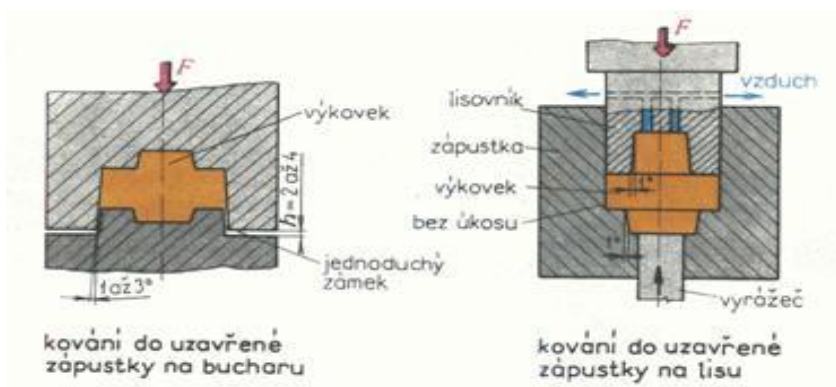
Legende: *pěchování - Stauchen, Barren - Barren, manipulační stopka - Handhabungsschaft, výchozí tvar materiálu - Ausgangsform des Materials, překováno na osmihran - zu einem Achteck geschmiedet, pěchovací deska - Stauchplatte, spodní kovadlo - Unterwerkzeug, stupeň prokování - Schmiedegrad*

6.2. Vervollständigung

- Eine weitere Technologie des Freiformschmiedens ist das Auswalken (Ziehen).
- Es handelt sich um den am weitesten verbreiteten Schmiedevorgang, bei dem mehr Stauchvorgänge nebeneinander durchgeführt werden, wodurch der Querschnitt erweitert und gleichzeitig reduziert wird.
- Das Halbzeug wird meist um 90° gedreht und um den Abstand p verschoben, wodurch die Ausdehnung kompensiert wird. Der Hub p ist immer kleiner als die Breite der Matrize s ist.

6.3. Präzisionsschmieden

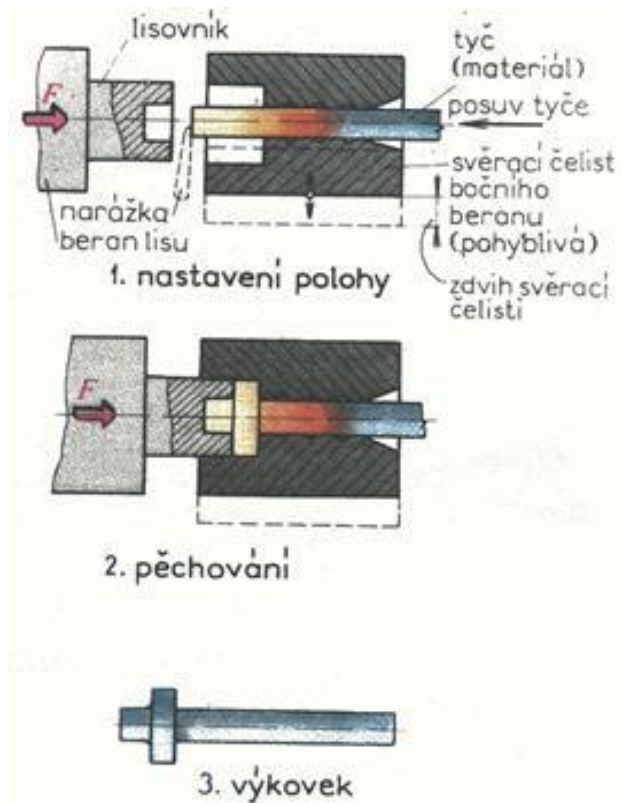
- Schmiedeteile mit minimalen Bearbeitungszugaben und Fasen werden in geschlossenen Matrizen durch sogenanntes Präzisionsschmieden hergestellt.
- Beim Präzisionsschmieden sind das Volumen und die Zentrierung des in die Matrize eingesetzten Materials strikt zu beachten. Rotierende Formen werden am häufigsten bevorzugt.



Legende: *výkovek - Schmieden, jednoduchý zámek - einfaches Schloss, kování do uzavřené zápustky na bucharu - Schmieden in geschlossener Matrize auf Hammer, lisovník - Stempel, zápustka - Matrize, bez úkosu - ohne Fase, vyrážeč - Auswerfer, vzduch - Luft, kování do uzavřené zápustky na lisu - Schmieden in geschlossener Matrize auf Presse*

6.4. Schmieden mit horizontaler Schmiedepresse

- Das Schmieden auf einer horizontalen Schmiedepresse ermöglicht eine teilweise oder vollständige Automatisierung des Prozesses.
- Sie besteht in der Verwendung einer horizontalen Kurbelpresse, die hauptsächlich zum Stauchen von Stangenmaterial und zum Arbeiten mit geschlossenen Matrizen geeignet ist.
- Das Prinzip ist in der Abbildung dargestellt.
- Es verwendet eine geschlossene dreiteilige Matrize, das Schmieden erfolgt ohne Grat. Der Hohlraum der Matrize ist zweiteilig, geteilt durch eine vertikale oder horizontale Ebene, mit einem aufgerauhten Durchgang für Stangenmaterial. Es fungiert als Spannfutter für das Stangenmaterial, wenn sich die beiden Hälften einander nähern. Das dritte Teil (Stauchteil) wird in axialer Richtung in den Hohlraum eingesetzt.
- Prinzip: Die Stange wird in die Schmiedeposition bis zum Anschlag bewegt. Auf diese Weise wird das Volumen des geschmiedeten Materials bestimmt. Dann klemmt der zweiteilige Block die Stange und bewegt den Anschlag. In dieser Phase wird der vorstehende Teil der Stange erwärmt (heute ist es meist induktiv).
- Nach dem Stauchen des erwärmten Endes der Stange trennt das Gleitblatt das Schmieden von der Stange und der Zyklus wird wiederholt.

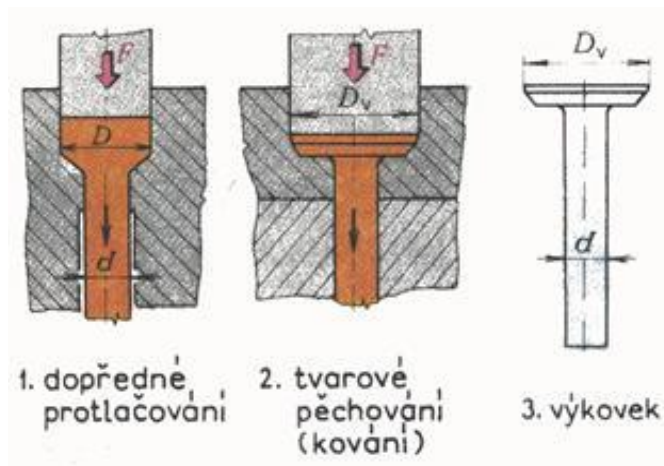


Schmieden mit paralleler Schmiedepresse

Legende: lisovník - Stanzung, narážka - Anschlag, beran lisu - Pressbalken, tyč (Material) - Stange (Material), posuv tyče - Bewegung der Stange, svěrací čelist bočního beranu (pohyblivá) - Klemmbacke des Längsträgers (beweglich), zdvih svěrací čelisti - Hub von, nastavení polohy - Positionierung, pěchování - Stauchen, výkovek - Schmieden

6.5. Strangpressschmieden

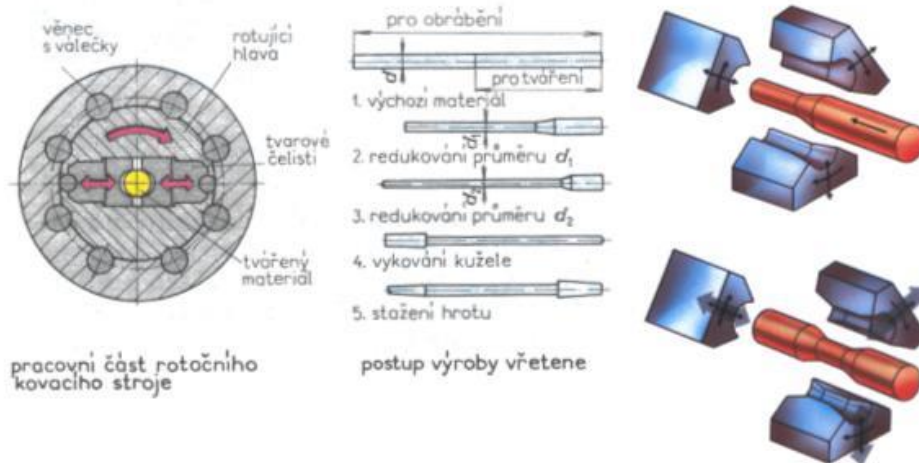
- Ein weiterer technologischer Prozess ist das Schmieden - das Heißextrudieren, wenn das geformte Material durch den Extruder in einer geschlossenen Matrize gepresst wird.
- Es ist eine Kombination aus Strangpressen und Schmieden. Dieses Verfahren wird für Aluminium und Kupferlegierungen sowie für Stahl angewendet.
- Es erhöht die Duktilität von Metall, da das Material einer räumlichen Druckbelastung ausgesetzt ist.
- Sie kann als Vorwärts-, Rückwärts- oder kombinierte Extrusion durchgeführt werden. Es ist notwendig, auch die Reibung und die hohe Festigkeit und Hitzebeständigkeit der Werkzeuge zu berücksichtigen....



Legende: dopředné protlačování - Vorwärtsextrusion, tvarové pěchování - Formbeständigkeit, výkovek - Schmieden

6.6. Rotierendes Schmieden

- Ein besonderes Schmiedeverfahren ist das sogenannte Rotationsschmieden.
- Es wird zur Reduzierung des Querschnitts auf einen kleineren Durchmesser oder zum Schmieden einer zylindrischen Form aus einem Quadratprofil verwendet. Im Gegensatz zu anderen Umformverfahren ist das rotierende Schmieden kalt, nur zur Herstellung von Bauteilen mit größerem Durchmesser wird das Warmschmieden eingesetzt.
- Es gehört zu den Schmiedeverfahren, da die Verformung durch wiederholte Stöße erfolgt.
- Prinzip: Zwei radial bewegliche Werkzeuge werden gedreht. Sie werden durch die Zentrifugalkraft zum Rand hin verschoben. Hier treffen sie auf gehärtete Zylinder, die ihnen einen Rücklaufimpuls geben. Dadurch entsteht eine Wiederholung.
- Das Halbzeug wird langsam und axial in den Umformprozess eingebracht.
- Beispiele für rotierendes Schmieden und Verfahren zum Drehen sind in den folgenden Abbildungen dargestellt.

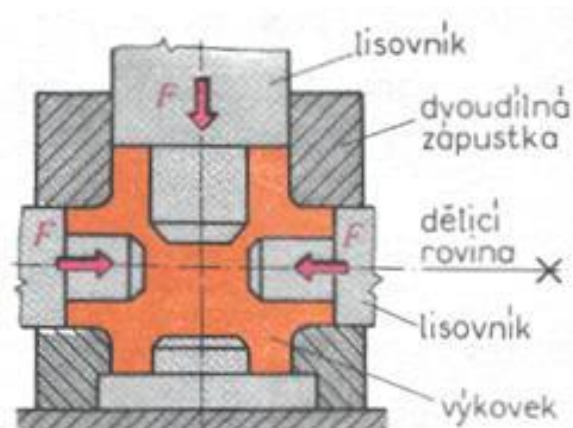


Rotierendes Schmiedeprinzip

Legende: věnec s válečky - Felge mit Rollen, rotující hlava - rotierender Kopf, tvarové čelisti - Formbacken, tvářený Material - Formmaterial, pracovní část rotačního stroje - Arbeitsteil der Drehmaschine, pro obrábění - für die Bearbeitung, pro tvářeni - für die Umformung, výchozí Material - Ausgangsmaterial, redukování průměru - Durchmesserreduzierung, vykování kužele - Schmieden eines Kegels, stažení hrotu - Spitzenreduzierung, Nachbearbeitung výroby vřetene - Spindelherstellung

6.7. Multidirektionales Schmieden

- Das letzte spezielle Schmiedeverfahren ist das multidirektionale Schmieden.
- Das Material in der geschlossenen Matrize wird dem Druck des Stempels aus mehreren Richtungen ausgesetzt.
- Das Schmieden ist präzise und mit minimalen Bearbeitungszugaben.



Legende: lisovník - Stempel, dvoudílná zápustka - zweiteilige Matrice, dělicí rovina - Trennhobel, výkovek - Schmieden