

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

**VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA
FAKULTA STROJNÍ**



TECHNOLOGIE TVÁŘENÍ A SLÉVÁNÍ – TEORETICKÝ ZÁKLAD

NEKONVENČNÍ ZPŮSOBY TVÁŘENÍ

prof. Ing. Radek ČADA, CSc.

Ostrava 2013

© prof. Ing. Radek ČADA, CSc.

© Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

ISBN 978-80-248-3015-5



Tento studijní materiál vznikl za finanční podpory Evropského sociálního fondu (ESF) a rozpočtu České republiky v rámci řešení projektu: CZ.1.07/2.2.00/15.0463, MODERNIZACE VÝUKOVÝCH MATERIÁLŮ A DIDAKTICKÝCH METOD

OBSAH

1	NEKONVENČNÍ ZPŮSOBY TVÁŘENÍ.....	3
1.1	Mezi základní nekonvenční způsoby tváření je možné zařadit	5
1.2	Tváření vysokými rychlostmi	5
1.2.1	Tváření expanzí plynů	5
1.2.2	Tváření výbuchem.....	6
1.2.3	Tváření elektrohydraulické.....	7
1.2.4	Tváření elektromagnetické.....	8
1.3	Tváření vysokými tlaky	9
1.4	Tváření nepevnými nástroji.....	9
1.4.1	Stříhání pryží.....	10
1.4.2	Tažení pryží	10
1.4.3	Tažení plechů pomocí kapaliny.....	11
1.5	Radiální vypínání.....	12
1.6	Tažení expanzním tažníkem	14
1.7	Tažení s použitím místního ohřevu	14
1.8	Tváření v superplastickém stavu.....	15
1.9	Frekvenční a ultrazvukové tváření	15
1.10	Kovotlačení.....	16
1.11	Lisování součástí z práškových materiálů.....	17
2	K JAKÝM ZKUŠEBNÍM OTÁZKÁM SE TATO PŘEDNÁŠKA VZTAHUJE:	19
3	DOPLŇUJÍCÍ ZDROJE – KNIHY, INTERNET, ...	20
4	POUŽITÁ LITERATURA.....	21



1 NEKONVENČNÍ ZPŮSOBY TVÁŘENÍ



STRUČNÝ OBSAH PŘEDNÁŠKY:

Tváření vysokými rychlostmi (tváření expanzí plynů, tváření výbuchem, tváření elektrohydraulické, tváření elektromagnetické)

Tváření vysokými tlaky

Tváření nepevnými nástroji (stříhání pryží, tažení pryží, tažení plechů pomocí kapaliny)

Radiální vypínání

Tažení expanzním tažníkem

Tažení s použitím místního ohřevu

Tváření v superplastickém stavu

Frekvenční a ultrazvukové tváření

Kovotlačení

Lisování součástí z práškových materiálů



MOTIVACE:

Tato kapitola je důležitým teoretickým základem pro pochopení nekonvenčních výrobních technologií, které se používají pro výrobu součástí, když se docílí jejich vyšší kvalita, nebo když se docílí ekonomicky výhodnější výroba než při použití klasických technologií.



CÍL:

Budete umět:

- rozebrat podstatu tváření vysokými rychlostmi,
- objasnit tváření expanzí plynů včetně jeho výhod,
- vysvětlit technologii elektromagnetického tváření,
- popsat technologie stříhání a tažení pryží,
- rozebrat technologii frekvenčního a ultrazvukového tváření,
- objasnit způsoby výroby součástí kovotlačením,
- vysvětlit podstatu práškové metalurgie a její výhody a nevýhody,
- popsat způsoby tváření práškových materiálů.



Získáte:

- znalosti o elektrohydraulickém tváření,
- přehled o technologii tváření vysokými tlaky,
- poznatky o technologiích tváření nepevnými nástroji,
- informace o technologiích radiálního vypínání,
- přehled o technologii tváření v superplastickém stavu,
- znalosti o hlavních způsobech výroby práškového kovu.

Budete schopni:

- vysvětlit způsoby tváření výbuchem plynové směsi, střeliviny nebo trhaviny,
- popsat různá přenosová prostředí mezi zdrojem energie a polotovarem,
- rozebrat technologie tažení plechů pomocí kapaliny,
- objasnit technologii tažení expanzním tažníkem,
- vysvětlit podstatu technologie tažení s použitím místního ohřevu,
- objasnit etapy technologického procesu výroby součástí z práškových materiálů,
- rozebrat použití práškových materiálů.

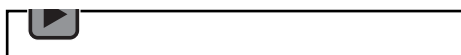


1.1 MEZI ZÁKLADNÍ NEKONVENČNÍ ZPŮSOBY TVÁŘENÍ JE MOŽNÉ ZAŘADIT

1. tváření vysokými rychlostmi (viz 1.2),
2. tváření vysokými tlaky (viz 1.3),
3. tváření nepevnými nástroji (viz 1.4),
4. radiální vypínání (viz 1.5),
5. tažení expanzním tažníkem (viz 1.6),
6. tažení s použitím místního ohřevu (viz 1.7),
7. tváření v superplastickém stavu (viz 1.8),
8. frekvenční a ultrazvukové tváření (viz 1.9)
9. kovotlačení (viz 1.10),
10. lisování součástí z práškových materiálů (viz 1.11).



Audio 1.1 Způsoby tváření.

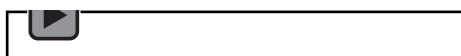


1.2 TVÁŘENÍ VYSOKÝMI RYCHLOSTMI

- využívá se několikanásobně vyšších tvářecích rychlostí oproti klasickému tažení – klasické technologie tváření: 0,1 až 10 m/s, rychloběžné buchary (pneumaticko-mechanické): 15 až 60 m/s, tváření výbuchem střelivin nebo plyných směsí: 10 až 140 m/s, tváření výbuchem trhavin: 250 m/s, vzorek vystřelený proti zápustce: až 800 m/s,
- se zvyšující se rychlostí deformace vzrůstá mez kluzu materiálu na hodnotu dynamické meze kluzu (při rychlosti tváření nad 10 m/s je nutno rozlišovat dvě dynamické meze kluzu – stabilní σ_{Ds} a nestabilní σ_D),
- kovy s prostorově středěnou kubickou mřížkou se při tváření vysokými rychlostmi deformují prakticky jen dvojčatěním,
- vlivem tepelného efektu při velkých tvářecích rychlostech nastává v materiálu zotavení a rekrytalizace (zpevňování materiálu je minimální),
- při růstu deformační rychlosti se zmenšuje oblast plastických deformací, stoupá kritická teplota křehkosti, při které se skokem mění vlastnosti materiálu (pokud by dosáhla tvářecí teploty, došlo by ke křehkému porušení).



Audio 1.2 Tváření vysokými rychlostmi.

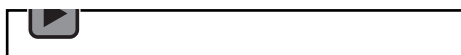


1.2.1 Tváření expanzí plynů

- principem je *expanze plynu, stlačeného na vysoký tlak (vzduch) nebo plynu, který se prudce odpaří z kapalného stavu (kapalný dusík – je poměrně levný, inertní),*
- *zvýšením rychlosti tváření lze snížit hmotnost beranu při konstantní kinetické energii ($W_k = 1/2 m v^2$) – např. u pneumaticko-mechanického tváření na bucharech,*
- *výhody: menší hmotnost tvářecího stroje, menší základy stroje, složité tvary lze tvářet jedním úderem, snížení hmotnosti výkovků vlivem dokonalejšího plnění zápustky, možnost tváření těžkovtážitelných materiálů.*



Audio 1.3 Tváření expanzí plynu.

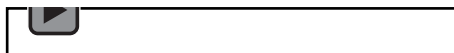


1.2.2 Tváření výbuchem

- podstatou metody je *nahrazení lisovníků a lisů účinkem rázové vlny z hoření plynové směsi, střeliviny, nebo trhaviny.*

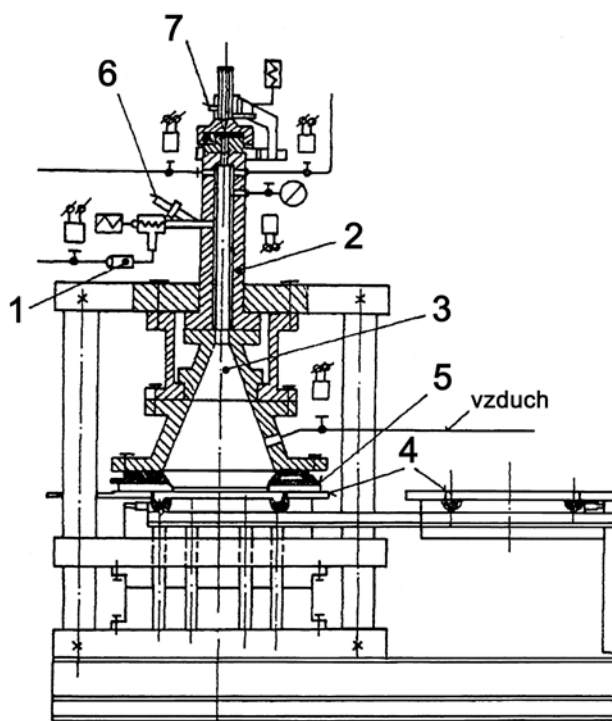


Audio 1.4 Tváření výbuchem.



a) tváření výbuchem plynové směsi (obr. 11.1)

- energie se uvolňuje hořením *paliva* (vodík, metan, propan-butan) s *okysličovadlem* (kyslík, vzduch),
- působit na tvářený materiál lze *přímo, pomocí přenosového média* (kapalina), nebo *pomocí pístu* (buchar),
- výhody:* plynová směs může být připravena k odpálení v krátkém čase, směs zaujímá tvar vnitřního prostoru nádoby, složení směsi lze upravovat a tím regulovat rychlost hoření,
- použití *pro velkorozměrové tenkostěnné součásti.*



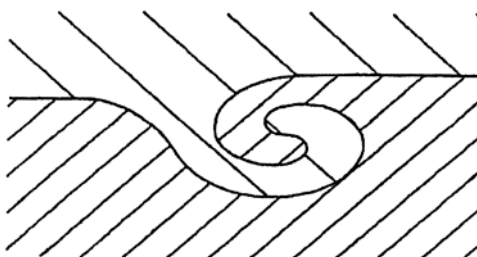
Obr. 11.1 Nástroj pro tváření výbuchem plynové směsi (1 – přívod okysličovadla, 2 – detonační trubka, 3 – spalovací komora, 4 – polotovar, 5 – těsnění, 6 – zážeh plynu, 7 – přívod plynu)

b) tváření výbuchem střeliviny nebo trhaviny

- kontakt tvářeného materiálu se zdrojem energie může být *bezprostřední* (kontaktní technologie), *zprostředkovaný nosným médiem*, nebo *pevným nástrojem*,
- přenosovým prostředím mezi zdrojem energie a polotovarem může být *vzduch* (nálož ve výšce nad polotovarem), *vodní vak* (s náloží uvnitř, tzv. *vodní beran*), *vodní nádrž* (v ní nálož i polotovar), *písek nebo zemina* (v něm nálož i polotovar), *plastické médium* (zvyšuje potřebnou hmotnost nálože, zajišťuje však rovnoměrnější rozložení tlaku),
- k dokonalému vytvarování je třeba, aby měl vzduch, nacházející se mezi tvárnici a tvářeným materiálem, v průběhu tvářecího procesu možnost úniku (*dostatečně velký otvor nebo vytvoření vakua odsáním vzduchu trubkou*),



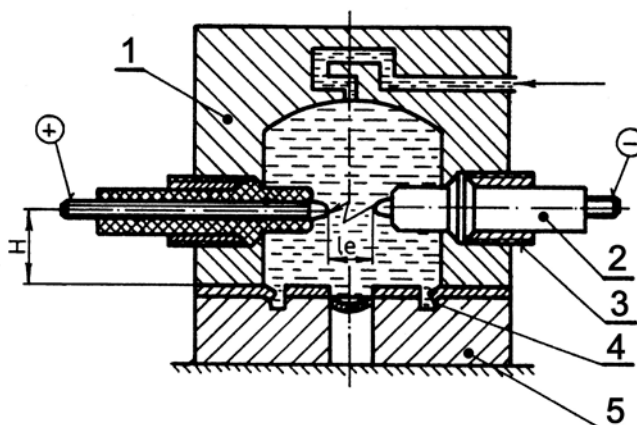
- vhodné *pro kusovou výrobu rozměrných součástí*, pro které nelze použít tvářecí stroje,
- využívanou aplikací je *plátování materiálů* (lze spojovat i metalurgicky nespojitelné materiály, tlaková vlna vytvoří mechanický spoj, který se při dalším zpracování transformuje do spoje difúzního) (obr. 11.2),
- *výhody*: minimální náklady na rozměrné nástroje, tvářený plech vykazuje malé odpružení,
- *nevýhody*: velká hlučnost, otřesy, nízká produktivita práce.



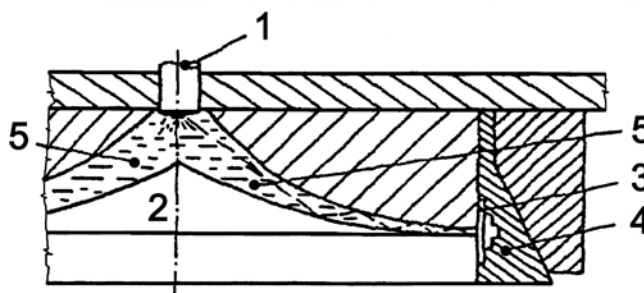
Obr. 11.2 Spoj vzniklý výbuchovým plátováním

1.2.3 Tváření elektrohydraulické

- změna tvaru polotovaru je způsobena *impulzním tlakem*, který vzniká v kapalině v důsledku *vysokonapěťového výboje* (tlaková vlna se v kapalině šíří nadzvukovou rychlostí),
- výboj může být uvolněn *mezi dvěma elektrodami*, nebo *přes explodující drátek* (drátkem lze směřovat postup expanzní vlny, zvyšuje se účinnost výboje, páry odpařeného drátku zvyšují expanzní tlak,
- elektrohydraulické tváření lze provádět *v otevřeném objemu* (v nádrži s hladinou), nebo *v uzavřeném objemu* (v kapalině v uzavřené komoře, obr. 11.3)
- u součástí se složitou geometrií lze tlakovou vlnu směřovat a koncentrovat odražeči – *reflektory* (obr. 11.4),
- *výhody*: lze tvářet i plechy s vyšší R_m a nižší tvářitelností, snadná opakovatelnost, zařízení je šetrné k životnímu prostředí,
- *nevýhody*: nízká produktivita díky vedlejším časům, rozměry dílců jsou limitovány velikostí zařízení a kapacitou kondenzátorů.



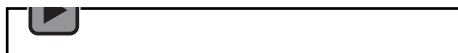
Obr. 11.3 Elektrohydraulické tváření v uzavřeném objemu (1 – komora, 2 – elektroda, 3 – matrice, 4 – součást, 5 – matrice)



Obr. 11.4 Elektrohydraulické tváření v nástroji s reflektorem (1 – elektroda, 2 – reflektor, 3 – polotovar, 4 – nástroj, 5 – kapalina)

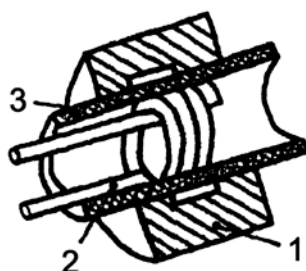


Audio 1.5 Elektrohydraulické tváření.

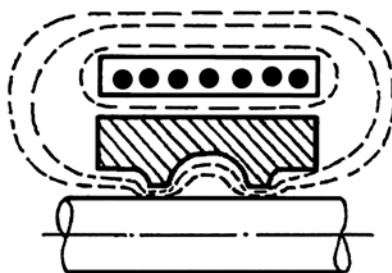


1.2.4 Tváření elektromagnetické

- elektrická energie akumulovaná v kondenzátorech je vybita během 10 až 100 milisekund přes *indukční cívku* (tzv. *tvářecí cívka* – plošná nebo prostorová), čímž dochází k vytvoření silného impulzního magnetického pole (*primární magnetické pole*),
- indukovaný vířivý proud vybudí v okolí povrchu vloženého polotovaru *sekundární magnetické pole*, ke tváření se využívá *odpudivá síla obou polí* (tato síla je rázová),
- *materiál polotovaru musí být vodivý* (nejméně 10 % vodivosti mědi), proto se používá Cu a její slitiny, Al a jeho slitiny, mosaz, Ni, Zn a méně často ocel,
- podle vzájemné polohy cívky a polotovaru se tváření dělí na *expanzní* (cívka je v dutině polotovaru, obr. 11.5) a *kompresní* (polotovar je uvnitř cívky),
- magnetické pole lze usměrňovat tzv. *koncentrátory* (koncentrují měrný tlak do určitých míst) (obr. 11.6),
- *tváření probíhá bez kontaktu*, proto nenastává tření a není tedy třeba používat mazivo
- *výhody*: možnost tváření polotovarů pokrytých izolačními povrchy, možnost spojování kovových materiálů s nevodiči a křehkými materiály, jednoduchý nástroj (malá hlučnost, velká životnost), technologická pružnost (výměnou koncentrátorů).



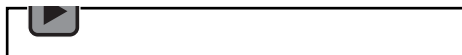
Obr. 11.5 Expanzní elektromagnetické tváření (1 – matrice, 2 – cívka, 3 – polotovar)



Obr. 11.6 Koncentrace magnetického pole při elektromagnetickém tváření
(1 – cívka, 2 – koncentrátor, 3 – polotovar)



Audio 1.6 Elektromagnetické tváření.

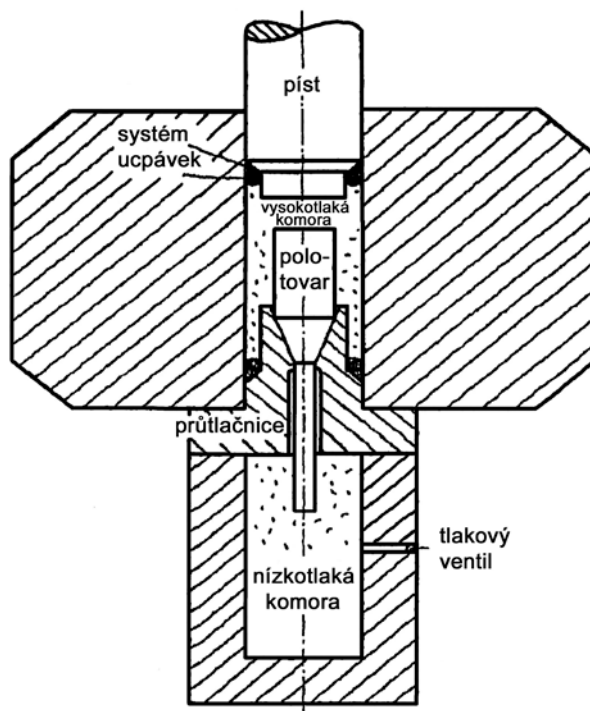
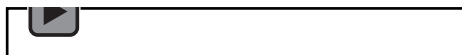


1.3 TVÁŘENÍ VYSOKÝMI TLAKY

- *všestranný tlak zvyšuje tvářitelnost materiálu* (vznik a rozvoj mikrotrhlin je silně omezen), zvyšuje také deformační odpor materiálu,
- příkladem je *hydrostatické protlačování* (není přímý kontakt průtlačníku s materiálem, vysokotlaké médium obklopuje polotovar ze všech stran, obr. 11.7),
- *tlaková média*: voda, petrolej, benzín, olej, etylalkohol atd.,
- *výhody*: odpadá tření mezi polotovarem a zásobníkem, lze tvářet křehké materiály, lze použít různý profil polotovaru pro stejnou průtlačnici, lze zvýšit stupeň deformace a rychlost protlačování,
- *nevýhody*: složité zařízení, problémy s vyvozením vysokých tlaků (těsnicí elementy, viskozita a stlačitelnost kapaliny).



Audio 1.7 Tváření vysokými tlaky.



Obr. 11.7 Schéma nástroje pro hydrostatické protlačování

1.4 TVÁŘENÍ NEPEVNÝMI NÁSTROJI

- *jedna část nástroje je nepevná a tvoří ji tlakové médium* (pryž, polytan, tlaková kapalina).





Audio 1.8 Tváření nepevnými nástroji.

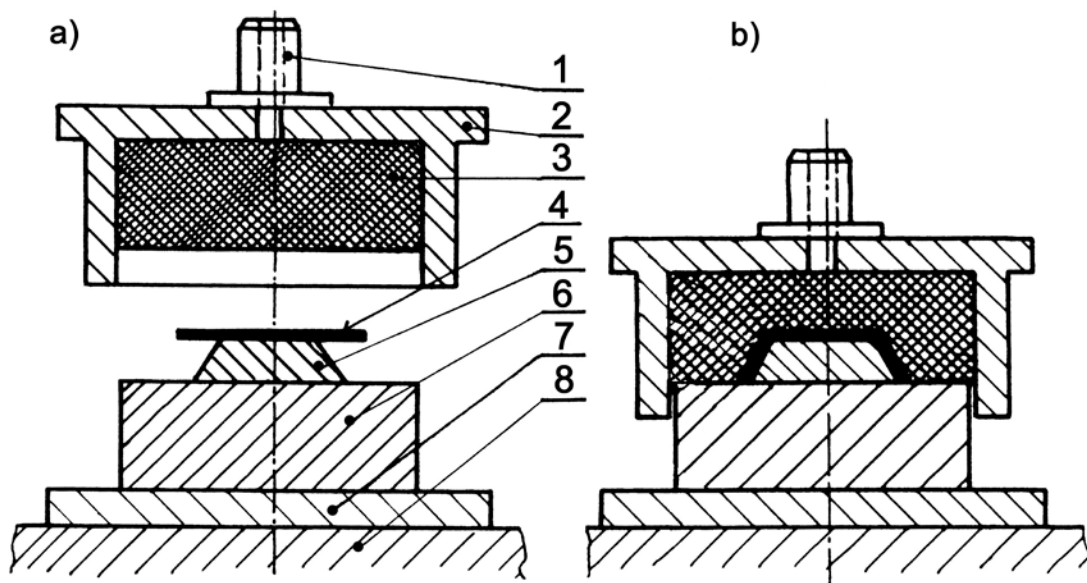


1.4.1 Stříhání pryží

- charakteristika vystřihování součástí z tenkých plechů gumou je uvedena v dřívější kapitole věnované *stříhání*.

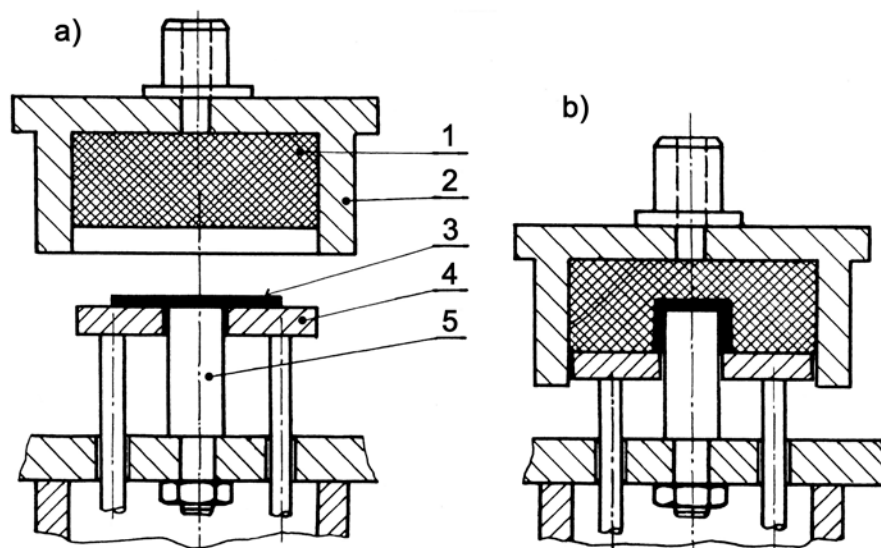
1.4.2 Tažení pryží

- *tažníci je univerzální pouzdro s pryžovým polštářem* – tváření metodou Guerin (bez přidržovače, vhodné pro mělké tahy, obr. 11.8) a Marform (s přidržovačem, vhodné pro hlubší tahy, obr. 11.9),
- *měrný tlak je rovnoměrně rozložen*, působí účinně i na stěny výtažků (odstranění rizika sekundárního zvlnění, vznik aktivních třecích sil mezi tažníkem a plechem),
- lze dosáhnout *nižších hodnot součinitelů odstupňování tahů* (pro měkkou ocel až $M_1 = 0,41$) a tím menšího počtu tahů u víceoperačního tažení,
- *nevýhody*: větší spotřeba energie – nutná na deformaci pryže, než se dosáhne potřebných měrných tlaků (používané lisu musí mít až 4x vyšší tonáž, než u konvenčního tažení),
- pryž lze nahradit *polytanem* (jde o polyuretan, který vyniká značnou otěruvzdorností a vysokými dovolenými měrnými tlaky).



Obr. 11.8 Tažení pryží metodou Guerin (a – situace při vložení přístřihu, b – situace při dokončení tažení, 1 – upínací trn, 2 – objímka, 3 – pryžový polštář, 4 – přístřih z plechu, 5 – tažník, 6 – ponorná deska, 7 – upínací deska, 8 – stůl lisu)





Obr. 11.9 Tažení pryží metodou Marform (a – situace při vložení přístřihu, b – situace při dokončení tažení, 1 – pryžový polštář, 2 – objímka, 3 – přístřih z plechu, 4 – přidržovač, 5 – tažník)

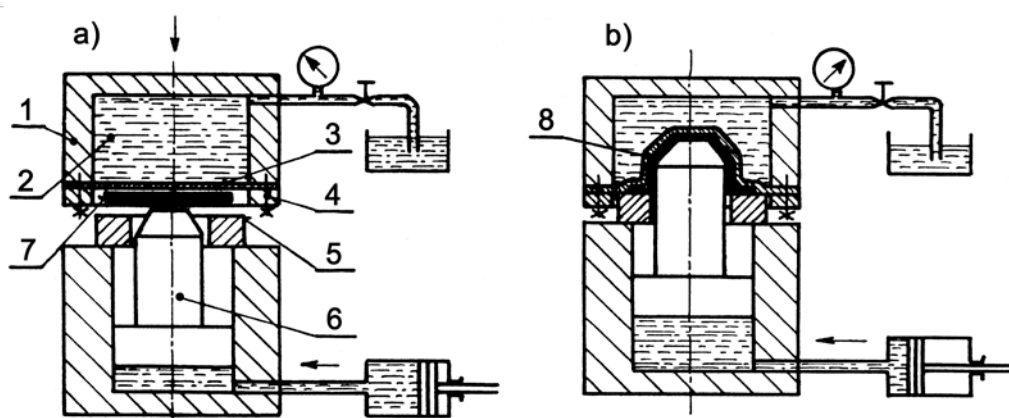
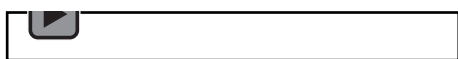
1.4.3 Tažení plechů pomocí kapaliny

Rozdělení:

- tažení metodou Hydroform** (tvářecí kapalina je uzavřena ve speciálním pouzdru, které je utěsněno pryžovou nebo polytanovou membránou, obr. 11.10),
- tažení metodou Wheelon** (tažení gumovým vakem, ovládaným tlakovou kapalinou, obr. 11.11),
- hydromechanické tažení** (na čelní ploše tažnice je těsnění, řídicími parametry jsou síla přidržovače a tlak kapaliny v tažné komoře, jejíž odtok je řízen regulačním ventilem hydraulického obvodu, výhody: lze dosahovat nižší hodnoty součinitelů odstupňování tahů, menší nebezpečí ztenčování stěn, v jedné tažné komoře lze výměnou tažníků táhnout různé tvary výtažků, možnost tažení složitých tvarů obr. 11.12).

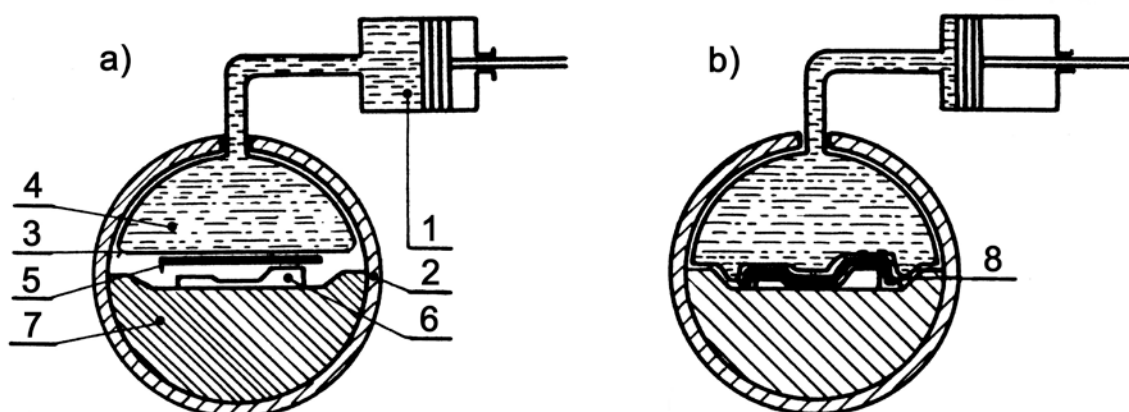


Audio 1.9 Tažení kapalinou.

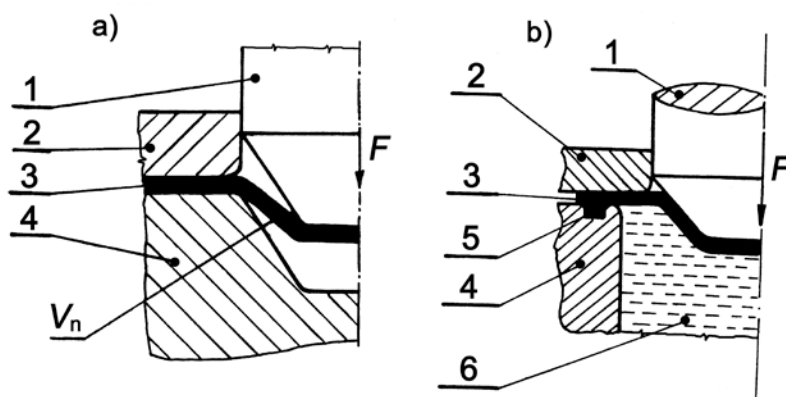


Obr. 11.10 Tažení metodou Hydroform (a – situace při vložení přístřihu, b – situace při dokončení tažení, 1 – objímka, 2 – tlaková kapalina, 3 – pryžová membrána, 4 – příruba, 5 – přidržovač, 6 – tažník, 7 – přístřih, 8 – výtažek)





Obr. 11.11 Tažení metodou Wheelon (a – situace při vložení přístřihu, b – situace při dokončení tažení, 1 – tlakový válec, 2 – objímka, 3 – pryžový vak, 4 – tlaková kapalina, 5 – přístřih, 6 – tažník, 7 – základová deska, 8 – výtažek)



Obr. 11.12 Porovnání konvenčního a hydromechanického tažení (a – konvenční tažení, b – hydromechanické tažení, 1 – tažník, 2 – přídržovač, 3 – polotovar, 4 – tažnice, 5 – těsnění, 6 – tlaková kapalina, V_n – nepřídržovaná část výtažku)

1.5 RADIÁLNÍ VYPÍNÁNÍ

- provádí se s využitím *nepevných nebo pevných nástrojů* (cílem obou metod je *dosažení rovnoměrně rozloženého tlaku na vnitřním povrchu polotovarů*).

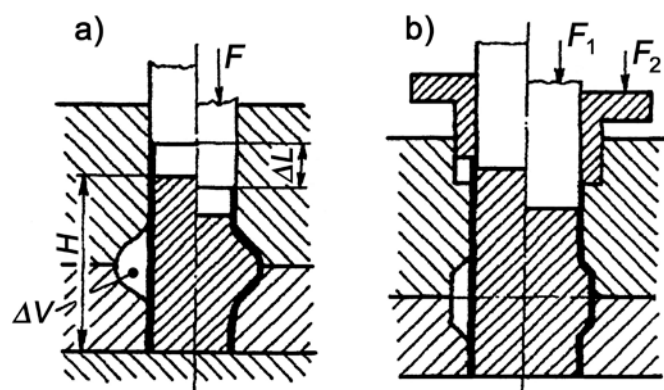
Rozdělení:

- radiální vypínání s aktivní tlakovou osovou silou** (vhodné pro rozšiřování trubek, dosáhne se zvýšení přesnosti rozměrů, snížení ztenčení stěny, snížení síly pro stlačení polytanu, větších stupňů deformace do porušení, obr. 11.13),
- radiální vypínání s využitím kapalinových systémů** (tlak kapaliny je řízen v závislosti na zdvihu lisovnicku hydraulickým okruhem, obr. 11.14),
- radiální vypínání expanzí segmentů pevného nástroje** (nevýhodou je vznik *otisků hran jednotlivých segmentů*, větší ztenčení materiálu v mezeře mezi segmenty, než v úsecích pod segmenty. Tyto vady lze zmírnit dobrým mazáním, dostatečným počtem segmentů – min. 12, pootáčením polotovarů během vypínání o poloviční rozteč segmentů, případně pokrytím segmentů a mezer gumovým oddělovacím pláštěm, obr. 11.15),
- radiální vypínání součástí tvaru kužele** – je nebezpečí zvlnění konce o menším průměru vlivem tlakových napětí (řešením je *uchycení konce o větším průměru přídržovačem* nebo postupným nabalováním polotovarů ode dna tažnice směrem k hornímu okraji pomocí *polytanových desek různého průměru*, obr. 11.16).

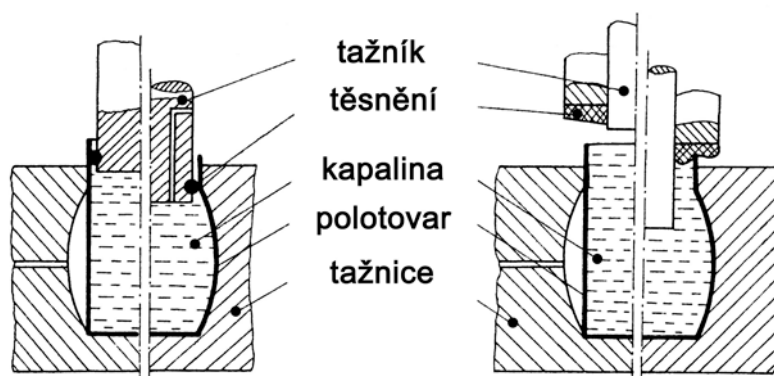




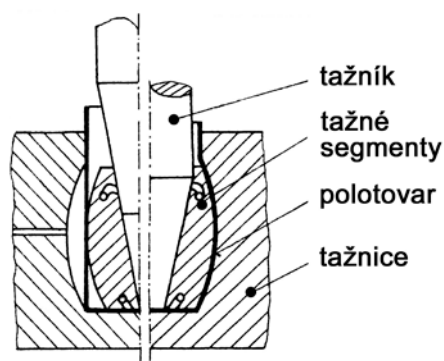
Audio 1.10 Radiální vypínání.



Obr. 11.13 Radiální vypínání trubek s aktivní tlakovou osovou silou (a – lisovník zajišťuje stlačování polytanu i osovou silou, b – obě síly jsou řízeny samostatně)

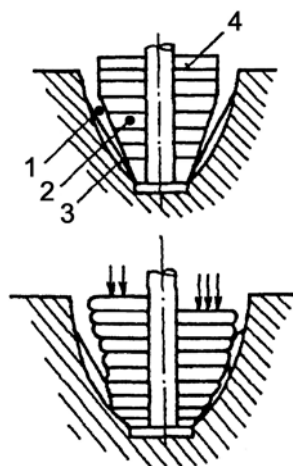


Obr. 11.14 Radiální vypínání s využitím kapalinových systémů (1 – tažník, 2 – těsnění, 3 – kapalina, 4 – polotovar, 5 – tažnice)



Obr. 11.15 Radiální vypínání expanzí segmentů pevného nástroje (1 – tažník, 2 – tažné segmenty, 3 – polotovar, 4 – tažnice)



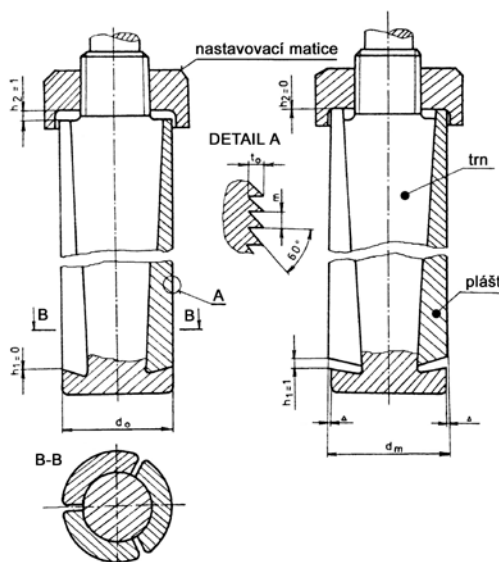
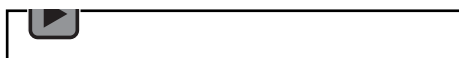


Obr. 11.16 Radiální vypínání součástí tvaru kužele s použitím kruhových polytanových desek (1 – nestejná mezera, 2 – kruhová polytanová deska, 3 – polotovar, 4 – kruhová vložka z plechu opatřená kruhovými ryskami umístěná mezi polytanovými deskami)

1.6 TAŽENÍ EXPANZNÍM TAŽNÍKEM

- *tažník je složen z trnu a děleného pláště, který je vroubkovaný* (obr. 11.17),
- vlivem tření na počátku tažení dojde ke skluzu pláště tažníku po kuželovém trnu a jeho roztažení, tím dojde ke vtlačení zubů vroubkovaného pláště do vnitřní stěny výtažku (dojde tím k přesunu kritické oblasti přenosu tažné síly do stěny výtažku, která je již zpevněna předešlou deformací),
- lze dosáhnout snížení hodnoty součinitele odstupňování tahů o 20 až 25 %.

Audio 1.11 Expanzní tažení tažníkem.



Obr. 11.17 Sestava expanzního tažníku před a po rozšíření děleného pláště, který je vroubkovaný

1.7 TAŽENÍ S POUŽITÍM MÍSTNÍHO OHŘEVU

- *místním ohřevem příruby* (zpravidla odporový ohřev) *se sníží její deformační odpor* (docílí se snížení hodnoty součinitele odstupňování tahů),
- *nebezpečný průřez by neměl být ohříván.*





Audio 1.12 Tažení s použitím místního ohřevu.

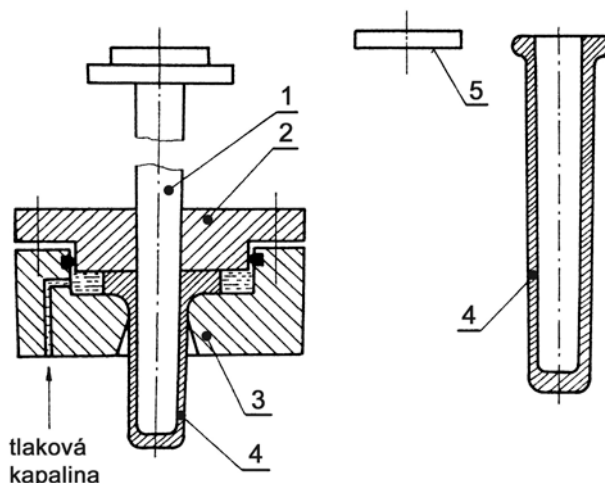
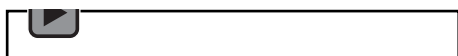


1.8 TVÁŘENÍ V SUPERPLASTICKÉM STAVU

- *superplastický stav materiálu je podmíněn teplotou deformace, rychlostí deformace a strukturou materiálu (podmínkou je velmi jemné zrno) (obr. 11.18),*
- *deformace probíhá při nízkých napětích, velmi nízké rychlosti deformace (řádově hodina až několik hodin),*
- *je možné dosáhnout mimořádně velké deformace (řádově 200 až 300 %),*
- *toto tváření je vhodné u slitin Ti, Al, Zn, Ni a vysokolegovaných ocelí,*
- *nevýhody: malá rychlost tváření je nevhodná pro velkosériovou výrobu, dlouhá doba působení vyšší teploty vyžaduje použití ochranné atmosféry, vyšší cena superplastických materiálů.*



Audio 1.13 Suprerplastický stav.



Obr. 11.18 Tažení v superplastickém stavu (1 – tažník, 2 – přídržovač, 3 – tažnice, 4 – výtažek, 5 – polotovár)

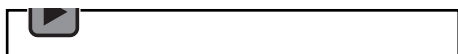
1.9 FREKVENČNÍ A ULTRAZVUKOVÉ TVÁŘENÍ

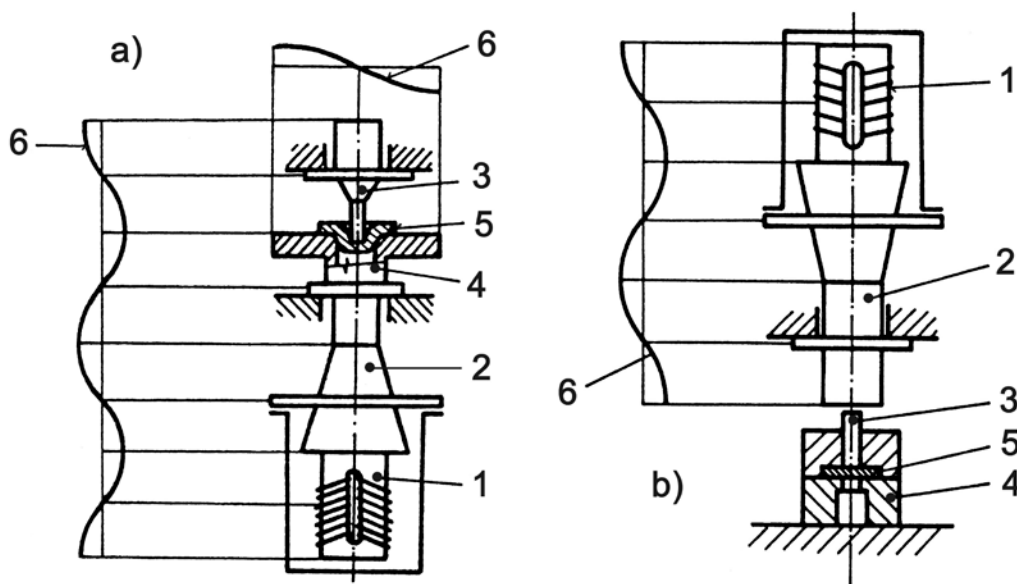
Periodicky se měnící kompresí a dekompresí nastává v látkách **kmitání**, které při určité frekvenci podle místa působení:

- a) **snižuje tření** (působíštěm je nástroj),
- b) **zvyšuje plasticitu** (působíštěm je ohnisko plastické deformace),
- c) **zvyšuje účinnost mazání** (působíštěm je mazací vrstva),
 - nejčastějšími zdroji kmitání jsou *piezokrystaly* a *piezomagnetismus*,
 - když je počet kmitů větší než 15 až 20 kHz, jde o *ultrazvuk* (obr. 11.19).



Audio 1.14 Frekvenční a ultrazvukové tváření.



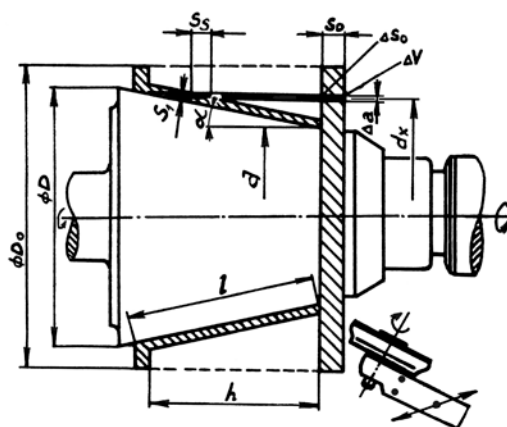
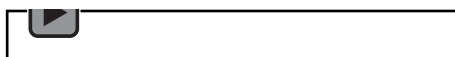


Obr. 11.19 Ultrazvukové tváření (a – uzavřená soustava, b – otevřená soustava, 1 – měnič, 2 – vlnovod, 3 – trn, 4 – matrice, 5 – materiál, 6 – průběh výchylky)

1.10 KOVOTLAČENÍ

- někdy též *rotační tlačení plechů* nebo *kroužlení* (polotovary je centricky upnut na čelní straně tvárnice, která se otáčí),
- jde o způsob tváření rotačně symetrických součástí *postupným tlakovým účinkem tvářecích kladek* či *válečků podél povrchu*,
- kovotlačení může být *bez ztenčení stěny* nebo *se ztenčením stěny* (redukce průřezu může mít hodnotu až 50 %, obr. 11.20), na jednu operaci, nebo na větší počet tlačných operací,
- tlačný nástroj může být veden *rukou*, nebo *automaticky* (např. kopírováním),
- *výhody*: zpevněná povrchová vrstva, jednoduchý a levný nástroj, lze docílit velké deformace (protože tváření se děje postupně),
- *nevýhoda*: delší výrobní čas.

Audio 1.15 Kovotlačení.



Obr. 11.20 Kovotlačení se ztenčením stěny



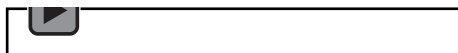
1.11 LISOVÁNÍ SOUČÁSTÍ Z PRÁŠKOVÝCH MATERIÁLŮ

Prášková metalurgie – technologický proces, zabývající se výrobou součástí z kovových i nekovových prášků, jež se lisují v kovových formách, spékají a dodatečně upravují,

- **výhody:** dokonalé využití materiálu, vysoká přesnost rozměrů, možnost výroby součástí ze směsi kovů a nekovů, možnost výroby součástí z vrstvených materiálů (bimetalické nebo trimetalické) nebo s proměnlivým složením, lze získat nové fyzikální vlastnosti součástí (pórovitost, homogenní struktura bez anizotropie, zmenšený součinitel tření, magnetické vlastnosti, odolnost proti korozi apod.), vysoká produktivita práce,
- **nevýhoda:** prášek je dražší než jiné polotovary.



Audio 1.16 Lisování práškových materiálů.

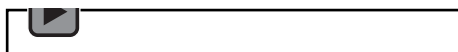


Technologický proces výroby součástí z práškových materiálů:

- výroba práškového kovu**
- příprava směsi** – úprava hmotnostních charakteristik materiálu prosíváním, sedimentací, domíláním apod., *žihání kovového prášku v ochranné atmosféře* (pro zvýšení tvárnosti), *míchání směsi* (provádí se v bubnech nebo spolu s domíláním v kulových mlýnech, přidávají se *vazné prostředky, mazadla* apod.),
- lisování** – *spojení práškové směsi v soudržný celek* (pěchováním na lisech v dutinách speciálních nástrojů, válcováním, protlačováním, lisováním hydrostatickým tlakem apod.),
- slinování (spékání)** – nedochází k úplnému natavení kovového prášku, množství tekuté fáze nepřesahuje několik procent z celkového objemu spékané součásti (*účelem je zvětšení soudržnosti výlisků*, dochází k difúzi atomů, rekrystalizaci, objemovým změnám a fázovým přeměnám),
- dokončovací operace** – *kalibrování, opakované lisování a slinování* (zvýšení měrné hmotnosti a pevnosti výlisků), *tepelné zpracování* (odstranění pnutí po kalibrování, nauhličení výlisků po kalení apod.), *napájení* (naplňování pórů v polotovaru mazivem – pro ložisková a samomazná pouzdra, parafinem, mědí), *povrchová ochrana výlisků* (pokovením, fosfátováním, lakováním apod.).



Audio 1.17 Výroba práškových materiálů.



Hlavní způsoby výroby práškového kovu:

1. **z kovů a slitin v tuhém stavu** (*řezáním* na třísky soustružením, frézováním, broušením, stříháním apod. a následným *mletím* v kulových nebo kolových mlýnech. Získaný prášek má zrna o velikostech 10 až 100 μm .),



2. **z kovů a slitin v tekutém stavu**
 - a) **litím tekutého kovu do vody** (vytvoří se kulatá zrníčka o velikostech 0,1 až 0,5 mm),
 - b) **rozprašováním a tříštěním materiálu** (kov se lije na rychle se otáčející kovovou desku),
 - c) **rozprašováním kovu stlačeným vzduchem, parou nebo dusíkem** (získaná zrna mají velikost 20 až 400 μm),
3. **z kovů ve stavu plynném** (srážením kovových par lze získat nejjemnější prášek – u Zn mají získaná zrna velikost 0,1 až 10 μm),
4. **z kovových sloučenin redukcí** (především pro výrobu prášků vzácných a těžko tavitelných kovů – W, Mo, V, Co, Ti, Ni. Dosahuje se zrnitosti 0,1 až 30 μm).

Tváření práškových materiálů:

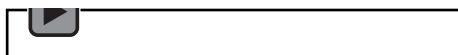
1. **lisování zastudena** (klasická technologie, tlaky kolem 600 MPa, dvojčinným lisováním se zmenšuje oblast s nižší teplotou),
2. **oběhové tváření** (vysoký měrný tlak se docílí rotací lisovníku),
3. **žárové lisování** (spojuje proces lisování a spékání, používají se keramické nebo grafitové matrice, které snesou teploty 1500 až 3000 °C),
4. **izostatické lisování** (tváření všestranným tlakem v elastickém pouzdře, které musí snést tlaky 600 MPa a teploty 2000 °C, dělí se na lisování za studena a lisování za tepla),
5. **kování** (buď neslinutého předlisku, nebo slinutého předlisku),
6. **protlačování zatepla** (protlačují se prášky, uzavřené ve vakuovaném pouzdru, nebo předslinuté polotovary),
7. **válcování** (slouží k výrobě pásů ze spékanych práškových kovů, po válcování následuje spékání v průběžné peci, lze takto vyrábět bimetalické a vícekomponentní pásy).

Použití práškových materiálů:

- a) **slinuté karbidy** (patří k nejdůležitějším výrobkům práškové metalurgie, nejčastěji karbidy W se slinovadlem Co, tj. WC+Co nebo WC+TiC+Co, používají se pro řezné a tvářecí nástroje),
- b) **kluzné materiály** (k výrobě ložisek, která jsou levná, nepotřebují údržbu, jsou samomazná, mají tichý chod),
- c) **vysokoteplotní slinuté materiály** (obsahují kovy s vysokou teplotou tání – nad 2000 °C, jako W, Ta, Ti, Mo, Nb a jejich oxidy, silicidy, boridy, nitridy. Používají se na součásti spalovacích turbin, trysky hořáků, odporová topná tělesa apod. Tyto strojní součásti snesou teploty až 1600 °C.),
- d) **třecí materiály** (vyznačují se vysokou a stálou hodnotou součinitele smykového tření $f = 0,4$ až $0,6$ a nízkým opotřebením),
- e) **kovové filtry** (rovnoměrná pórovitost, mechanická pevnost, použitelnost při vyšších teplotách, možnost jednoduché regenerace).



Audio 1.18 Použití práškových materiálů.



2 K JAKÝM ZKUŠEBNÍM OTÁZKÁM SE TATO PŘEDNÁŠKA VZTAHUJE:

1. Které technologie lze zařadit mezi nekonvenční způsoby tváření? Co je typické pro tváření vysokými rychlostmi?
2. Popište technologii tváření expanzí plynů. Jaká je podstata technologie tváření výbuchem?
3. Vysvětlete tváření výbuchem plynové směsi. Jak se provádí tváření výbuchem střeliviny nebo trhaviny?
4. Jaká přenosová prostředí mezi zdrojem energie a polotovarem se dají při tváření výbuchem střeliviny nebo trhaviny použít?
5. Popište technologii elektrohydraulického tváření, její výhody a nevýhody.
6. Jak se provádí elektromagnetické tváření? Jaký je rozdíl mezi expanzním a kompresním elektromagnetickým tvářením?
7. Vysvětlete podstatu technologie tváření vysokými tlaky, její výhody a nevýhody.
8. Které technologie lze zařadit do skupiny tváření nepevnými nástroji? Jakým způsobem se provádí tažení pryží?
9. Objasněte způsoby tažení plechů pomocí kapaliny. Jaké způsoby radiálního vypínání znáte?
10. Jaký je princip a účel tažení expanzním tažníkem? V čem spočívá podstata technologie tažení s použitím místního ohřevu?
11. Vysvětlete podstatu tváření v superplastickém stavu. Jaká je podstata a jaké jsou výhody frekvenčního a ultrazvukového tváření?
12. K čemu se používá technologie kovotlačení?
13. Co je prášková metalurgie? Jaké má výhody a nevýhody? Popište etapy výroby součástí z práškových materiálů.
14. Jaké jsou hlavní způsoby výroby práškového kovu? Jakými způsoby se provádí tváření práškových materiálů? Jaké materiály a výrobky se vyrábí z práškových materiálů?



3 DOPLŇUJÍCÍ ZDROJE – KNIHY, INTERNET, ...

- [1] PETRŽELA, Z., KUČERA, J. a BŘEZINA, R. Technologie slévání, tváření a svařování: skriptum. 2. vyd. Ostrava: VŠB v Ostravě, 1987. 329 s. (bez ISBN).
- [2] BŘEZINA, R. a ČADA, R. Speciální technologie – technologie tváření: skriptum. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská v Ostravě, 1992. 257 s. ISBN 80-7078-122-X.
- [3] PETRŽELA, Z. Základy teorie a technologie strojírenského tváření : skriptum. 1. vyd. Ostrava: VŠB v Ostravě, 1980. 378 s. (bez ISBN).
- [4] PETRŽELA, Z. Tváření II: Strojírenská technologie a tvářecí stroje: skriptum. 1. vyd. Ostrava: VŠB v Ostravě, 1975. 335 s. (bez ISBN).
- [5] PETRŽELA, Z. Tváření III: skriptum. 1. vyd. Ostrava: VŠB v Ostravě, 1975. 325 s. (bez ISBN).
- [6] NOVOTNÝ, K. a MACHÁČEK, Z. Speciální technologie I: Plošné a objemové tváření: skriptum. 2. vyd. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 1992. 171 s. ISBN 80-214-0404-3.
- [7] HRIVNÁK, A., EVIN, E. a SPIŠÁK, E. Technológia plošného tvárnenia: skriptum. 1. vyd. Bratislava: ALFA, 1985. 264 s. (bez ISBN).
- [8] PROCHÁZKA, J., KOTOUČ, J. a ZAPOTIL, M. Technologie I: Část 2: skriptum. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 1967. 178 s. (bez ISBN).
- [9] BŘEZINA, R. Technologie I – část 2: skriptum. 1. vyd. Ostrava: VŠB – TU Ostrava, 1999. 86 s. ISBN 80-7078-639-6.
- [10] ČABELKA, J. a kol. Mechanická technológia. 1. vyd. Bratislava: Vydavateľstvo SAV, 1967. 1036 s. (bez ISBN).



4 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] PETRŽELA, Z., KUČERA, J. a BŘEZINA, R. Technologie slévání, tváření a svařování: skriptum. 2. vyd. Ostrava: VŠB v Ostravě, 1987. 329 s. (bez ISBN).
- [2] BŘEZINA, R. a ČADA, R. Speciální technologie – technologie tváření: skriptum. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská v Ostravě, 1992. 257 s. ISBN 80-7078-122-X.
- [3] PETRŽELA, Z. Tváření II: Strojírenská technologie a tvářecí stroje: skriptum. 1. vyd. Ostrava: VŠB v Ostravě, 1975. 335 s. (bez ISBN).
- [4] PETRŽELA, Z. Tváření III: skriptum. 1. vyd. Ostrava: VŠB v Ostravě, 1975. 325 s. (bez ISBN).
- [5] BŘEZINA, R. Technologie I – část 2: skriptum. 1. vyd. Ostrava: VŠB – TU Ostrava, 1999. 86 s. ISBN 80-7078-639-6.
- [6] ČABELKA, J. a kol. Mechanická technológia. 1. vyd. Bratislava: Vydavateľstvo SAV, 1967. 1036 s. (bez ISBN).

