

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
DEPARTMENT OF MACHINING TECHNOLOGY

PROGRESIVNÍ TECHNOLOGIE VE VÝROBĚ TVÁŘENÝCH SOUČÁSTÍ

Progressive technologies in production of forming parts

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Aleš Horák

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

doc.Ing. Pavel Rumíšek, CSc.

BRNO 2008

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie
Akademický rok: 2007/08

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Horák Aleš

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Progresivní technologie ve výrobě tvářených součástí

v anglickém jazyce:

Progressive technologies in production of forming parts

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

1. Zpracujte literární studii (rešerši), zaměřenou na popis moderních a progresivních technologií, používaných v oblasti technologie tváření kovů a plastických hmot.
2. Zpracujte úvahu o ekonomických nutnostech zavádění progresivních výrobních technologií a proveďte jejich obecné srovnání s technologiemi klasickými.

Cíle bakalářské práce:

Zpracováním závěrečné práce bude proveden nejen rozbor a obecné srovnání výhod progresivních technologií v oblasti technologií tváření kovů a plastů, ale detailním studiem podkladů bude též vytvořen zájem studenta o obor a následné studium specializace.

Seznam odborné literatury:

FOREJT, Milan, PÍŠKA, Miroslav. Teorie obrábění, tváření a nástroje. Vysoké učení technické v Brně. Brno : Akademické nakladatelství CERM s.r.o., 2006. 225 s. ISBN 80-214-2374-9.

RUMÍŠEK, Pavel. Technologické projekty. 1. vyd. Brno : Nakladatelství VUT v Brně, 1991. 185 s. ISBN 80-214-0385-3.

DVOŘÁK, Milan, GAJDOŠ, František, NOVOTNÝ, Karel. Technologie tváření. [s.l.] : VUT Brno, 1999. 160 s.

FREMUNT, Přemysl, PODRÁBSKÝ, Tomáš. Konstrukční oceli. [s.l.] : VUT Brno, 1996. 85 s.

Metal Forming Handbook : Schuler. Berlin Heidelberg New York : Springer-Verlag, 1998. 563 s. ISBN 3-540-61185-1.

Pro zpracování literární studie dále:

další odborná literatura oboru technologie tváření kovů a plastů, sborníky z konferencí a seminářů, časopisecká a firemní literatura, www stránky k dané problematice


Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Pavel Rumíšek, CSc.


Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2007/08.

V Brně, dne 29.11.2007

L.S.




doc. Ing. Miroslav Piška, CSc.
Ředitel ústavu


doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

ANOTACE

HORÁK Aleš: Progresivní technologie ve výrobě tvářených součástí. Bakalářská práce bakalářského studia 3.roč., šk.r. 2007/2008, obor strojní inženýrství, obor strojní inženýrství (2301R0160). FSI VUT v Brně, Ústav strojírenské technologie, odbor tváření kovů a plastů, květen 2008.

Projekt vypracovaný v rámci bakalářského studia oboru 2301R0160 předkládá literární studii se zaměřením na nejnovější technologie ve výrobě tvářených součástí.

ABSTRACT

HORÁK Aleš: The progressive technologies in production of forming parts. Bachelor theses of the 3rd year bachelor`s degree programme, school year 2007/2008, study branch: Mechanical Engineering(2301R016). FSI VUT in Brno, Institute of Manufacturing Technology, Department of Metal Forming and Plastic, May 2008

The project elaborated in frame of bachelor studies branch (2301R016) is submitting studies with a view to the progressive technologies in production of forming parts.

PROHLÁŠENÍ

Tímto prohlašuji, že předkládanou bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně, s využitím uvedené literatury a podkladů, na základě konzultací a pod vedením vedoucího bakalářské práce.

V Brně dne 15.5.2008

.....

Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Tímto děkuji panu doc.Pavlu Rumíškovi, CSc. za cenné připomínky a rady týkající se zpracování bakalářské práce.

Obsah

Zadání bakalářské práce

Anotace

Prohlášení

Poděkování

1. Úvod.....	1
2. Klasické technologie tváření	2
2.1.1. Stříhání	2
2.1.2. Ohýbání	2
2.1.3. Tažení	2
2.1.4. Tlačení	2
2.2. Objemové tváření	2
2.2.1. Kování	3
2.2.2. Válcování	3
2.2.3. Protlačování.....	3
3. Progresivní technologie tváření kovů.....	4
3.1. Superplastické plošné tváření	4
3.1.1. Technologie SPF	4
3.2. Elektrohydraulické tváření	5
3.2.1. Výboj přes explodující drát	6
3.2.2. Výboj přes jiskřiště.....	6
3.2.3. Typy kapalného prostředí.....	7
3.3. Elektromagnetické tváření	7
3.3.1. Použití.....	8
3.4. Hydrostatické protlačování	9
3.4.1. Požadavky na tlaková média používaná při hydrostatickém protlačování.....	10
3.5. HD kování a isothermické kování	11
3.6. Pneumaticko mechanické kování	13
3.7. Hluboké tažení nepevnými nástroji	16
3.7.1. Metoda Guerin.....	16
3.7.2. Metoda MARFORM	16
3.7.3. Metoda HYDROFORM	17
3.7.4. Metoda WHEELON	18
3.8. Termální tváření	19
3.8.1. Termální vrtání	19
3.8.2. Tváření závitů.....	20
3.8.3. Stroje pro výrobu otvorů tvářením	20
3.9. Tváření laserem	20
3.9.1. Rotační tlakové tváření.....	20
3.9.2. Povrchové tlakové rázy	21
3.9.3. Mikrotváření.....	21
3.10. Tváření ultrazvukem	22
3.10.1. Ultrazvukové zdroje	22
3.10.2. Ultrazvukové přenosné soustavy.....	23
3.10.3. Technologické a akustické požadavky	24
3.10.4. Tažení trubek ultrazvukem.....	24
3.11. Tváření výbuchem	26
3.11.1. Tváření pomocí hoření plynových směsí	27

3.11.2. Tváření výbuchem střelivin.....	27
3.11.3. Tváření trhavinami	27
3.11.4. Plátování materiálu.....	28
3.12. Speciální technologie pro letecký a kosmický průmysl	29
3.12.1. Tvarování spojovacích profilů (joggling)	29
3.12.2. Prostorové vypínání (androforming).....	30
4. Progresivní technologie tváření plastů	31
4.1. Vstřikování plastů s podporou plynu	31
4.2. Vstřikování plastů s podporou vody.....	32
4.3. Vstřikování sendvičů.....	33
4.4. Vícekomponentní nebo vícebarevné vstřikování	33
4.5. Intervalové vstřikování.....	34
4.6. Mramorové vstřikování	35
4.7. Vstřikování plněných termoplastů	35
4.8. Vstřikování reaktoplastů	36
4.9. Vstřikování plastů s prášky	37
4.10. Reakční vstřikování.....	38
4.11. Vstřikování s dolisováním, kompresní vstřikování.....	39
4.12. Tandémové vstřikování	40
4.13. Vstřikování taveninou o vysokém tlaku.....	41
4.14. Vstřikování strukturních pěn	41
4.15. Nízkotlaké vstřikování	42
4.16. Technologie zastříkávání, hybridní technologie	43
5. Závěr.....	45
Seznam použitých zdrojů	46

1. Úvod

Tato bakalářská práce obsahuje literární studie a je zaměřena na popis moderních a progresivních technologií, používaných v oblasti technologie tváření kovů a plastických hmot.

Strojírenská technologie tváření je průmyslovým odvětvím, které se neustále rozvíjí a to jak v oblasti tvářecích strojů, tak v oblasti technologií tváření.

Součástí z nových konstrukčních materiálů, jejichž hlavní charakteristikou je vysoká pevnost a nízká hmotnost, dnes zaručují efektivnější a přesnější výrobu. Nejinak tomu je v oblasti progresivních způsobů tváření. Zdokonalily se materiály, ze kterých jsou vyrobeny například membrány a nejrůznější těsnicí prvky. V neposlední řadě materiály, které se dnes používají mají zaručenější chemické složení, nehledě na jejich sortiment.

Některé podniky stále ještě používají klasické metody tváření proto, že malý počet zakázek, jakými se zabývají, by nové stroje nezaplatil a navíc už jsou vybaveni tolika odpovídajícími nástroji, které mnohdy stačí jen upravit a na výrobu malého počtu kusů budou tyto nástroje dostatečné. Nově vznikající podniky mají vyhlídku na mnoho let dopředu a snaží se nakoupit energeticky nenáročné stroje, které budou minimalizovat náklady na konečný výrobek. Užití progresivních technologií často nevyžaduje tak velké stroje jako technologie konvenční a tak lze již při technologickém projektování minimalizovat výsledné prostory podniku.

Se zrychlující se moderní dobou a rostoucími požadavky, které jsou kladeny na výrobky a lidskou společnost je nutné pružně reagovat i v oblasti technologií. Již hodně let nastává trend nahrazovat lidskou pracovní sílu stroji a obsluhu strojů z co největší míry nahradit počítačem, nastává velký rozvoj v automatizaci strojírenských technologií a ta je úzce spjata s moderními technologiemi. Díky automatizaci se zkracuje čas na výrobu a zvyšuje se přesnost a kvalita díky eliminaci lidského faktoru.

Díky rozmachu, který strojírnoství v poslední době zažívá bude postupně docházet k nahrazování konvenčních technologií technologiemi progresivními. Tuto migraci v mnohém ulehčí nemalé investice, které do strojírenského průmyslu proudí. Strojírnoství se velice daří i na poli zahraničního obchodu a tak jsou investice do progresivních technologií téměř nevyhnutelné pro udržení konkurenceschopnosti.

2. Klasické technologie tváření [1]

Proces tváření je plastická deformace železných i neželezných polotovarů s cílem dosáhnout požadovaného tvaru dílců, u kterých se dosáhne lepších konečných mechanicko-fyzikálních vlastností. Je doprovázen třením, které ovlivňuje tok materiálu. Při zpracování kovových materiálů se využívá jejich plasticity, tj. schopnosti přetvoření bez porušení. Tvářecí zahrnuje celou řadu výrobních metod, z nichž mnohé jsou vhodné jen pro sériovou příp. hromadnou výrobu. Tvářecí metody vyžadují většinou drahé výrobní nástroje, jejichž hospodárné využití závisí na počtu vyráběných kusů. Tím se tváření liší od obrábění, kde se používají relativně jednoduché nástroje a tím i levnější.

2.1. Plošné tváření

U plošného tváření je plech při neznatelné změně tloušťky a plochy přetvořen do prostorového tvaru. Určité úseky přístřihu plechu mohou být deformovány jen pružně, po odlehčení dochází k odpružení. Proces plošného tváření probíhá převážně za studena.

2.1.1. Stříhání

Je nejlevnější a nejvýkonnější způsob dělení, nevýhodou je snížení jakosti střížné plochy. Nízkouhlíkové a nízkolegované oceli se stříhají za studena, vysokouhlíkové a vysokolegované oceli za tepla (ohřev $300^{\circ} \div 450^{\circ} \text{C}$); dochází ke snížení střížné síly a vzniku trhlin.

2.1.2. Ohýbání

Ohýbání je trvalé deformování materiálu, kterým se dosahuje požadované změny tvaru bez podstatné změny průřezu. Pro dosažení trvalého ohybu je nutné, aby ohybné napětí bylo nad mezí kluzu R_e , ale nesmí překročit mez pevnosti R_m , s ohledem na porušení soudržnosti tvářeného materiálu.

2.1.3. Tažení

Je technologický proces, při kterém dochází k trvalému přetvoření výchozího polotovaru – přístřihu rovinného tvaru na tvar prostorový bez změny tloušťky výchozího materiálu. Pomocí lisovacích nástrojů – tažidel vznikne tvar miskovitěho tvaru, který se nazývá výtazek.

2.1.4. Tlačení

Patří mezi technologie, při nichž je deformace lokalizována do malé části objemu polotovaru.

2.2. Objemové tváření

U objemového tváření dojde k výrazné změně tvaru a zvětšení plochy původního polotovaru za studena nebo za poloohřevu. Proces objemového tváření probíhá převážně za tepla.

2.2.1. Kování

Je beztliskové tváření zahřátých kovů pomocí úderů a rázů. Před kováním se materiál ohřeje v peci na kovací teplotu. Tváření probíhá buď volným kováním na kovadlině a nebo na kovacích lisech.

2.2.2. Válcování

Je tváření kovů průchodem mezi otáčejícími se válci. Materiál se při průchodu přetváří a současně posunuje. Válcování za tepla se používá převážně v hutnictví a válcování za studena se používá zejména při konečném válcování přesných vývalků z polotovarů.

2.2.3. Protlačování

Jedná se o tváření materiálu za tepla nebo za studena, při kterém průtláčník uvádí polotovar do plastického stavu v kontejneru a protlačuje jej průtláčnicí

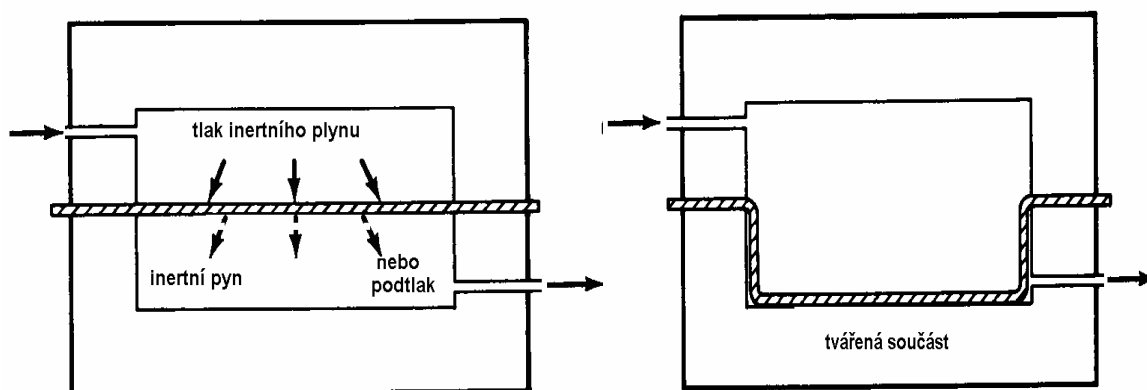
3. Progresivní technologie tváření kovů

3.1. Superplastické plošné tváření [4]

Superplastické plošné tváření (dále jen SPF) je technologie, která se používá zejména k tažení složitých výtažků v leteckém a kosmickém průmyslu. K materiálům zpracovávaným SPF patří zejména Al slitina SUPRAL a Ti slitina Ti-6Al-4V. Titanové slitiny jsou důležité nejen pro jejich vlastnosti, ale také proto, že superplastické vlastnosti získávají při válcování a jsou proto běžně dostupné.

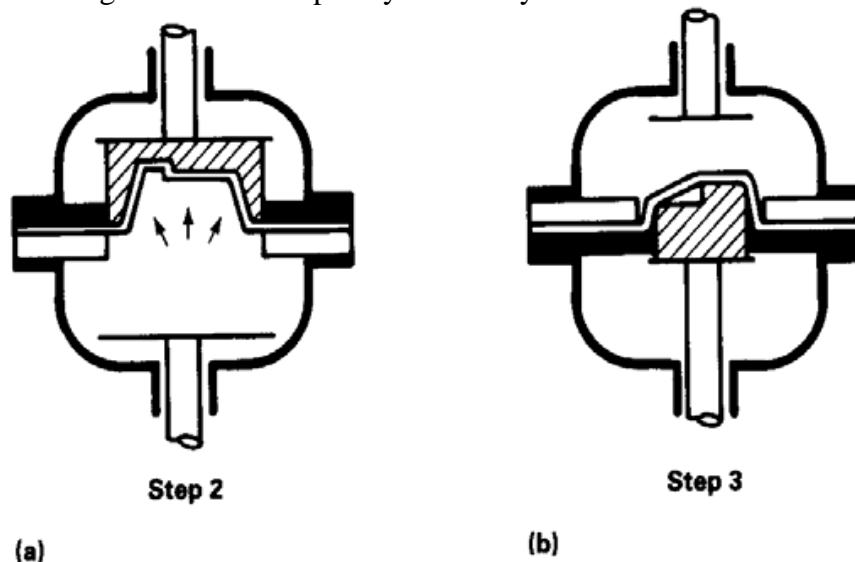
3.1.1. Technologie SPF

- tlakové a podtlakové – schéma tlakového tváření je na obr.1



Obr1. Tlakové SPF tváření [4]

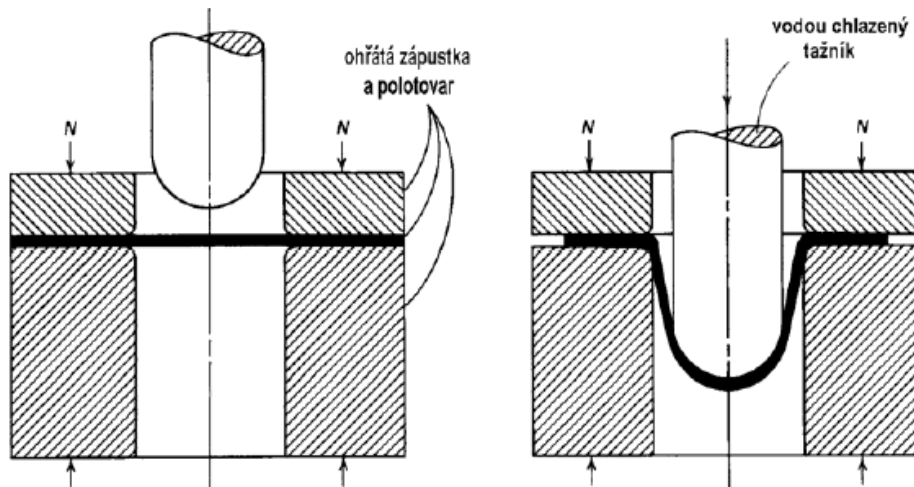
- termo SPF – tato technologie je odvozená od zpracování plastů
- female forming – tváření do zápustky s konečným tvarem obr2.a



Obr.2 a) female forming, b) male forming [4]

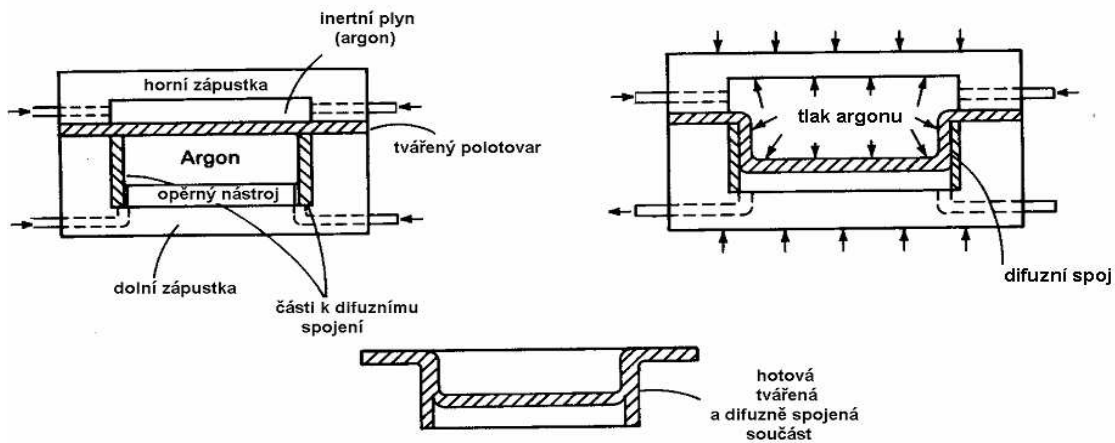
- male forming – tváření přes tažník s konečným tvarem obr.2b
- hluboké tažení SPF – tato technologie se ukázala jako neperspektivní, protože nedošlo ke zpevnění materiálu.

Ukázka hlubokého tažení je ona obr.3



Obr.3 – SPF hluboké tažení.[4]

- SPF/DB superplastické tváření a difúzní spojování – tato technologie se využívá se v leteckém průmyslu na výrobu lehkých, ale velmi tuhých buněčných panelů. Součásti jsou tvářeny SPF a současně tlakově difúzně svařovány. Místa, která nemají být difúzně spojena a ve kterých se vytváří tlak inertního media pro SPF, jsou oddělena proložením oddělovacího materiálu (tzv.stop-off), nejčastěji polymerního listu, který obsahuje nitridy bóru. Technologie je názorně popsána na obr.4



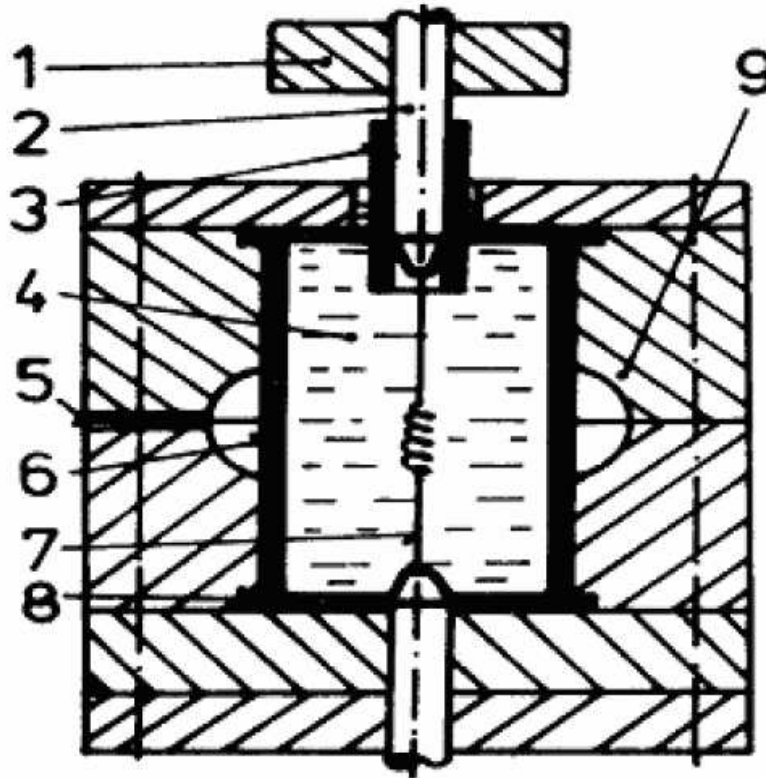
Obr.4 - Technologie SPF/DB schematicky [4]

3.2. Elektrohydraulické tváření [4]

Využívá přeměny elektrické energie nahromaděné v kondenzátorové baterii na mechanickou formou elektrického výboje v kapalině. Vzniklá tlaková vlna se šíří kapalinou a její energie se spotřebovává na deformaci tvářené součásti. K vybití kondenzátorů může dojít buď přes jiskřiště, tj. mezeru mezi elektrodami, nebo přes drátek. Způsob vybíjení přes jiskřiště umožňuje tváření několika opakovanými impulsy.

3.2.1. Výboj přes explodující drát

Drát se taví a vypařuje, tím podporuje tlakové působení výboje. Drátem je možno do určité míry tvarovat dráhu výboje a tím ji přizpůsobit požadavkům geometrie součásti. Při použití tohoto druhu výboje postačí nižší pracovní napětí. Nevýhodou je nutnost vkládání nových drátků při opakovaném výboji. Uspořádání nástroje je uvedeno na obr.5



obr.5 Schéma nástroje pro elektrohydraulické tváření s explodujícím drátkem
1 – držák elektrody, 2 – elektroda, 3 – izolace, 4 – voda, 5- odvzdušňovací kanál,
6 – tvářený materiál, 7 – drátek, 8 – těsnění, 9 – nástroj [4]

3.2.2. Výboj přes jiskřiště

Velikost tlaku na čele rázové vlny je funkcí vybíjené energie, indukčnosti, délky pracovního jiskřiště a geometre elektrod, jejich počtu a rozložení. Schéma zapojení je na obr.6

Vztah pro výpočet výboje přes jiskřiště

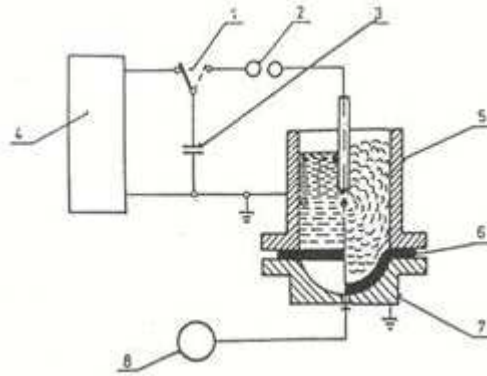
$$W_E = W_E = \frac{1}{2}CU^2 = \eta_{celkové} \cdot W_{def} \quad (1)$$

W_Eenergie nahromaděná v kondenzátoru [J]

Ckapacita kondenzátoru [F]

Unapětí [V]

$\eta_{celkové}$je součinem účinností výboje η_E , přenosu η_t a deformační účinnosti η_d [-]



Obr.6 Schéma zapojení elektrohydraulického tváření – přes jiskřiště
 1 – přepínač, 2 – jiskřiště, 3 – kondenzátory, 4 – napájení, 5 – přidržovač, 6 – plech, 7 –
 lisovnice, 8 – vakuové čerpadlo

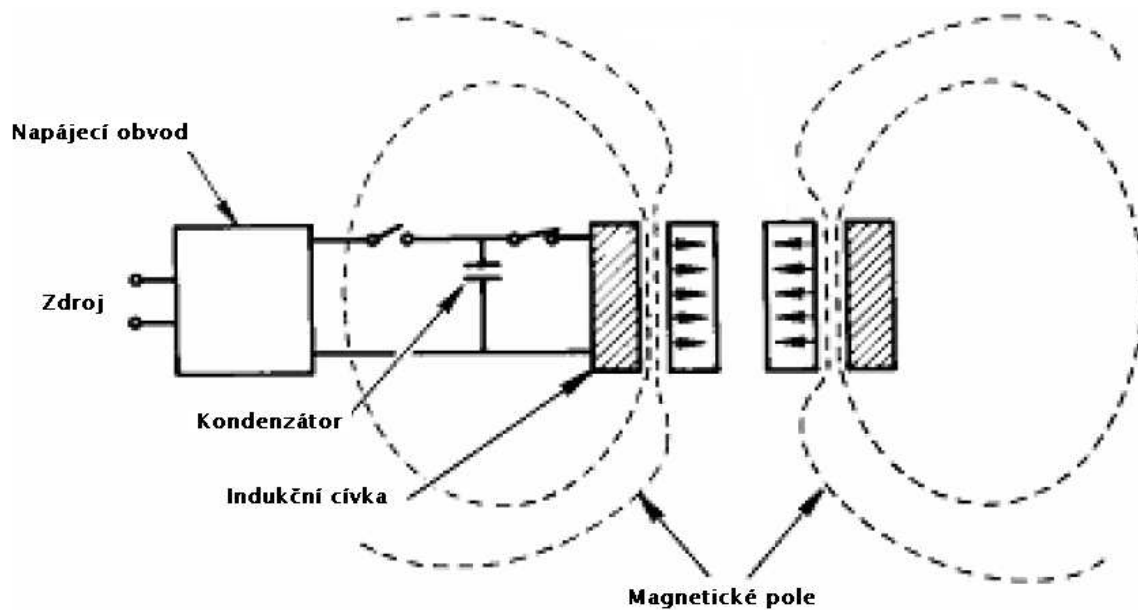
3.2.3. Typy kapalného prostředí

- Prostředí s vysokou vodivostí – jedná se například o roztoky solí, kde stačí nízké napětí k proražení toku elektrického proudu mezi elektrodami, což způsobuje přeměnu kapaliny v páru a vyvolává tím tlakovou vlnu.
- Prostředí s nízkou vodivostí – je to čistá voda, kde je výboj závislý na velikosti napětí a na vzdálenosti elektrod v jiskřišti.

Nejčastějším způsobem použití elektrohydraulického tváření je tažení výlisků z plechu.

3.3. Elektromagnetické tváření [5]

Elektromagnetické impulsní tváření využívá k vyvolání napětí v materiálu silný magnetický impuls. Elektrická energie z kondenzátorové baterie je vybita přes indukční cívku, čímž dochází k vytvoření silného magnetického pole v prostoru cívky. Je-li v prostoru magnetického pole elektrický vodič, indukuje se v něm proud, který vytváří vlastní magnetické pole. Vzájemným působením obou magnetických polí dochází k vytvoření odpudivých sil, využitelných pro tváření. V používaných zařízeních dosahují tlaky řádově 1000Mpa. Způsob je využitelný pro tváření dobrých elektrických vodičů, ale i horší vodiče pomocí budiče, tj. vodivého obalu či unášече, popřípadě vodivého povlaku. V České republice byla vyvinuta zařízení YEM7, YEM 30 s výkonností 4kusy za minutu. Americké zařízení firmy Gulf General Atomic MAGNEFORM pracuje s akumulovanou energií 100kJ a má výkon 10 kusů za minutu. Základní schéma zařízení je na Obr.7



Obr.7 - Schéma elektromagnetického impulsního zařízení [5]

Výhody

- jednoduché zařízení bez pohyblivých částí s vysokou spolehlivostí
- nízká hlučnost a hmotnost zařízení
- rovnoměrné tlaky

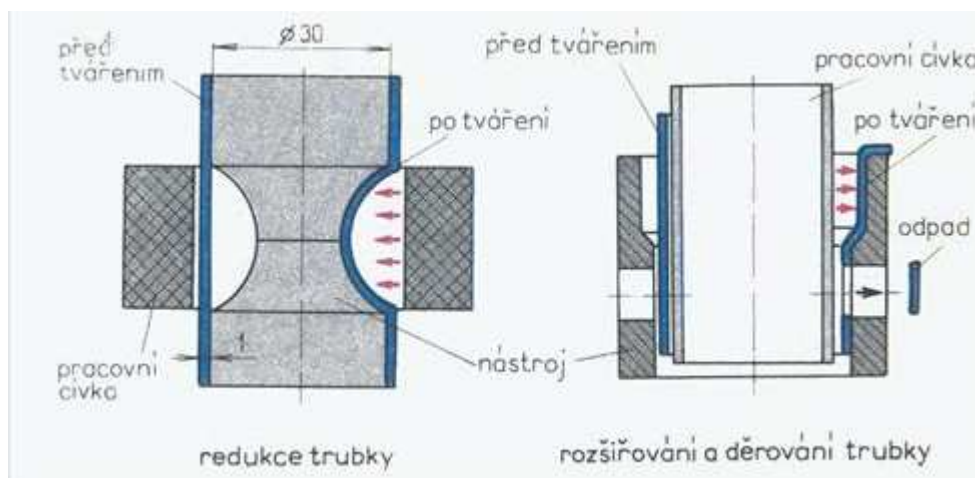
Nevýhody

- určitá tvarová omezení

3.3.1. Použití

Elektromagnetické tváření lze s výhodou využít pro spojování trubek a nátrubků, tvářet lze i přes magnetickou mezeru, např. přes nevodivý obal, způsob je použitelný i pro lisování kovových prášků.

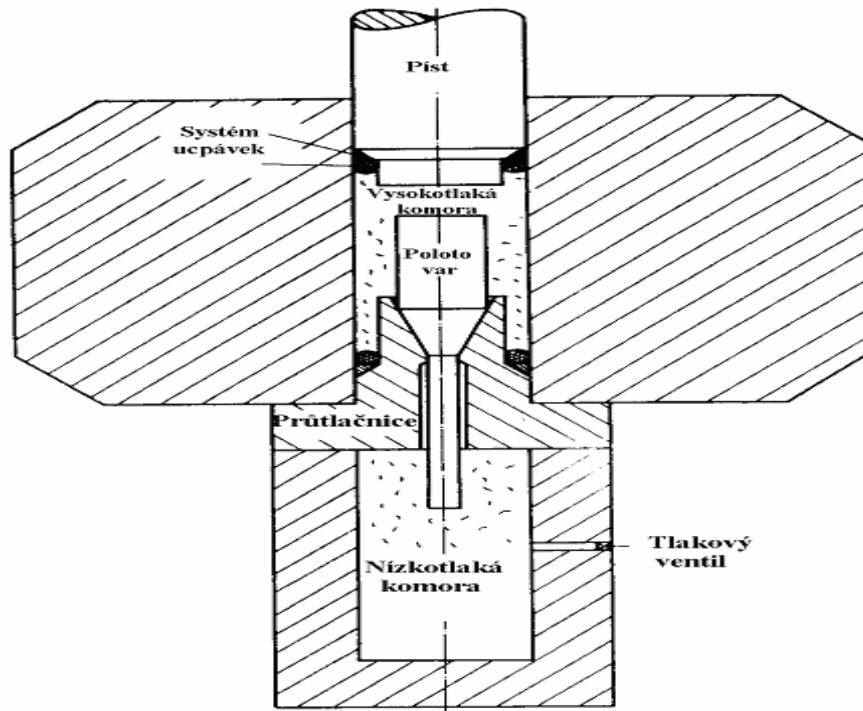
Podle vzájemné polohy cívky a polotovaru se tváření dělí na expanzní (cívka je v dutině polotovaru) a kompresní (polotovar je uvnitř cívky). K tváření stačí jen polovina nástroje, druhou polovinu tvoří cívka. To je názorně ukázáno na obr. 8



obr.8 Princip elektromagnetického tváření [5]

3.4. Hydrostatické protlačování [5]

Hydrostatické protlačování je definováno jako protlačování za studena nebo za tepla, při kterém je přímý kontakt průtlačníku s materiálem nahrazen působením vysokotlakého média obklopujícího polotovar ze všech stran. Hydrostatické protlačování je speciální technologie vyvinutá především pro tváření obtížně tvářitelných součástí. Na obr.10 je znázorněna výroba drátu pomocí hydrostatického protlačování. Jako variace této technologie je vyvíjeno hydrostatické protlačování s ultrazvukem. Princip hydrostatického protlačování je na obr.9



Obr.9 - Princip hydrostatického protlačování. [5]

Jako zařízení využívá hydrostatické protlačovací lisy nebo hydraulické lisy se speciálním nářadím. Materiály, které se používají při tomto druhu tváření jsou například kompozity, slitiny (Al, Mg, Cu), křehké materiály (Mg, Mo, Be, W), uhlíkové a slitinové oceli, rychlořezné oceli, vícevrstvé materiály v kombinacích železné a neželezné kovy, barevné a lehké kovy a prášky.

Výhody technologie hydrostatického protlačování

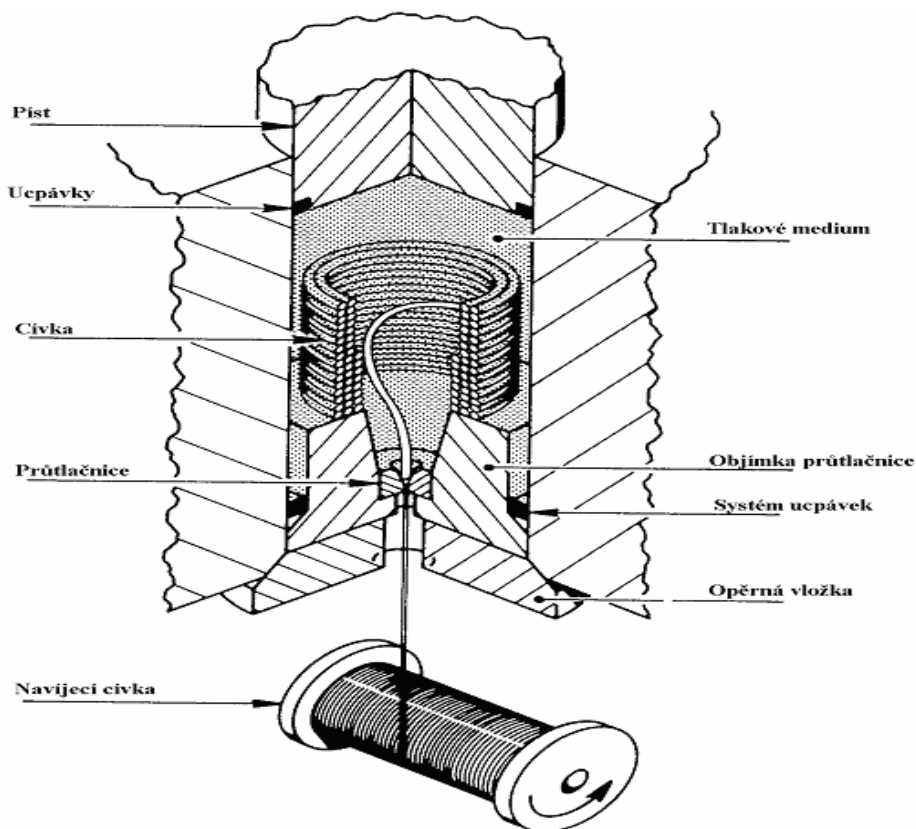
- Při konvenčním protlačování je nutno protlačovací sílu zvětšit o třecí sílu na stěnách kontejneru, délka polotovaru je tím omezena. Při hydrostatickém protlačování bez kontaktu polotovaru se stěnou délka teoreticky neomezená.
- Při hydrostatickém protlačování lze použít různý profil polotovaru pro stejnou průtlačnici nebo naopak ze stejného polotovaru lze protlačit různé profily
- Při konvenčním protlačování nedolisek až 15 % hmotnosti polotovaru, hydrostatické protlačování nemusí, ale nechává se z důvodů řízení procesu.
- Lze tvářet křehké materiály.

- Lze snížit protlačovací tlaky a tak snížit namáhání a zvýšit životnost nástrojů (odstraněním tření v kontejneru, zlepšením mazání a snížením redundantní deformace při menších úhlech průtlačnice)
- Lze zvýšit stupeň deformace a rychlost protlačování

Hlavní problém vyplývá ze stlačitelnosti media a důsledkem toho je ztráta stability procesu, což má za následek tzv. “bambusování povrchu”. Dalšími problémy jsou například těsnění, vyvození vysokého tlaku a změna objemu a viskozity.

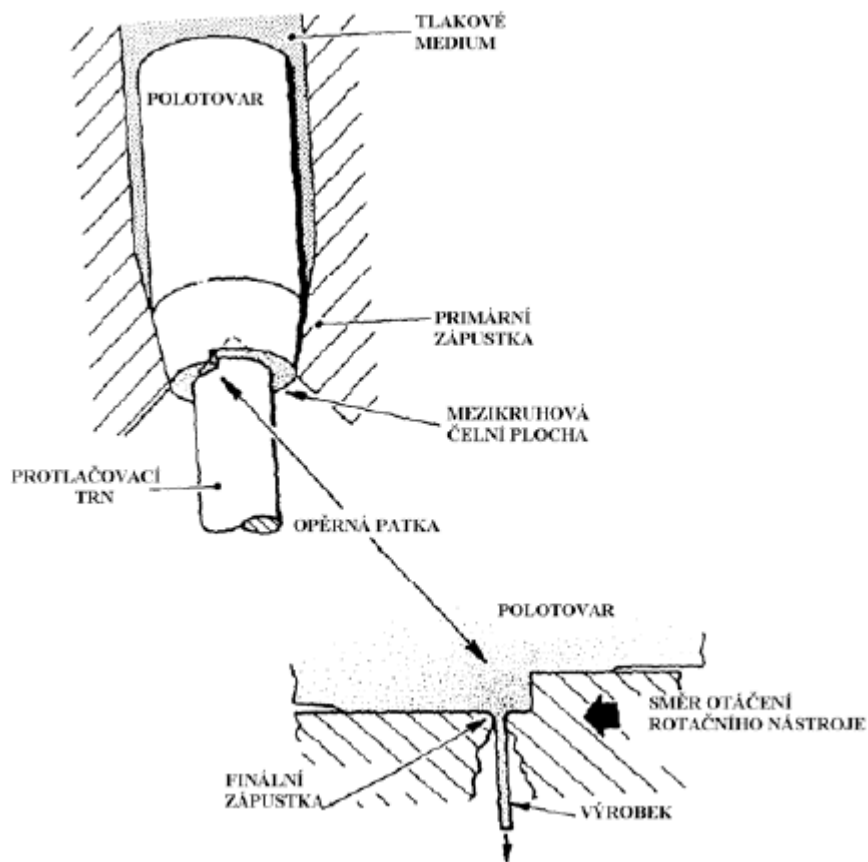
3.4.1. Požadavky na tlaková média používaná při hydrostatickém protlačování

- rovnoměrně přenášet tlakové zatížení
- nízká stlačitelnost
- minimální fyzikální a chemická reakce s materiálem, nástroji, mazivem
- společně s mazivem vytvořit dělicí film
- široký interval pracovních teplot
- nízká tepelná vodivost. a malá tepelná kapacita
- stabilita složení viskozity a mazacích vlastností v pracovním rozmezí teplot



Obr.10 - Kontinuální hydrostatické protlačování drátu [4]

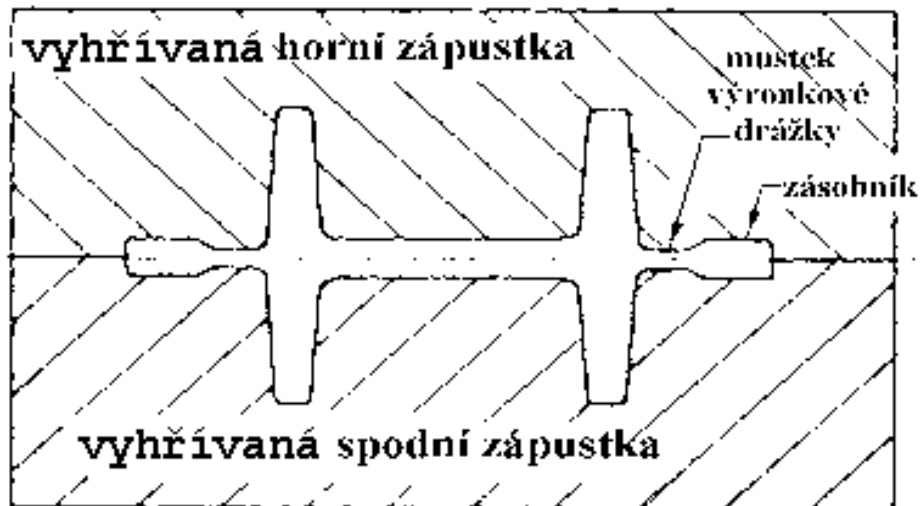
Velká část aplikací hydrostatického protlačování tvoří výroba trubek různých profilů. Na Obr. 11 jsou uvedeny příklady nástrojů pro výrobu trubek.



Obr.11 – Výroba trubek [5]

3.5. HD kování a isothermické kování [4]

Od druhé poloviny minulého století jsou rozvíjeny metody kování velmi nízkými a nízkými deformačními rychlostmi v zápustkách, které jsou vyhřívány na podstatně vyšší teploty než jsou předehřívány zápustky při konvenčním tváření. Jedná se o kování v zápustce vyhřáté na vysokou teplotu (HD – Hot Die). Při isothermickém kování má materiál i zápustka přibližně stejnou teplotu. Kování probíhá na hydraulických lisech a jako materiál se používají slitiny Ti a Al, Ni, superslitiny, UHC oceli (Ultra High Carbon). Tato technologie má využití zejména v leteckém průmyslu. Zápustka vyhříváná na vysokou teplotu je na obr.12



Obr.12 – Zápusťka vyhříváná na vysokou teplotu [4]

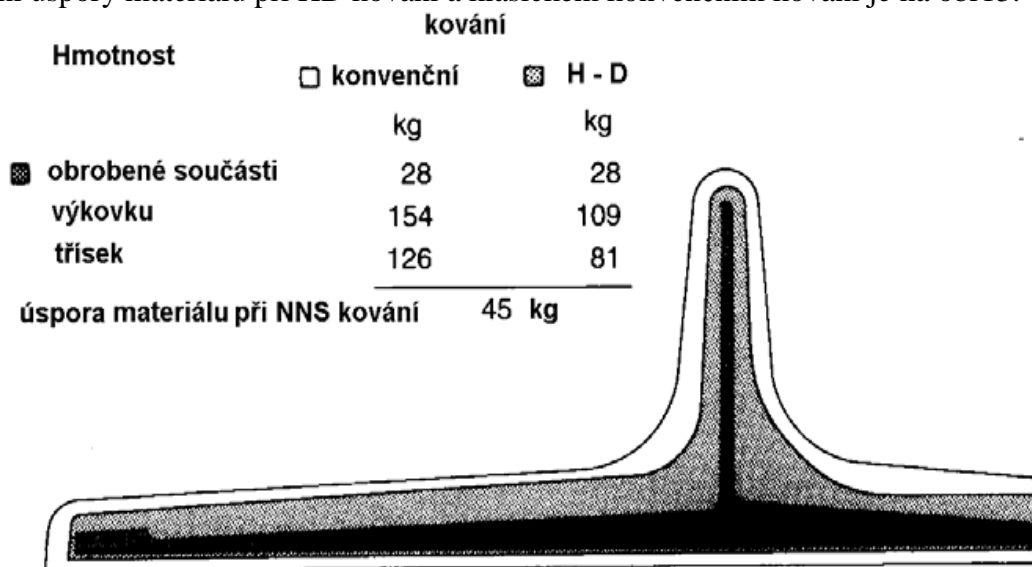
Výhody technologie HD kování

- možnost tvářet komplikované tvary, vysoká a úzká žebra, snížení technologických přídavek, snížení tolerance
- zvýšení stejnoměrnosti vlastností ve tvářeném objemu
- zvýšení tvářitelnosti, možnost tvářet obtížně tvářitelné nebo jinak netvářitelné materiály
- snížení přetvárného odporu, snížení přetvárných sil, využití stávající kapacity strojů na větší výkovky, úspora energie

Nevýhody HD kování

- vysoké náklady na materiál a konstrukci zápusťek
- drahé zařízení
- dlouhé operační časy tváření nízkými rychlostmi deformace

Srovnání úspory materiálu při HD kování a klasickém konvenčním kování je na obr13.



Obr.13 Technologické přídávky při klasickém a HD kování , příklad úspory materiálu.

3.6. Pneumaticko mechanické kování [5]

V pneumaticko-mechanických vysokorychlostních tvářecích strojích dodává energii potřebnou k tváření adiabatická expanse vysoce stlačeného plynu. Původní plyn je opakovaně používán s malou nebo žádnou ztrátou na výchozím množství, takže operační náklady jsou malé. Kompresi je docilována hydraulickým zvedáním pístu proti expandovanému plynu, dokud není dosažen požadovaný tlak. Plynový systém je zcela uzavřený. Plyn je zavřen, stlačen a uvolněn. Expandující plyn zrychluje berany na vysoké rychlosti. Konečná dopadová rychlost a energetický účinek závisí na celkovém rázu, tlaku plynů, hmotě beranů a účinnosti systému. Vlastní pracovní děj je rychlý, doba styku žhavého materiálu s nástrojem a tím i doba ochlazování během tvářecí operace je krátká a tím značně klesá odvod tepla z výkovku do nástroje.

Mezi výhody tohoto vysokorychlostního kování patří:

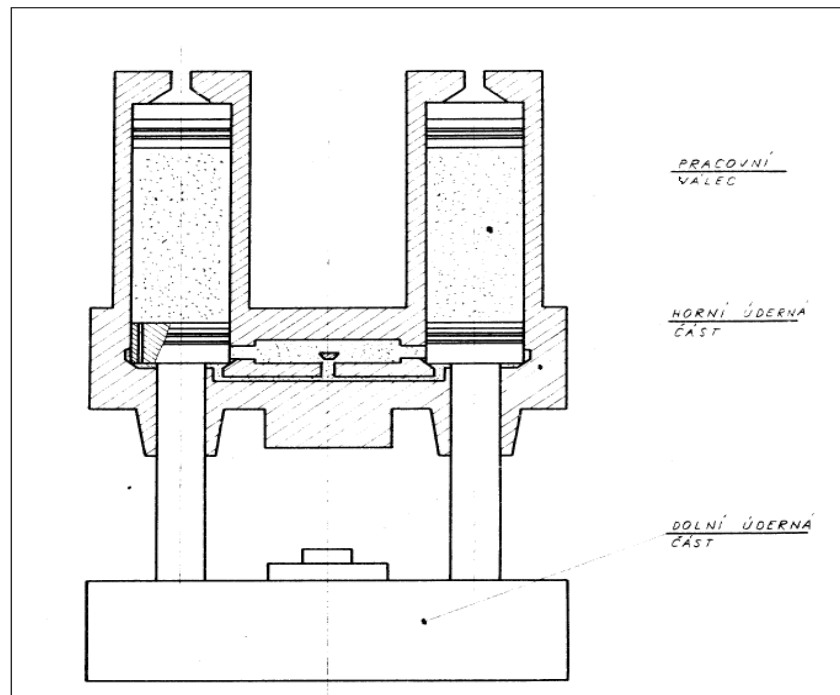
- schopnost kovat i velmi složité tvary
- dobré tečení materiálu v zápustkové dutině
- schopnost snížení výrobních tolerancí, zvýšení jakosti povrchu výkovků
- možnost kování i těžko tvářitelných materiálů
- přesná regulace stroje umožňuje opakovatelnost

S ohledem na povahu práce vysokorychlostních pneumaticko-mechanických bucharů jsou na nástroje kladeny některé specifické požadavky:

- zápustky by měly být zhotoveny z materiálů s vysokou rázovou pevností
- s ohledem na bezpečnost a případné tahové namáhání zápustek po odrazu se používají svírací pláště zápustek
- užívá se zvláštní způsob upínání zápustek
- nástroj by měl umožnit vyhazování výkovku s ohledem na žádoucí automatizaci kovacího cyklu

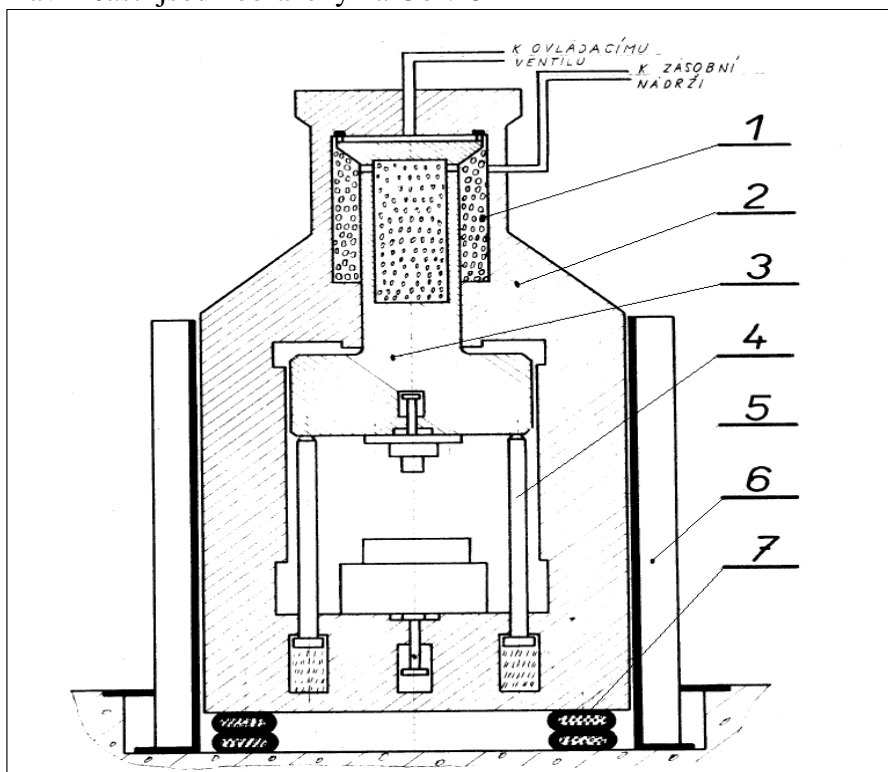
Typickými představiteli obchodně dostupných strojů pro pneumaticko mechanické tváření jsou stroje DYNAPAC, USI a YVK.

USI je představitelem čistě protiběžných strojů, vyrábí se v USA a podrobně je zobrazen na obr.14



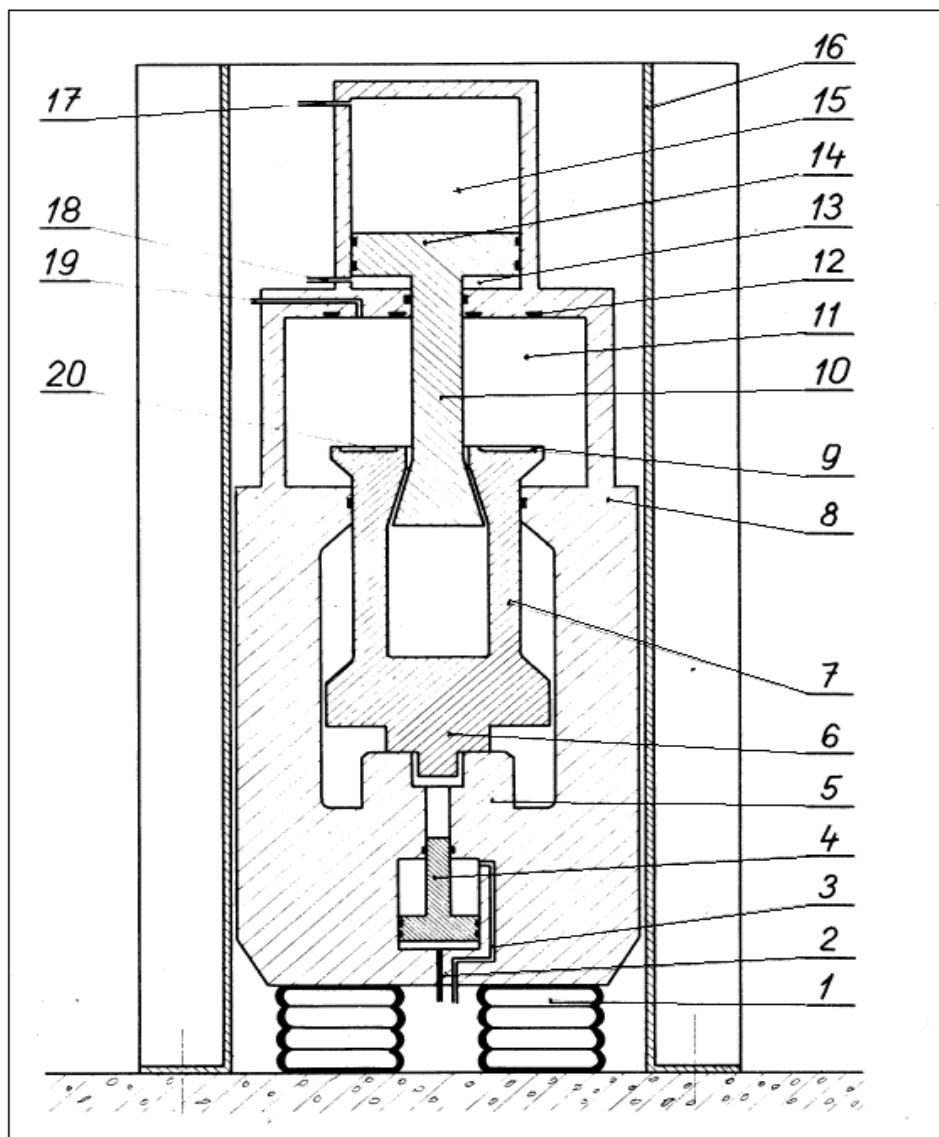
obr.14 Pneumaticko mechanický buchar firmy U.S. Industrie [5]

DYNAPAC je představitelem částečně protiběžných strojů. Jako vysokotlakého média je použito N_2 . Hlavní části jsou zobrazeny na Obr.15



Obr.15 Pneumaticko mechanický buchar DYNAPAC [5]
 1 – expanzní válec, 2 – protiběžná část, 3 – beran, 4 – napínací válce s táhlem,
 6 – stojan, 7 – tlumení

YVK je stroj vyvinutý v tuzemsku (VÚTS, ŽDAS). Jeho hlavní konstrukční části jsou zřejmě z obr.16



Obr. 16 Pneumaticko mechanický buchar VÚTS a ŽDAS YVK [5]

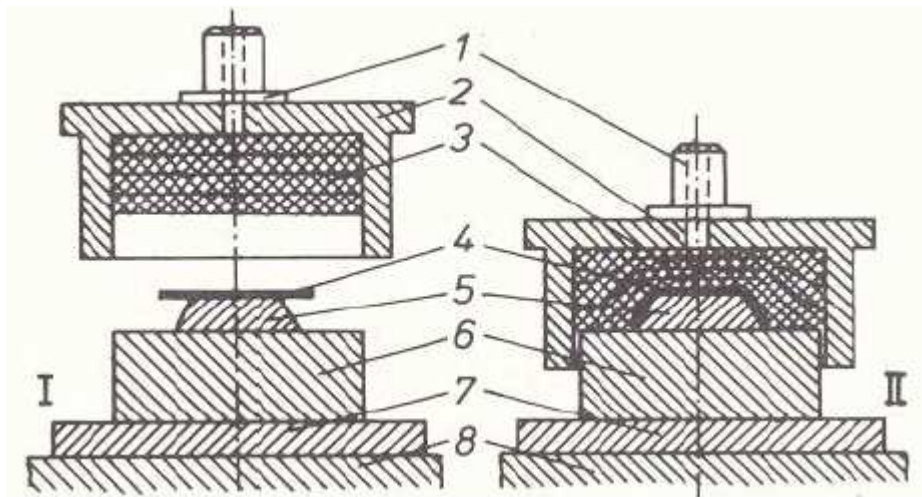
1- pneumatické vlnovce odpružení, 2,3 – potrubí vyrážeče, 4 – vyražeč, 5 – dolní část zápustky, 6 – horní část zápustky, 7 – beran, 8 – protiběžná část, 9 – osazená hlava beranu, 10 – pístitnice, 11 – pracovní válec, 12 – dvojice těsnění, 13 – prostor pod pístem, 14 – pístit, 15 – prostor nad pístem, 16 – rám, 17 – naplňovací potrubí, 18 – odváděcí potrubí, 19 – odváděcí potrubí s ovládacím ventilem, 20 – vybrání v hlavě beranu

3.7. Hluboké tažení nepevnými nástroji [4]

Jedná se o technologii, u které je jeden z tažných nástrojů, tažníku, nebo častěji tažnice, která je dražší nahrazen „nepevným“ pružným (pryž, polyuretan atp.) nebo kapalným (voda, olej, emulze) prostředím. Tažení pryží se využívá zejména v prototypové a malosériové výrobě rozměrných, tenkostěnných výtažků na příklad při vývoji automobilových karoserií. Drahá tažnice je nahrazena pryží a tažník může být vyroben z lehkých slitin, vrstvených materiálů nebo plastů, což dále snižuje náklady. Je možné použít jednočinných lisů, protože pryžový polštář nahrazuje i přidržovač. Nedochozí také k poškození povrchu materiálu.

3.7.1. Metoda Guerin

Je nestarší z metod tažení pryžovými nástroji, schematicky je znázorněna na Obr. 17. Tažnice je nahrazena polštářem tvořeným vrstvami pryže o tvrdosti 50 až 70 ShA. Pohybuje se proti pevnému tažníku. Táhne se bez přidržovače. Metoda je vhodná pro mělké výtažky. Pro univerzální tažnici lze použít tažníků o různých rozměrech a tvarech. Životnost nástroje je, vzhledem k namáhání pryže, dosti nízká.

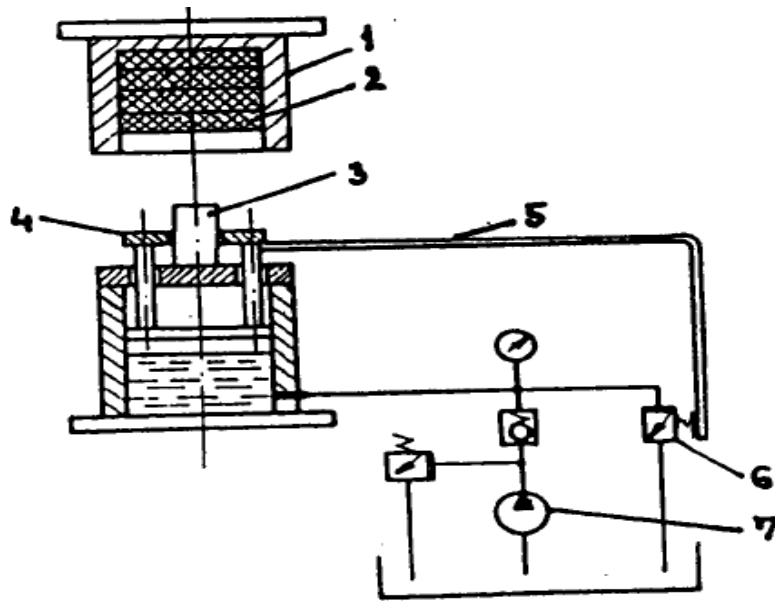


Obr. 17 Tažný nástroj pro tažení pryží. [4]

1-upínací stopka, 2-skříň, 3-pryžový polštář, 4-tvářený materiál, 5-tažník, spodní deska, 7-základová deska, 8-stůl lisu guerin

3.7.2. Metoda MARFORM

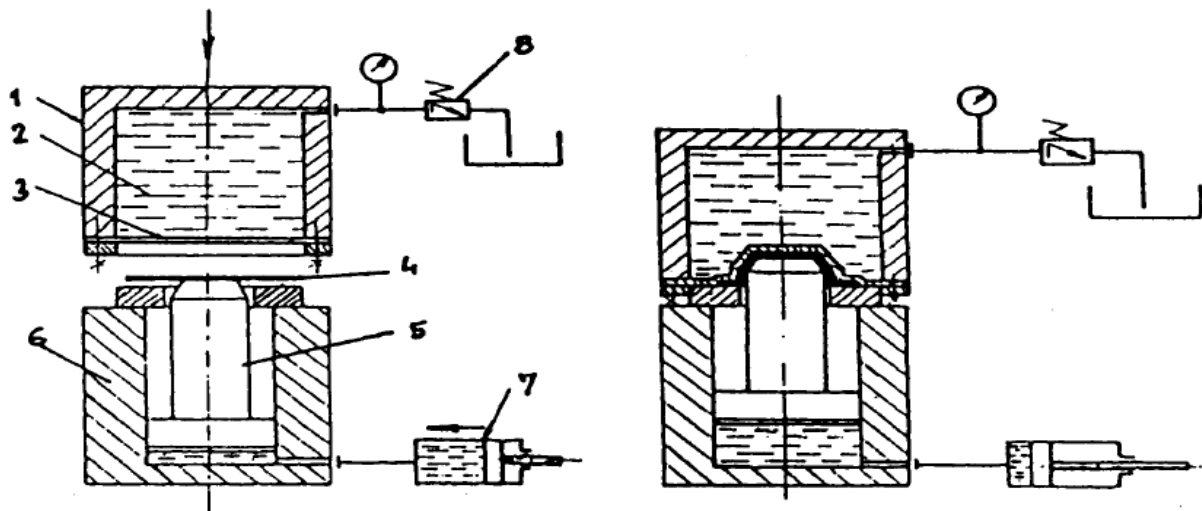
Je vylepšenou formou metody guerin. Tažník se pohybuje proti tažnici Obr. 18. Metoda je vhodná pro hluboké tahy, protože používá přidržovače. Přidržovač je ovládán hydraulicky a přítlačná síla je regulována, v závislosti na zdvihu, pomocí mechanické vazby, přepouštěcím ventilem.



Obr. 18 - Schéma tažného nástroje pro tažení pryží, systém MARFORM [4]
 1-skříň 2-pryžové desky, 3-tažník, 4-přidržovač, 5-mechanický převod,
 6-přepouštěcí ventil, 7-čerpadlo

3.7.3. Metoda HYDROFORM

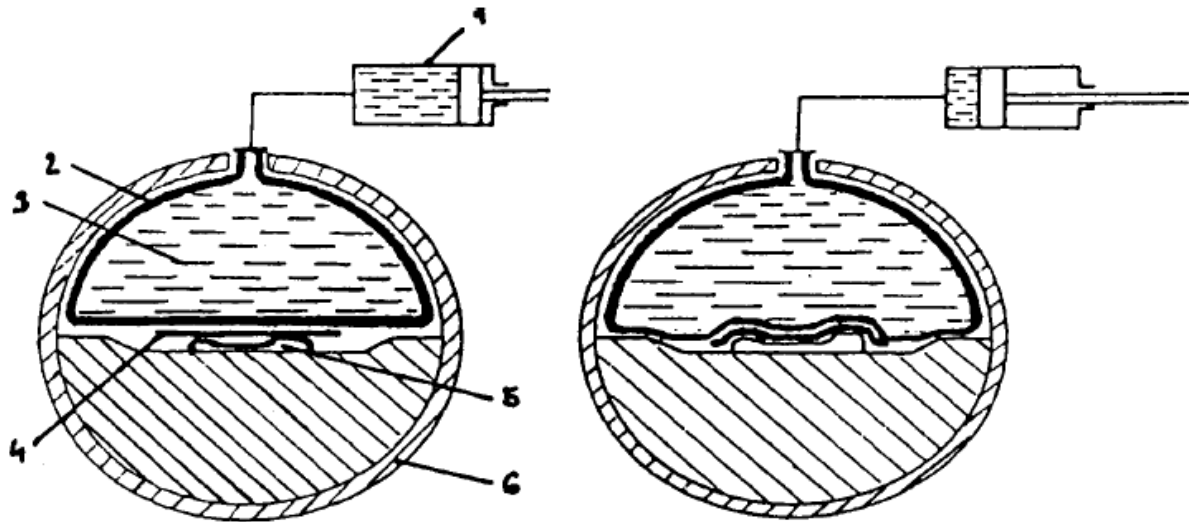
Tažnice je u této metody Obr. 19 nahrazena kapalinou uzavřenou v tlakové nádobě pryžovou membránou. Pevný tažník, na kterém je položen polotovár, je zatlačován proti membráně, čímž vyvolává protitlak kapaliny. Velikost protitlaku je regulována přepouštěcím ventilem. Kapalina, tvaruje polotovár proti tažníku a současně jej i přidržuje. Proto lze metodu použít pro tažení hlubších a složitějších výtažků. Dosahuje se součinitele tažení $M = 0,4$. životnost membrány je relativně vysoká, 5000 až 10000 ks.



Obr. 19 Schéma tažného nástroje systém HYDROFORM
 1-tlaková nádoba, 2- tlakové médium, 3-membrána, 4- polotovár, 5-tažník s pístem,
 6-tlakový válec, 7-pracovní hydraulický válec

3.7.4. Metoda WHEELON

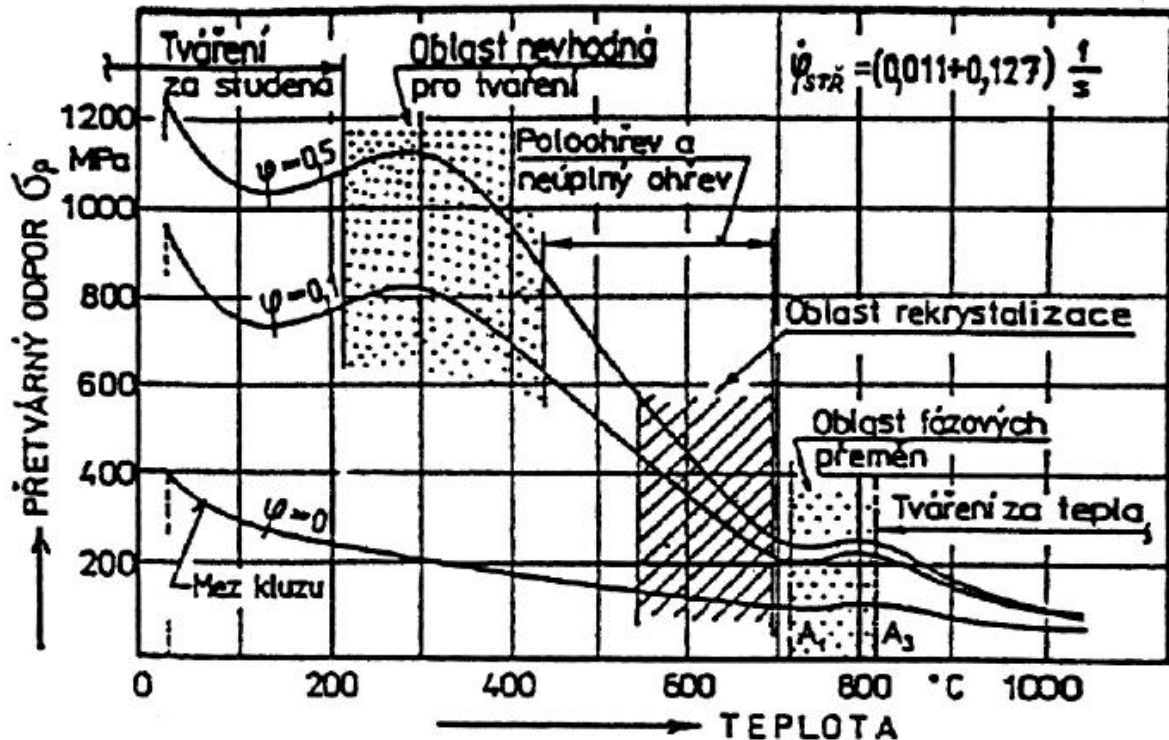
Je variací metody hydroform. Oba nástroje jsou umístěny ve válcovém tělese. Tlak kapaliny (až 45 MPa) je vyvozován hydraulickým válcem. Obr. 20. Metoda se užívá k tažení mělkých výtažků.



Obr. 20 Schéma tažení metodou WHEELON [4]
vlevo-před tažením, vpravo-po tažení
1-hydraulický pracovní válec, 2-pryžový vak, tlakové medium, 4-polotovar,
5-tažník, 6-těleso nástroje

3.8. Termální tváření [4]

Principem je tváření při teplotách, kdy materiály zaznamenávají největší přírůstky přetvoření, protože plasticita není lineární funkcí teploty. Oblasti ohřevu jsou buď poloohřev pod teplotu rekrystalizace, nebo ohřev vysoko nad teplotou rekrystalizace a nebo ohřev nad teplotu solidu. Ohřev je buď celoobjemový nebo pouze v místech plastické deformace, ale oblasti přenosu tvářecích sil se chladí. Velkým nedostatkem je malý počet materiálů na nástroje, které by si zachovávaly pevnost při vysokých pracovních teplotách. Vliv teploty na přetvárný odpor je zobrazen na obr.21



Obr.21 Vliv teploty na přetvárný odpor [5]

3.8.1. Termální vrtání [3]

V roce 1923 se v malé stodole na jihu Francie Jan Claude de Valliere pokoušel o vynalezení nástroje, který by umožnil pomocí frikčního tepla (namísto řezání) vytvořit otvor do tenkostěnných ocelových plechů a profilů. Po mnoha experimentech byl konečně úspěšný. Pak trvalo asi ještě 60 let, než termální vrtání našlo své komerční využití. K termálnímu vrtání se používá vrták Flowdrill, což je polygonový kuželový nástroj vyrobený z karbidu wolframu. Nástroj při tváření otvorů generuje třecí teplo, které vzniká prostřednictvím jeho relativně vysokých otáček a axiální síly působící na obrobek. Generované teplo lokálně ohřívá materiál, což nástroji umožňuje plynulý průchod obrobkem a formování pouzdra z přemístěvaného materiálu. Pro termální vrtání je k dispozici široká škála nástrojů, a to v návaznosti na druh a rozměry obráběného materiálu (jeho sílu, délku závitů apod.). Nejčastěji se s touto technologií můžeme setkat v automobilovém, topenářském a nábytkářském průmyslu, při výrobě kovového nábytku, osvětlovací techniky a domácího vybavení. Ukázka termálního vrtání je na obr.22

Použití termálního vrtání

- laciná výroba děr pro stříkací techniku (bez nebezpečí zlomení nástrojů)
- těsné spoje pro plynárenský průmysl
- závitová spojení s obrubou okolo díry
- závitová spojení s hladkým čelem
- ložisková nebo hřídelová podepření
- vodotěsné i vysokotlaké spojení měkkým pájením



Obr.22 – Termální vrtání [3]

3.8.2. Tváření závitů

Nejčastější použití pouzdra vyrobeného pomocí termálního vrtání do tenkostěnných plechů a profilů je následná výroba závitů. Závit je možno vyrobit konvenčním způsobem (řezáním) nebo přednostně tvářením za studena pomocí tvářecího závitníku. Tváření závitů se podobá tváření otvoru, přičemž pracovní teplota je o mnoho nižší a oproti řezání nevznikají třísky. Průměr použitého "Flow-vrtáku" předurčuje konečný tvar závitů, jeho hloubku a pevnost.

3.8.3. Stroje pro výrobu otvorů tvářením

Společnost Solige s.r.o., nabízí dva stroje z produkce německého výrobce sloupových vrtaček značky "FLOTT", které jsou určeny k výrobě otvorů tvářením. Jedná se o model P 23 ST-FB a větší P 40 ST-FB. Druhý zmíněný stroj je určen pro zákazníky, kteří potřebují tvářet otvory do průměru 20 mm. Robustní, tuhá a ergonomicky řešená sloupová vrtačka konstrukčně navržena pro technologii Flowdrill s upínáním nástrojů do vřetene na MK 4 je osazena pohonnou jednotkou o výkonu 3 kW. Dostatečný výkon motoru, tuhost stroje i kvalitní nástroje jsou solidním základem pro kvalitní a produktivní výrobu.

3.9. Tváření laserem [2]

V dnešní době se však zatím ví málo o možnostech využití laseru přímo při technologii tváření, kde paprsek laseru může pro své specifické vlastnosti přinést tepelným ovlivněním tvářecího materiálu obdobné výhody, jako je tomu při přece jen více rozšířeném propojení laseru s technologiemi obrábění.

3.9.1. Rotační tlakové tváření

Většina průmyslových aplikací s využitím laseru přichází postupem doby především ze SRN, kde se dostává laserovým technologiím a jejich vývoji intenzivní podpory i ze státních prostředků. Ve Fraunhoferově institutu výrobních technologií IPT v CÁCHách tak vyvinuli za podpory spolkového ministerstva pro vzdělávání a výzkum BMBF novou

technologie rotačního tlakového tváření symetrických dílů z obtížně tvářitelných materiálů, kde se intenzita laserového paprsku využívá k ohřevu tvářeného místa. Vhodným směřováním laserového paprsku lze při místním ohřevu dosáhnout ve spojení s vlastním tvářením přitlakem až 40% snížení požadavku na hodnotu přetvárných sil. Celý proces, kde teplota místního ohřevu dosahuje až 700 °C, je přitom vhodný především pro aplikaci u těžko tvářitelných materiálů nebo u materiálů, které by jinak při tváření za studena vyžadovaly rekrytalizační žhání, obvykle zařazované jako mezioperace při obvyklém tváření.

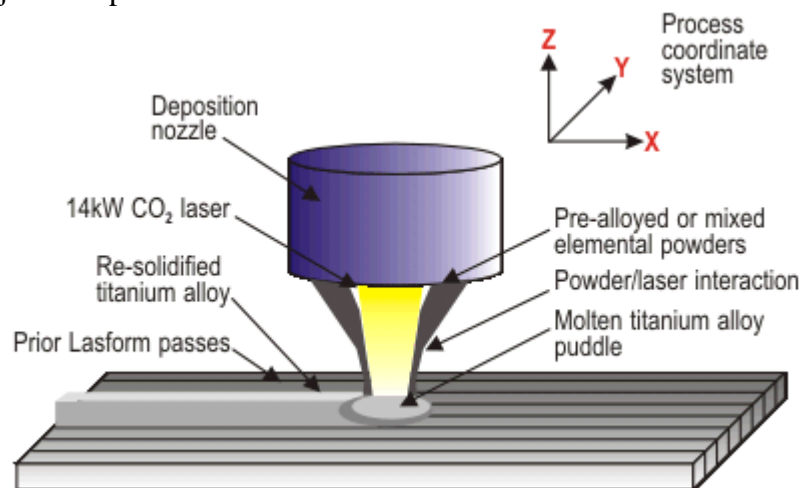
3.9.2. Povrchové tlakové rázy

Jedná se o zajímavou technologii tváření za studena s využitím laseru, ale tentokrát pro vývoj tlakových rázů na povrchu tvářených polotovarů, je způsob vyvinutý ve Fraunhoferově institutu pro laserovou techniku ILT. U této technologie se používají pulzní lasery a podstatná je zde dobrá absorpce jejich záření v povrchové vrstvě tvářeného materiálu. Při ní dochází v ns intervalech k místnímu odpařování povrchové vrstvy polotovaru a k indukci plazmy s následkem vytváření tlakových rázů na povrch polotovaru. Při překročení meze kluzu materiálu dochází i k jeho plastické deformaci obdobné technologii kuličkování povrchu. Při krátké délce pulzu se dosahuje špičkového výkonu řádově až stovek MW a pro lepší absorpci energie paprsku se tvářený polotovar opatřuje vhodnou absorpční vrstvou, např. černým lakem. Vyšší účinnosti celého procesu dopomáhá i transparentní vodní vrstva.

3.9.3. Mikrotváření

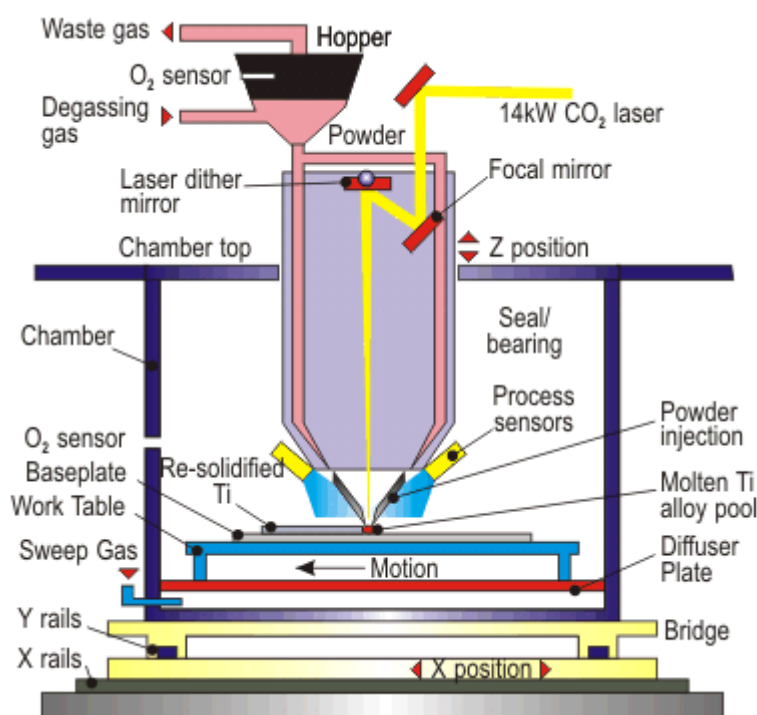
Transparentnost materiálu vůči laserovému paprsku je využívána i u laserové podpory při mikrotváření, která vystupuje do popředí především s pokračující miniaturizací elektroniky a tedy i s potřebou přesných tvářených dílů pro mikroelektronické systémy. Uplatněním transparentních materiálů, jako je např. safír, přímo v rámci tvářecího nástroje, je možný ohřev tvářeného dílu paprskem laseru, procházejícím transparentním materiálem z vnějšího prostoru, i v uzavřeném nástroji. Paprsek se dá směřovat i jen úzce na přetvárnou zónu, kde příznivě ovlivňuje tvářitelnost materiálu. Z nabídky technologických laserů se pro danou technologii nejlépe osvědčily pro úzkou stopu paprsku a možnost jeho přenosu od zdroje až na místo užití vláknovou optikou především pevnolátkové Nd:YAG lasery a výkonové diodové lasery.

Na obrázku 24 je detail procesu tváření laserem



Obr.24 - detail procesu tváření laserem [2]

Obrázek 25 znázorňuje celkové vybavení potřebné k tváření laserem



Obr.25 - vybavení tvářecího laserového systému [2]

3.10. Tváření ultrazvukem [4]

Teoretické základy této metody byly položeny ve 40. letech minulého století. V 50. letech byl zahájen intenzivní laboratorní výzkum a v 70. letech se technologie dostává do průmyslové praxe v USA a později v tehdejší SSSR. Tváření s ultrazvukem je jednou z výkonových ultrazvukových aplikací. Soustředný tok akustické energie o vysoké intenzitě je při ní směřován přímo do deformační zóny, kde příznivě ovlivňuje tvářecí proces. Experimentálně byly vyvíjeny a ověřovány všechny základní technologie objemového a plošného tváření s ultrazvukem. Širšího uplatnění zatím dosáhla technologie ultrazvukového tažení trubek. Hlavními částmi ultrazvukových zařízení pro výkonové aplikace jsou ultrazvukové zdroje, ultrazvuková přenosná soustava a ovládací prvky.

3.10.1. Ultrazvukové zdroje

Tvoří je generátor a měnič. Generátor mění kmitočet síťového napětí na vysokofrekvenční. Měnič, kmity elektrické na mechanické. Pro průmyslové aplikace se používá generátorů rotačních, elektronkových a polovodičových. Ve tváření našly uplatnění poslední dva typy. Přičemž z polovodičových se neuplatnily generátory tyristorové a dnes se používá výhradně generátorů tranzistorových. Měniče se podle druhu měnicí se energie dělí na mechanické a elektromechanické. S generátory elektronkovými a tyristorovými byly používány měniče magnetostrikční. S tranzistorovými generátory se používají měniče piezoelektrické. Se zdroji tzv. I. generace - elektronkovými generátory a magnetostrikčními měniči bylo dosaženo valné většiny publikovaných laboratorních výsledků a uplatnily se i v počátcích provozních aplikací.

Aplikace se vyznačovaly širokým rozsahem kmitočtu, přetížitelností a univerzálností. Jejich nevýhodami byly zejména nízká účinnost, omezená životnost elektronek (u generátorů), nutnost intenzivního chlazení a velká hmotnost a rozměry. Typickým představitelem této generace zdrojů byly v tuzemsku generátory VUMA Obr. 26.

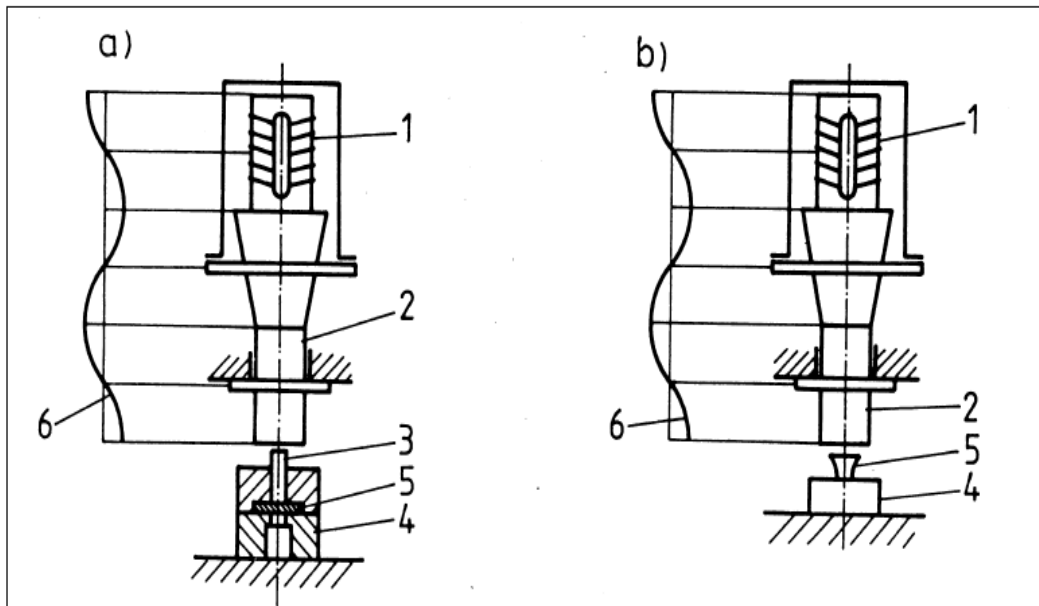


Obr.26 Ultrazvukový generátor VUMA [4]

3.10.2. Ultrazvukové přenosné soustavy

Ultrazvukovou přenosnou soustavu jsou mechanické kmity přenášeny do rezonátoru jehož součástí je tvářecí stroj. Ke změně amplitudy kmitu se používá koncentrátorů. Podle tvaru tvořící křivky se dělí na kuželové, exponenciální a stupňovité. Směr šíření podélných kmitů lze měnit ohnutým vlnovodem. Transformátory lze měnit směr kmitů z podélných na příčné nebo radiální a naopak.

Konstrukce ultrazvukového nástroje je určena směrem použitého, schématem ozvučení a technologickými požadavky. Nástroj je součástí celé soustavy a musí tedy mít rezonanční rozměry – tvoří rezonátor. Tvoří-li rezonanční soustavu obě části nástroje (tažník - tažnice, průtláčník - průtláčnice, trn - průvlak) jedná se o soustavu uzavřenou. Je-li laděna jen část nástroje, pak jde o soustavu otevřenou. Obr.27. Ultrazvukovou soustavu je nutno izolovat od konstrukce tvářecího stroje prostřednictvím aktivního nebo pasivního uložení.



Obr. 27 Otevřené ultrazvukové soustavy s nástrojem v kmitně výchylky podélné vlny [4]
 1 – měnič, 2 – vlnovod, 3 – trn, 4 – matrice, 5 – materiál, 6 – průběh výchylky podélné vlny

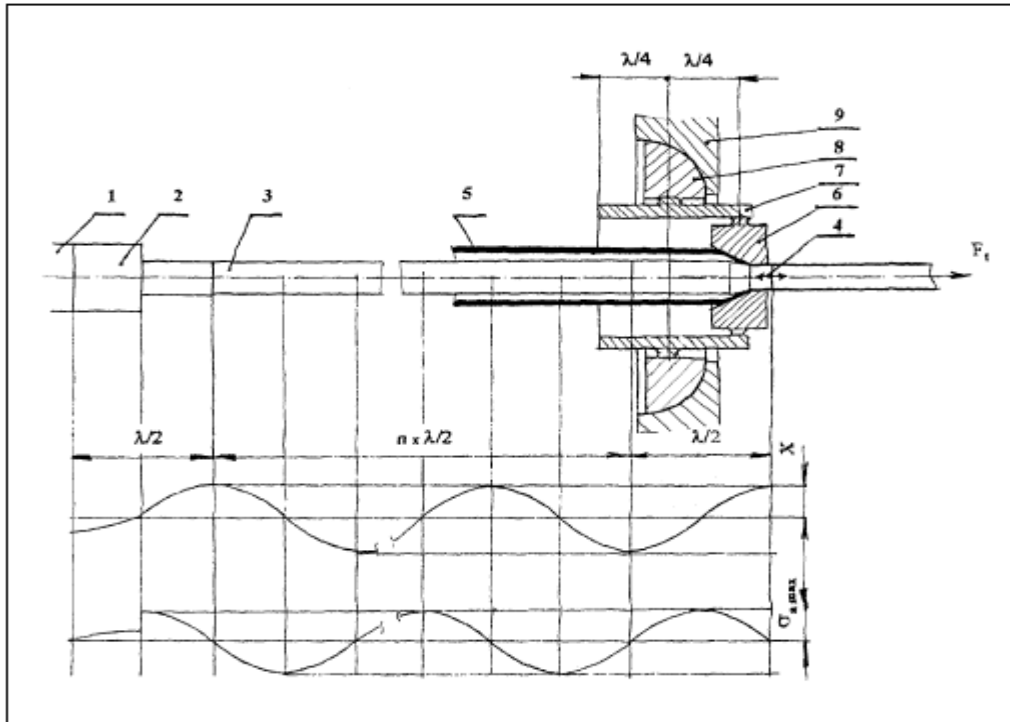
Ultrazvuková soustava jako celek musí vyhovět řadě akustických a technologických požadavků. Technologické jsou dány podmínkami tvářecího procesu. Akustické vyplývají z toho, že v systému má být vytvořen určitý kmitavý režim pro efektivní přenos energie do místa deformace.

3.10.3. Technologické a akustické požadavky

- maximální odběr akustické energie od měniče
- minimální ztráty v aktivních částech soustavy
- minimální ztráty v pasivních částech soustavy
- maximální koncentrace akustické energie v zóně deformace
- stabilita systému při změně zátěže
- rovnoměrnost ozvučení deformační zóny
- konstrukční a technologická jednoduchost
- stabilita a spolehlivost soustavy při dlouhodobém používání

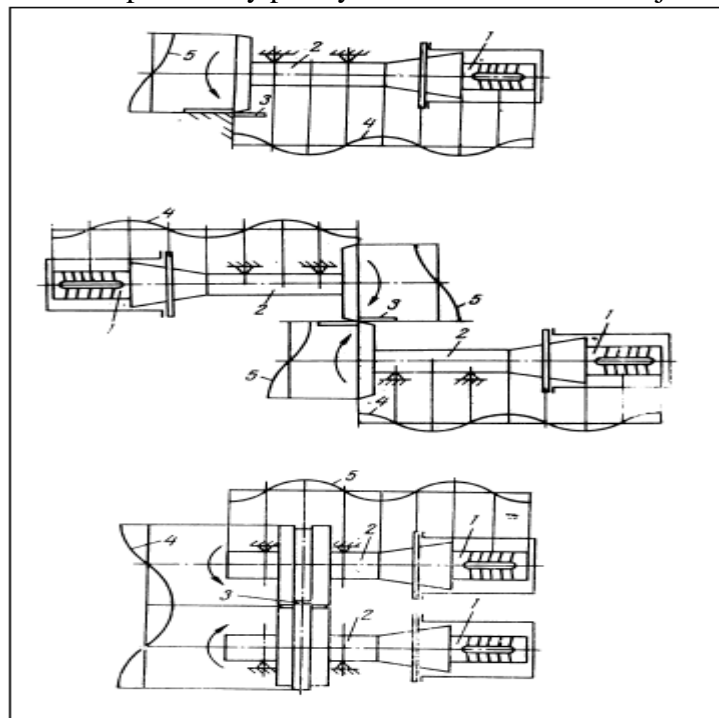
3.10.4. Tažení trubek ultrazvukem

Tažení trubek s ultrazvukem bylo první aplikací, která byla provozně aplikována. Ultrazvukové soustavy pro tažení trubek lze třídit podle toho, které části nástroje je ultrazvuková energie předávána a jakých kmitů je použito. Ultrazvuková soustava pro tažení trubek je na obr.28



Obr. 28 Ultrazvuková soustava pro tažení trubek s podélně aktivovaným trnem [4]
 1 – měnič, 2 – koncentrátor, 3 – vlnovod (trnová tyč), 4 – rezonátor (tažný trn), 5 – tažená trubka,
 6 – průvlak, 7 – laděná podpora, 8 – průvlaková objímka, 9 – opěrná deska tažené

Dalšími technologickými operacemi, kde se může využít ultrazvuku jsou hluboké tažení, ohýbání, stříhání, vystřihování, válcování a některé operace v objemovém tváření. Princip soustavy pro vystřihování ultrazvukem je uveden na obr.29



Obr. 29 ultrazvukové soustavy pro stříhání plechů s diskovými noži [4]
 1- měnič, 2- vlnovod s rezonátorem (nástrojem), 3- polotovar, 4, 5- průběh podélné a radiální vlny

3.11. Tváření výbuchem [4]

Již před sto lety se využívala k tvářecím procesům energie výbuchu. Skutečný rozvoj této technologie však nastal až po druhé světové válce. Pro tváření výbuchem je charakteristické krátkodobé působení vysokých tlaků na tvářený materiál. Podle zdroje energie lze rozdělit na tváření pomocí hoření plynových směsí, výbuchem střelivin a výbuchem trhavin. Klasifikace těchto metod je zřejmá z obr. 30.

zdroj energie	působení tlaku na polotovar	druh polotovaru	
		ploché	prostorový
I Plynné směsi a) hořící plyn b) kyslík	prostřednictvím kapaliny		
	bezprostředně		
	prostřednictvím písku		
II Střeliviny	bezprostředně		
	prostřednictvím kapaliny		
	pevným nástrojem		
III Trhaviny	bezprostředně		
	prostřednictvím vzduchu		
	prostřednictvím kapaliny		
	sypkým prostředím		

Obr.30 - Klasifikace metod tváření výbuchem. [4]

3.11.1. Tváření pomocí hoření plynových směsí

Jako palivo se při tomto druhu tváření používá vodík, metan a nebo propan butan. Palivo je ředěno inertními plyny, kterými jsou helium, argon, dusík a oxid uhličitý. Palivo je nutné míchat s okysličovadlem (kyslík, vzduch). Metoda se využívá na tváření tenkostěnných výrobků menších rozměrů a vyžaduje masivní zápusť složitě konstrukce. V praxi příliš nerozšířila.

3.11.2. Tváření výbuchem střelivin

Vysoká specifická energie střelivin se uvolňuje relativně pomalým hořením nazývaným deflagací. Rychlost hoření je do 2000 ms⁻¹. Hodnoty tlaků jsou zde podstatně nižší než při použití trhavin. Detonační tlak dosahuje jen 2 GPa. Tvářený materiál je zde tudíž vystaven nižším hodnotám napětí a deformací. Pomalejší vývin plynů z hořící střeliviny může být využit k přenosu tepla na výrobek a působit na tvárnost. Toto není u trhavin možné. Nízkotlaké střelivinové systémy se podobají tvářecím metodám využívajícím expanze plynů – pneumaticko-mechanickým a jsou používány pro podobné druhy operací

3.11.3. Tváření trhavinami

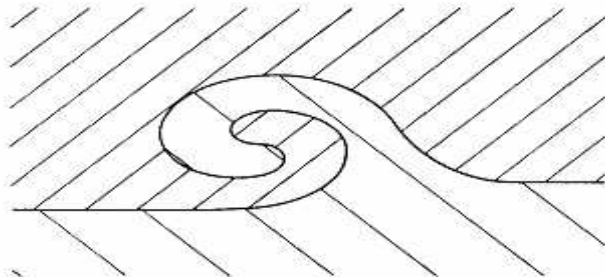
Při tváření trhavinami nastávají značné rozdíly v energetických požadavcích a ve výsledném chování materiálu výrobku v závislosti na tom, zda se jedná o operaci bezdotykovou a nebo dotykovou. U bezdotykové operace je energie nálože uvolněna v určité vzdálenosti od výrobku. Vytvořený tlakový ráz se přenáší na výrobek vhodným prostředím. Vzduchem, olejem a nebo vodou. U dotykových operací je zdroj v přímém styku s výrobkem. Tlaky mohou dosahovat několika tisíc mega pascalů při pracovních časech měřených v mikrosekundách. Ve většině dotykových operací vznikají přechodné napěťové vlny šířící se kovem a vyvolávají deformace, vysoké zpevnění případně i trhliny a lomy. V tab.1 jsou uvedeny parametry tuzemských trhavin.

trhavina	výbuchové teplo [kJkg ⁻¹]	detonační rychlost [ms ⁻¹]	konzistence	poznámka
Perunit 20	4861	5850	plastická	vodovzdorná
Ostravit EQ	1369	2170	sypká	není vodovzdorná
Formex 2	4316	6800	plastická	vodovzdorná
Pentrit	6169	8000	sypká, bleskovice	náplň bleskovice vodovzdorná
Semtex S25	1380	1900		
Semtex 30	1680	2300		
Semtex 40	2340	3060		
Semtex 50	2930	3580		
Semtex 60	3510	3950		

Tab.1 Parametry tuzemských trhavin. (1)

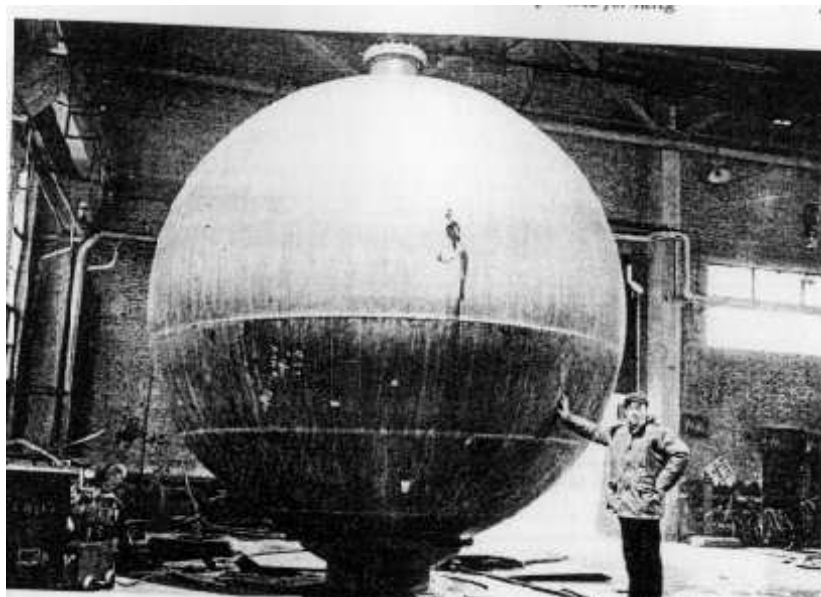
3.11.4. Plátování materiálu

Jedná se o hojně využívanou speciální výbuchovou aplikaci. Tato technologie umožňuje spojovat i metalurgicky nespojitelné materiály. Při plátování je kov výbuchem trhaviny vystaven impulsu extrémně vysoké intenzity. Tlaková vlna kovem proběhne za velmi krátkou dobu (10^{-9} sec). Plátováním vzniká mechanický spoj, který je dobře patrný na obr.31



obr.31 Spoj při výbuchovém plátování [4]

Tváření výbuchem je vhodné pro kusovou výrobu rozměrných součástí, u kterých nelze použít tvářecích strojů. Je to technologie vhodná pro tváření obtížně tvářitelných materiálů a výrobu prototypů. Vyznačuje se minimálními náklady na nástroje nebo je nevyžaduje vůbec. Výbuchu bylo například použito k tváření výfuku proudových letadel Aero Vodovody. Praktická ukázka tváření výbuchem je na obr. 32

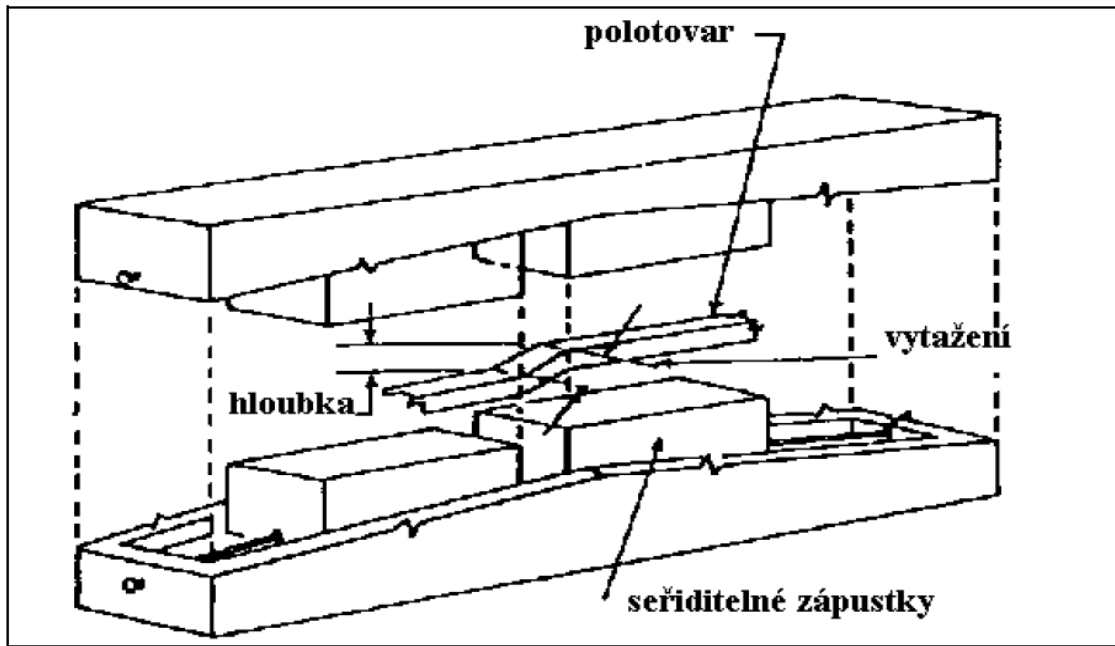


obr.32 nádrž $\varnothing D = 4$ m tváření výbuchem bez zápustky [4]

3.12. Speciální technologie pro letecký a kosmický průmysl [4]

3.12.1. Tvarování spojovacích profilů (joggling)

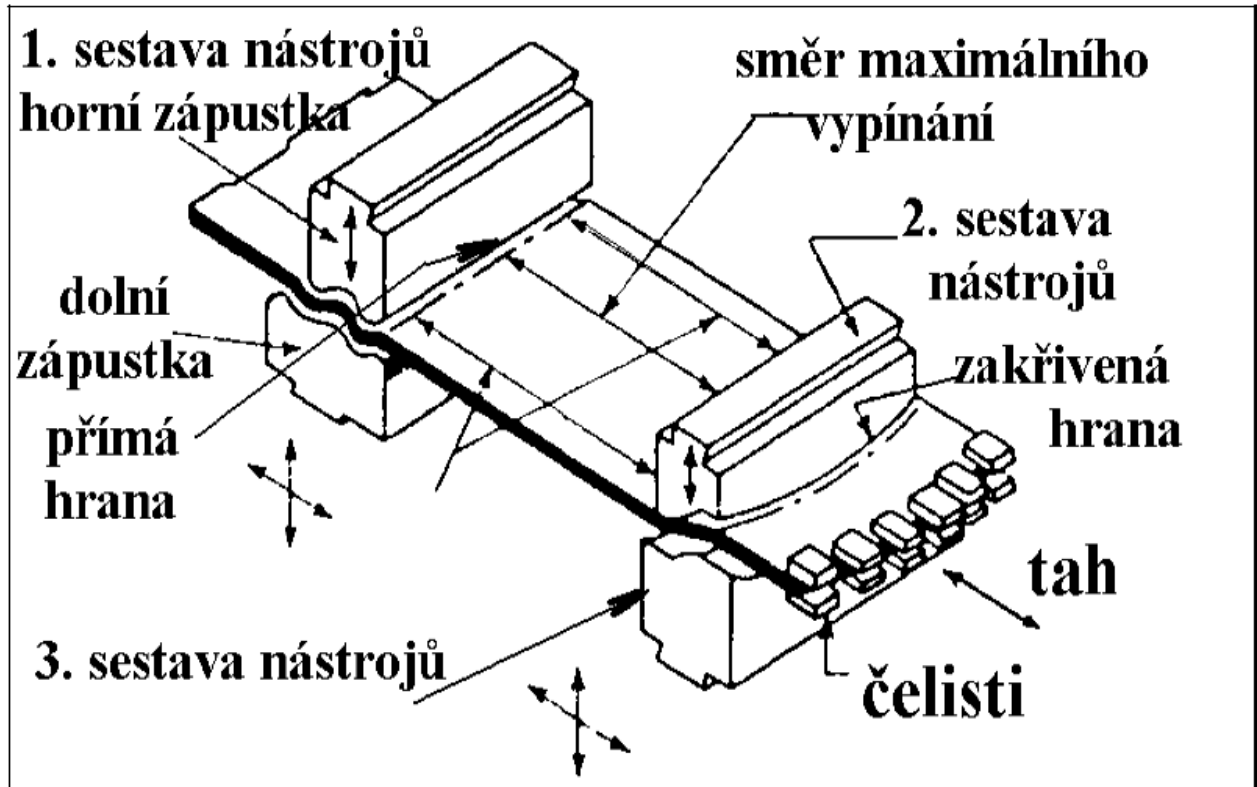
Jedná se o tváření při němž se vytváří spojovací část pro prostorově umístěné plechy, pásy nebo profily. Jako zařízení se používají mechanické a hydraulické lisovací zařízení se speciální zápusťkou. Z materiálů se především používají slitinové oceli, Al a Ti slitiny, Fe-Ni-Co superslitiny, Mo, Nb, Be, W slitiny. Tvarovací zápusťka je na obr.33.



obr.33 – Tvarovací zápusťka [4]

3.12.2. Prostorové vypínání (androforming)

Je to technologie prostorového tváření plechů za studena i za tepla. Požadovaného tvaru je dosaženo vytahováním plechu pomocí čelistí přes tři sestavy tvarovacích elementů. První sestava je tvořena párem přímých zápustek. Druhá a třetí je tvořena dvojicí tvarovacích zápustek, vzájemně nastavitelných v různých směrech pomocí vaček. Výsledný tvar je dán polohou třetí zápustky. Schéma technologie androforming je na obr.34. Jako zařízení je nutné použití Speciální stolice Androforming. Technologií androforming se vyrábí panely pro letecké konstrukce.



Obr.34 – Androforming [4]

4. *Progresivní technologie tváření plastů* [7]

Kromě klasické technologie vstřikování plastů existuje mnoho dalších způsobů vstřikování, které se řadí mezi speciální způsoby. Liší se například v parametrech procesu, v konstrukci nástroje a v kombinaci materiálů.

4.1. *Vstřikování plastů s podporou plynu*

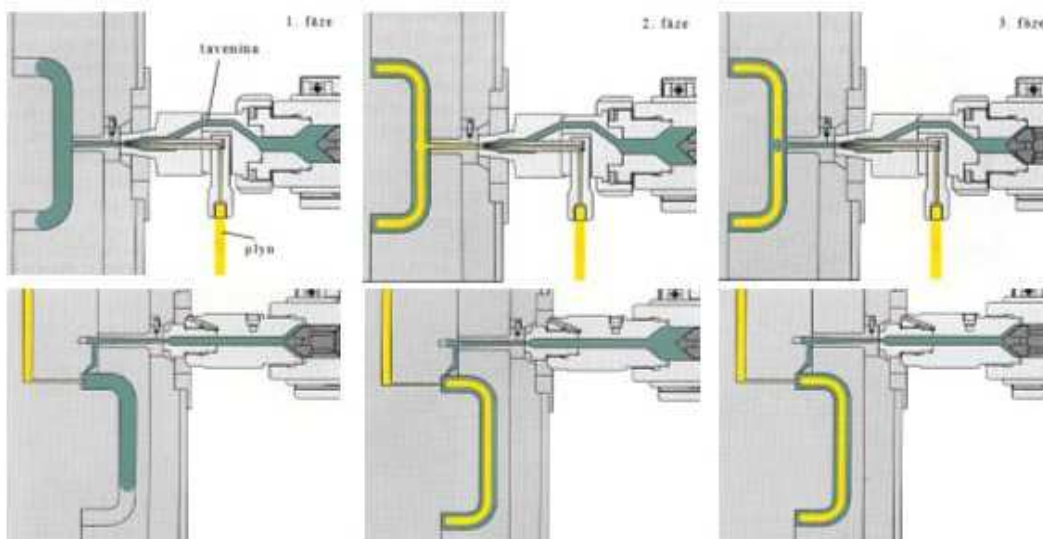
První ze speciálních technologií je technologie vstřikování s plynem (GIT - gas injection technology), u které se jedná o ekvivalent vstřikování termoplastů, vyvinutý v osmdesátých letech s možností vyrábět díly, které jsou vytvořeny „ničím“, kdy se do určitých míst výstřiku za účelem vytvoření dutiny přivádí plyn, většinou dusík, čímž se vytvoří výlisek o zdánlivě velkém průřezu, přičemž odpadne nutnost chladit velké množství roztavené plastické hmoty. Jako plynu je použito vysoce čistého dusíku (čistota min. 99,8 %) s možností jeho stlačování v rozsahu 10 až 30 MPa.

Výhodou GIT je snížení uzavíracích sil, snížení smrštění, zkrácení délky cyklu (zkrácení doby chlazení vlivem zmenšení tloušťky stěny při zachování chladicí plochy nástroje), snížení hmotnosti výrobku, nízká deformace ploch výrobků, vysoký stupeň tuhosti u dílů s žebry a zachování požadovaných mechanických vlastností a minimalizace deformací výstřiku, vzniku staženin a snížení spotřeby plastů včetně zlepšení poměru hmotnost – tuhost při zachování vysoké kvality povrchu.

Vlastní proces vstřikování je obdobný jako u klasické technologie vstřikování, tedy zavření formy, vstřik, dotlak, chlazení, otevření formy a vyhození výrobku. Tlak plynu zde však přebírá funkci dotlaku, je však nutné pomocí konstrukce tvaru (geometrická opatření) kontrolovat směr pohybu plynu. Žebra a rozdílné tloušťky stěn potom slouží k vedení plynu.

Při vstřikování s podporou plynu je nejdříve vstříknut plast a teprve potom plyn, protože při současném vstřikování by se plyn dostal na povrch výstřiku. S ohledem na velký rozdíl mezi viskozitou taveniny a plynu, vytváří se zcela jiný typ proudění, než je klasické proudění taveniny plastu. Plyn musí být přiveden do určeného místa výstřiku v přesně stanovený okamžik, kdy plast ještě nestačil ztuhnout vlivem dotyku se stěnou formy (důsledek chlazení) a nebo do míst, kde není tavenina plastu v nečinnosti. Z počátku se přivádí plyn o nižším tlaku, aby nedošlo ke vzniku povrchových vad (vytvoření dutiny). Po úplném naplnění tvarové dutiny formy se tlak plynu zvýší, aby se dosáhlo přesného dotvarování dílu. Kontrolu tlaku plynu provádí tlaková jednotka, která je součástí vstřikovacího stroje, a může být řízena jednak z hlediska kontroly objemu nebo tlaku. V zásadě však platí, že pro tekutější hmoty je potřeba nižší tlak a naopak.

Možnosti přívodu plynu za účelem vytvoření dutiny jsou v podstatě dvě, tryskou nebo injektorem s průměrem jehly 3 až 5 mm. U injektoru je nebezpečí ucpání jehly zbytky tavenin termoplastů při zpětném odsávání plynu. Varianty přívodu plynu jsou na obr.35

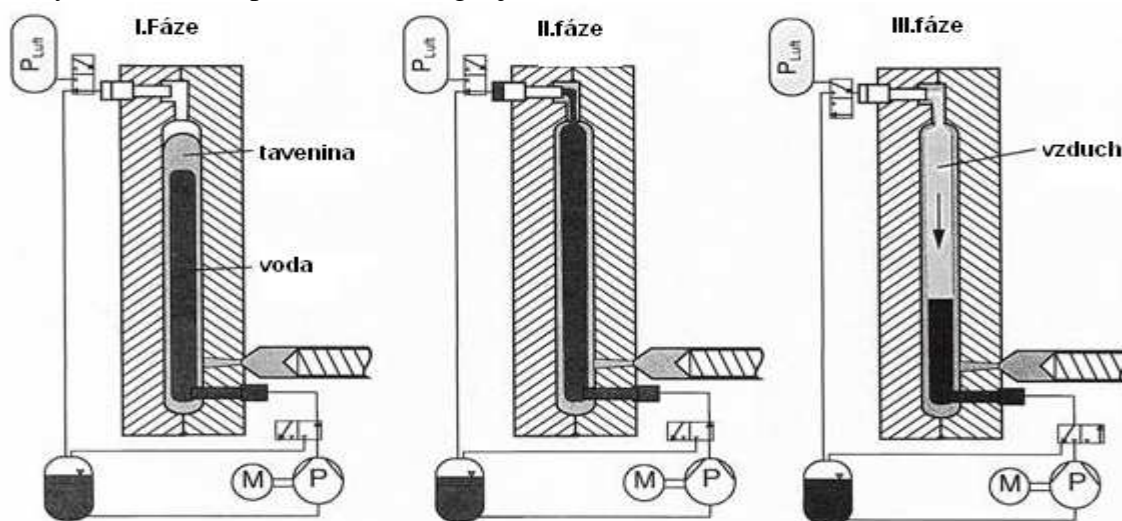


Obr.35 - Varianty přívodu plynu (nahore – tryskou, dole – jehlou, injektorem) [7]

4.2. Vstřikování plastů s podporou vody

Je to technologie, u které je voda vstřikována jednou nebo více pumpami do tekuté taveniny za účelem vytvoření dutiny. Vstřikování vody se provede tak, aby se vodan neodpařovala. Tedy teplota přivedené vody musí být volena podle zpracovávaného plastu. Čelo vody pak působí na plastické jádro jako vtačovaný píst. Účinek je navíc podpořen tím, že v oblasti přechodu vody a taveniny ztuhne tenká plastová membrána. Nakonec může být voda vytlačena z dílce tlakovým vzduchem, nebo odsáta zpět a nebo se vylévá mimo formu a přes zásobník se vrací zpátky do oběhu. Vstříknutí vody se musí provést dostatečně rychle, aby se zabránilo hydrolytickému rozkladu plastu.

V důsledku většího chladicího účinku vody oproti plynu se zkrátí doba chlazení i doba celého cyklu zhruba na 10 až 20 % doby u klasické technologie vstřikování. Výhody technologie WIT jsou srovnatelné s výhodami technologie GIT a technologii WIT lze použít i na výrobu dílců, které metodou GIT nelze realizovat. Zároveň mají vnitřní stěny výrobků velmi hladký povrch. Na druhé straně je technologie WIT použitelná jen u určitých tvarů plastových dílů. Princip WIT technologie je na obr.36.



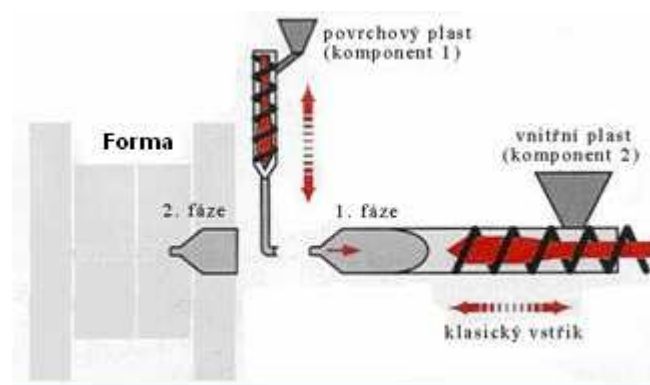
Obr.36 - Princip WIT technologie [7]

4.3. Vstřikování sendvičů

Vývojem a zavedením sendvičového vstřikování bylo možno zpracovávat recyklované materiály jako jádra vstřikovaných dílů. Sendvičové vstřikování dostalo název podle struktury vyráběných dílů - vnější stěny jsou z jednoho (prvního) materiálu a představují „slupku“, zatímco vnitřek dílu se skládá z druhého materiálu a představuje jádro. Tato struktura se vytváří v důsledku procesů proudění, při kterých se využívá laminárního proudění taveniny v dutině formy. Povrchová vrstva materiálu po prvním vstřiku se po ochlazení dotykem se stěnou formy již neposunuje a tím je vlastně uzavřen materiál jádra do materiálu povrchu. Plasty jsou však ještě dostatečně plastické na to, aby došlo ke spojení.

Technologický postup je rozdělen do dvou nebo tří kroků. Nejprve je do vstřikovací formy vstříknuta hmota, která tvoří kvalitní povrchovou vrstvu vstřiku a vzápětí je do plastického jádra vstříknuta hmota, tvořící jádro výrobku.

Jiný technologický způsob je založen na tom, že se před zplastikovaný materiál, který tvoří jádro sendviče, natlačí z pomocného extruderu povrchový materiál přímo před šnek a klasickým vstřikem dojde k vytvoření sendvičové struktury. Vždy se dávkuje přesně definované množství. Tento postup je zobrazen na obr.37



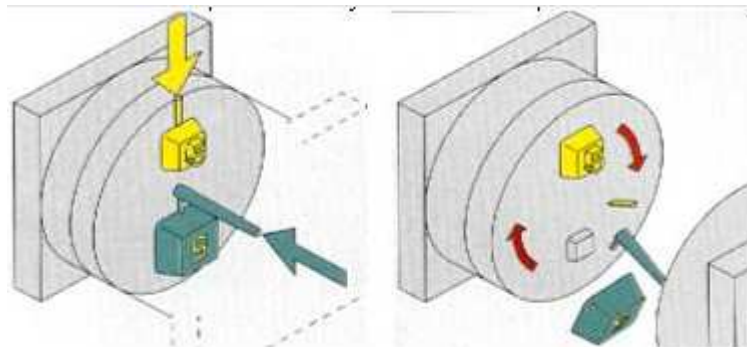
Obr.37 - Monosystém se dvěma plastikačními jednotkami [7]

4.4. Vícekomponentní nebo vícebarevné vstřikování

Technologie vícekomponentního nebo vícebarevného vstřikování umožňují na jednom výlisku kombinovat buď dva nebo více materiálů nebo dvě nebo více barev od jednoho druhu plastu. Tato technologie se rozvíjela postupně nejdříve od vstřikování více barev až po dnešní vstřikování dvou nebo více druhů polymerů, a to i nemísitelných. V případě nedostatečné adheze se musí provést úprava geometrie dílu tak, aby došlo „k zastříknutí“ spojovaných částí.

U těchto technologií nepřejímá funkci dotlaku plyn, voda nebo vnitřní materiál, ale dotlak je shodný s klasickou technologií vstřikování. Technologie vícekomponentního vstřikování se liší od klasického vstřikování pouze tím, že ke vstřikovací formě jsou připojeny dvě (dvoukomponentní vstřikování) nebo tři (tříkomponentní vstřikování) resp. čtyři (čtyřkomponentní vstřikování) vstřikovací jednotky.

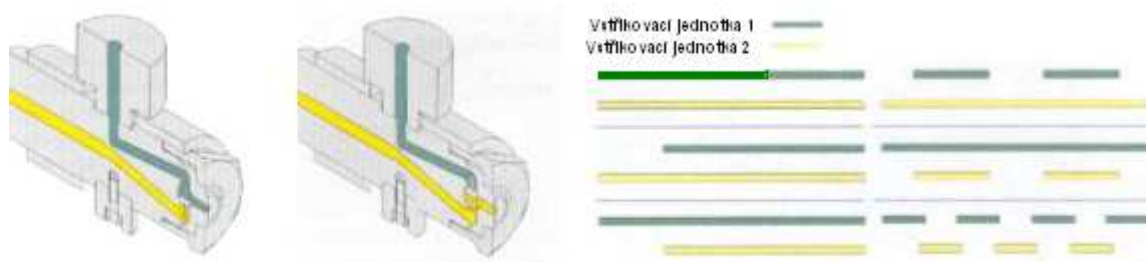
Nejrozšířenější a zároveň nejjednodušší variantou je dvoukomponentní vstřikování. V první fázi je nastříknut první materiál (nebo barva), ve druhé fázi, po přemístění výrobku do druhé pozice, se vstříkuje druhý materiál a dochází ke spojení dílu. Princip dvoukomponentního vstřikování je na obr.38



Obr.38 - *Princip dvoukomponentního vstřikování [7]*

4.5. *Intervalové vstřikování*

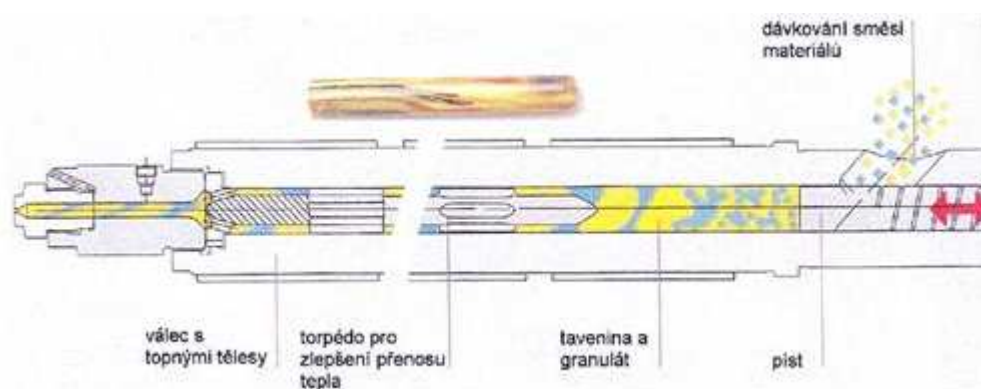
Zvláštním případem vícebarevného vstřikování je intervalové vstřikování, které je založeno na míchání dvou barevných odstínů ve speciální míchací trysce před vstřikem do dutiny nástroje. Na rozdíl od dvoukomponentního vstřikování zde nejsou jasné hranice mezi oběma odstíny, ale je docíleno smíchání dvou barev podle předchozích návrhů. Vstřikovací jednotky zde neústí přímo do vstřikovací formy, jako tomu bylo u vícebarevného vstřikování, ale přímo do míchací trysky. Vstřikovací jednotky jsou spárovány dohromady pomocí speciální intervalové jednotky, uvnitř které je umístěna speciální míchací tryska (stroje bez intervalové jednotky jsou potom používány pro dvoubarevné vstřikování). Zbarvení (promíchání barev) je ovlivněno nastaveným sekvenčním cyklem, tvarem vstřikovaného dílu, umístěním vtokového systému a tokovými vlastnostmi vstřikovaného materiálu. Princip intervalového vstřikování je popsán na obr.39



Obr.39 - *Princip intervalového vstřikování a příklad činnosti vstřikovacích jednotek během intervalového vstřikování [7]*

4.6. Mramorové vstřikování

Mramorování je výroba multikomponentních nebo multibarevných výrobků nehomogenním mísením polymerů. Namísto klasické šnekové plastikace je zde použit speciální hmotací člen, který má částečně tvar pístu, částečně tvar šneku. Plastikace je dosaženo postupným posouváním materiálu vpřed v tavicí komoře bez intenzivního promíchání. Kvůli nehomogenitě jednotlivých tavenin se na výrobku objevují různě intenzivní barevné oblasti. Nejčastěji se používá více barev od jednoho druhu polymeru. Princip technologie je na obr.40



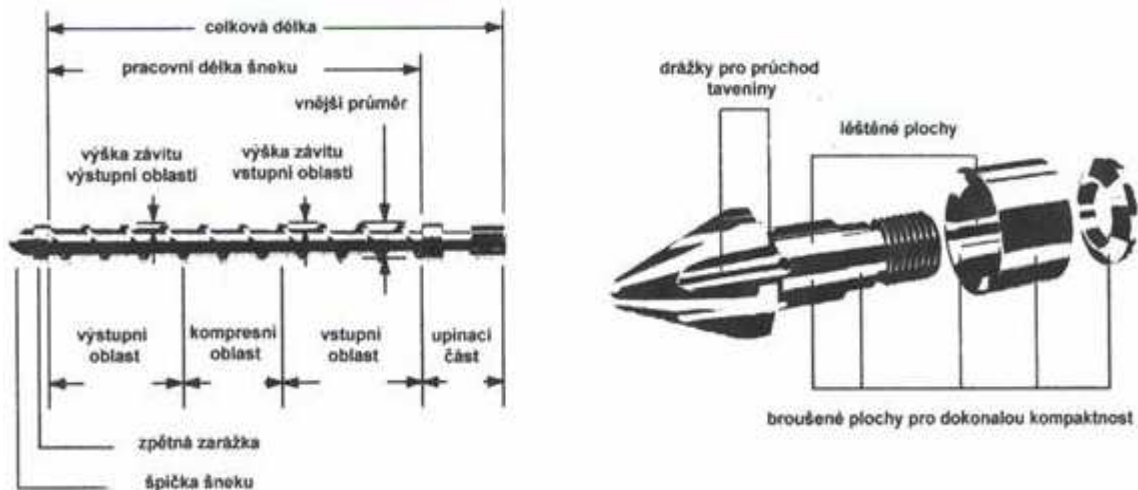
Obr.40 - Konstrukce vstřikovací jednotky u mramorového vstřikování [7]

4.7. Vstřikování plněných termoplastů

Termoplasty, plněné minerálními plnivými (krátkými nebo dlouhými vlákny), mají díky netavitelnému podílu anorganického materiálu v plastickém stavu větší vnitřní tření taveniny, než neplněné plasty. Ke vstřikování jsou nezbytné teploty nejméně o 10 °C vyšší. Rovněž tlaky, teplota formy a rychlost vstřikování jsou doporučovány vyšší, neboť taveniny plněných termoplastů rychle tuhnou a nedoporučuje se vyrábět díly s tloušťkou menší, než 2 mm. Délky šneků se doporučují v poměru 26 D.

V současné době se začínají prosazovat plněné plasty dlouhými vlákny (10 až 12 mm), což výrazně zvyšuje tuhost vyráběných dílů a s tím spojené i ostatní výhody, které přináší delší vlákna. Při zpracování (šnekování, plastikaci) sice dochází k rozlámání granulí, ale i přes tento nedostatek jsou výsledná vlákna mnohem delší, nežli u materiálu s krátkými vlákny (zhruba desetkrát). Plastikace se musí provádět velmi šetrně speciálně provedeným šnekem, který se může otáčet oběma směry. Konstrukce šneku pro plastikaci dlouhoválnových kompozitů je na obr.41

Výrobky, které byly získány touto technologií, mají zvýšenou tuhost, vysokou rázovou houževnatost, výbornou rozměrovou stabilitu a tyto vlastnosti si podržují i při extrémních teplotách.



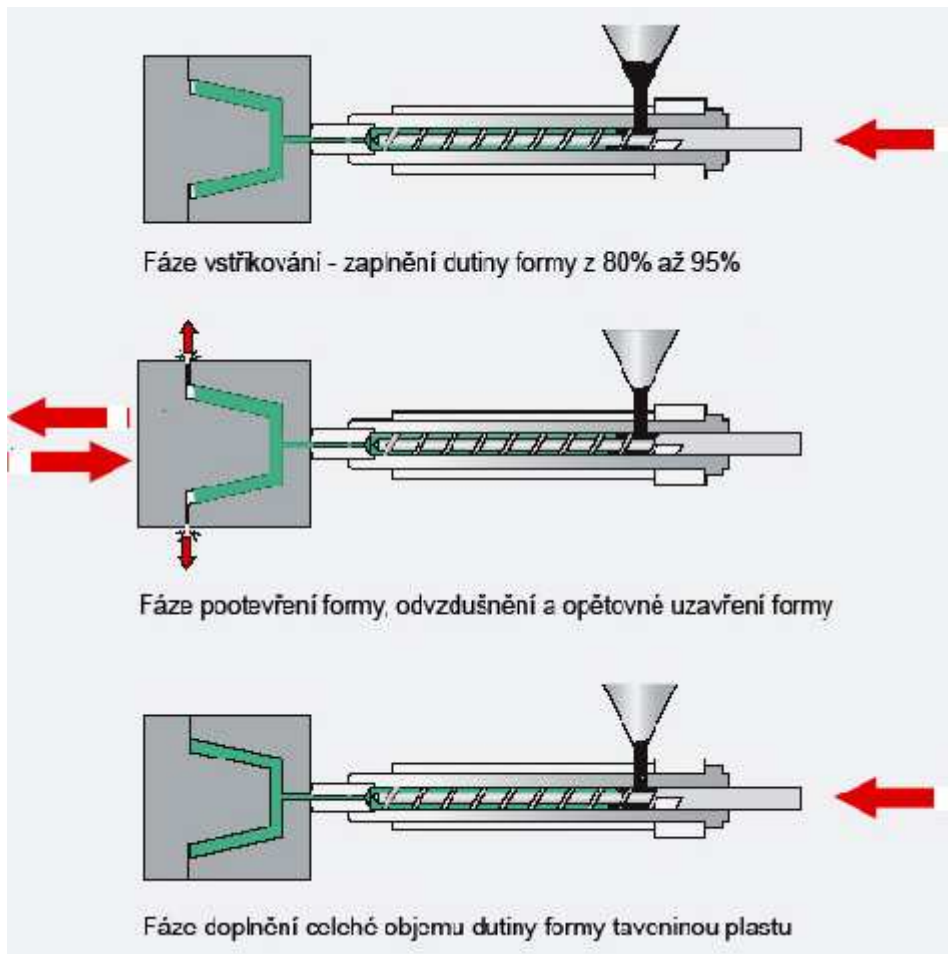
Obr.41 - Konstrukce šneku pro plastikaci dlouhovláknových kompozitů [7]

4.8. Vstřikování reaktoplastů

Kromě vstřikování termoplastů se mohou vstřikovat i reaktoplasty. V současné době se zpracovává asi 30 % reaktoplastů vstřikováním. Vstřikováním lze prakticky zpracovávat veškeré druhy reaktoplastů. Oproti lisování reaktoplastů má vstřikování tyto výhody: předejde hmotě, dávkování, plastikace a vstřikování se uskutečňuje v jedné jednotce, proces lze automatizovat, použití mnohem kratších vytvrzovacích časů, není zde technologický odpad.

Hlavní rozdíl mezi zpracováním termoplastů a reaktoplastů spočívá jednak v rozdílné závislosti viskozity na teplotě a jednak na tom, že místo doby chlazení je zde doba vytvrzování. Forma se nechladí, ale je vyhřívána na vytvrzovací teplotu 150 až 190 °C a doba cyklu je v podstatě dána dobou vytvrzování, kdy hmoty s lepší tekutostí potřebují delší vytvrzovací časy. Kromě těchto rozdílů se liší hlavně šnek, který má potlačenu kompresní část, aby nedošlo k přílišnému smykovému namáhání a tím k předčasnému vytvrzení. Reaktoplasty jsou plastikovány při relativně nízkých teplotách (45 až 115 °C) a poměr L/D šneku je v rozmezí 12:1 až 15:1.

Důležitou činností při zpracování je velmi dobré odvědušnění formy, neboť plyny, které vznikají při ohřevu reaktoplastů, se musí odvést z tvarové dutiny nástroje. Kromě klasických odvědušňovacích kanálů a způsobů odvědušnění se používá způsob pootevření formy po vstřiku, kdy během fáze vstřikování je do dutiny formy vstříknut objem taveniny 80 až 95 % objemu dutiny, následuje redukce uzavírací síly (otevření o 0,1 až 0,2 mm), odvědušnění, opětovné uzavření a doplnění objemu. Způsob odvědušnění formy je na obr.42



Obr.42 – proces odvzdušnění formy [7]

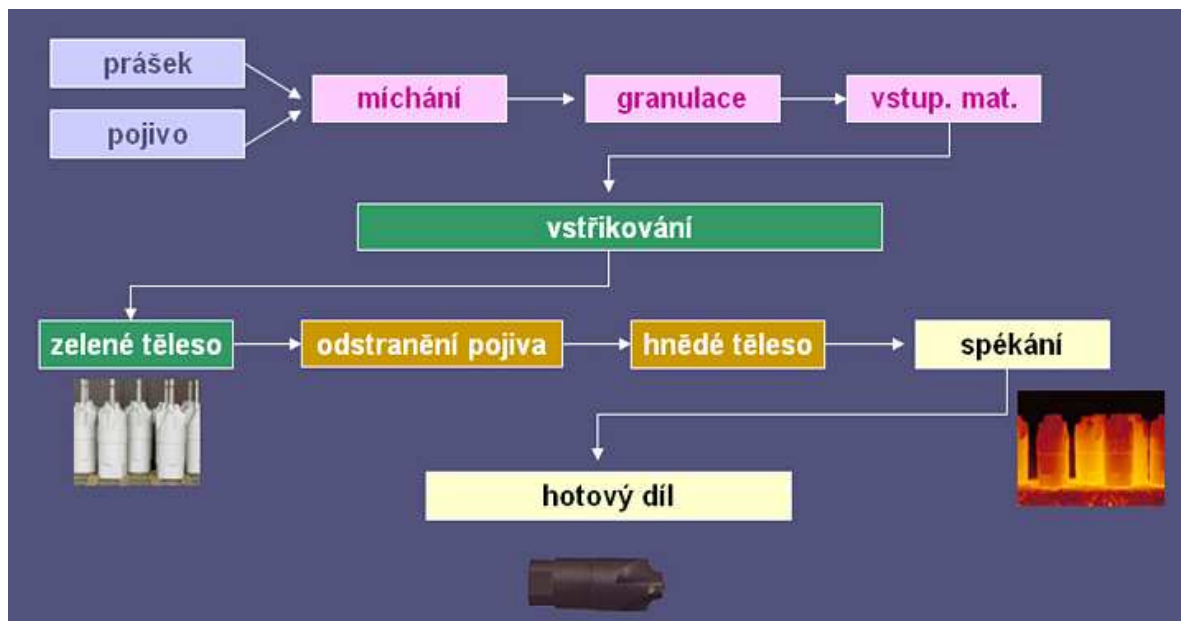
4.9. Vstřikování plastů s prášky

Vstřikování plastů s prášky - PIM (powder injection moulding) na bázi kovů, skla nebo keramiky, apod. se používá k výrobě vysoce přesných dílů s výbornou kvalitou povrchu, kdy polymer se používá pouze jako nosné pojivo - „lepidlo“ v prvních fázích vstřikovacího procesu. Touto technologií se vyrábějí díly pro automobilový a textilní průmysl, elektrotechniku a zdravotnictví.

Základním materiálem (plnivem) pro technologii vstřikování plastů s prášky jsou tvrdé kovy, oceli, karbidy křemíku, oxidy hliníku, porcelán, ale i měď. Tyto prášky se musí smíchat s plastem – pojivem, což je první fází výroby daného dílu, která končí spékáním.

Jednotlivé fáze procesu jsou následující: míchání prášku a pojiva, granulace, vstřikování (výsledkem je tzv. zelený výrobek), odstranění plastu (výsledkem je tzv. hnědý produkt), spékání a korekce povrchu. V první fázi procesu se tedy musí smíchat a zhomogenizovat potřebný prášek s plastem a následně se této směsi musí předat tvar v míchací a granulární jednotce. Objem plastu je v rozsahu 35 až 50 %. Tato směs je následně

zplastikována v tavicí komoře vstřikovacího stroje a vstříknuta pod vysokým tlakem a při vysoké teplotě do tvarové dutiny vstřikovací formy. Po ochlazení je výrobek, zelený produkt, vyjmut a přenesen do pece k vypálení polymeru. Vypálení polymeru se provádí v pecích při teplotě zhruba 450 °C a výsledkem je výrobek, hnědý produkt, s minimálním objemem plastu. Následuje spékání kovového nebo keramického prášku v pecích při teplotách (do 2000 °C), odpovídajících použitému druhu prášku. Výsledné díly jsou homogenní a vykazují izotropní smrštění, které je výrazně vyšší, než u klasické technologie vstřikování. Fáze procesu jsou na obr.43



Obr.43 – Schéma principu vstřikování plastů s prášky – PIM [7]

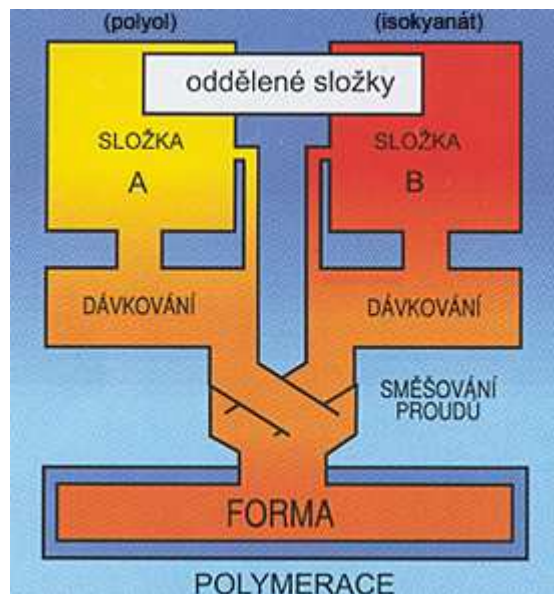
4.10. Reakční vstřikování

Reakční vstřikování – RIM (reaction injection moulding) spočívá ve vstříknutí kapalné směsi do uzavřené dutiny formy, kde proběhne polymerace materiálu s vytvrzením složek. Reakční vstřikování je výrazně odlišné od klasické technologie vstřikování, protože reakční směsi (např. isokyanát a polyol) jsou nízkoviskózní hmoty.

Výhody technologie reakčního vstřikování

- nízká viskozita hmoty a z toho plynoucí možnost výroby velkých dílů nízkými tlaky při nízkých investicích do výroby
- díly bez vnitřního pnutí, dodatečných deformací a propadlin i pro rozdílné tloušťky stěny
- vlastnosti materiálu (mechanické vlastnosti, tečení, vytvrzovací doba) lze ovlivnit dle požadavků výroby
- vstřik hmoty v monomerním stavu, čímž nedochází k deformaci polymerních řetězců a tedy k deformacím výrobků a k velkým smrštěním,
- vstřik hmoty do formy o vyšší teplotě, nežli je teplota hmoty, v důsledku čehož nedochází ke zvyšování viskozity hmoty během procesu.

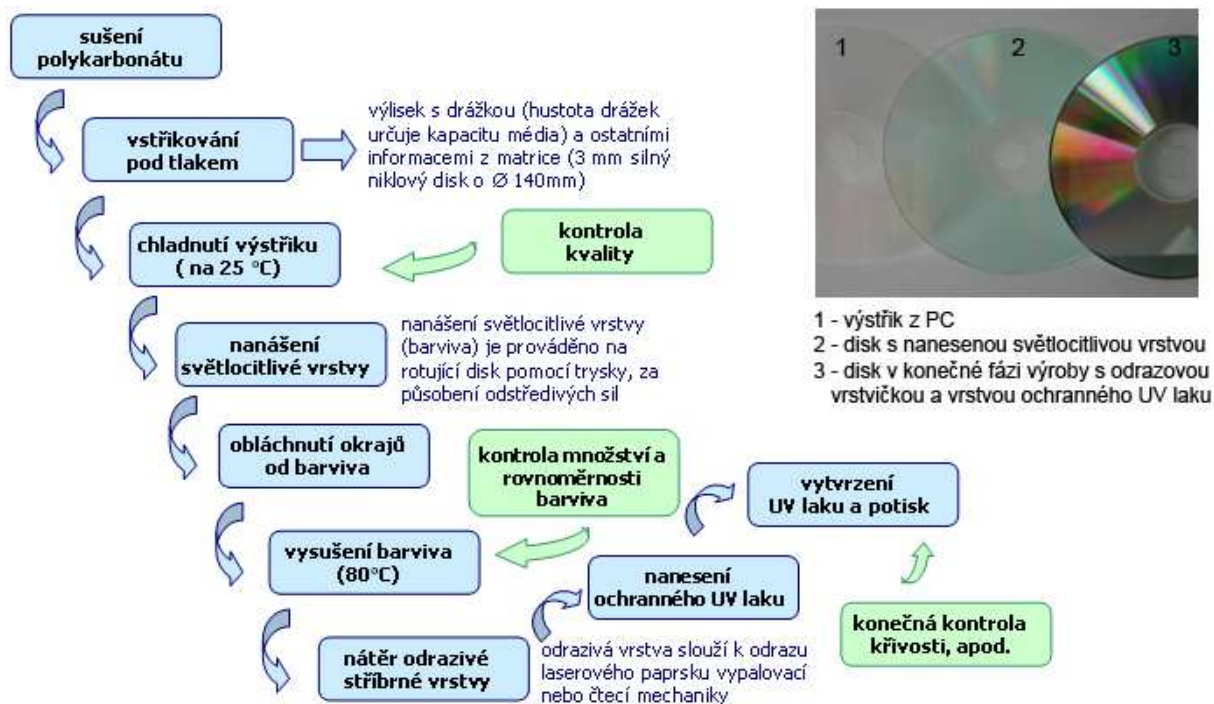
V technologii reakčního vstřikování jsou hmoty připravovány odděleně a k jejich smíchání dojde před vstřikováním do vyhřáté formy. Tlak vstřikování je velice malý (okolo 0,35 MPa), takže uzavírací síly jsou mnohem menší a formy jsou obvykle mnohem lehčí a levnější, než formy pro „klasické“ vstřikování. Polymer je buď vytvrzen ve formě a nebo je částečně vytvrzován ve formě a následně se vytvrzování dokončí na odděleném netlakovém upínacím přípravku, zatímco pokračuje nový cyklus. Typický cyklus je 50 % pro vytvrzování ve formě a 50 % pro vytvrzování na vzduchu. Schéma principu reakčního vstřikování je na obr.44



Obr.44 - Schéma principu reakčního vstřikování [7]

4.11. Vstřikování s dolisováním, kompresní vstřikování

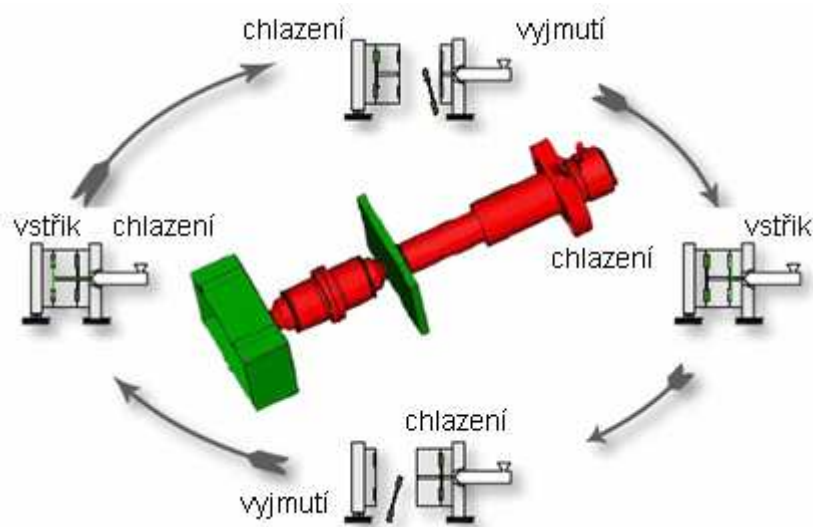
Vstřikování s dolisováním – CIM (compress injection moulding) je technologie, u které je tavenina vstřikována do pootevřené vstřikovací formy a následně je materiál dotvarován, dotlačen, vyvozením programově řízené uzavírací síly. V první fázi proces začíná otevřením formy do předem stanovené pozice. Ve druhé fázi probíhá vlastní vstřikování a potom následuje po naplnění formy stanoveným objemem dotlaková fáze, a to vyvozením plné uzavírací síly. Uzavírací systém přejímá funkci dotlaku. Tato technologie má poměrně dost alternativ a používá se např. k výrobě CD (obr.45) nebo DVD. Technologie vstřikování s dolisováním umožňuje dosáhnout vysokých přesností rozměrů, nízkých hodnot smrštění, deformací a vnitřních pnutí, protože tlak působí přímo na materiál a to v celém objemu najednou.



Obr.45 - Schéma postupu výroby CD disků za pomoci technologie vstřikování s dolisováním [7]

4.12. Tandémové vstřikování

Princip tandémového vstřikování spočívá v tom, že ve vstřikovací formě jsou dvě protilehlé dutiny s výrobky, které jsou v přesně stanovených cyklech plněny, dotlačovány a chlazeny, stejně jako u klasického vstřikování, ale pomocí samostatných vstřikovacích jednotek. Princip je tedy založen na tom, že zatímco v jedné dutině probíhá proces otevření, vyhození výrobku a zavření formy, plnění a dotlaku, tak ve druhé dutině probíhá proces chlazení. Vstřikovat můžeme výrobky stejného objemu, ale i objemu rozdílného. Princip tandémového vstřikování je na obr.46



Obr.46 – Princip tandémového vstřikování [7]

4.13. Vstřikování taveninou o vysokém tlaku

Tento proces vstřikování je založený na vstřikování taveniny, která je pod vysokým tlakem, do uzavřené dutiny formy. V první fázi je tryska stroje, která je vybavena pneumatickou jehlou, uzavřena a plastikační jednotka stroje plastikuje materiál stejně, jako u konvenčního vstřikování. Ve druhé fázi, po skončené plastikaci, je tavenina stlačována mezi uzavřenou tryskou a čelem šneku pohybem šneku vpřed do dosažení předem stanovené pozice. Kompresní tlak je v závislosti na výrobku v rozsahu 100 až 250 MPa, nastává zmenšení objemu. Tavenina je udržována pod vysokým tlakem i z hlediska dosažení teplotní homogenity. Ve třetí fázi je tryska otevřena, tavenina relaxuje a zvětšuje svůj objem, tedy dochází k plnění dutiny formy. Působením dotlaku dochází k redukci smrštění.

4.14. Vstřikování strukturních pěn

Výrobky ze strukturních pěn mají kompaktní povrchovou vrstvu a napěněné jádro. Plasty pro výrobu strukturních pěn jsou nadouvány přídatkem 0,7 až 3 % chemického nadouvadla nebo fyzikálně přídatkem uhlovodíků a výrobky jsou ve fázi plnění dutiny formy asi o 10 % vypěněny. Plasty, používané pro strukturní pěny, jsou ABS, PA, PEI, LDPE, HDPE, PPE, PPO, PC, PP, PS, PBT. Objemem přidaného nadouvadla lze získat buď lehký nebo těžký výstřik. Kromě toho se vylepšila tato technologie tak, že dle nového způsobu se při použití vhodné konstrukce formy vstřikuje tvrdá pěna do měkké pěny, čímž se dosáhne různého složení na místech, kde je to potřeba. Ukázky výrobků jsou na obr.47

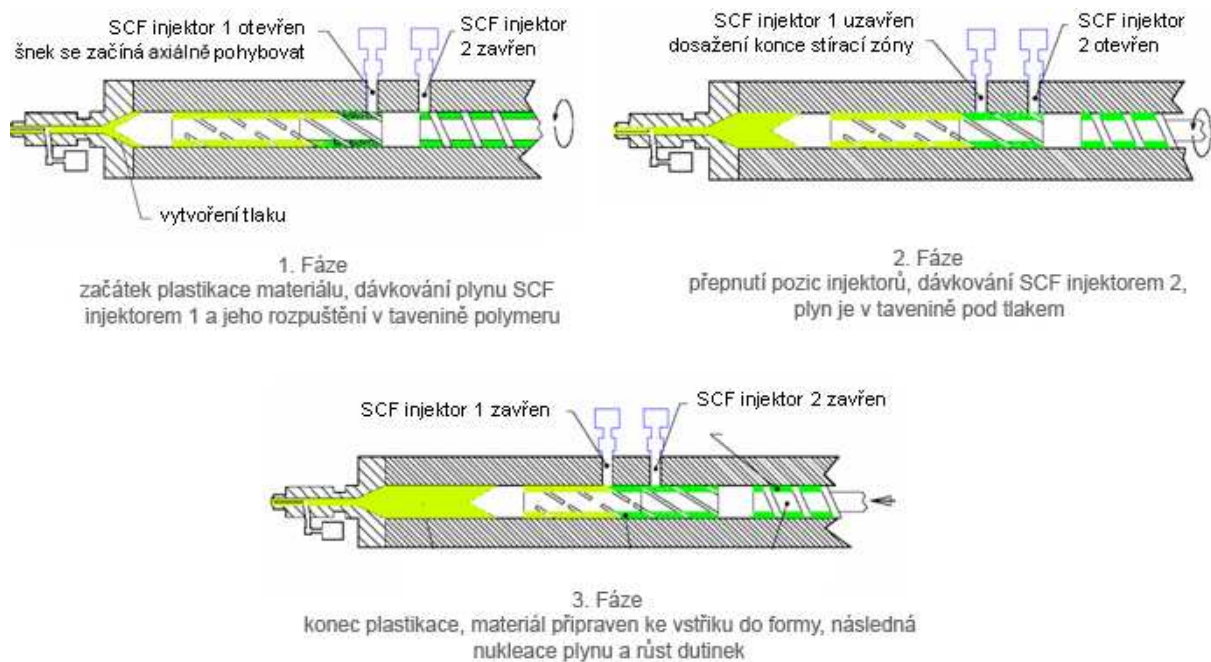


Obr.47 – Příklady aplikací technologie vstřikování strukturních pěn [7]

Mezi velmi známé způsoby výroby strukturních pěn patří použití fyzikálního nadouvadla, pentanu, v polystyrénu (PS) – strukturní polystyrén. Hustota konečného výrobku je kolem 10 kg.m^{-3} . Rozeznáváme dva způsoby výroby konečných polotovarů nebo

dílů. V prvním případě jsou kuličky PS ohřívány horkou párou na teplotu 100 °C, při které dochází k jejich předpěnění. Následuje plnění dutiny uzavřené formy, kde se předpěněné kuličky dopění pod účinkem teploty kolem 120 °C. Druhý způsob je založen na plném vypěnění v dutině nástroje.

Dalším speciálním procesem výroby strukturních pěn je použití dusíku – technologie „Mucell“, kterou je možné aplikovat pouze se speciálním vybavením. Výhodou tohoto systému je rovnoměrnost rozložení a velikost jednotlivých dutin ve struktuře strukturních pěn oproti klasické technologii výroby strukturních materiálů. Princip technologie Mucell je na obr.48



Obr.48 – Princip technologie mikrobuněčného vstřikování mucell [7]

4.15. Nízkotlaké vstřikování

Nízkotlaké vstřikování je alternativou klasického vysokotlakého vstřikování. Nízký tlak je jak na straně vstřiku, tak i na straně uzavírací jednotky. Výhodou je snížení velikosti stroje, nízké napětí a vnitřní pnutí ve výrobku, dostatečná velikost dílů, nízká cena nástroje. S výhodou se používá vícepolohových strojů s několika samostatnými nástroji, které se otáčejí k jednotlivým pozicím. Každý nástroj má vlastní uzavírací systém. Použití je vhodné pro delší vstřikovací cykly. Vícepokojový stroj s ukázkami výrobků je na obr.49



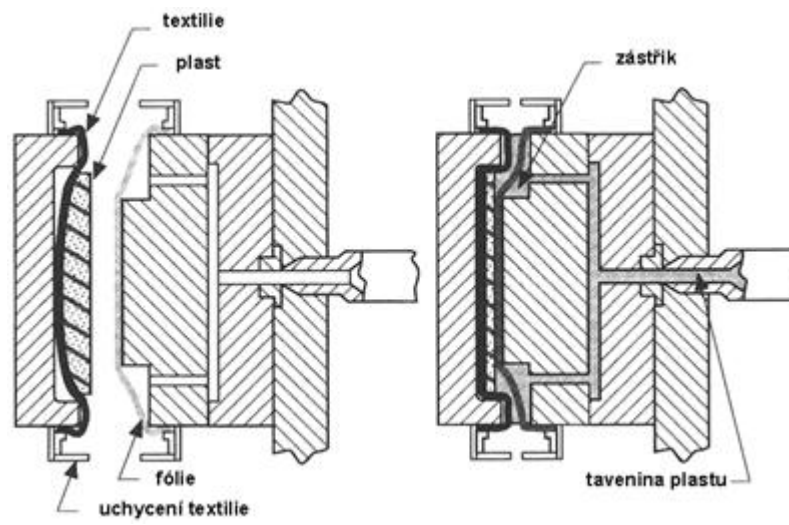
Obr.49 - Vícepolohový stroj s ukázkami výrobků [7]

4.16. Technologie zastříkávání, hybridní technologie

Principem hybridních technologií (in-mould technolgy) je ta skutečnost, že tavenina plastu je nastříknuta na jiný materiál (kov, textilie, aj.) a dojde ke spojení těchto dvou materiálů a ke vzniku jednoho výrobku s lepšími vlastnostmi. Zároveň dojde k úspoře hmotnosti materiálu plastu, ke zlepšení korozní odolnosti, vzhledu, apod. Technologie je založena na vkládání různých materiálů ve formě polotovaru nebo předtvarovaného dílu do dělicí roviny vstřikovací formy pro zlepšení vzhledových vlastností výrobku nebo pro výrobu dílů s vysokou kvalitou povrchu. Princip technologie je na obr.50

Textilie a tkaniny z různých materiálů jsou do formy umístěny předem, proto se dá velice dobře řídit orientace vláken a jejich hustota ve výsledném dílu. Procentový obsah vláken musí být vysoký, aby se zabránilo tomu, aby polymer odplavil vyztužující vlákna mimo původní umístění. Vstříknutím plastu změní svou polohu asi 30 % vláken. Výroba probíhá v současnosti dvěma způsoby. Prvním z nich je použití rozsekaných vláken v kapalném pojivu, které se nanášejí na povrch formy a následně se zastříknou plastem nebo se plast vstříkne na souvislou tkaninu. Prvním technologickým postupem se dají dosáhnout složitější tvary, avšak je zde menší možnost řízení orientace vláken a tento postup je velice pracný, zatímco druhý postup je mnohem lépe automatizovatelný, ale může vést k nepříjemným změnám hustoty v různých místech vyráběného dílu. U fólií tento problém odpadá.

Princip technologie zastříkávání textilií



Obr.50 – Princip technologie zastříkávání textilií [7]

5. Závěr

V bakalářské práci se věnuji progresivním metodám ve výrobě tvářených součástí. Popis technologií jsem rozčlenil na tři části. V první části uvádím průřez konvenčními technologiemi tváření. V druhé části se zabývám progresivními technologiemi ve tváření kovů a podrobně jednotlivé technologie popisují. Ve třetí části se zabývám nekonvenčními technologiemi tváření plastických hmot.

Existuje mnoho hledisek, kterými můžeme zhodnotit technologie tváření. Ovšem každá technologie má své výhody a nevýhody. Upřednostnit progresivní technologie před klasickými proto paušálně nejde.

Pro pracovníky mají své výhody klasické technologie, protože s nimi mají dlouholeté zkušenosti a poznatky. Důvodem pro tyto metody je zpravidla množství strojů, které pro konvenční metody tváření mají ve výrobě. Stroje přinášejí podniku zisk a menší opravy většinou zaměstnanci zvládnou sami. Další možností je například renovace, kdy cena renovace je finančně příznivější, než nákup nového stroje pro progresivní technologie.

Přidržovače, a přípravky jsou potřebné v mnoha případech tváření, ovšem bývají velmi univerzální a dají se použít současně na několik nástrojů pro tváření. Například výrobní jednotka se sklady s velkým množstvím přípravků pro tažení, kde vyjde levněji upravit starší velmi podobný nástroj a využít tak zkušeností podniku, než nakoupit nové stroje.

Pro speciální metody tváření se v mnoha případech používají stroje, které jsou energeticky málo náročné, jak z hlediska konstrukce, tak i na práci vynaloženou na výrobu jednoho kusu výrobku. Na novou technologii nemusí být vždy za potřebí použití nového stroje. Na některé starší stroje se mnohdy dají aplikovat progresivní technologie za pomoci drobných úprav, například přidáním hydrauliky. Ovšem některé postupy jsou natolik odlišné, že je pořízení nového stroje nevyhnutelné.

Volba technologie se odvíjí od možností výrobce. Starším podnikům se vyplatí používat konvenční technologie, popřípadě tyto technologie modernizovat. Nákup nové technologie se vyplatí, pokud dostanou zakázku, která by tuto technologii zaplatila. Nově vznikajícím podnikům se vyplatí již při budování nakoupit technologie nekonvenční a budou tak moci lépe konkurovat na poli strojírenského průmyslu.

Seznam použitých zdrojů

[1],: http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/opory_soubory/technologie_tvareni/obsah.htm

[2],: www.azom.com

[3],: <http://www.flott.sk/cz>

[4],: <http://www.345.vsb.cz/jiripetruzela/Texty/Nekonveneni>

[5],: PÁSEK, V. a kolektiv : Pokrokové způsoby tváření. Praha: SNTL. 1964

[6],: <http://www.mmspektrum.com/>

[7],: http://www.ksp.vslib.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/11.htm