

Elektronická podpora výuky zpracování plastů vstřikováním

Hana Lédlová

Bakalářská práce
2006



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

ABSTRAKT

Námětem mé bakalářské práce je přiblížení problematiky e-learningu a následné aplikace do praxe. Mým úkolem je vytvoření průvodního materiálu pro výuku zpracování plastů vstřikováním, jak v tištěné tak elektronické podobě pomocí Microsoft Office Power Pointu.

Klíčová slova: elektronická podpora, polymerní materiály, vstřikovací stroje a periferie, nástroje pro vstřikování, technologie vstřikování, vady výstřiků

ABSTRACT

My bachelor thesis is about e-learning, and its application into the practical life. The main aim is creating guide book which is going to support teaching processing plastics by injection moulding. This material will be available like a dokument and a presentation of each chapter, as well.

Keywords: electronical support, polymer materials, injection moulding machines and their peripheries, injection moulding components, injection moulding technology, injection moulding defects

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych ráda poděkovala vedoucímu mé bakalářské práce panu Ing. Zdeňkovi Dvořákovi, CSc. za odborné vedení, podnětné rady a připomínky při zpracování této bakalářské práce. Dále bych chtěla poděkovat paní Ing. Monice Skalické za to, že mi umožnila nahlédnout do materiálů firmy RAWELA, s.r.o., se sídlem v Žichlíčku 162 a získat tak potřebné podklady ke zpracování poslední kapitoly, zabývající se vadami při vstřikováním.

Souhlasím s tím, že s výsledky mé práce může být naloženo podle uvážení vedoucího bakalářské práce a ředitele ústavu. V případě publikace budu uvedena jako spoluautor.

Prohlašuji, že jsem na celé bakalářské práci pracovala samostatně a použitou literaturu jsem citovala.

Ve Zlíně, 05. 06. 2006

.....

podpis

OBSAH

ÚVOD.....	7
I. TEORETICKÁ ČÁST	9
1 ELEKTRONICKÉ PODPORY	10
1.1 Co je to e-learning.....	10
1.2 Komu slouží.....	10
1.3 Lektor versus e-learning	11
1.4 Přínosy	11
1.5 Bariéry	12
1.6 Standardy	12
2 POLYMERŇÍ MATERIÁLY	14
2.1 Plasty – jejich charakteristika	14
2.1.1 Vliv tepla na vlastnosti plastických hmot.....	15
2.1.2 Rozdělení plastů	15
2.2 Vliv vstřikovacího procesu na strukturu polymerů.....	16
2.2.1 Stav termoplastů	16
2.2.2 Orientace.....	17
2.2.3 Krystalizace	19
2.2.4 Vnitřní pnutí	21
2.2.5 Volné deformace.....	22
2.2.6 Smrštění výstřiku	23
2.2.7 Teplotní napětí.....	25
2.3 Tabulky vlastností polymerních materiálů.....	25
2.3.1 Tab. 1. Mechanické vlastnosti	26
2.3.2 Tab. 2. Tepelné a elektrické vlastnosti	26
2.3.3 Identifikace plastů	26
2.3.4 Chování při tavení	26
2.4 Důležité prvky při zpracování plastů.....	26
2.5 Termoplasty podle typu a doporučení ke zpracování	28
2.5.1 Polyolefiny	28
2.5.2 Polyvinylchlorid (PVC).....	30
2.5.3 Styrenové polymery.....	31
2.5.4 Polymethylmetakrylát (PMMA).....	33
2.5.5 Polyamidy (PA).....	33
2.5.6 Polyformaldehyd (polyoximethylen, POM).....	35
2.5.7 Polykarbonát (PC)	35
2.5.8 Lineární polyestery	36
2.5.9 Estery celulosy.....	37
2.5.10 Lineární polyuretan (PUR)	38
2.6 Reaktoplasty podle typu a doporučení ke zpracování.....	38
2.6.1 Fenoplasty (PF)	38
2.6.2 Melaninové plasty (MF)	39
2.6.3 Nenasycené polyestery plněné skleněnými vlákny (UP).....	39
2.7 Další materiály ke vstřikování.....	39
2.8 Přísady do plastů ovlivňující jejich vlastnosti.....	40
3 VSTŘIKOVACÍ STROJE A PERIFERIE.....	42
3.1 Uzavírací jednotka.....	42
3.1.1 Hydraulické uzavírací ústrojí - přímé	43
3.1.2 Hydraulické uzavírání s mechanickým závorováním.....	43
3.1.3 Hydraulicko-mechanické uzavírací ústrojí	44
3.1.4 Elektromechanické uzavírací ústrojí.....	46

3.1.5	Energetická náročnost uzavíracího ústrojí.....	46
3.2	Vstříkovací jednotka	47
3.2.1	Vstříkovací jednotka bez předplastikace	48
3.2.2	Vstříkovací jednotka s předplastikací.....	49
3.2.3	Vstříkovací trysky	50
3.3	Hydraulické obvody	51
3.3.1	Čerpadla.....	52
3.3.2	Ventily a šoupátka	54
3.3.3	Propojovací vedení	55
3.3.4	Hydraulické kapaliny.....	55
3.3.5	Filtry	56
3.3.6	Nádrže.....	56
3.4	Uspořádání vstříkovacích strojů	57
3.5	Řízení a regulace	57
4	NÁSTROJE PRO VSTŘIKOVÁNÍ	59
4.1	Určení optimální násobnosti	59
4.1.1	Faktory ovlivňující stanovení násobnosti forem	59
4.2	Řešení vtokové soustavy	60
4.2.1	Rozváděcí vtokové kanály	61
4.2.2	Vtokové ústí.....	61
4.3	Vyhazování výstříků z formy	64
4.4	Chlazení vstříkovacích forem	66
4.5	Druhy vstříkovacích forem	67
4.6	Konstrukční řešení forem	68
4.6.1	Jednoduché vstříkovací formy.....	68
4.6.2	Vstříkovací formy třídičné a s oddělováním vtokového zbytku	69
4.6.3	Čelistové vstříkovací formy	72
4.6.4	Formy pro výstříky se závitem	73
4.7	Zásady pro upínání a seřizování forem	75
5	TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ.....	78
5.1	Princip vstříkování	78
5.1.1	Plastikace	79
5.1.2	Vstříknutí taveniny do formy	79
5.1.3	Dotlak	80
5.1.4	Chladnutí hmoty ve formě.....	81
5.1.5	Smrštění.....	81
5.2	RIM technologie.....	81
5.2.1	Uplatnění a princip RIM technologie	81
5.2.2	Popis stroje	82
5.2.3	Výroba forem.....	82
5.2.4	Materiály.....	83
5.2.5	Výhody RIM technologie	83
5.3	Technologie rapid prototyping	84
5.3.1	Podstata RP technologie	84
5.4	Technologie zpracování plastů MuCell.....	86
5.4.1	Charakteristika procesu	86
5.4.2	MuCell už v současné nabídce strojů a plastů	87
5.5	Technologie Outsert.....	88
5.5.1	Vícenásobné vstříkování	88
5.5.2	Princip technologie	89
6	VADY VÝSTŘÍKŮ	90

6.1	Povrchové prohlubeniny	91
6.2	Vnitřní dutiny (staženiny).....	92
6.3	Tokové stopy po přepálení.....	92
6.4	Stopy po vlhkosti.....	93
6.5	Tokové stopy po vzduchu.....	94
6.6	Stopy skleněných vláken	94
6.7	Změny barvy	95
6.8	Nedostatky lesku	95
6.9	Matná místa u vtoku.....	96
6.10	Jemné rýhování (efekt gramofonové desky).....	96
6.11	Studené vměstky	97
6.12	Stopy po spálení stlačeným vzduchem.....	97
6.13	Černé tečky.....	98
6.14	Bubliny.....	98
6.15	Studený spoj.....	99
6.16	Provazcový tok.....	100
6.17	Odlupování.....	100
6.18	Přetoky.....	101
6.19	Nedostřík	101
6.20	Stopy po vyhazovačích	102
6.21	Porušení při vyhazování.....	102
6.22	Bílý lom, napěťové trhliny	103
6.23	Příliš velké rozměry	103
6.24	Příliš malé rozměry.....	104
II. PRAKTICKÁ ČÁST.....		106
ZÁVĚR.....		108
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY		109
SEZNAM OBRÁZKŮ.....		110
SEZNAM TEBULEK		112
SEZNAM PŘÍLOH.....		113
PŘÍLOHA PI: TABULKY VLASTNOSTÍ POLYMERNÍCH MATERIÁLŮ		114
PŘÍLOHA PII: OBSLUŽNÉ KARTY		119
PŘÍLOHA PIII: OBRÁZKY KE KAPITOLE 6 VADY VÝSTŘIKŮ		123
PŘÍLOHA PIV: CD		135

ÚVOD

Zadáním mé bakalářské práce je zhotovení učebních textů, které budou sloužit potřebám školení a rekvalifikačních kurzů zabývajících se obsluhou a seřizováním vstřikovacích strojů. Celá práce má za úkol osvětlit tuto problematiku v oblasti teoretických i praktických znalostí.

Mnoho firem vidí technologii vstřikování jako velice perspektivní a proto ji zavádí do své výroby. V daném regionu lanškrounska je o školení a rekvalifikační kurzy veliký zájem. Jelikož na trhu práce tito odborníci chybí, přišla Střední odborná škola a Střední odborné učiliště v Lanškrouně s nápadem, zavést rekvalifikační kurzy do svého programu.

Přibližně před dvěma roky jsem se podílela na školení pro pracovníky firem, kteří navštěvovali kurz zabývající se seznámením s počítačem a ovládnutím základních funkcí a operací při práci s Microsoft Office. Díky tomu mi byla nabídnuta opětovná spolupráce týkající se zpracování podkladů v oblasti obsluhy vstřikovacích strojů.

Protože se v dnešní době velice často setkáváme s využitím výpočetní techniky ve vzdělávání, jsou mé podklady zhotoveny nejen v tištěné, ale i v elektronické formě. Tištěná forma slouží účastníkovi jako klasická učebnice, podle které se bude připravovat na lekce. Elektronická forma, vytvořená pomocí programu Microsoft Office Power Point, je určena lektorovi. Na základě ní povede svůj kurz.

Celá má bakalářská práce se skládá ze dvou hlavních částí. První se zabývá přiblížením a osvětlením pojmu e-learning. Jeho integrací do klasického vzdělávacího procesu. „E-learning není nic jiného než efektivní využívání Informačních Technologií v procesu vzdělávání.“

Druhou částí je zhotovení samotného podkladu pro rekvalifikační kurz. V něm se nachází stručné uvedení do problému vstřikování plastů. To znamená, že zde student najde informace nejen o polymerních materiálech, jejich struktuře, rozdělení ale i o samotném procesu vstřikování a také o stavbě stroje a jeho obsluze.

Tato část je doplněna o přílohu PII v níž je ukázka obslužných karet využívaných při práci vstřikovacího stroje firmou Isolit - Bravo, s.r.o. a dále o přílohu PIII v které je obrazová dokumentace vad při vstřikování, tu jsem získala od firmy Rawela, s.r.o.

Celá bakalářská práce má ještě jednu samostatnou přílohu PIV, a to ve formě CD, na níž se nachází prezentace jednotlivých kapitol zhotovená v Microsoft Office Power Pointu.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 ELEKTRONICKÉ PODPORY

Na otázku jak zlepšit vzdělávání sebe sama i ve své firmě nám může pomoci odpovědět e-learning. Ten dělá z učení adresný, individuální, interaktivní a poutavý proces, který je integrován do každodenního života studenta.

Je to vlastně elektronický vzdělávací kurz, který se celý odehrává v prostředí internetu a nabízí bohatou, poutavou a interaktivní výukovou zkušenost.

1.1 Co je to e-learning

V současném světě, kdy informace je hybnou silou obchodu, již asi nikdo nepochybuje o nutnosti stálého vzdělávání. Soustavné sebevzdělávání formou školení, seminářů či samostudia nebo školení zaměstnanců je běžnou součástí života každé firmy i jednotlivce.

E-learning v širším slova smyslu znamená proces, který popisuje a řeší tvorbu, distribuci, řízení výuky a zpětnou vazbu na základě počítačových kurzů, kterým stále častěji říkáme e-learningové kurzy. Tyto aplikace většinou obsahují simulace, multimediální lekce, tj. kombinace textového výkladu s animacemi, grafikou, schémata, auditem, videem a elektronickými testy.

Řečeno stručně a velmi jednoduše, e-learning není nic jiného než efektivní využívání Informačních Technologí v procesu vzdělávání.

1.2 Komu slouží

E-learning je řešení určené pro vzdělávání pojaté v celém kontextu. Neomezuje se na pouhou výuku studentů, ale je metodou sdílení a předávání informací. Na rozdíl od klasických informačních systémů, které se zabývají pouze jejich sdílením a možnostmi vyhledávání ve správný čas, e-learning klade vysoký důraz na způsob předávání informace. V dnešní době nestačí pouze správnou informaci ve správný okamžik získat, ale je třeba ji plně pochopit a dát do správných souvislostí. To právě díky svým výukovým schopnostem přináší e-learning.

Špičkové e-learningové systémy jsou schopné nejen sbírat, organizovat a předávat formálně specifikované vědomosti ve formě elektronických manuálů, dokumentů či kurzů, ale zachytávají a šíří i nspecifikované vědomosti (znalosti, dovednosti či zkušenosti.), jejichž nositeli jsou lidé v organizaci.

E-learning se silně prosazuje také jako prostředek, jak efektivně informovat zákazníky a partnery o svých službách, produktech, či o své firmě. Prostředky e-learningu umožňují vytvářet působivé interaktivní multimediální prezentace produktů či služeb, které mohou být vystavovány na WWW či šířeny na CD. Tyto prezentace zábavnou formou předávají informace zákazníkům, na druhé straně mohou zpětně dodávat informace o zákaznících.

1.3 Lektor versus e-learning

Díváme-li se na e-learning jako na efektivní využívání informačních technologií ve vzdělávání, jedná se o nové možnosti, které můžeme do vzdělávání zařadit. Klasické vzdělávání pod vedením lektorů existuje již od počátku historie a pro určité oblasti bude nezastupitelné patrně i v budoucnosti - má však řadu nedostatků. E-learning se snaží eliminovat tyto nedostatky vhodným sloučením s klasickým přístupem k výuce.

Lektor z tohoto procesu není vůbec vyloučen, jak by se někomu mohlo zdát. E-learning přináší řadu komunikačních nástrojů počínaje e-mailem a konče videokonferencemi, které umožňují lektorům individuálně se věnovat jednotlivým studentům.

Namísto neustálého opakování té samé látky na učebnách, se může lektor intenzivně věnovat přípravě nové látky či zdokonalování a aktualizaci stávajícího materiálu. E-learning dodává lektorům výkonné nástroje pro snadný a rychlý převod vlastních znalostí, zkušeností a dovedností do formy, která tyto aktiva udělá okamžitě dostupné všem, kteří je potřebují.

1.4 Přínosy

Snížení nákladů na klasické vzdělávání. Jedná se především o náklady na pronájem učeben, zajištění studijních materiálů, cena za lektora, doprava a další. Nesmíme zapomenout na náklady, které vznikají v době, kdy je zaměstnanec na školení a nevykonává svoji práci. V případě e-learningu jsou tyto náklady sníženy na minimum.

Studium je časově nezávislé a individuální. Student sám volí dobu, kdy se bude vzdělávat, nebo-li vzdělává se ve chvíli, kdy to potřebuje a když se chce učivu věnovat. Absolvuje kurzy dle vlastních potřeb - věnuje učivu tolik času, kolik potřebuje, volí rychlost učení, typ a formu kurzu, kdykoliv si může látku zopakovat a ověřit si svoje získané znalosti.

Zajištění vysoké úrovně předávaných znalostí a jejich udržování. V rámci hodnocení je jistá závislost na lektorovi a nemusí přesně korespondovat s úrovní znalostí studenta. V e-learningu je každý student hodnocen podle stejných pravidel. E-learning dává studentovi možnost okamžité zpětné vazby a informuje o jeho výsledcích (jeho i nadřazené).

1.5 Bariéry

Pro mnohé potenciální zákazníky jsou náklady na potřebné počítačové vybavení, řídicí systém a koupi kurzu příliš vysoké. I když náklady na provoz jsou poté minimální, nemohou si někteří takovou jednorázovou sumu dovolit.

E-learning je možné zavést pouze tam, kde si studenti uvědomují nezbytnost neustálého vzdělávání a mají dostatečnou motivaci se sebevzdělávat.

1.6 Standardy

Standardy jsou sadou pravidel nebo procedur odsouhlasených a schválených standardizační organizací. Zaručují kompatibilitu zakoupených kurzů pro provozované systémy.

Základní standardy a standardizační organizace pro e-learning:

AICC

Aviation Industry Computer-Based Training Committee, mezinárodní asociace profesionálních technologicky-založených školení. AICC vyvíjí standardy pro průmyslová odvětví.

SCORM

The Sharable Courseware Object Reference Model (SCORM) je množina specifikací, které při aplikaci na obsah kurzu vytvoří malé a znovupoužitelné výukové objekty.

IMS

The Instructional Management Systems (IMS) je technická specifikace výměny dat mezi studentem, jeho kurzem a systémem pro řízení výuky prostřednictvím internetu.

IEEE

Institute of Electrical and Electronics Engineers. Největší profesní a standardizační organizace na světě, jejíž aktivity zahrnují přípravu a vydávání komunikačních a síťových standardů, je specificky zaměřené na problematiku standardu lokálních sítí.

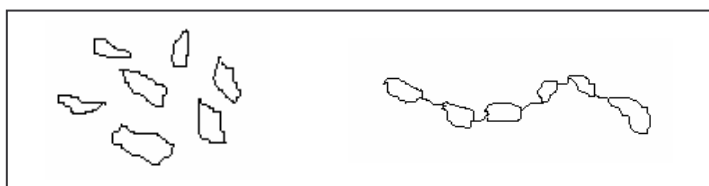
ADL

Advanced Distributed Learning. Iniciativa amerického Ministerstva obrany k dosažení interoperability mezi počítačem a Internetově založeným výukovým softwarem, a to vývojem společné technické struktury, která by umožňovala jeho opětovné použití.

2 POLYMERNÍ MATERIÁLY

Plastické hmoty jsou významnými konstrukčními materiály a jejich prudký rozvoj je způsoben dobrými technickými vlastnostmi. Značná část těchto materiálů se zpracovává tvářením. Je to velmi produktivní a ekonomicky výhodná výrobní technologie, která se neustále rozšiřuje do nových oborů hromadné i malosériové výroby.

Polymerní látka vzniká z mnoha dílů jednodušší sloučeniny monomeru. Me je opakující se jednotka tvořící základní část struktury.



Obr. 1. Molekuly monomeru, Polymer

2.1 Plasty – jejich charakteristika

Jsou to materiály, jejichž podstatu tvoří makromolekulární látky, které se stávají působením tepla plastickými a za tohoto stavu se dají výhodně tvářet. Připravují se buď úpravou přírodních látek nebo synteticky.

Makromolekuly jsou složeny z velkého počtu nízkomolekulárních (monomerních) jednotek. Počet těchto jednotek v makromolekule udává polymerační stupeň. Na vlastnosti plastických hmot má dále vliv jejich strukturální stavba. Makromolekuly vytvářejí řetězce, které mají různý tvar. Podle toho rozeznáváme hmoty se strukturou lineární (přísně lineární nebo rozvětvenou), zesíťovanou a prostorovou.

Jednotlivé makromolekuly a jejich řetězce vytvářejí uspořádané oblasti krystalického charakteru. Vedle krystalické části hmoty bývá vždy fáze amorfní. Stupeň krystalinity má značný vliv na vlastnosti hmoty i na její tvářením.

Plastické hmoty jsou dodávány jako čisté pryskyřičné produkty nebo v nejrůznějších modifikacích. Odlišných vlastností se dosahuje kopolymerací, roubováním polymerů a mechanickým míšením s jinými polymery, plnivými, změkčovadly a přísadami.

2.1.1 Vliv tepla na vlastnosti plastických hmot

Na plasticitu a tahové vlastnosti plastických hmot má zásadní vliv teplota. Změnou teploty se mění mezimolekulární přitažlivé síly a tím se mění soudržnost hmoty. Zeslabení těchto sil za postupného zvyšování teploty vede k viskóznímu toku materiálu, který se projevuje zvyšováním plasticity. A naopak zesilování mezimolekulární soudržnosti má za následek postupné ztuhnutí hmoty.

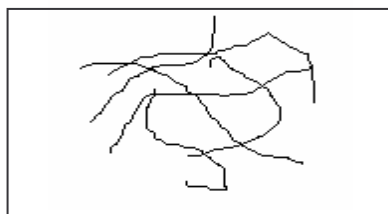
Převážná většina plastických hmot nemá ostrý bod tání, jak je to běžné u většiny nízkomolekulárních látek. Při zvyšování teploty se tuhá látka jen pomalu mění na polotuhý stav, dále se stává velmi tvárnou, plastickou látkou a teprve po dalším zvyšování teploty přechází postupně v taveninu. Proto je možné tvářet plastické hmoty v širokém rozmezí teplot. Některé však nelze přivést do zcela plastického stavu, jelikož za vyšších teplot nastává prudká degradace. Tvářeni se provádí pomocí vyšších tlaků.

2.1.2 Rozdělení plastů

Termoplasty

Jsou to makromolekulární látky, které se účinkem tepla chemicky nemění, mají lineární nebo rozvětvené řetězce. Jsou teplem tavitelné a v roztaveném stavu se pod tlakem vstříkují do forem, v nichž ochlazením ztuhnou na požadovaný tvar. Jsou buď homogenní (bez přísad a plniv), nebo s přísadami pro zlepšení jejich fyzikálních vlastností jako je odolnost proti vlivům záření, povětrnosti, hoření, zvýšeným teplotám apod. nebo s plnivem pro zlepšení některých mechanických vlastností.

Makromolekuly jsou samostatné, nitkovité, propletené v klubíčkách. Odpad lze znovu přetavit a zpracovat.

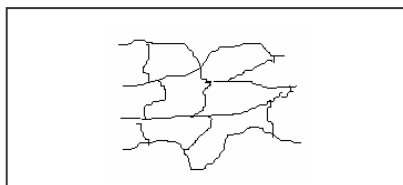


Obr. 2. Struktura termoplastů

Reaktoplasty (termosety)

Jsou to makromolekulární látky, které se účinkem tepla chemicky přeměňují. Při zpracování nastává zesíťování makromolekul, tzv. vytvrzení. Vytvrzený reaktoplast je již netavitelný. Vstřikovací reaktoplasty obsahují příslušnou syntetickou pryskyřici a plnivo.

Vynikají vysokou tuhostí a tvrdostí, teplotní odolností a tvarovou stálostí za tepla, odolností proti korozi za napětí a proti vlivům povětrnosti, a nerozpustností. Nevýhodou je nepatrná tažnost.



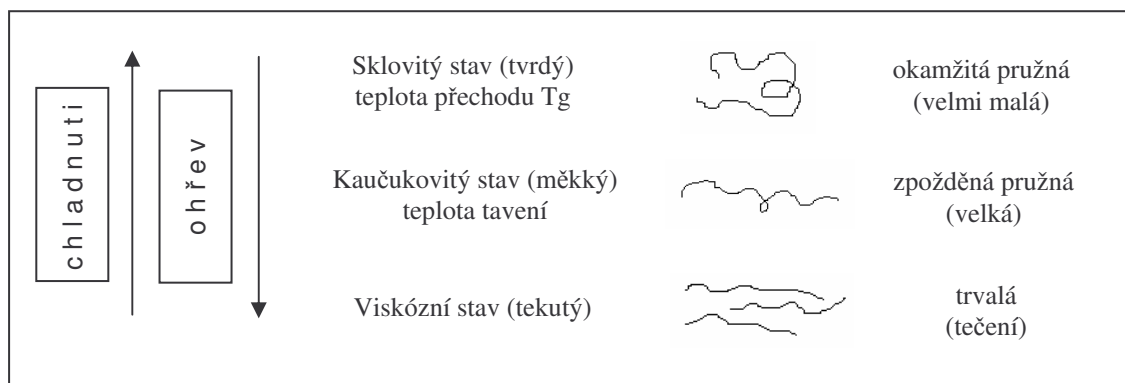
Obr. 3. Struktura reaktoplastu

2.2 Vliv vstřikovacího procesu na strukturu polymerů

Charakteristickou zvláštností makromolekulární struktury plastů je kromě viskózně elastického chování též vliv technologických podmínek vstřikovacího procesu na strukturu, a tím i na vlastnosti výrobků. Týká se to zejména orientace makromolekul a plniv, krystalizace a vnitřního pnutí.

Roztavený termoplast se pod tlakem vstříkne do chladné formy, v níž ztuhne. Při tomto procesu je termoplast nejdříve v tekutém (viskózním) stavu a ochlazením přechází do kaučukovitého stavu (u částečně krystalických termoplastů = krystaly + měkký amorfní okolí), nebo až do sklovitého stavu (u amorfních termoplastů).

2.2.1 Stavy termoplastů



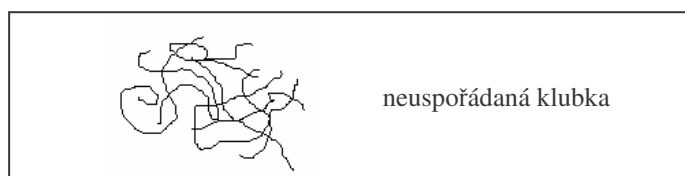
Obr. 4. Stavy termoplastů

2.2.2 Orientace

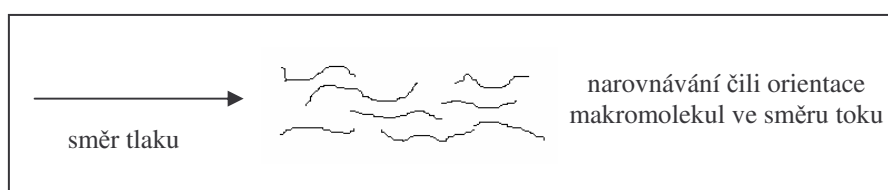
Orientace makromolekul

Nastává pouze u vstřikování termoplastů, u reaktoplastů se vlivem zesíťované struktury neobjeví. Rychle chladnoucí viskózní tavenina se protlačuje vysokým tlakem úzkými kanálky ve formě, normálně nepravidelně zkroucené makromolekuly se vysokým smykovým napětím narovnávají ve směru toku a v této poloze ztuhnou. Směr srovnání makromolekul určuje směr orientace. Jestliže smykové napětí přestane působit dříve, než tavenina ztuhne, makromolekuly ihned zaujmou svou zkroucenou polohu a orientace se neobjeví. V tuhém stavu představují neuspořádaná klubka nejstabilnější stav polymeru.

Čím vyšší je stupeň orientace, tím více roste v tomto směru pevnost, ale tažnost se naopak snižuje. Stejným způsobem jako tažnost se mění rázová i vrubová houževnatost. Smrštění ve směru toku materiálu bývá jiné než ve směru kolmém, rozdíl závisí na druhu materiálu, na vztahu vstřikovací teploty k teplotě skelného přechodu. Odolnost proti korozi za napětí následkem orientace také značně klesá.



Obr. 5. Struktura makromolekul v tavenině bez tlaku



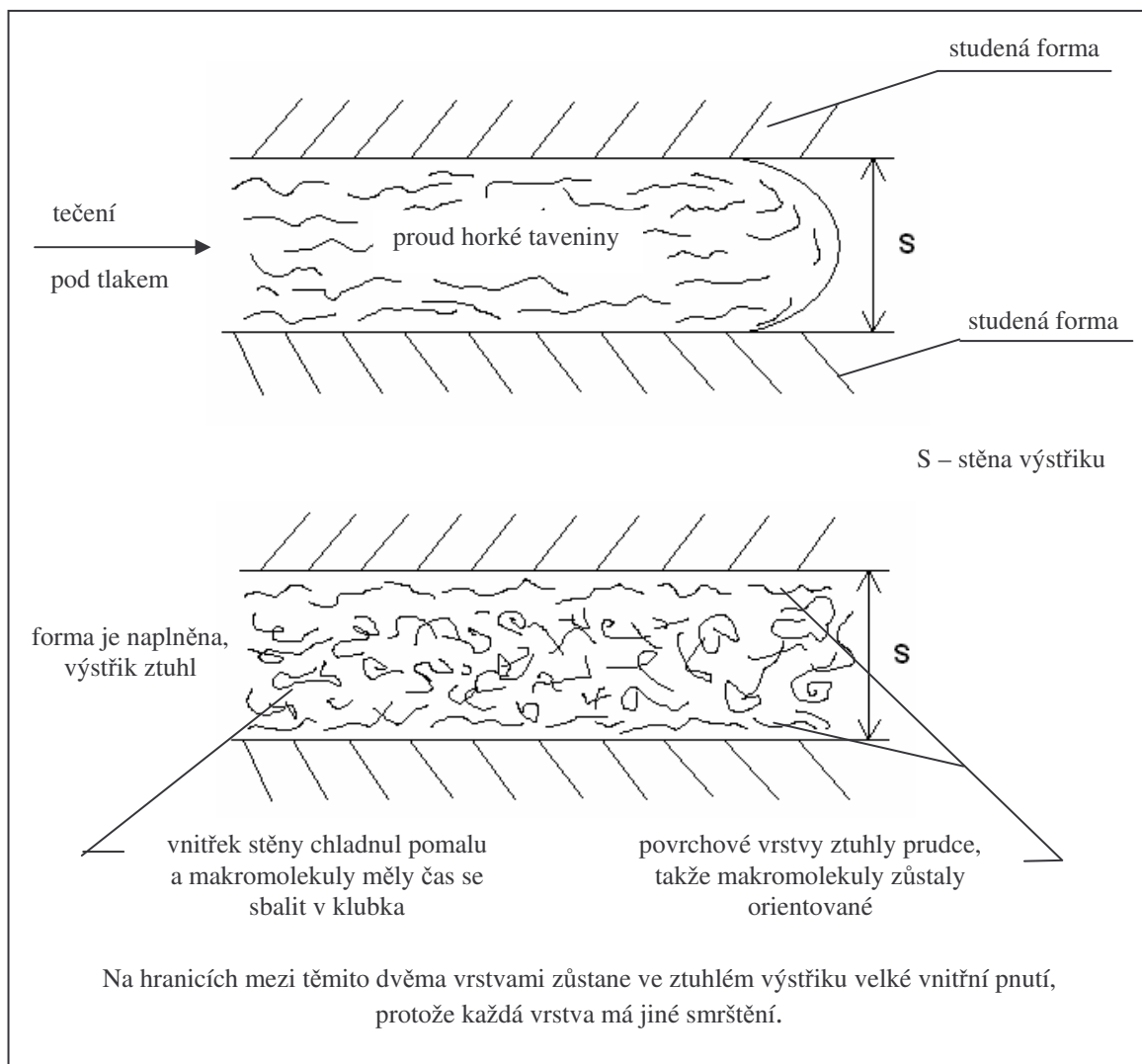
Obr. 6. Struktura makromolekul v tavenině tekoucí pod tlakem

Orientace plniva

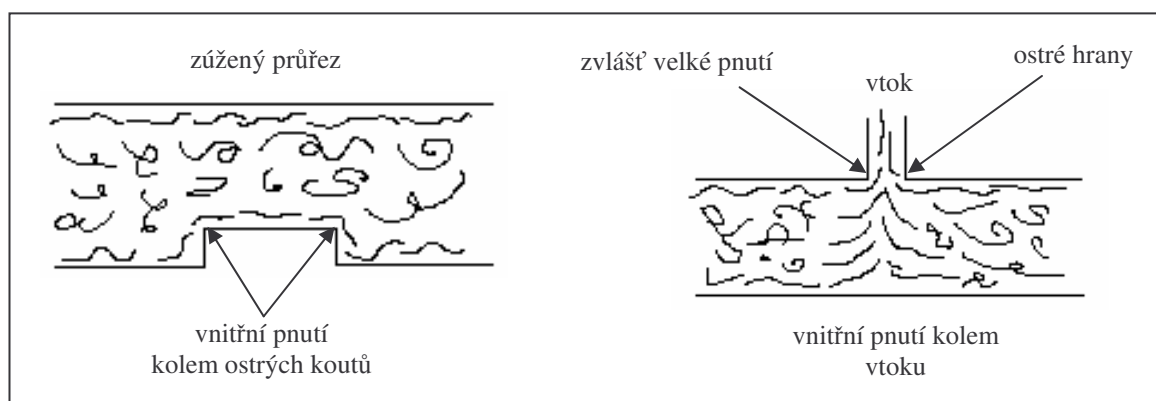
Nevláknité plnivo (prášek, mikrokuličky) snižuje smrštění výstřiku, takže při vyšším procentu plnění bývá smrštění ve směru toku a kolmo k němu prakticky stejné.

Vláknité plnivo (skleněná vlákna) se při vstřikování orientuje, srovnává ve směru toku vlivem působení smykového napětí. Smrštění ve směru toku je menší než smrštění kolmo ke směru toku. U reaktoplastů je orientace ke směru toku hmoty.

Struktura plastů ve formě



Obr. 7. Struktura plastů ve formě



Obr. 8. Orientace ve výlisku po ztuhnutí

2.2.3 Krystalizace

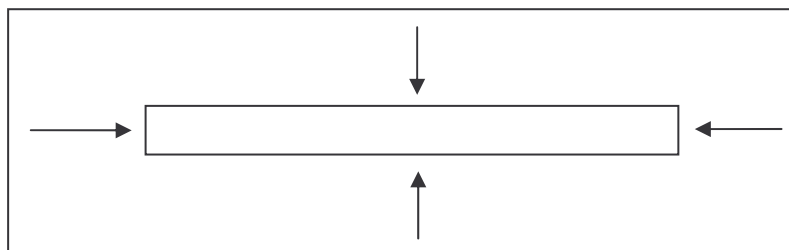
Vznik krystalizace je podmíněn chemickou stavbou makromolekulárního řetězce. Makromolekuly se k sobě těsně přikládají a skládají se do tvaru lamel. Lamely jsou základním krystalickým útvarem a mohou vytvářet složitější útvary – sferolity. Oblasti mezi krystalickými útvary jsou amorfni.

Probíhá převážně při tuhnutí taveniny ve formě, později ve výrobku dochází ještě k velmi pozvolné dodatečné krystalizaci, která může být spojena s jistými trvalými deformacemi.

Krystalizace ve formě závisí na rychlosti tuhnutí taveniny. Chladnější forma a tenkostěnné partie výstřiku znamenají rychlé ztuhnutí a potlačení možnosti krystalizace, takže povrchová vrstva stěny zůstává amorfni nebo jemně krystalická. Horká forma a silnostěnné partie dávají jemně krystalický povrch, pod povrchem jsou směrově uspořádané drobné sferolity.

Rovnoměrná jemná krystalická struktura dává vyšší houževnatost než nepravidelná krystalická struktura, u které často vznikají na hranicích velkých sferolitů poruchy vedoucí až k lomu.

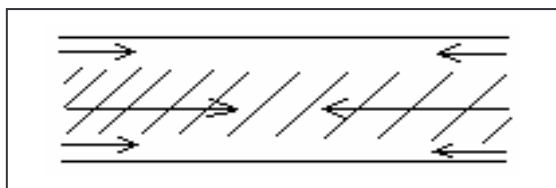
Chladnutí výstřiku ve studené (chlazené) formě



Obr. 9. Stejnoseměrnost smrštění uvnitř výstřiku

TENKÁ STĚNA

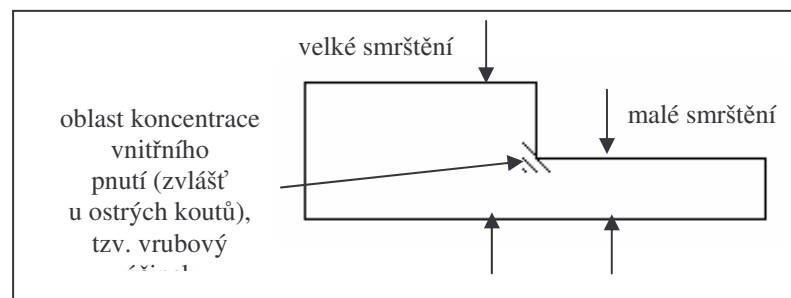
Malé skoro stejnoměrné smrštění v celém průřezu stěny následkem rychlého ztuhnutí v celém průřezu. Celkové naměřené smrštění je malé.



Obr. 10. Smrštění materiálu – tenká stěna

TLUSTÁ STĚNA

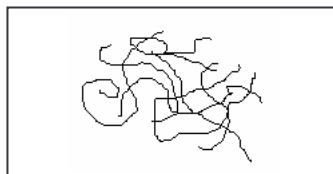
- a) malé smrštění na povrchu následkem rychlého tuhnutí
- b) velké smrštění uvnitř stěny následkem pomalého tuhnutí
- v hraničním pásmu mezi malým a velkým smrštěním vzniká vnitřní pnutí
- celkové naměřené smrštění je velké, protože vliv masivního vnitřku převládá



Obr. 11. Smrštění materiálu – tlustá stěna

Rozdělení termoplastů dle krystalizace:

amorfni – bez možnosti krystalizace, struktura hmoty je tvořena z neuspořádaných klubek makromolekul (např.: PS, ABS, PC, PVC)



Obr. 12. Amorfni struktura

částečně krystalické – hustší pravidelné krystaly uloženy v okolní amorfni hmotě, která je řidší (např.: PE, PP, PA, POM, PET)



Obr. 13. Částečně krystalická struktura

Použití termoplastů dle jejich stavu

- amorfní termoplasty – použití jen ve stavu sklovitém, tj. pod teplotou přechodu T_g (nad ní měknou)
- částečné krystalické termoplasty – používají se ve stavu sklovitém, ale i kaučukovitým až do teploty roztavení krystalů

Poznámka: V kaučukovitém stavu je pouze amorfní hmota, v ní jsou uloženy velmi pevné krystaly – kombinace pevnosti a houževnatosti, např. PA, POM, PP.

2.2.4 Vnitřní pnutí

Vzniká při vstřikování nebo dodatečně ve výrobku a může do různé míry ovlivnit pevnostní a deformační chování.

Vnitřní pnutí u termoplastů

Orientační pnutí vznikají jako následek rozdílné orientace ve výstřiku. Bývají dosti velká a mohou vést k dodatečným nepravidelným deformacím a trhlinám.

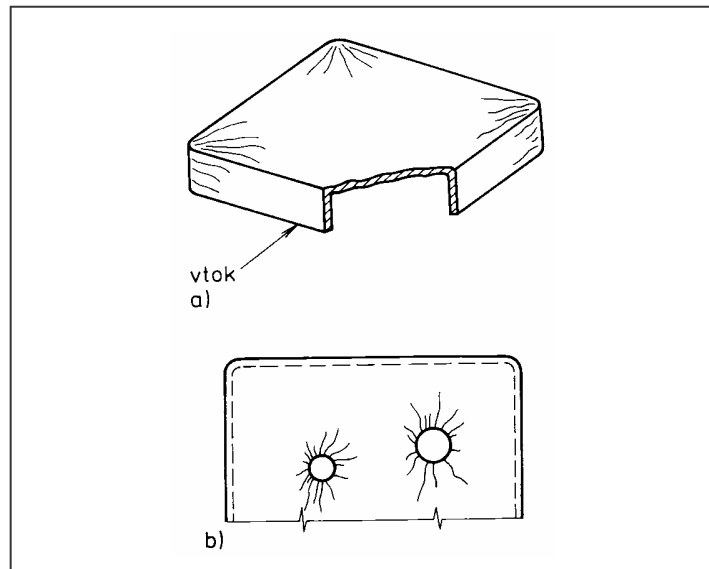
Krystalizační pnutí vznikají následkem různého smršťování rozdílných krystalických oblastí a následkem dodatečné krystalizace. Bývají menší než orientační pnutí.

Ochlazovací pnutí vzniká nerovnoměrným ochlazováním různých částí výstřiku a je silně podporováno nerovnoměrnou teplotou stěn formy.

Expanzní pnutí se objevuje tehdy, je-li při otevření formy výstřik ve formě stále pod tlakem. Po vyjmutí formy výstřik expanduje pod tlakem vnitřních, dosud ne zcela tuhých partií. U křehkých plastů to může mít za následek povrchové trhlinky.

Jednotlivá vnitřní pnutí se prostorově sčítají. Výsledné vnitřní pnutí může dosahovat tak velkých hodnot, že výstřik v těch místech praskne (hlavně u křehkých plastů) nebo se po vyjmutí z formy deformuje.

Vlivem relaxace napětí se napěťové špičky vnitřního pnutí časem snižují a pnutí se zčásti vyrovnává. Ohřevem výrobků se relaxace urychlí a současně se usnadní i dezorientace. Výsledkem jsou ovšem nevratné a obvykle nepravidelné deformace výstřiku.



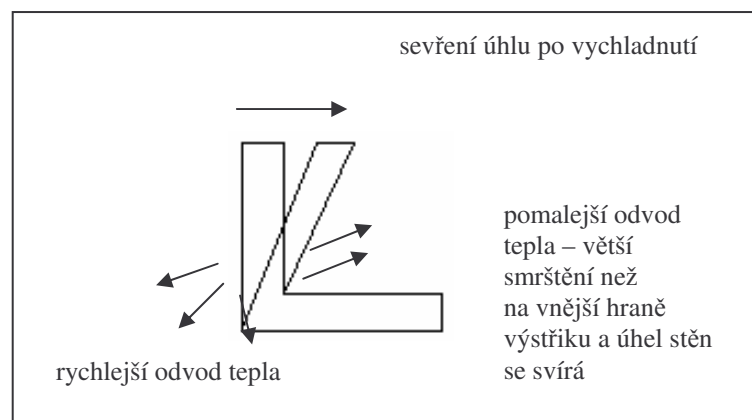
Obr. 14. Napěťové trhliny vzniklé vlivem ochlazovacího pnutí u výstřiku z PS a) v rozích, b) kolem otvorů

Vnitřní pnutí u reaktoplastů

U nich jsou všeobecně nižší než u termoplastů. Vyskytuje se zde ochlazovací pnutí, které vzniká rozdílnou ochlazovací rychlostí povrchu a vnitřku výstřiku po vyjmutí z formy. Další typ pnutí vzniká následkem nesteromerného smršťování při nerovnoměrném rozdělení plniva ve hmotě.

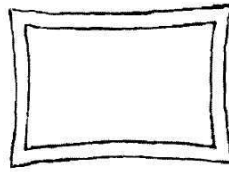
2.2.5 Volné deformace

Objeví se po vyjmutí výstřiku z formy, když v něm zůstane vnitřní pnutí. To bývá často způsobeno nerovnoměrným ochlazením již ve formě.



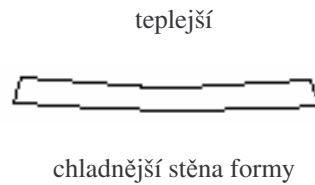
Obr. 15. Důvody deformací

Tvar krabice:



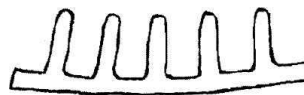
výsledná deformace

Tvar desky:



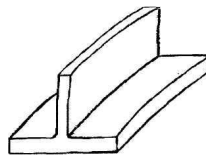
prohnutí plochého výstřiku vlivem rozdílné teploty obou částí formy

Žebrová deska:



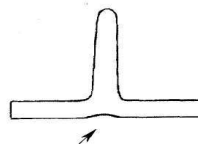
prohnutí je způsobeno pomalejším ochlazováním na straně hustého žebrování

T-profil:



podélné prohnutí – tlustá základna chladne pomaleji a proto se smrští více než tenká stojina

Styk žebra nebo boční stěny se základnou:



velké místní smrštění

propadlina pod místem styku způsobena nahromaděním hmoty v tomto místě a jejím pomalejším chladnutím

Obr. 16. Příklady deformací

2.2.6 Smrštění výstřiku

Velikost smrštění po vyjmutí výstřiku z formy:

- větší smrštění
 - částečně krystalické termoplasty (krystalizací se zvětšuje hustota)
 - tlusté stěny (pomalejší chladnutí)
 - vyšší teplota formy
 - nižší tlak ve formě (těsně před otevřením formy)
- menší smrštění
 - amorfní termoplasty
 - tenké stěny (rychlé chladnutí)
 - nižší teplota formy
 - vyšší tlak ve formě (těsně před otevřením formy)

Rovnoměrnost smrštění:

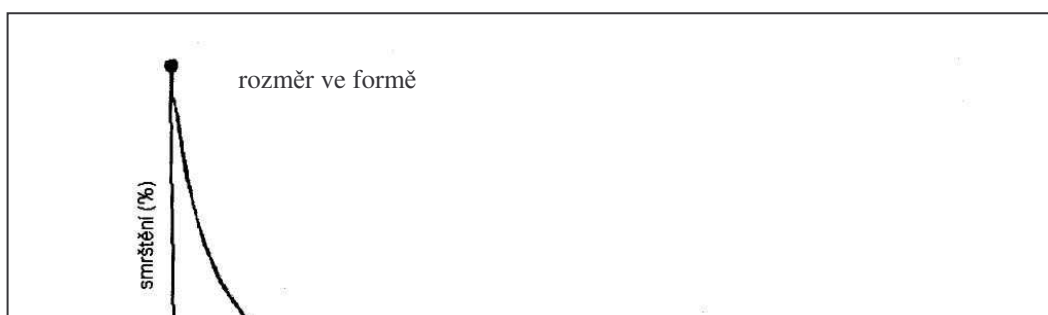
Při vstřikování bývá smrštění výstřiku nerovnoměrné z těchto důvodů:

- a) v různých místech tvaru bývá rozdílná teplota a tlak taveniny, rozdílná tloušťka stěn a rozdílná rychlost ochlazování
- b) složité a nesouměrné tvary výstřiků a z toho plynoucí nerovnoměrné proudění taveniny ve formě. Smrštění je někdy rozdílné ve směru proudění a kolmo k němu, následkem orientace makromolekul nebo krátkých skleněných vláken – jako plniva – ve směru proudění.

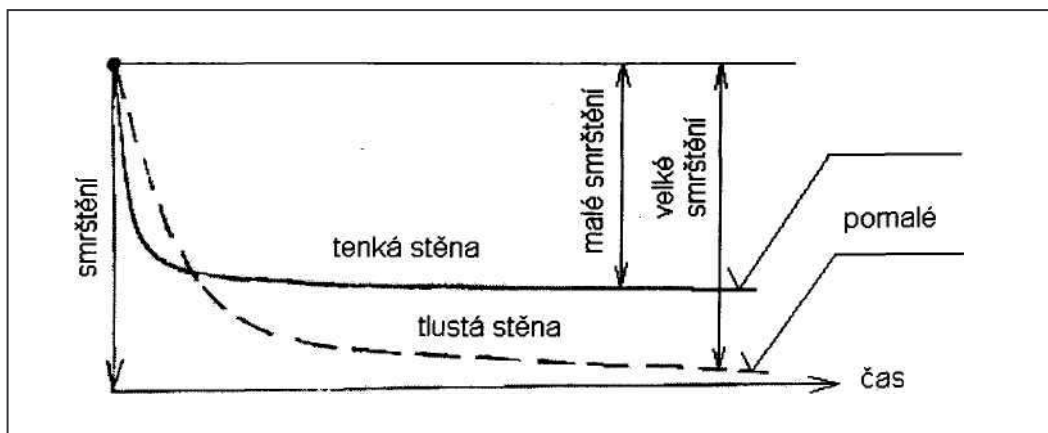
Průběh smršťování v čase:

Převážný podíl smrštění (asi 80 – 90%) proběhne zhruba do 24 hodin po vyjmutí výstřiku z formy. Zbývající podíl smrštění probíhá ještě několik týdnů.

Je-li ve výstřiku větší vnitřní pnutí, mohou nastat během smršťování deformace, někdy i dodatečné praskání (zvláště u křehkých termoplastů).



Obr. 17. Grafický průběh smršťování výstřiku v čase (přibližně)



Obr. 18. Porovnání chlazení tenké a tlusté stěny

2.2.7 Teplotní napětí

Plastový výrobek se při ohřevu roztahuje a při ochlazování smršťuje a to podstatně více než kovy. Jestliže se plastová součást nemůže ohřevem volně roztahovat, vznikne v ní teplotní napětí tlakové. Nemůže-li se při ochlazování volně smršťovat, vzniká v ní teplotní napětí tahové.

2.3 Tabulky vlastností polymerních materiálů

Dávají souhrnný přehled o číselných hodnotách mechanických, tepelných, elektrických a dalších vlastností všech důležitějších materiálů. Všechny vlastnosti byly zjišťovány

na normalizovaných vzorcích a jsou proto navzájem srovnatelné. Platí ovšem jen pro vzorky a podmínky, za nichž byly stanoveny. V praxi jsou skutečné vlastnosti ovlivněny tvarem výrobku a stavem materiálu po zpracování a mohou se tedy od tabulkových hodnot značně lišit. Následující tabulky jsou součástí přílohy PI, zde je pouze jejich přehled.

2.3.1 Tab. 1. Mechanické vlastnosti

Nacházejí se v ní hodnoty týkající se napětí v tahu na mezi kluzu a na mezi pevnosti, modul pružnosti v tahu, tažnost, rázová houževnatost, vrubová houževnatost a tvrdost Brinell.

2.3.2 Tab. 2. Tepelné a elektrické vlastnosti

Nacházejí se v ní tyto hodnoty: součinitel délkové roztažnosti teplem, tvarová stálost za tepla, krátkodobá tepelná odolnost, dlouhodobá tepelná odolnost, povrchový měrný odpor, elektrická pevnost, dielektrický činitel.

2.3.3 Identifikace plastů

Identifikace plastů se provádí různými zkouškami. Mezi ně patří reakce plastu na určitá ředidla nebo pozorování chování plastů při hoření – to se posuzuje podle přiložené tab. 3. Chování plastů při hoření (test hoření).

2.3.4 Chování při tavení

Analogickým způsobem se posuzuje chování plastů při tavení: rychlost deformace, teplota, při níž vzorek měkne, atd. Vodítkem může být tab. 4. Rozmezí měknutí a tání důležitých termoplastů.

2.4 Důležité prvky při zpracování plastů

Bílý lom

Zejména některé plasty jsou k němu náchylné při malé deformaci. Součástí pak v tomto

místě ztrácí pevnost. Může vzniknout například již při doformování součásti v okolí vyhazovačů apod. Vyhnout se mu lze správnou konstrukcí dílce, formy, správným žebrováním a vyleštěním doformovávaných povrchů ve formě, přidáním dostatečného počtu vyhazovačů s dostatečnou plochou tak, aby se vyhazovačí tlak zmenšil.

Zpracovací okénko plastů

Nejdůležitějšími prvky tohoto okénka jsou:

- teplota zpracování, časová prodleva na této teplotě, obvodová rychlost šneku

Údaje o možnosti přidávání recyklátu

Při dodržení kvality a čistoty lze přidávat 25% i podstatně více bez toho, aby vlastnosti výstřiku byly významně sníženy. Je nutné vždy zkouškou posoudit konkrétní situaci.

Vznik napěťových čar nebo prasklin ve výstřiku

Skrytá pnutí ve výstřiku mohou působit pozdější těžkosti při jeho použití. Pnutí vznikají ze špatných vstřikovacích podmínek, ze špatné konstrukce formy nebo výstřiku. Lze je odhalit destruktivně a to tak, že se výstřik po určitou dobu namočí do roztoku příslušných chemikálií (ty jsou různé podle materiálu výlisku) nebo nedestruktivně tak, že se výstřik prohlíží mezi dvěma pružnými listy z interferenční folie. Pnutí jsou pak vidět jako interferenční proužky.

Sypná váha

Zjišťování její hodnoty je potřebné k stanovení násypného prostoru lisovacích forem pro reaktoplasty a obsahu válců u forem přetlačovacích. Sypná váha u zrněných termoplastů má vliv na nastavení dávkovacího zařízení u vstřikovací jednotky a je ovlivněna zrnitostí hmoty. Zrnitost je udávána maximální velikostí zrn.

Tekutost a rychlost tvrzení

Tekutost je schopnost lisovací hmoty vyplnit dutinu formy za podmínek lisování, tj. za tlaku a teploty. Rychlost tvrzení vyznačuje rychlost přechodu hmoty z viskózního stavu do stavu tuhého za lisovací teploty.

Tavný index

Je číslo udávající váhu vytlačené taveniny za určitý čas a za definovaných podmínek (průměr, kterým je zkoušený materiál protlačován, teplota a tlak). Jeho zjištění má zásadní význam pro posouzení zpracovatelnosti vstřikovacích hmot.

2.5 Termoplasty podle typu a doporučení ke zpracování

Jednotlivé typy plastů mají své charakteristické funkční i zpracovatelské vlastnosti. Mohou se částečně měnit nebo upravovat pomocí přísad. Významná je tekutost, která ovlivňuje tloušťku stěny výrobku, koncepce zaformování i velikost vtoků. Velikost smrštění určuje výrobní přesnost výrobku. Citlivost na technologické parametry výrobního zařízení apod.

Celá řada poznatků je uvedena v různých příručkách, prospektech a materiálových listech výrobců plastů. Stručný přehled nejvýznamnějších druhů termoplastů, používaných pro vstřikování a jejich vlastnosti jsou rozvedeny v následujících podkapitolách. Podrobnější vlastnosti jsou shrnuty v tab. 1., 2., 3. a 4., které jsou součástí přílohy PI.

2.5.1 Polyolefiny

Jsou semikrystalické termoplasty s nižší pevností a tuhostí a velkou houževnatostí. Elektroizolační a dielektrické vlastnosti jsou velmi dobré. Jsou hořlavé a mají nízkou odolnost proti ultrafialovému záření a vlivům povětrnosti. Nenavlhají a mají velmi dobrou odolnost proti kyselinám, zásadám, alkoholům a rozpouštědlům. Neodolávají oxidačním činidlům, odolnost vůči benzínu je částečná.

Polyetylen nízkohustotní (LDPE) $\left[\text{CH}_2 - \text{CH}_2 \right]_n$

Je měkčí, málo pevný a vysoce tažný a houževnatý, s teplotní odolností -60 až + 90°C. Má velmi dobrou chemickou odolnost a elektroizolační vlastnosti. Méně odolný proti povětrnostním vlivům. Tato vlastnost se zlepší naplněním aktivními sazemí.

Zpracování: Předsušení není většinou nutné. Je velmi náchylný na nečistoty, recykláž přidávat s největší opatrností. Teče velmi dobře a přiškrcené vtoky mu nevaří. Napěťové trhliny vznikají při použití emulgátorů.

Použití: víčka, uzávěry, kelímky, nádoby pro chemikálie, obaly na potraviny

Etylen-vinylacetát kopolymer (EVA)

Má přechodové vlastnosti mezi LDPE a kaučukem, protože přísada vinilacetátu (VAC) silně rozvětňuje makromolekulární řetězce a tím redukuje krystaliniku a přibližuje vlastnosti materiálu k elastomerům. Zvyšuje se tak hustota, rázová houževnatost za mrazu, ohebnost a pružnost, odolnost proti vlivům povětrnosti a ozónu, odolnost proti korozi za napětí. Snižuje se tuhost, tvrdost, pevnost, tvarová stálost za tepla a chemická odolnost. Neobsahuje změkčovadla, takže své vlastnosti časem prakticky nemění.

Zpracování: Zpracovatelnost je dobrá, výrobní cykly jsou o něco delší než u LDPE, dodává se v přírodní barvě, materiál je velmi citlivý na dobu setrvání v komoře.

Použití: nádoby na potraviny, pružné uzávěry, hračky, těsnění, obličejové masky pro anestézii, dudlíky, misky na kostky ledu, lyžařské boty

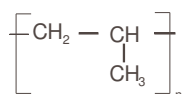
Polyetylen vysokohustotní (HDPE)

Je tužší, pevnější a méně houževnatý než LDPE. Má mírně vyšší teplotní odolnost, tvarovou stálost za tepla a chemickou odolnost. Má nižší rázovou a vrubovou houževnatost a větší sklon k praskání vlivem vnitřního pnutí a vlivem povětrnosti a slunečního záření.

Zpracování: viz LDPE. Zpracovatelnost a barvitelnost je velmi dobrá, avšak HDPE nemůže být průhledný nanejvýše průsvitný.

Použití: kuchyňské potřeby, talířky, misky, kelímky, kryty šroubů, přichytky kabelů, přepravní bedny na potraviny, součásti ventilačního zařízení v automobilech, kryty řetězů

Polypropylen PP



Je to středně pevný, tuhý a houževnatý materiál. Rázová a vrubová houževnatost jsou přibližně stejné jako u HDPE, ale za nízkých teplot prudce klesají. PP má vyšší mez únavy, vyšší teplotní odolnost a vyšší tvarovou stálost za tepla (60-70°C) než HDPE. Odolnost proti UV záření a vlivu povětrnosti je stejně nízká jako u HDPE. Nechá se dobře mísit s jinými plasty a plnidly, vyšší odolnost proti poškrábání.

Ve svých vlastnostech se blíží ABS, který vytlačil z mnoha použití. S nově vyvinutými metallocenovými katalyzátory dosahuje teploty použití až 160°C. Vysoce krystalické typy jsou lehčí a přesto pevnější.

Zpracování: Dobře teče. Náchylný na bílý lom při nedostatečném počtu vyhazovačů. Zpracovatelnost je velmi dobrá, vykazuje nejnižší závislost na kolísání technologických parametrů.

Použití: kelímky pro ovocné šťávy, potraviny, lékařské přípravky a sanitární výrobky, průsvitné nádoby, hračky, turistické nádobí, ovládací knoflíky a páčky, hřebeny, natáčky na vlasy, technické výrobky pro automobily, nádržky na vodu, rukojeti nářadí, ochranné přilby, textilní cívky, výrobky pro venkovní použití

2.5.2 Polyvinylchlorid (PVC) $\left[\text{CH}_2-\text{CHCl} \right]_n$

Je to amorfní termoplast s vyšší pevností a tuhostí a s nízkou tažností, rázovou a vrubovou houževnatostí, zejména za mrazu již při -5°C . Teplotní odolnost je nízká asi 60°C trvale. Tvarová stálost za tepla je 70°C až 80°C . Elektroizolační vlastnosti jsou velmi dobré, dielektrické vlastnosti jsou horší. Hoří obtížně, je samozhášivý. Odolnost vůči vlivům větrnosti a korozi za napětí je lepší než u polyolefinů. Není navlhavý. Chemická odolnost je velmi dobrá proti kyselinám a zásadám, horší proti rozpouštědlům.

Zpracování: Zpracovatelnost PVC je obtížná vzhledem k všeobecně nízké tekutosti a náchylnosti k tepelné degradaci při zpracování. Prášky se před zpracováním upravují potřebnými přísadami stabilizátory, granuláty jsou již připraveny ke vstřikováním. Nesnáší prodlevu ve válci a vyžaduje naprosto přesnou teplotu taveniny, speciální šneky a otevřenou trysku. PVC je dobře barvitelný.

Použití:

PVC tvrdý - tělesa armatur a součásti armatur pro chemicky agresivní prostředí, transparentní nádoby a krabice pro chemikálie, elektroinstalační výrobky

PVC houževnatý – nádržky odpadů, tvarové součásti střešních okapů, spojky profilů a potrubí, kryty elektrických přístrojů

PVC měkčený – regulační knoflíky, rukojeti pák a řidítek jízdních kol a motocyklů, ochranné kryty, přísavky, těsnění, nárazníky, hračky, podešve a holeně bot

2.5.3 Styrenové polymery

Polymer a kopolymery styrenu jsou amorfní termoplasty. Jsou tuhé, pevné, s dobrými elektroizolačními vlastnostmi, hořlavé. Chemicky odolávají kyselinám, zásadám, tukům, olejům, alkoholům nikoliv však rozpouštědlům. Dají se dobře lepit. Barevnost je v široké stupnici odstínů, výrobky se dobře potiskují.



Je tvrdý, velmi tuhý a pevný, má velmi nízkou tažnost a rázovou a vrubovou houževnatost. Trvalá teplotní odolnost je 55 – 80°C, tvarová stálost za tepla 70 – 80°C. Elektroizolační a dielektrické vlastnosti jsou výborné. PS hoří čadivým plamenem. Odolnost proti UV-záření a vlivu povětrnosti je nízká a proti korozi za napětí velmi nízká. PS není navlhavý. Lze dosáhnout vysoké průhlednosti a propustnosti světla.

Zpracování: PS velmi dobře teče a lze konstruovat výlisky s tloušťkou stěny pouze 0,3mm. Na tyto tenkostěnné výlisky se doporučuje používat prodloužené šneky. Vstřikovací rychlost lze použít velmi vysokou, čas cyklu velmi krátký. Dotlak co nejnižší, neboť materiál je náchylný k napěťovému praskání. V případě vysokých požadavků na povrch

je vhodné předsušení na 60 - 80°C po 1 - 3 hod. Není příliš citlivý na teplotu zpracování.

Použití: balení v kosmetice, potravinářství, farmacii, podnosy, misky, odměrky, elektrotechnické dílce jako krabice rozvodu, TV přijímače, cívky filmů, pásků, tělesa fotoaparátů, hračky, kolíčky na prádlo, propisovačky, bižuterie, kryty svítidel

Houževnatý polystyren (hPS)

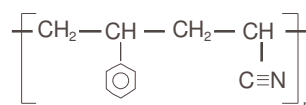
Jako kopolymer styrenu s butadienem. S jeho rostoucím podílem se snižuje tuhost, tvrdost a pevnost a zvyšuje se tažnost a rázová a vrubová houževnatost. Mírně se zhoršují dielektrické vlastnosti a chemická odolnost. Odolnost proti povětrnosti je poněkud lepší. Ostatní vlastnosti jsou podobné jako u PS. Má nižší povrchový lesk než PS.

Zpracování: Jako u PS.

Použití: nádoby, misky, nádobí pro kempink, dětské stavebnicové kostky, zásuvky, přihrádkové a stohovací krabice, misky do chladniček, věšáky na šaty, mřížkové kryty

větracích otvorů v interiéru aut, kazety pro magnetické pásky, tlapače, kryty el. spotřebičů

Kopolymer styren-akrylonitril (SAN)



Oproti PS má vyšší tuhost a pevnost a mírně větší rázovou a vrubovou houževnatost, ta však zůstává nižší než u hPS. Má poměrně vysokou mez únavy. Teplotní odolnost a tvarová stálost za tepla jsou lepší než u PS a hPS. Dielektrické vlastnosti jsou horší než u PS a hPS, protože SAN je slabě navlhavý. Odolnost proti vlivu povětrnosti a proti korozi za napětí je výrazně lepší než u PS, chemická odolnost je lepší proti benzínu, olejům a aromatickým látkám. Má vysoký povrchový lesk, je v průhledných i neprůhledných barvách.

Zpracování: Teče podobně jako ABS, je tužší.

Použití: nádobí, pohárky na nápoje, turistické přibory, kávové filtry, lisy na citrón, průhledné kryty kuchyňských strojů, koupelnové soupravy, kelímky na kosmetiku a léčiva, držadla kartáčů, vnější dílce pro automobilový průmysl, střechy traktorů, vnější výlisky automobilových zrcátek, tělesa lodí, výstražné trojúhelníky, zahradní nábytek

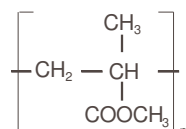
Kopolymer akrylonitril-butadien-styren (ABS)

Tuhost, pevnost a tažnost je podobná jako u hPS, ale rázová a vrubová houževnatost je vyšší a to i za mrazu. Tlumí rázy a vibrace, ale mez únavy je poměrně nízká. Teplotní odolnost a tvarová stálost za tepla jsou vyšší než u ostatních styrenových polymerů, elektroizolační a hlavně dielektrické vlastnosti jsou však horší, neboť ABS je mírně navlhlý. Odolnost proti UV záření a vlivu povětrnosti je nízká, neboť se snižuje rázová houževnatost. Odolnost proti korozi za napětí je značně vyšší než u PS a hPS. Chemická odolnost je lepší než u PS. ABS má širokou stupnici barevných odstínů, ale je pouze neprůhledný. Povrchový lesk je nižší než u PS a SAN.

Zpracování: Vyžaduje pancéřované šneky a komory. Náchylný na bílý lom. Je nutný dostatečný počet vyhazovačů. Před zpracováním se suší, ale je nutné, aby obsahoval zbytkovou vlhkost 0,1 - 0,2% - jinak u přesušeného materiálu vznikají povrchové vady.

Použití: hračky, nádoby, kryty vysavačů, rukojeti příborů, tělesa kávomlýnků, mixérů s požadavkem kvalitního vzhledu, tělesa kalkulaček, mikrofonů, budíků, malé modely aut, ochranné přilby, golfové hole, spoilery automobilů, tělesa zpětných zrcátek, mřížky větracích otvorů a topení, dětské sedačky, kryty elektrospotřebičů, vysoušečů vlasů

2.5.4 Polymethylmetakrylát (PMMA)



Je amorfní termoplast, tuhý a velmi pevný, s nízkou tažností a nízkou rázovou a vrubovou houževnatostí. Trvalá teplotní odolnost je do 65 – 75°C. Elektroizolační vlastnosti jsou velmi dobré, ale dielektrické ztráty jsou vysoké. PMMA je hořlavý. Má velmi dobrou odolnost proti vlivu povětrnosti a UV záření. Sklon ke korozi za napětí je velký, mírně navlhá. Chemicky odolává slabým kyselinám a zásadám, a nepolárním rozpouštědlům. V polárních se rozpouští a dobře se lepí. Vyniká velmi dobrými optickými vlastnostmi a vysokou propustností světla. Může být čirý nebo v široké stupnici barev.

Zpracování: Se zvyšující se teplotou formy se zvyšuje lesk součástí. Dotlak by měl být co nejmenší. Vyhnout se přiškrceným vtokům. Barvení na stroji může být někdy obtížné. Je velmi náchylný k napěťovým trhlinám a tudíž se někdy doporučuje temperace výlisků na 60 - 90°C po 2 - 4 hodiny. Formy musí být dobře vyleštěné a mít značné odformovací úkosy.

Použití: tvarové průhledné kryty přístrojů, optické čočky, kryty zadních světel automobilů, ozdobné regulační knoflíky radiopřijímačů a televizorů, součásti hudebních nástrojů, bižuterie, sklíčka k hodinkám, nádoby na léčiva, kosmetiku

2.5.5 Polyamidy (PA)

Jsou semikrystalické termoplasty s krystalickým podílem 20 – 40%. Jsou tuhé, pevné, tažné, s výraznou mezí kluzu a vysokou rázovou a vrubovou houževnatostí. Navlhavé druhy PA ztrácejí houževnatost a tažnost při vysušení a při teplotách pod 0 - -20°C, přičemž současně roste jejich modul pružnosti a pevnost. Mají vysokou odolnost proti otěru a poměrně nízký součinitel tření za sucha. Trvalá teplotní odolnost je asi 80°C. Elektroizolační vlastnosti jsou dobré, navlhnutím se snižují, dielektrické ztráty jsou

vysoké. Hořlavost PA je nižší. Odolnost proti UV záření a vlivu povětrnosti je nižší, proti korozi za napětí poměrně dobrá. Navlhavost je u různých druhů PA různá. PA odolávají slabým zásadám, rozpouštědlům, tukům a olejům. Neodolávají kyselinám, zásadám, horké vodě.

Jednotlivé druhy PA se od sebe liší způsobem výroby. Označují se číslicemi, které udávají počet uhlíkových atomů ve výchozích monomerech. Barvitelnost je dobrá.

Zpracování: Při vstřikování do chladného nástroje se krystalizace potlačí a mechanické vlastnosti se tak sníží. Pevnost materiálu se snižuje se zvyšujícími se otáčkami šneku - při 0,1m/s je to 100% rázové houževnatosti a při 0,4m/s už jenom 81%. Má značné korozivní a abrazivní vlastnosti na šnek a válec, je nutné používat pancéřované šneky. Rovněž nástroje musí být z kvalitních ocelí. Smrštění ve směru vláken plniva je asi dvakrát menší, než smrštění ve směru na vlákna kolmém. Smrštění obecně klesá s množstvím plniva a rychleji klesá s plnivem vláknitým. Tekutost materiálu je vynikající, napěťové trhliny malé.



Vyšší tuhost a pevnost, mírně nižší tažnost a houževnatost. Vysoká odolnost proti otěru. Vyšší tvarová stálost za tepla, 80 – 100°C. Navlhavost střední.

Použití: kryty strojků, řetězových převodů, elektrické vypínače a zásuvky, závitové součásti, těsnící prvky, kladky a jejich závěsy, řemenice, letecké a svářečské přilby, kryty uzávěrů benzinové nádrže, golfové hole, držáky hokejových bruslí, kryty disků kol



Nižší tuhost a pevnost, vyšší tažnost, vysoká rázová a vrubová houževnatost. Vysoká odolnost proti otěru. Nižší tvarová stálost za tepla, 65 – 85°C. Vysoká navlhavost.

Použití: drobné potřeby pro domácnost, zdravotnické potřeby, kryty rukojetí, pouzdra, ložiska, ozubená kola, kladky, hlavice sifonových lahví, struhadla, součásti kuchyňských strojů, textilní člunky, pojezdová kolečka, ochranné přilby

2.5.6 Polyformaldehyd (polyoximetylen, POM) $\left[\text{CH}_2 - \text{O} \right]_n$

Semikrystalický termoplast s vysokým podílem krystaliniky (kolem 70%). Je velmi tuhý a pevný s vysokou rázovou houževnatostí. Vrubová houževnatost je nižší. POM je značně pružný a má dobrou mez únavy. Otěruvzdornost je velmi dobrá. Trvalá teplotní odolnost je do 85 – 90°C, tvarová stálost za tepla je 85 – 100°C. Elektroizolační vlastnosti jsou velmi dobré, dielektrické ztráty jsou dosti nízké. POM pomalu hoří. Odolnost proti záření a vlivům povětrnosti je nižší, navlhavost je zanedbatelně nízká. Chemická odolnost je dobrá proti slabým kyselinám a zásadám, alkoholům, olejům, benzínu, špatná proti silným kyselinám a horké vodě. Barvitelnost je velmi dobrá, nelze dosáhnout průhlednosti, má vynikající lesklost.

Zpracování: Zpracovatelnost je poněkud horší než u PA, neboť POM má nižší tekutost a sklon k degradaci při zpracování. Předsušení je většinou nutné. Přísady recyklátu pouze do 10%. Napěťové trhliny vznikají pouze při nesprávném zpracování.

Použití: součásti pohonů (ozubená kola, vačky, ložiska, pružiny, kliky atd.) ve strojírenství a elektrotechnice, vodící lišty, čepy, šrouby, matice, plováky karburátorů, uzávěry benzínových nádrží, nádržky kapesních zapalovačů, součást mechanismu na stahování žaluzií, tělesa strojků a filtrů, lyžařské vázání, rotory větráků, koupelnové armatury

2.5.7 Polykarbonát (PC) $\left[\text{O} - \text{C}_6\text{H}_4 - \text{C}(\text{CH}_3)_2 - \text{C}_6\text{H}_4 - \text{C}(=\text{O}) \right]_n$

Amorfní termoplast, středně tuhý s vyšší pevností. S rostoucí teplotou klesají tyto vlastnosti jen málo. Rázová a vrubová houževnatost je vysoká a za mrazu jen zvolna klesá. Otěruvzdornost je nízká, trvalá teplotní odolnost je do 100°C. Tvarová stálost za tepla je do 135 – 140°C. Elektroizolační vlastnosti jsou velmi dobré, dielektrické ztráty dosti nízké. PC je těžko zápalný a hoří velmi pomalu. Odolnost proti UV-záření a vlivu povětrnosti je nižší. Navlhavost je velmi nízká. Chemicky odolává slabým kyselinám, benzínu, olejům, neodolává zásadám, většinou rozpouštědel a horké vodě. Barvitelnost je velmi dobrá, PC může být průhledný až neprůhledný, čirý nebo barevný.

Zpracování: Zpracovatelnost je obtížnější vzhledem k nižší tekutosti a náchylnosti k přehřátí a degradaci, což má za následek prudký pokles houževnatosti. Při skladování by se měla dodržovat maximální čistota. PC silně opotřebovává šnek a komoru.

Použití: tělesa holicích strojků, vysoušečů vlasů, šicích strojů, sekaček trávy, fotoaparátů, filmovacích kamer, dalekohledů a kukátek, nádoby na vodu u napařovacích žehliček, ochranné mřížky ventilátorů, držáky objektivů, součásti mikroskopů, obruby a skla slunečních a ochranných brýlí, ochranné přilby, nárazníky automobilů, zásuvky a zástrčky, kryty kalkulaček, tlačítka, injekční stříkačky, nerozbitné talířky, CD disky

2.5.8 Lineární polyestery

Polyetylentereftalát (PET) $\left[\text{OC} - \text{C}_6\text{H}_4 - \text{CO} - \text{O} - \text{CH}_2 - \text{O} \right]_n$

Semikrystalický má vyšší tuhost a mez kluzu a nízkou vrubovou houževnatost, otěruvzdornost je velmi dobrá. Trvalá teplotní odolnost je do 110°C, tvarová stálost za tepla do 86°C. Elektroizolační vlastnosti jsou velmi dobré, dielektrické ztráty jsou střední. PET je hořlavý. Odolnost proti UV-záření a vlivům povětrnosti je střední. Navlhavost je velmi nízká. Chemicky odolává organickým rozpouštědlům, alkoholům, olejům, tukům a slabým kyselinám a zásadám. Neodolává silným kyselinám a chlorovaným uhlovodíkům. Ve vodě nad 60°C podléhá hydrolyze. Dá se lepit. Barvitelnost je dobrá, materiál je neprůhledný.

Amorfni má nižší tuhost ale vyšší tažnost. Teplotní odolnost je do 60°C a tvarová stálost do 66°C, navlhavost nepatrně větší, otěruvzdornost nižší. Ostatní vlastnosti jsou stejné avšak amorfni PET může být průhledný, čirý nebo barvený.

Zpracování: Zpracovatelnost je obtížnější, protože tavenina je choulostivá na přehřátí. Bez vysokých teplot nástroje se nedosáhne plných mechanických vlastností. Zbytková vlhkost se snižuje rovněž. Vykazuje dvojnásobné příčné smrštění oproti podélnému.

Použití: pro rozměrově přesné výstřiky s dobrou tvarovou stálostí, ozubená kola, třecí kotouče s velkou otěruvzdorností, kluzná ložiska, závitové součásti, elektroizolační součásti, cívky, v technologii vyfukování na láhve

Polybutylentereftalát (PBT)

Podobá se PET, ale je vhodnější pro vstřikování. Liší se od něj nižší tuhostí, vyšší tažností, nižší otěruvzdorností a nižší tvarovou stálostí za tepla do 50 – 70°C. Barvitelnost je stejná.

Zpracování: Zpracovatelnost je lepší než u PET, protože PBT se vstříkuje při nižší teplotě a v širším teplotním pásmu, výrobní cykly jsou kratší. Teplota formy je 30 – 90°C.

Použití: součásti a tělesa kuchyňských strojů, kávovarů, kryty žehliček, stínítka svítidel, součásti myček nádobí, vysoušečů vlasů, ozubená kola, kluzná ložiska, tlačítka, tělesa hodin, rukojeti, propisovací pera, zásuvky a zástrčky, součásti spínačů, kryty ponorných čerpadel, tělesa a rámečky reflektorů

2.5.9 Estery celulosy

Jsou amorfní termoplasty o vysoké houževnatosti a různé tuhosti a pevnosti. Obsahují změkčovadlo s jehož podílem v materiálu roste rázová houževnatost, ale klesá tuhost, pevnost a teplotní odolnost. Teplotní roztažnost je značná. Elektroizolační a dielektrické vlastnosti jsou nižší. Estery celulosy jsou hořlavé a mají nízkou odolnost proti UV-záření a vlivům povětrnosti. Navlhavost je dosti velká. Chemicky odolávají benzínu, olejům a tukům, neodolávají kyselinám, zásadám, alkoholům. Dají se dobře lepit. Jsou velmi dobře barvitelné a mají velký povrchový lesk.

Zpracování: Zpracovatelnost je velmi dobrá. Důkladné předsušení na 0,2% zbytkové vody. Jediný materiál, který umožňuje libovolně silné stěny bez propadů. Má samo hojící schopnost povrchu.

Acetát celulosy (CA)

Použití: rukojeti nástrojů, šroubováků, pilníků, hlavice kladiv, držáky kartáčů a zubních kartáčků, nádobky benzinových zapalovačů, skořepiny sedadel, ochranné kryty, hřebeny, pouzdra rtěnek, krabičky pro kosmetiku, napínače obuvi, obroučky brýlí, hračky

Acetopropionát celulosy (CP)

Použití: sportovní a ochranné brýle, držadla příborů, tělesa mikrofonů, injekční stříkačky, modely automobilů, vlaků, cigaretové špičky

Acetobutyráť celulosy (CAB)

Použití: volanty automobilů se zastříknutou kovovou výstuží, kryty armatur, přepínací páčky a tlačítka, elektroizolační rukojeti kleští a šroubováků, tlačítka a klávesy psacích strojů, obroučky brýlí

2.5.10 Lineární polyuretan (PUR)

Je to amorfní termoplast charakteru tuhé pryže. Tažnost a rázová i vrubová houževnatost jsou vysoké jako u kaučuků. Otěruvzdornost je vysoká. Trvalá teplotní odolnost je 80°C, teplotní roztažnost je velká. Elektroizolační vlastnosti jsou dobré, dielektrické ztráty jsou vyšší. PUR je hořlavý. Odolnost proti UV-záření a vlivu povětrnosti je dobrá. Je navlhavý. Neobsahuje změkčovadla. Chemicky odolává pohonným směsím, neaditivovaným olejům, neodolává kyselinám, zásadám, horké vodě. Je pouze v přírodní nažloutlé barvě.

Použití: těsnící kroužky, manžety, membrány, protiprašné kryty, značkovací přívěsky zvířat, lyžařské boty, podpatky, ozubená kola, ložiska

2.6 Reaktoplasty podle typu a doporučení ke zpracování

Zpracovatelnost reaktoplastů je určena hlavně tekutostí, která je všeobecně horší než u termoplastů a závisí na druhu pryskyřice a charakteru plniva. Při vstřikování nastává silná orientace plniva, anizotropie vlastností a vzniká velké vnitřní pnutí, které vzhledem ke křehkosti reaktoplastů může někdy vést až k prasknutí výstříku. Vstřikovací reaktoplasty jsou většinou ve formě granulátu. Výrobní cykly jsou delší než u termoplastů.

Vzhledem k zatím omezenému významu vstřikování reaktoplastů, uvádím pouze výběr nejdůležitějších materiálů.

2.6.1 Fenoplasty (PF)

Jsou to fenol-formaldehydové pryskyřice s různými plnivy, známé jako bakelit. Jsou tuhé, tvrdé a křehké. Tažnost a rázová i vrubová houževnatost jsou velmi nízké. Trvalá teplotní odolnost je do 100°C, tvarová stálost za tepla je 125 – 135°C. Teplotní roztažnost je nízká. Elektroizolační vlastnosti jsou dobré, dielektrické ztráty jsou vysoké. PF pomalu hoří. Odolnost proti UV-záření a vlivu povětrnosti je dobrá. Navlhavost je vyšší u PF s organickými plnivy, nízká u PF s anorganickými plnivy. Chemicky odolávají alkoholům, rozpouštědlům, benzínu, olejům, tukům, neodolávají však silným kyselinám a zásadám a horké vodě. Barevnost je omezená na tmavé barvy. PF je neprůhledný.

Zpracování: Fenoplasty se plní dřevitou moučkou, textilními vlákny a ústřížky, asbestem, nebo různými plnivými pro zlepšení elektrických vlastností. Vyžadují speciální geometrii šneku, válec musí být temperován na 65 - 85°C, rychle opotřebovávají vtokovou soustavu.

Použití: elektroizolační součásti, krabičky, kryty, tepelně izolační rukojeti, kluzná ložiska

2.6.2 Melaninové plasty (MF)

Jsou to melanin-formaldehydové pryskyřice s různými plnivými. Mechanické, elektrické a fyzikální vlastnosti jsou velmi podobné PF. Trvalá teplotní odolnost je do 110°C, navlhavost je mírně vyšší. Chemická odolnost je rovněž podobná PF, MF navíc odolávají horké vodě. Jsou neprůhledné a v různých barvách.

Použití: elektroizolační součásti, kryty měřících přístrojů, součásti jističů, spínačů a průmyslových zásuvek a zástrček, regulační knoflíky, rukojeti, držadla nádobí

2.6.3 Nenasycené polyestery plněné skleněnými vlákny (UP)

Tyto materiály mají široké rozmezí vlastností podle druhu suroviny. Trvalá teplotní odolnost je 110 – 130°C, tvarová stálost za tepla je 125 – 200°C. Velmi dobré elektroizolační a dobré dielektrické vlastnosti. Hoří pomalu. Velmi dobrá odolnost proti UV-záření a vlivu povětrnosti. Navlhavost je podle typu materiálu nízká až střední. Chemicky odolává slabým kyselinám, alkoholům, benzínu, olejům, neodolává zásadám a chlorovaným uhlovodíkům. Barevnost je značně omezená, je neprůhledný.

Použití: skříně, kryty, podstavce, stojany, tepelně namáhané elektroizolační součásti v sériové výrobě, kde by ruční laminování bylo neekonomické

2.7 Další materiály ke vstřikování

Kovové prášky

Tekutost materiálu obstarává plast, kovové vlastnosti kovový prášek, kterého je 60 - 65 objemových procent. Po odstříknutí je plast vysublimován a proběhne spečení

součásti. Tímto způsobem se vyrábějí tvarově složité součásti zbraní, počítačů a lékařské techniky.

Keramické hmoty

90% ceny keramické součásti tvoří náklady na obrábění. Vstřikování keramiky je tudíž velmi zajímavé. Pojivem je termoplast, například PE. Odstríknutím musí být plast odsublimován.

Biologicky odbouratelné materiály

Jedná se o blendy (smíchání dvou nebo více složek) škrobů z přírodních plodin, jako je kukuřice, obilí, brambory, které jsou míchány s polyestery (například s termoplastickým polyesteramidem). Takový plast se během kompostování plně rozpadá na CO₂, biomasu a vodu. Zpracování je možné na běžných strojích, zpracovací teploty leží mezi 130 - 250°C.

Odbouratelné termoplastické dřevo

Používá se pod obchodní značkou Fasal. Obsahuje asi 50% pilin jako plniva šrotovanou kukuřici a přírodní pryskyřici. Zpracovává se na běžných strojích, malé otáčky šneku a zpětný odpor. Vstřikovací tlak je značný - až 2000 barů. Nepředsuší se.

2.8 Přísady do plastů ovlivňující jejich vlastnosti

Snížující tření a zlepšující vyjmutí vylisku z formy

Jedná se o mýdla kovů, parafinové oleje, voskové polymery. Účelem je snížit vnitřní tření a zlepšit vyjmutí vylisku z formy. Lze je přidávat přímo do násypky.

Stabilizátory

Používají se tepelné stabilizátory, stabilizátory proti UV-záření. Stabilizátory mohou být poměrně složité sloučeniny nebo i obyčejné saze.

Antioxidanty

Mnoho plastů oxiduje tzn. žloutne. Tomu zabraňují antioxidanty (fosfidy, fosfonidy, bifenyly, aminy, ioetery apod.), ty se přidávají v množství asi 0,03 - 0,3%.

Samozhášivé přísady

Zvyšují samozhášivost. Nedají se použít jinak, než již jako zabudované výrobcem do materiálu.

Plniva

Některé reagují se základním plastem. Saze vyvolávají v elastomerech radikální zesíťování. Všechny přidávají plastu na objemu. Některé zvyšují teplotu skelného přechodu a jiné zase zlepšují mechanické vlastnosti.

Jako plniva se používají karbonáty jako CaCO_3 , MgCO_3 , dále Fe_2O_3 , křída, kaolin, kysličník křemičitý, saze, skelná vlákna, skelné kuličky, uhlíková vlákna, ale i organická plniva jako rozemleté ořechové slupky, kukuřičné stonky, piliny atd.

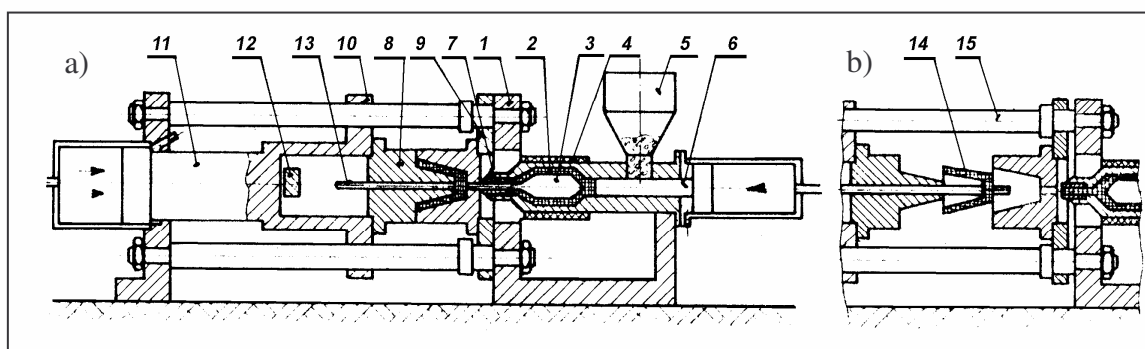
Často vedou ke zlevnění plastu. Tekutost je horší, většina mechanických vlastností se obvykle zlepšuje.

Barviva

Technologicky nejjistější je odebrat nabarvené materiály přímo od výrobce. Tento postup není obvykle nejlevnější, a proto přistupujeme často k barvení ve vlastní lisovně. Barviva slouží k dosažení žádaného barevného efektu. Podrobnější informace o technologii barvení jsou v tab. 5. Technologie barvení, která se nachází v příloze PI.

3 VSTŘIKOVACÍ STROJE A PERIFERIE

Celý vstříkovací cyklus realizují vstříkovací stroje. Musí tedy mít uzavírací jednotku ovládající formu (uzavírání, otevírání, vyhazování výstříku) a vstříkovací jednotku zajišťující přípravu taveniny a její vstříknutí do uzavřené formy.



Obr. 19. Vstříkovací stroj a) vstříkování, b) vyhození výstříku

1 – rám stroje, 2 – tavicí komora, 3 – torpédo, 4 – topení, 5 – násypka, 6 – vstříkovací píst, 7 – vstříkovací tryska, 8 – vstříkovací forma, 9 – upínací desky, 10 – vedení, 11 – hydraulický píst, 12 – doraz vyhazovače, 13 – vyhazovač, 14 – výstřík, 15 – nosný sloup

3.1 Uzavírací jednotka

Otevření a bezpečné uzavření formy zajišťuje uzavírací ústrojí. Potřebná uzavírací síla je závislá na velikosti stroje, tedy na velikosti plochy průřezu výstříku v dělicí rovině a na velikosti vstříkovacího tlaku. Uspořádání uzavírací jednotky a tuhost uzavíracího mechanismu má rozhodující vliv na těsnost formy.

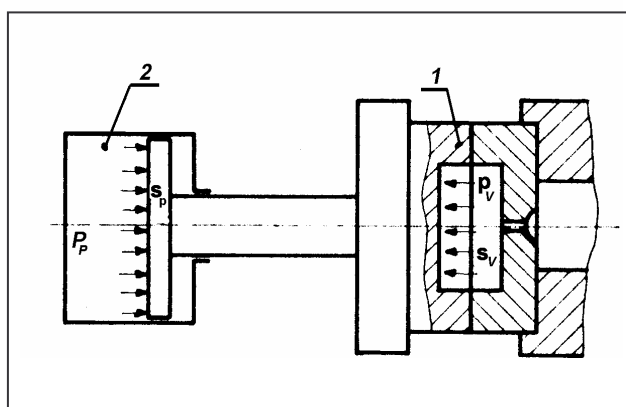
Podle druhu pohonu se uzavírací jednotka dělí na hydraulickou a to na přímou nebo se závorováním, hydraulicko-mechanickou a elektromechanickou.

Významnou součástí uzavírací jednotky je vstříkovací forma. Její funkcí je dát tavenině konečný tvar výrobku a v tomto tvaru ji ochladit do stavu, kdy již nemůže dojít k deformacím.

3.1.1 Hydraulické uzavírací ústrojí - přímé

Uzavírací rychlost je řízená uspořádáním a ovládáním hydraulického obvodu. Výhodou je jeho jednoduchost, jednoduchá regulace velikosti uzavírací síly a rychlosti pohyblivé upínací desky v jednotlivých fázích uzavírání. K dosažení velkých uzavíracích sil jsou však zapotřebí velké rozměry hydraulických válců a k zajištění dostatečně vysokých uzavíracích rychlostí značná množství hydraulické kapaliny. Problémy jsou i s utěsněním pístů velkých průměrů.

Nevýhodu tohoto uspořádání odstraňuje uzavírací ústrojí s pomocnými válci, které mají malý průměr, ale vysoký zdvih.



Obr. 20. Přímá hydraulická uzavírací jednotka

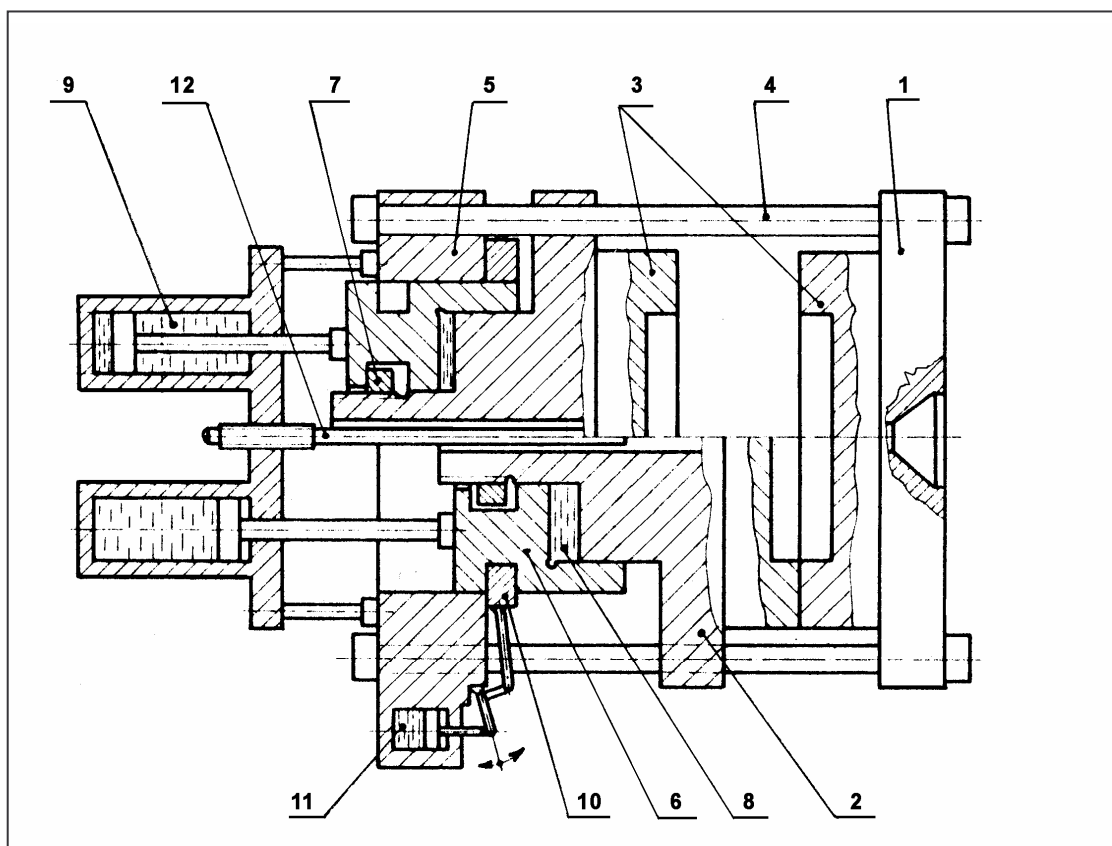
1 – forma, 2 – hydraulický válec, P_p – tlak kapaliny, S_p – plocha pístu, P_v – vstřikovací tlak, S_v – plocha výstřiku v dělicí rovině

3.1.2 Hydraulické uzavírání s mechanickým závorováním

Mechanickým závorováním se rozumí dočasné nahrazení hydraulického systému systémem mechanickým. Mezi pohyblivou částí a základovým rámem vznikne tuhé spojení.

Výhody tohoto uspořádání vyniknou u velkých vstřikovacích strojů, příkladem může být hydraulické uzavírací ústrojí se závorováním středového bloku. Písty pomocných válců posouvají středový blok, ve kterém je umístěn hlavní hydraulický válec. Píst hlavního válce je spojen se zadní upínací deskou.

Rychlost pohybu v jednotlivých fázích uzavírání lze regulovat škrcením průtoku kapaliny. Tím lze nastavit požadovanou rychlost dosedání pohyblivé části formy na nepohyblivou.



Obr. 21. Hydraulické uzavírání s mech. závorováním středového bloku

1 – přední upínací deska, 2 – zadní upínací deska, 3 – vstřikovací forma, 4 – sloupy, 5 – třmen, 6 – středový blok, 7 – matice, 8 – hlavní hydraulický válec, 9 – pomocné hydraulické válce, 10 – závora, 11 – hydraulický válec pro závorování, 12 - vyhazovač

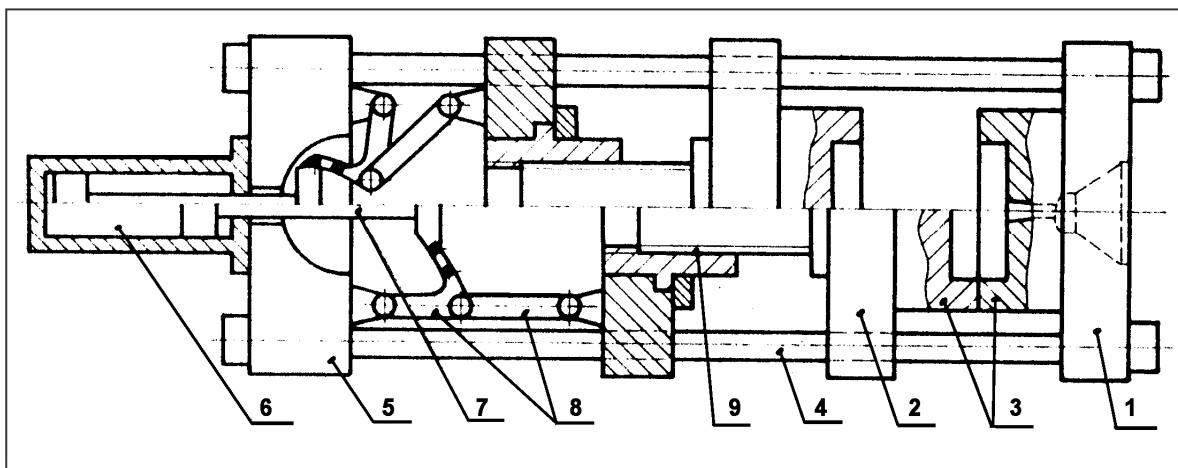
3.1.3 Hydraulicko-mechanické uzavírací ústrojí

Rychlost uzavírání je dána kinematickým uspořádáním mechanismu, což umožňuje docílení minimálních dosedacích rychlostí a také velmi příznivých silových i rychlostních poměrů. Nejčastěji používanou skupinou uzavíracích mechanismů jsou kloubové uzávěry.

Postupem vývoje se vytvořily dvě základní uspořádání uzavíracích ústrojí a to s válcem v ose stroje a s válcem mimo osu. V obou případech mají stroje hydraulický válec malého průměru s malou spotřebou tlakové kapaliny.

Uspořádání s válcem v ose stroje

Pohyb pístní tyče se přenáší pákovým převodem na pohyblivou desku. Zpomalení pohybu a dovření formy probíhá nepřerušovaným rovnoměrným pohybem uzavíracího pístu.

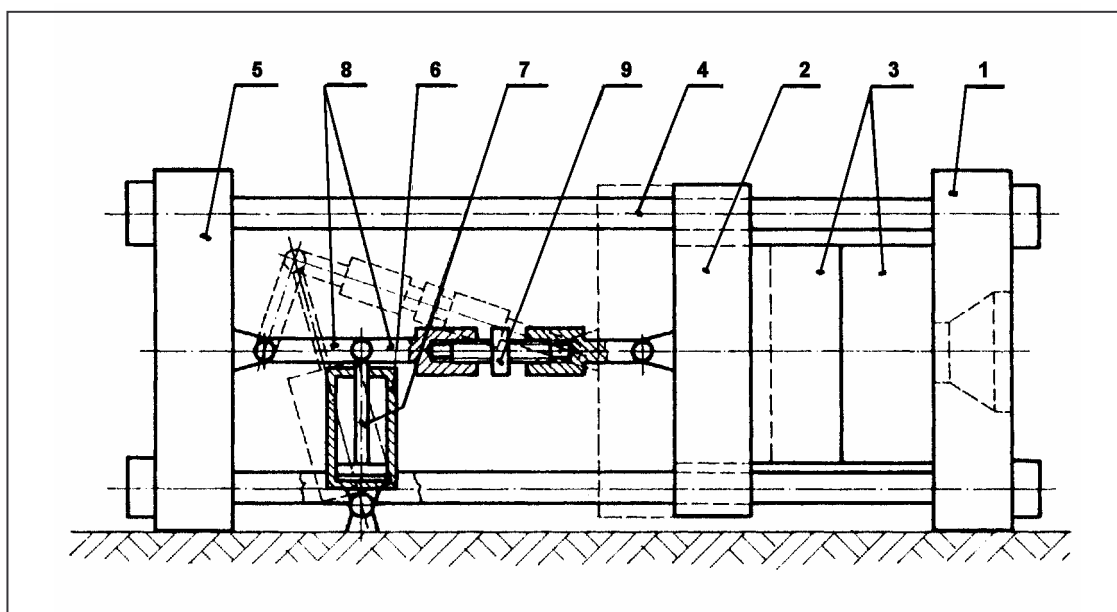


Obr. 22. Hydraulicko-mechanické uzavírání s válcem v ose stroje

1 – přední upínací deska, 2 – zadní upínací deska, 3 – vstřikovací forma, 4 – nosné sloupky,
5 – nosný třmen, 6 – hydraulický válec, 7 – pístní tyč, 8 – kloubový mechanismus,
9 – seřizovací šroubový mechanismus

Uspořádání s válcem mimo osu stroje

Hydraulický válec je upevněn výkyvně na základovém rámu. Pohybem pístní tyče je narovnáván kloubový mechanismus unášející upínací desku s částí formy. Nastavení příslušného zdvihu umožňuje seřizovací šroubový mechanismus.



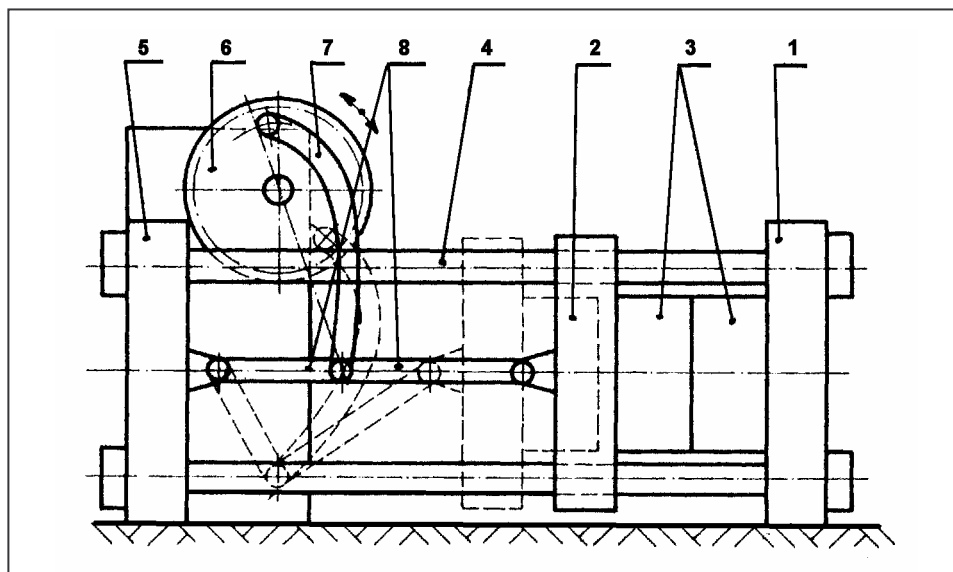
Obr. 23. Hydraulicko-mechanické uzavírání s válcem mimo osu stroje

Popis viz Obr. 22.

3.1.4 Elektromechanické uzavírací ústrojí

Příprava tlakové energie pro pohon hydraulických válců je energeticky velmi náročná. Proto dochází k nahrazení přímočarého hydraulického motoru elektromotorem s klikovým mechanismem.

Při konstrukci tohoto uzavíracího ústrojí se vychází ze zkušeností z konstrukce obráběcích strojů. Jejich výhodou je jednoduché ovládání, vysoká uzavírací rychlost a snadná automatizace celého pracovního cyklu. Další výhodou je nižší energetická náročnost.



Obr. 24. Elektromechanické uzavírací ústrojí

1 – pevná upínací deska, 2 – pohyblivá upínací deska, 3 – dělená vstřikovací forma, 4 – nosné sloupy, 5 – rám stroje, 6 – klikový kotouč, 7 – ojnice, 8 – pákový mechanismus

3.1.5 Energetická náročnost uzavíracího ústrojí

Při posuzování spotřeby energie je nutné zohlednit veškeré ztráty, které v uzavírací jednotce vznikají. Celková účinnost se skládá z účinnosti přeměny energie, účinnosti řízení a z účinnosti přenosu energie.

Účinnost přeměny energie zahrnuje ztráty mechanické, elektrické, magnetické, objemové a tlakové ke kterým dochází v pohonech. O hodnotě účinnosti rozhodují ztráty hnacího ústrojí. U elektromotorů je dána jeho konstrukcí a způsobem provozu. U hydromotorů jsou ztráty způsobeny průsakem kapaliny z pracovních prostorů hydraulické jednotky a třením u hydraulicko-mechanických pohonů.

Celková účinnost přeměny energie je dána součinem dílčích účinností a dosahuje hodnoty 0,61 – 0,89.

Účinnost řízení bere v úvahu regulační a řídicí systém. Její velikost vyjadřuje schopnost s jakou dokáže regulační a řídicí systém přizpůsobit parametry pohonu potřebám poháněných mechanismů stroje. Z hlediska energetické náročnosti je nejvýhodnější využít regulační hydromotor.

Hodnota účinnosti regulace se pohybuje v rozmezí 0,25 – 0,5.

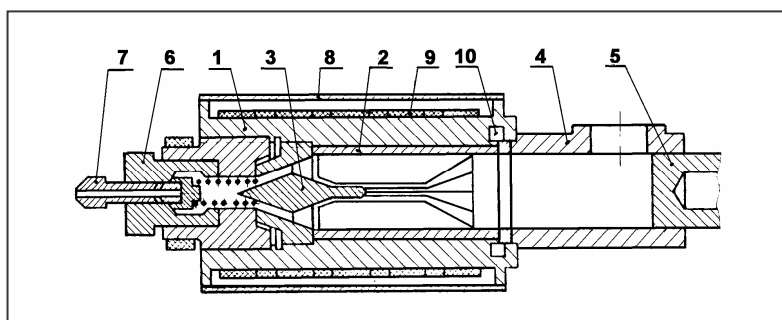
Účinnost přenosu energie zahrnuje ztráty, které vznikají průchodem hydraulického média vedením, ventily, filtry a regulačními orgány. Lze je ovlivnit délkou potrubí, volbou průřezu, počtem a konstrukcí ohybů.

V provozu vstřikovacích strojů je účinnost přenosu energie 0,75 – 0,9.

To znamená, že celková účinnost pohonu uzavírací jednotky je 0,11 – 0,44. Žádný stroj však nepracuje v celém režimu s maximální účinností, takže ve skutečnosti dostáváme hodnoty účinnosti ještě nižší.

3.2 Vstřikovací jednotka

Vstřikovací jednotka musí zajistit dokonalou plastikaci a homogenizaci taveniny a dostatečně vysoký vstřikovací tlak. Plastikace probíhá v tavicí komoře (pístová plastikace) nebo v pracovním válci (šneková plastikace).



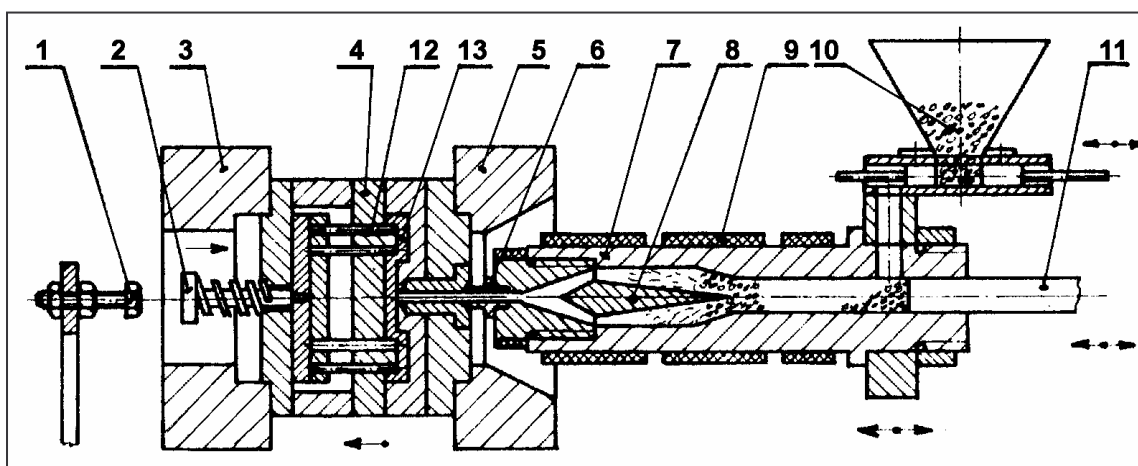
Obr. 25. *Plastikační jednotka*

1 – těleso tavicí komory, 2 – žebrovaná vložka, 3 – torpédo, 4 – pracovní válec, 5 – vstřikovací píst, 6 – vstřikovací tryska, 7 – uzávěr vstřikovací trysky, 8 – izolační kryt, 9 – topné těleso, 10 – chladicí komůrka

3.2.1 Vstřikovací jednotka bez předplastikace

Při pístové plastikaci se dávkuje zpracováváný materiál dávkovacím zařízením do tavicí komory. Zde se materiál roztaví a tavenina se vstříkne vstřikovacím pístem do formy. Teplo potřebné k ohřátí materiálu dodávají pásová topná tělesa. Prostor uvnitř tavicí komory musí být řešen tak, aby zde nevznikaly mrtvé kouty, ve kterých by mohlo dojít k nepřiměřenému tepelnému namáhání.

Výhodou je především jednoduchá konstrukce a snadné docílení poměrně vysokých vstřikovacích tlaků. Nevýhodou je horší homogenizace taveniny.

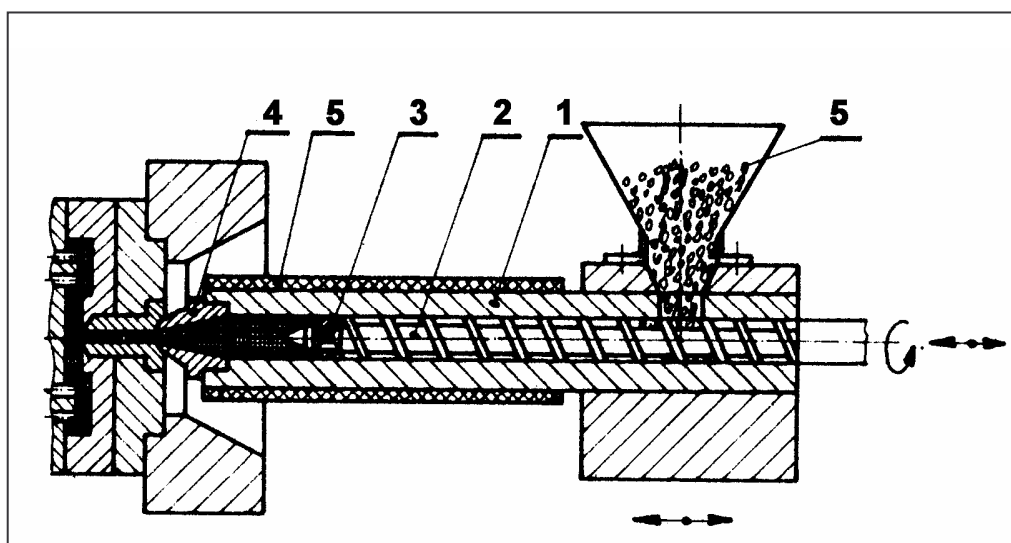


Obr. 26. Pístová plastikace

1 – vyhazovací doraz, 2 – tyč vyhazovače, 3 – zadní upínací deska, 4 – dělená vstřikovací forma, 5 – přední upínací deska, 6 – vstřikovací tryska, 7 – tavicí komora, 8 – torpédo, 9 – topné těleso, 10 – dávkovací zařízení, 11 – vstřikovací píst, 12 – vyhazovače, 13 – výstřík

U vstřikovací jednotky se šnekovou plastikací vstupuje zpracováváný materiál z násypky do pracovního válce. V pracovním válci se šnekem plastikuje, homogenizuje a dopravuje před špicí šneku. Šnek se otáčí a posouvá směrem dozadu, čímž vytváří prostor pro taveninu. Po zplastikování se materiál pohybem šneku vstříkne do formy. Pracovní válec je opatřen topením.

U nízkoviskózních materiálů má tavenina při vstřiku tendenci vracet se zpět do šnekového kanálu. Proto je na čele šneku zabudován zpětný uzávěr. Šneková plastikace dává větší výkony než pístová. Také rovnoměrnost prohřevu a homogenizace je lepší.



Obr. 27. Šneková plastikace

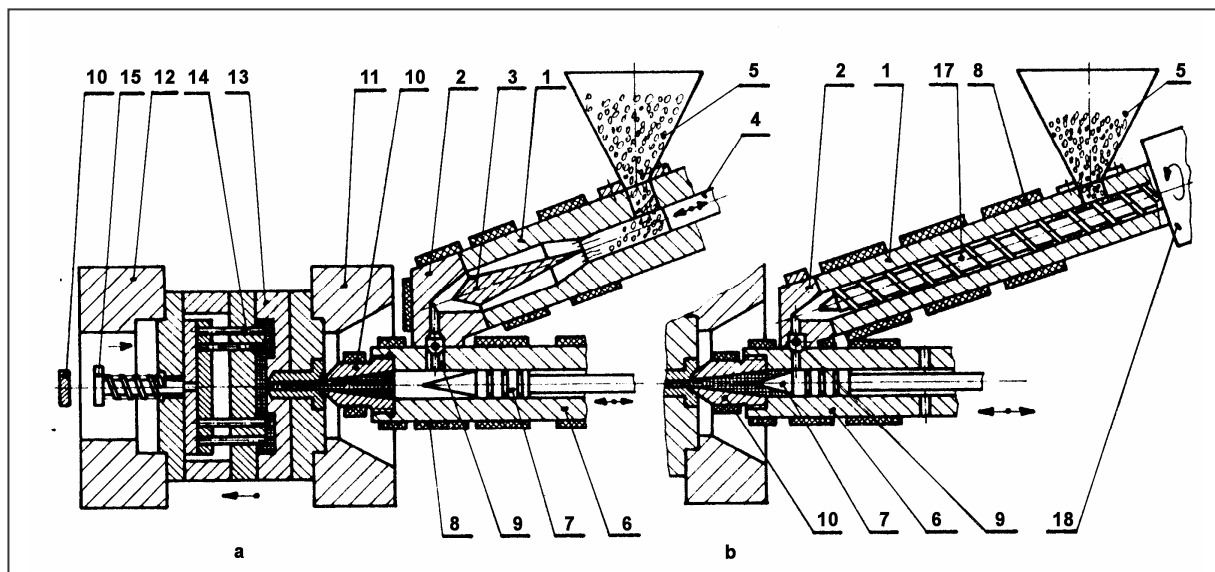
1 – pracovní válec, 2 – šnek, 3 – zpětný uzávěr, 4 – vstříkovací uzávěr, 5 – topné těleso, 6 - násypka

3.2.2 Vstříkovací jednotka s předplastikací

Zpracovávaný materiál se plastikuje v oddělené plastikační jednotce a takto připravená tavenina se dopravuje do vstříkovacího válce, odkud se pak vstříkne pístem do formy.

U pístové předplastikace se tavenina připravuje v tavicí komoře, opatřené torpédem a topením. Tavicí komora je zakončena hlavou, jejímž prostřednictvím je spojena se vstříkovacím válcem. Tavenina se dopraví před vstříkovací píst a je vstříknuta přes vstříkovací trysku do formy. Proto, aby nedocházelo k přetlačování taveniny ze vstříkovacího válce zpět do tavicí komory se mezi tyto dvě části vkládá zpětný ventil.

Šneková předplastikace je složitější, ale vyskytuje se častěji. Toto uspořádání umožňuje spojit výhody šnekové plastikace se vstříkovaním pístem. Dosahuje se tím rychlé a dokonalé plastikace materiálu a vysokých vstříkovacích tlaků i rychlostí. Nevýhodou je složitost a vyšší nároky na seřizování a údržbu.



Obr. 28. Vstřikovací jednotka s předplastikací a) pístová, b) šneková

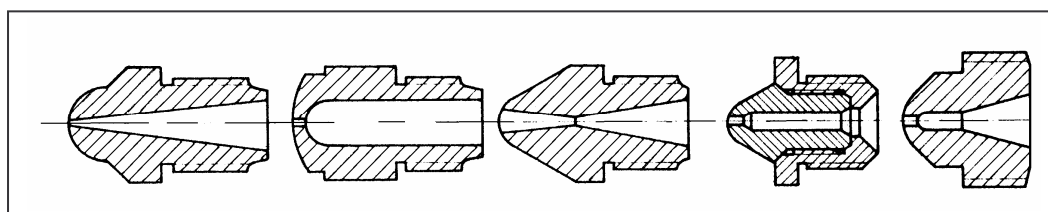
1 – tavicí komora, 2 – hlava tavicí komory, 3 – torpédo, 4 – plastikační píst, 5 – násypka, 6 – vstřikovací válec, 7 – vstřikovací píst, 8 – topení, 9 – uzávěr, 10 – vstřikovací tryska, 11, 12 – upínací desky, 13 – forma, 14 – vyhazovače, 15, 16 – doraz vyhazovače, 17 – plastikační šnek, 18 – pohon plastikačního šneku

3.2.3 Vstřikovací trysky

Vstřikovací tryska zajišťuje dočasné spojení vstřikovací jednotky s formou. Toto spojení musí být dokonale těsné. Vstřikovací trysky mohou být řešeny jako volně průtočné nebo uzavíratelné.

Volně průtočné trysky jsou vhodné pro krátké vstřikovací cykly a materiály s vyšší viskozitou taveniny. Uzavíratelné trysky se používají při vstřikování nízkoviskozních tavenin, zejména při vertikálním uspořádání vstřikovací jednotky.

Jsou ovládány dosednutím na formu nebo samostatným mechanismem umístěným uvnitř nebo vně trysky.

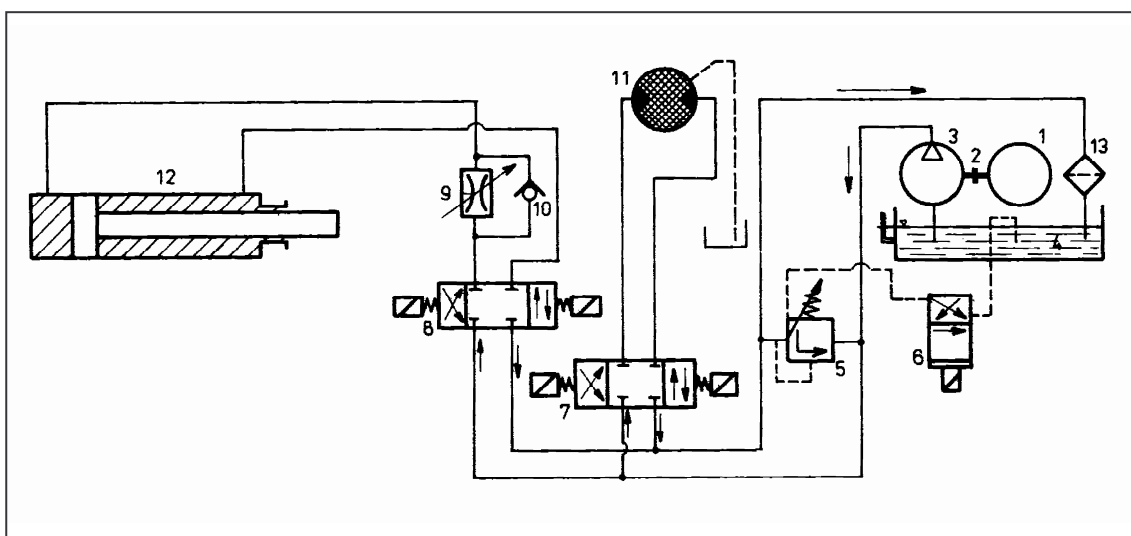


Obr. 29. Vstřikovací trysky

3.3 Hydraulické obvody

Hydraulické obvody obsahují vedle hydromotorů též hydrogenerátory, rozvod a ovládací mechanismy. Hydrogenerátory jako zdroje tlaku se též nazývají čerpadla. Čerpadlo dodává tlakovou kapalinu přes šoupátko pro ovládání rotačního hydromotoru do rotačního hydromotoru a přes šoupátko pro ovládání hydraulického válce do hydraulického válce. Rychlost posuvu se nastavuje regulačním ventilem. Zpětný ventil zajišťuje obtok regulačního ventilu při zpětném chodu pístu.

Časově proměnný odběr tlakové kapaliny z čerpadla upravuje přepouštěcí ventil a přepouštěcí šoupátko. Přebytečná kapalina se vrací do olejové nádrže. Kapalina od hydromotoru se vede zpět odpadovým potrubím do zásobníkové nádrže. V odpadovém potrubí je umístěn filtr pro zachycování nečistot. Filtr se také vkládá do sacího potrubí. Zásobníková nádrž je spojena s atmosférou přes vzduchový filtr, aby se pohybem hladiny v nádrži nenasávaly nečistoty z okolí.



Obr. 30. Schéma hydraulického obvodu

1 – elektromotor, 2 – pružná spojka, 3 – čerpadlo s konstantním dopravovaným množstvím, 4 – zásobníková nádrž, 5 – stavitelný přepouštěcí ventil, 6 – přepouštěcí šoupátko, 7 – šoupátko pro ovládání rotačního hydromotoru, 8 – šoupátko pro ovládání hydraulického válce, 9 – regulační ventil pro řízení posuvné rychlosti, 10 – zpětný ventil, 11 – hydromotor se dvěma směry otáčení, 12 – hydraulický válec, 13 – filtr

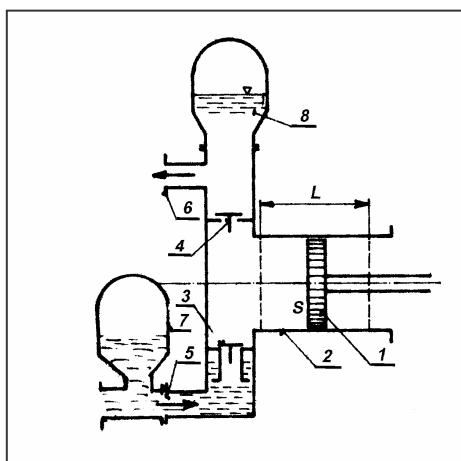
3.3.1 Čerpadla

Konstrukční řešení čerpadel je do určité míry analogické řešení hydromotorů. Vyrábí se pro konstantní nebo proměnné dopravované množství.

Pístová čerpadla

Ta se skládají z pracovního válce, ve kterém se pohybuje píst. Ten při sacím zdvihu nasává kapalinu do pracovního válce přes sací ventil. Výtlačný ventil je přitom uzavřen. Při výtlačném zdvihu se uzavře sací a otevře výtlačný ventil. Píst dopravuje kapalinu z válce k výtlačnému hrdlu. Pro usměrnění toku kapaliny se do sacího i výtlačného potrubí zařazují větrníky, v nichž se hydraulické rázy tlumí polštářem stlačeného plynu.

Tato čerpadla se používají pro menší dopravované množství a vysoké tlaky.



Obr. 31. Funkce pístového čerpadla

1 – píst, 2 – válec, 3 – sací ventil, 4 – výtlačný ventil, 5, 6 – sací a výtlačné hrdlo, 7 – sací větrník, 8 – výtlačný větrník

Zubová čerpadla

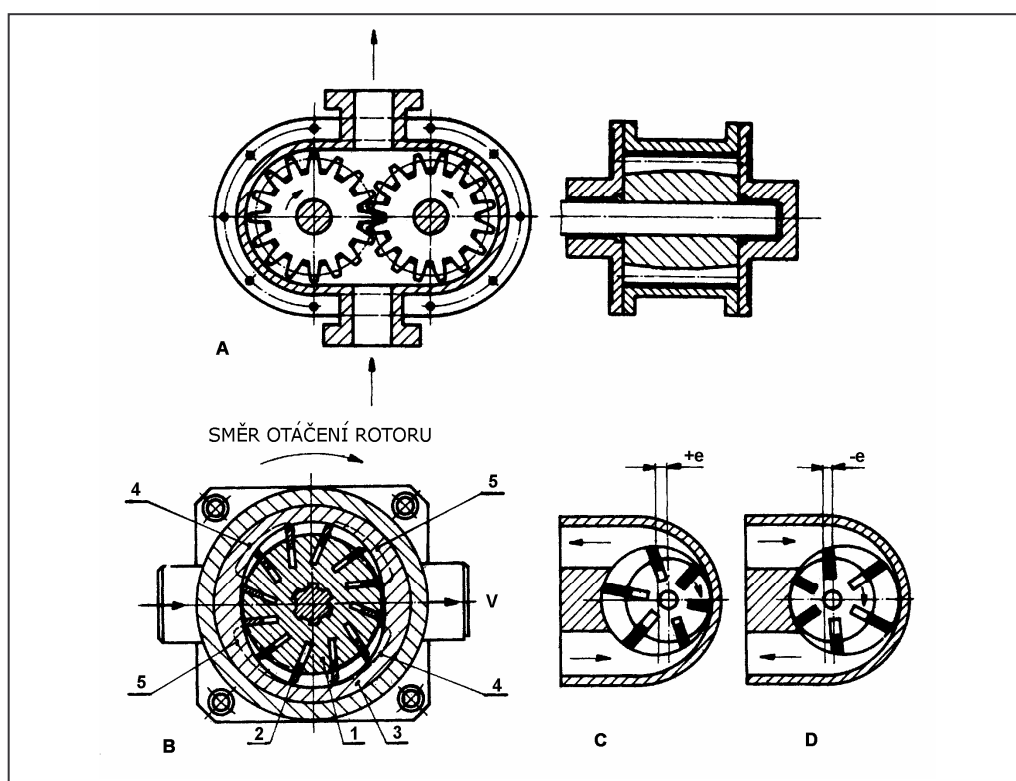
Vyznačují se jednoduchou konstrukcí a spolehlivým provozem. Podle pracovních tlaků se dělí na nízkotlaká, středotlaká a vysokotlaká. Hlavní funkční částí je dvojice ozubených kol, která se otáčejí v tělese. Ta má malou boční i radiální vůli a při otáčení dopravuje kapalinu, která je uzavřena v zubových mezerách mezi sacím a výtlačným hrdlem.

Výkon je dán objemem zubových mezer, frekvencí otáčení a celkovou účinností, ta závisí na objemových a mechanických ztrátách.

Lamelová čerpadla

Skládají se z rotoru, ve kterém jsou radiálně uloženy lamely. Těleso má pracovní prostor ve tvaru elipsy nebo kruhu. Kapalina se nasává do komůrek mezi rotorem a tělesem a z nich se vytlačuje do výtlačného hrdla.

Jsou vhodná k čerpání čistých kapalin. Dosahují poměrně velkých vytlačovaných množství při malých rozměrech. Nevýhodou je náročnější výroba a obtížnější výběr materiálů na jejich činné části.

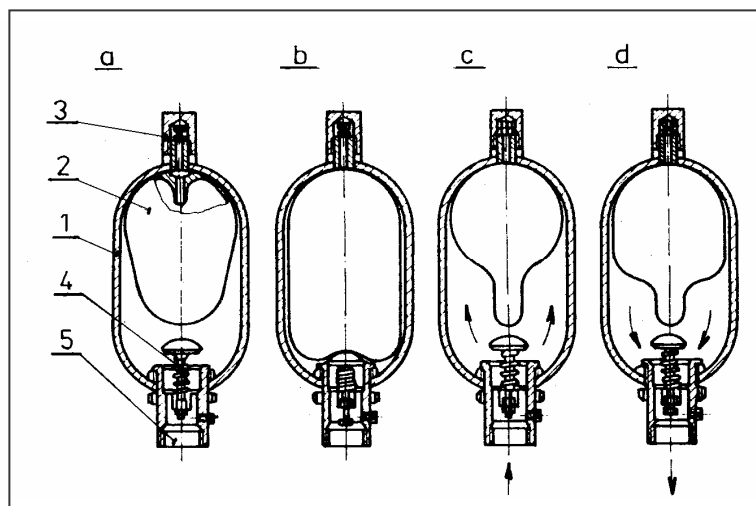


Obr. 32. A – Zubové čerpadlo B, C, D - Lamelové čerpadlo

1 – ozubené kolo, 2 – těleso, 3 – sací hrdlo, 4 – výtlačné hrdlo, 5 – rotor, 6 – lamela

Potřeba tlakové kapaliny není v jednotlivých částech vstřikovacího cyklu stejná a proto je nutno používat buď několika čerpadel umožňujících zásobovat jednotlivé spotřebiče nebo akumulátory tlakové kapaliny (používají se u větších vstřikovacích strojů).

Pneumatické akumulátory jsou tlakové nádoby z části naplněné kapalinou, z části plynem, ale nejčastěji dusíkem. Do tělesa akumulátoru je vložen pružný vak, který se nejdříve naplní plynem až je ventil uzavřen. Potom se akumulátor plní tlakovou kapalinou.



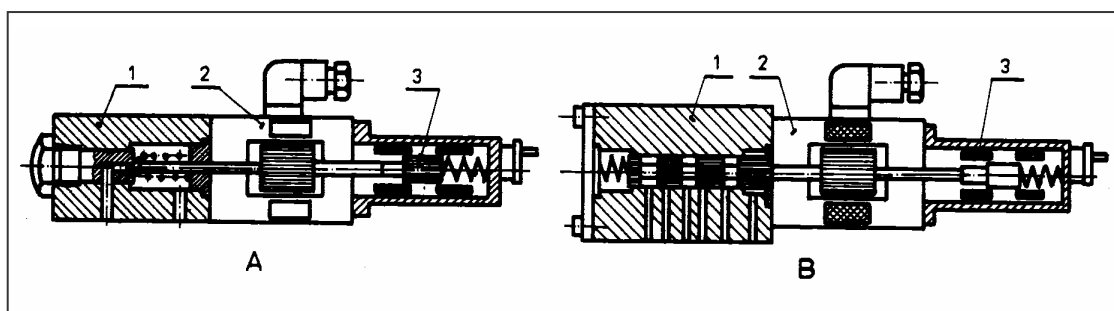
Obr. 33. Pneumatické akumulátory: a) otevřený (plněný plynem), b) uzavřený, c) plnění hydraulickou kapalinou, d) odběr hydraulické kapaliny

1 – těleso akumulátoru, 2 – pružný vak, 3 – přívod plynu, 4 – uzavírací ventil, 5 – tlaková kapalina

3.3.2 Ventily a šoupátka

Tlaková kapalina se od čerpadel rozvádí ke spotřebičům přes příslušné řídicí orgány, kterými jsou právě ventily a šoupátka různých konstrukcí. Pro přesné dodržení průtokových množství se používají proporcionální ventily nebo šoupátka.

V podstatě jde o řídicí orgány s přesnou závislostí polohy škrticí kuželky nebo válečku a průtokového množství. Jejich poloha je zajišťována magnetem a snímána indukčním snímačem.



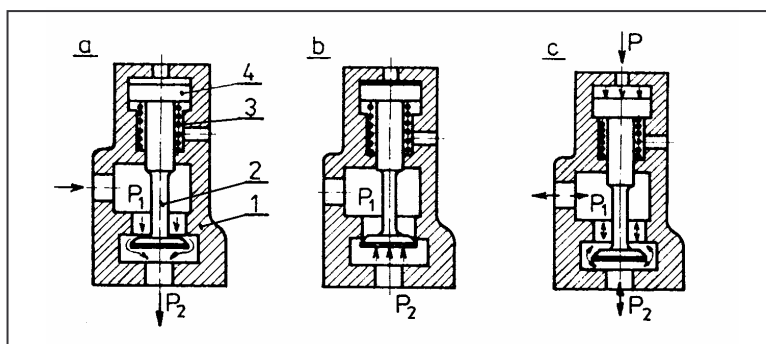
Obr. 34. Proportionální řídicí orgány: A – kuželový ventil, B - šoupátko

1 – těleso, 2 – proporcionální magnet, 3 – indukční snímač polohy

Servoventily

Při rychlých změnách tlaku se používají servoventily, které pohotově reagují na změnu průtokového množství nebo tlaku. Ventily ve srovnání se šoupátky mají výhodu v menším, mrtvém chodu. Nastavují se ručně nebo elektricky, případně mikroprocesorem.

K uzavření hydraulického obvodu slouží zpětné ventily.



Obr. 35. Hydraulický zpětný ventil

1 – těleso, 2 – uzavírací ventil, 3 – pružina, 4 - píst

3.3.3 Propojovací vedení

Vedení spojuje jednotlivé prvky tekutinových obvodů. Nemění-li se jejich vzájemná poloha, používá se potrubí nebo bloky. Potrubí je z ocelových nebo kovových trubek. Trubky jsou navzájem spojeny s hydraulickými prvky šroubeními, přírubami a tvarovkami, kterými lze určit směr a polohu vedení. Pro spojení části obvodu, která svou vzájemnou polohu mění, se používá pohyblivých spojů (kloubových, teleskopických) nebo hadic.

Vedení je prvek sloužící k vedení proudu kapaliny.

Potrubí je vedení, které nedovoluje vzájemný pohyb jím spojených prvků. Máme hlavní, vedlejší a zpětné, dále řídicí (to slouží k přenosu informace), svodové (výstupní vedení, jímž proudí kapalina, unikající vlivem propustnosti prvku).

3.3.4 Hydraulické kapaliny

Nejčastěji používanou hydraulickou kapalinou jsou různé druhy olejů. Olej by měl splňovat celou řadu přísných požadavků. Musí být odolný proti oxidaci, nesmí mít korozivní účinky na hydraulické zařízení, nesmí v obvodu pění, musí mít dobré mazací vlastnosti a jeho viskozita nemá být závislá na teplotě.

3.3.5 Filtry

Bezporuchový provoz lze zajistit za předpokladu vysoké čistoty hydraulické kapaliny. Mechanické nečistoty se musí zachytit na filtrech. Volbu typu filtru (sací, tlakový, vysokotlaký, odpadní popřípadě jejich kombinace) je třeba zvážit při konstrukci a vzít v úvahu zejména:

- citlivost na nečistoty v systému
- prioritu, funkci systému nebo jeho životnost
- konstrukci, případně parametry použitých hydrogenerátorů, hydromotorů a ventilů
- druh a způsob vzniku nečistot v systému případně vstupu nečistot zvenku

3.3.6 Nádrže

Jsou zásobníkem hydraulické kapaliny pro zdroj tlakové kapaliny. Umožňují vyrovnávat nerovnoměrnosti v odběru kapaliny, usazují se v nich nečistoty, dochází zde k teplotní stabilizaci kapaliny.

Provádí se kontrola výšky hladiny, k tomu nám slouží tyčinkové měrky s ryskami nebo plovákové spínače umožňující elektrické blokování funkcí agregátu v případě nedodržení výšky hladiny. Kontrola tlaku provozní kapaliny pomocí manometrů (kontaktních, diferenciálních) nebo tlakových relé – umožňují řízení nebo signalizaci mezních stavů tlaku v obvodu. A kontrola teploty provozní kapaliny prostřednictvím teploměrů, kontaktních teploměrů a termostatů.

Ohřev

K ohřevu kapaliny dochází za provozu přeměnou částí energie v teplo. Ohřev elektrickými topnými tělesy se provádí pouze při tzv. „studeném startu“. Topná tělesa se instalují na boku nádrže a z bezpečnostních důvodů jsou opatřena termostatem.

Chlazení vodou

Provádí se pomocí průtokového vodního chladiče s nespojitou regulací průtoku vody. U vodního chladiče je občas nutné zkontrolovat stupeň zanesení, popřípadě korozi částí, které jsou ve styku s vodou.

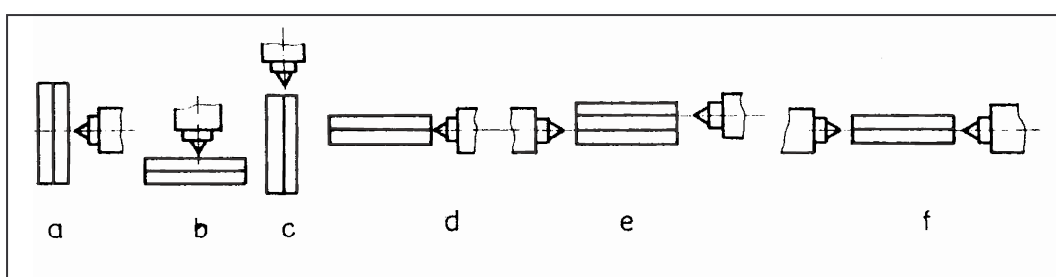
Chlazení vzduchem

Pro nedostatek chladící vody jsou častěji využívány vzduchové chladiče, jsou však méně účinné a obvykle zvyšují hladinu hluku. V prašných prostředích je jejich použití méně vhodné, neboť zanesením rychle klesá chladicí výkon. Umisťují se na nosné konzoly nad vlastní nádrží.

3.4 Uspořádání vstřikovacích strojů

Vstřikovací stroje mohou mít různě uspořádány uzavírací a vstřikovací jednotky.

Nejběžnější varianty:



Obr. 36. Uspořádání uzavírací a vstřikovací jednotky

a) horizontální, b) vertikální, c, d, e, f) úhlové

Podle druhu zpracovávaného materiálu lze rozlišit tři základní typy vstřikovacích strojů: na plasty, na reaktoplasty a kaučukové směsi. Jejich celkové uspořádání se v podstatě neliší. Specifické vlastnosti zpracovávaných materiálů si však vyžadují určité konstrukční zvláštnosti. Mohou se lišit v konstrukci šneku, vstřikovací trysky, mohou mít odlišný tepelný režim a také časový průběh jednotlivých fází vstřikovacího cyklu.

3.5 Řízení a regulace

Řízení a regulace v podstatě znamená snímání a sledování strojních a technologických parametrů spolu s jejich následnou regulací. Na strojích se obvykle nastavuje teplota jednotlivých zón vstřikovacího válce a formy, vstřikovací tlak, dotlak, časové úseky pracovního cyklu, otáčky plastikačního šneku, vstřikovací rychlost, vstříknutý objem, uzavírací a dosedací rychlost formy.

Nejčastěji sledované parametry jsou teplota a tlak taveniny ve válci, teplota a tlak ve formě, doba vstřiku a chlazení.

Řízením vstřikovacího procesu se rozumí ruční nebo automatické nastavení strojních parametrů bez zpětného hlášení o skutečných hodnotách nastavených veličin.

Regulace vstřikovacího procesu umožňuje využít naměřených hodnot pro korekci odchylek od nastavených hodnot.

Veškeré ovládání moderních strojů se dnes děje elektronicky na základě programu uloženého v paměti centrální řídicí jednotky:

- jednoduché a rychlé nastavení režimu činnosti vstřikovacího stroje
- kontrola funkce stroje a hlášení poruch včetně lokalizace
- řízení a regulace procesu pomocí hydraulických řídicích prvků
- optimalizace procesu
- sledování a vyhodnocování provozních dat – produkce, zmetky, délka cyklu
- poskytování vizuálních informací přes displej

Vstřikovací stroje vybavené těmito řídicími systémy umožňují adaptivní regulaci vstřikovacího procesu, kdy je vše řízeno podle stavu vstřikované hmoty a hotového výrobku.

Použití těchto řídicích systémů zvyšuje kvalitu výrobků. Je však nutné brát v úvahu, že cena takto vybavených strojů je mnohem vyšší než strojů klasických a roste nárok na vysoce kvalifikovanou obsluhu a údržbu.

4 NÁSTROJE PRO VSTŘIKOVÁNÍ

Vstřikovací formy na zpracování termoplastů jsou konstrukčně zcela odlišné od forem na termosety. Jejich řešení se podobá konstrukci forem na zpracování kovů litím pod tlakem. Výkres výstřiku je základním podkladem pro návrh vstřikovací formy. Dalšími podklady jsou plocha a objem výstřiku, druh termoplastu, požadovaný počet výrobků

a celkový vzhled výroby. Dále je nutno vypracovat základní technologický a ekonomický projekt, který rozhodne o nejvhodnějším stroji, druhu a násobnosti formy.

4.1 Určení optimální násobnosti

Násobnost vstřikovací formy se volí podle požadovaného množství, složitosti, velikosti výstřiku a dále podle typu stroje, který je k dispozici. V tab. 6. je informativně stanovena násobnost formy se zřetelem na sériovost výroby.

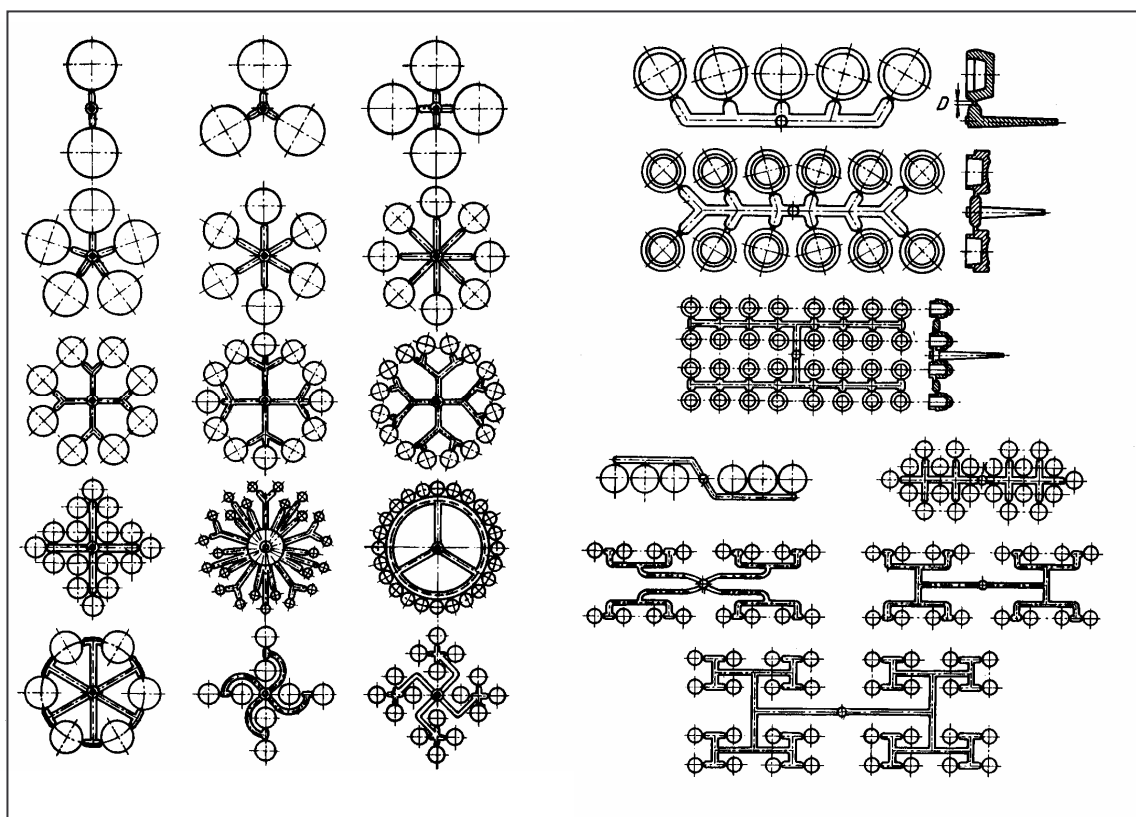
Tab. 6. Volba násobnosti formy podle požadované série

Série	Počet kusů	Násobnost formy	Materiál na tvarové dutiny
Ověřovací	do 1 000	1	lehké slitiny, ocel 11 600
Malá, jednoduché výstřiky	do 30 000	1 - 4	tepelně zpracovatelné jen pohyblivé části, jinak ocel 11 600
Malá, složité výstřiky	do 10 000	1	
Střední	do 50 000	podle technologického a ekonomického rozboru a plánovaného stroje	rám forem ocel 11 600, tvarové díly z legované oceli
Velká	do 500 000		
Hromadná výroba	nad 500 000		

4.1.1 Faktory ovlivňující stanovení násobnosti forem

- porovnání celkové spotřeby hmoty s podílem na její ztrátu ve vtocích
- výrobní náklady na vstřikování neklesají lineárně se zvyšováním násobnosti formy, protože větší stroje pracují zpravidla pomaleji a vyžadují více pozornosti obsluhy
- náklady na výrobu vstřikovací formy mají značný vliv na ekonomické hodnocení násobnosti, tu také ovlivňuje i životnost formy
- volba vstřikovacího stroje se volí podle celkové váhy výstřiku, která vychází z váhy výrobku s přídavkem podílu na vtokový zbytek násobená předem určenou

násobností, dalším hlediskem je velikost uzavírací síly a tavicí schopnost tavicí komory se zřetelem na pracovní cyklus



Obr. 37. Schematické znázornění nejvhodnějších uspořádání rozváděcích vtokových kanálků u vícenásobných forem

4.2 Řešení vtokové soustavy

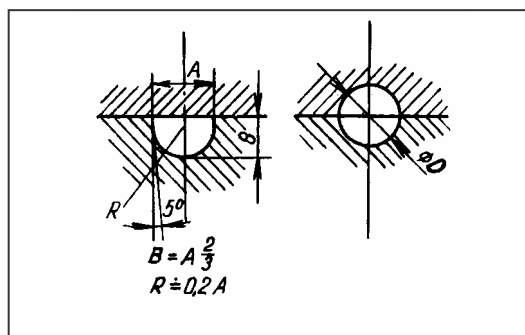
Vtoková soustava se skládá z hlavního vtokového kanálu, rozváděcích vtokových kanálů a ústí vtoku do tvarové dutiny. Složité poměry při vyplňování dutiny formy, zejména otázka změny viskozity taveniny, zúžení profilu průtoku, ochlazování a obtížně stanovitelné odpory při vyplňování formy, nedávají možnost stanovit vtokové poměry matematickým vztahem. Používá se proto hodnot zjištěných ze zkušeností.

Při řešení vtokové soustavy je třeba dodržovat určité zásady. Dosáhnout co nejrovnoměrnějšího plnění jednotlivých tvarových dutin formy a správně volit vtokové ústí tak, aby nevznikaly studené spoje na výstřiku, zbytkové napětí ve výstřiku bylo co nejmenší a vyhození výstřiku včetně vtokových zbytků a začišťování vtoků bylo co nejsnazší.

4.2.1 Rozváděcí vtokové kanály

Přivádějí k jednotlivým dutinám formy hmotu od trysky formy. Vtokové zbytky mohou být po rozemletí znovu zpracovány jako vratný materiál. Vždy však snižují plastikační výkon

a prodlužují dobu pracovního cyklu. Rozváděcí kanály mají být co nejkratší nejen z tohoto důvodu, ale také se zřetelem na ztrátu tlaku taveniny, která se zvětšuje v poměru k jejich délce. Povrch průřezu má být co nejmenší, aby se dosáhlo co nejmenších odporů při toku taveniny. Teoreticky je nejvýhodnější kruhový průřez, z výrobních důvodů však průřez čtvercový, popř. lichoběžníkový se zaoblenými kouty.



Obr. 38. Nejvhodnější průřez rozváděcích vtokových kanálků

Na velikost průřezu rozváděcího kanálku má vliv mnoho činitelů. Je to délka toku taveniny, tekutost hmoty, váha a tloušťka stěny výstřiku.

4.2.2 Vtokové ústí

Vtokové ústí má zaručit pokud možno co nejmenší ztrátu tlaku. Je proto účelné, aby zúžení rozváděcího kanálku do tvarové dutiny formy bylo ostré. Šířka vtokového ústí nemá být větší než 1,2mm.

Boční vtokové ústí

Nezúžené vyústění je vhodné pro rychlé plnění tvarových dutin formy a pro tlustostěnné výstřiky.

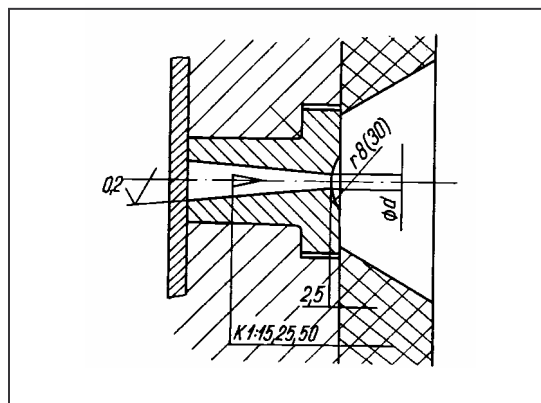
Boční tunelové ústí

Umožňuje oddělení vtokového zbytku od výstřiku během otevírání formy a používá se ho u automatických forem. Dosáhne se tak téměř neznatelné stopy po vtoku a není nutné

dodatečné začišťování vtokového zbytku. Tento způsob je vhodný pro vstřikování polystyrénů a polyolefinů.

Plné ústí vtoku

Používá se ho většinou u jednonásobných forem, a to jen tam, kde stopa po odstranění vtokového zbytku nebude na závadu vzhledu výstřiku.



Obr. 39. Vtoková vložka pro plný kuželový vtok

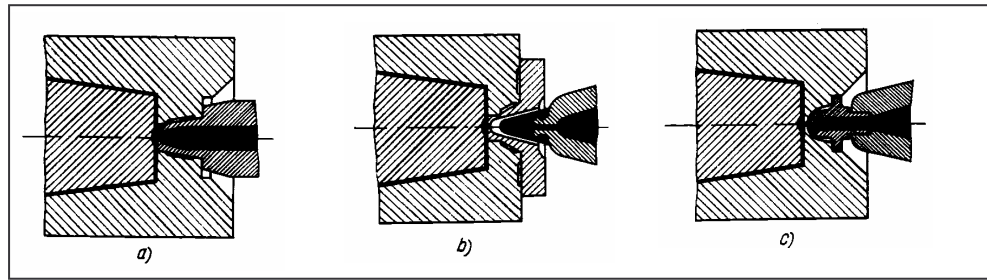
Čelní bodové ústí vtoku

Tento způsob vyústění vtoku je nejvíce rozšířen a ustálen. Umožňuje snadné a rychlé odtrhávání vtokových zbytků přímo ve formě, rovnoměrnější plnění dutiny formy a dobré odvzdušnění tvarové dutiny. Nevýhodou je třídesková konstrukce formy, která zdražuje výrobu a je náročnější na seřízení a údržbu.

Komůrkové ústí vtoku – živý vtok

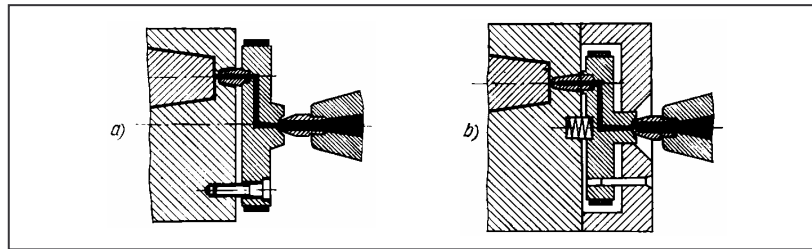
Jde o zúžené vyústění vtoku, kde je místo normální vtokové vložky uspořádána vložka s komůrkou. Na nástavec tavicí komory je našroubována redukce s tryskou. Tvar trysky má být volen tak, aby sledoval komůrku a aby při vysunutí spolehlivě vytáhl hmotu z komůrky. Při vstřikování vyplní hmota nejprve komůrku a potom dutinu formy. Po otevření formy se nejdříve oddělí vtok a kužel hmoty zůstane na horké trysce. Materiál zůstane při rychlém cyklu natolik plastický, že při opakovaném vstřikování tavenina snadno protrhne tenkou vrstvu a znovu vyplní dutinu formy.

Podobným způsobem lze řešit i vícenásobné formy. Mezi upínací desku a tvárnice je vložena rozváděcí hlava, vyhřívaná elektrickým topením s automatickou regulací.



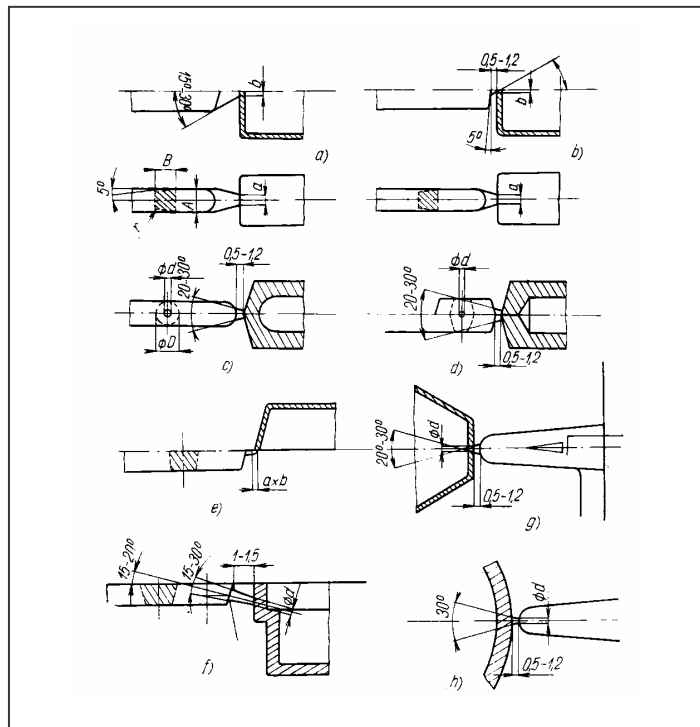
Obr. 40. Základní principy živého vtoku u jednonásobné formy

a) tryska v dotyku s čelní plochou výstřiku, b) vložená komůrka, c) komůrka vypracovaná v tvárnici



Obr. 41. Základní principy živého vtoku u vícenásobných forem

a) rozváděcí hlava spojená pevně s formou, b) rozváděcí odpružená hlava uložená ve formě



Obr. 42. Vyústění vtoku

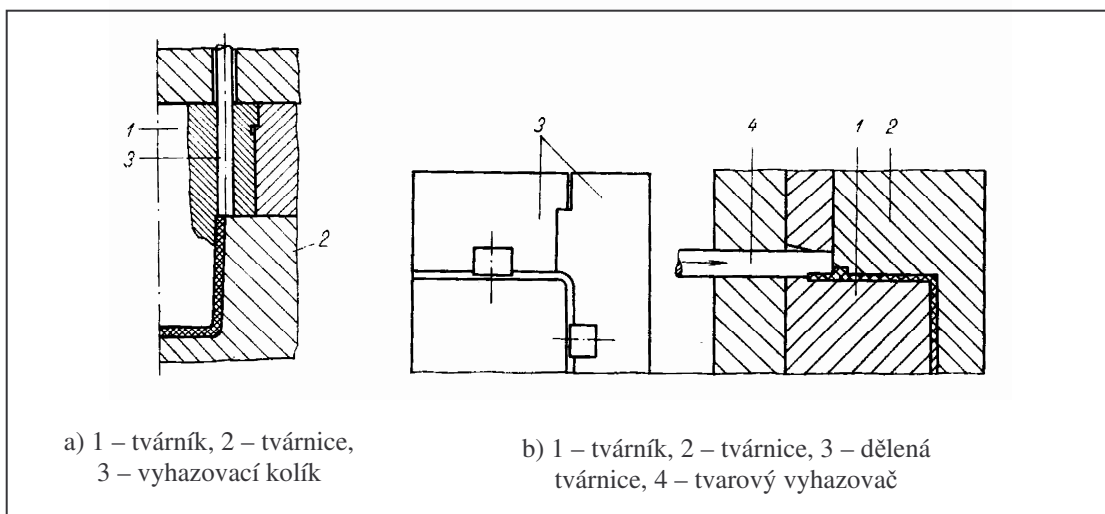
a, b, c, d, e) boční štěrbinové, f) boční tunelové, g, h) čelní bodové

4.3 Vyhazování výstřiků z formy

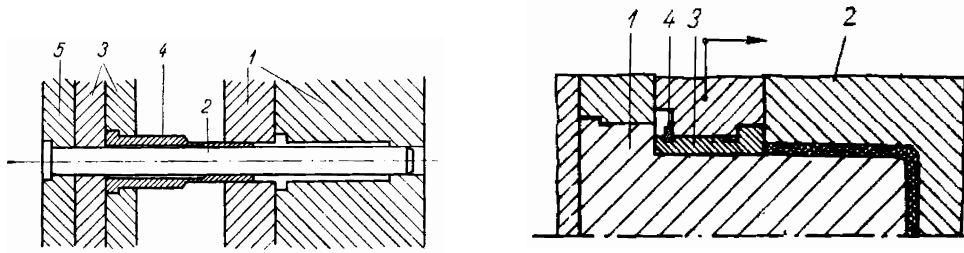
Vstřikovací hmoty se při ochlazování smršťují a tím vzniká napětí mezi výstřikem a tvárníkem nebo tvarovými jádry apod. Základní podmínkou dobré funkce vyhazování je úkosovitost stěn ve směru vyhazování. Menší úkos stěn $1/2^\circ$ volíme jen zcela výjimečně. Rovněž drsnost povrchu má podstatný vliv na snadné vyhazování. Vyhazovací mechanismus je ovládán buď mechanickým vyrážedem, který je příslušenstvím stroje, nebo samostatným zařízením ve formě.

Příklady vyhazovacích prvků:

- válcové kolíky, umístěné po okraji výstřiku (výstřiky krabicovitých tvarů)
- tvarové vyhazovače (pro tenkostěnné výstřiky)
- trubkové stírače (ke stírání výstřiků z válcových jader)
- stírací kroužky nebo desky (pro menší výstřiky válcového tvaru nebo pro výstřiky s přesazeným okrajem, kde nelze použít válcových nebo tvarových vyhazovačů)
- odpružená dělená jádra (zejména u větších závitových jader a u tenkostěnných rozměrných výrobků)
- kombinace stírání s vyhazováním, kde je nutno nejdříve výstřik uvolnit z vnitřního jádra a potom ho setřít
- pomocí stlačeného vzduchu u rozměrných výstřiků (kryty, bedny, umývadla)

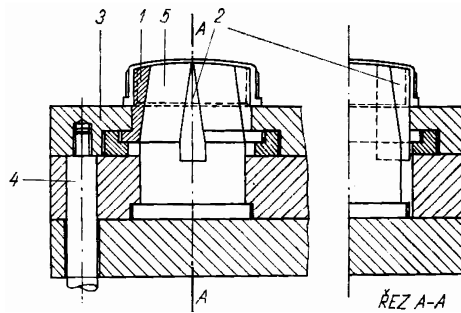


Obr. 43. a) vyhazování válcovými kolíky, b) vyhazování tvarovými kolíky

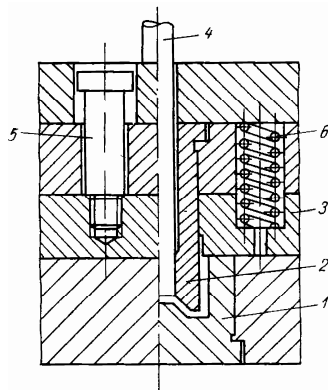


c) 1 – tvárník, 2 – tvárnice,
3 – vyhazovací desky, 4 – trubkový
stírač, 5 – kotvení deska tvárníků

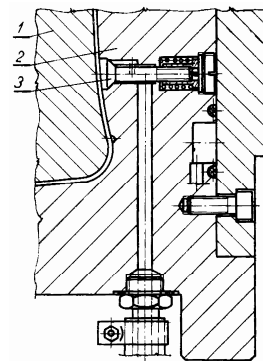
d) 1 – tvárník, 2 – tvárnice,
3 – stírací kroužek, 4 – pojistný
kroužek



e) 1 – pružný závitový kroužek, 2 – rozpínací klín,
3 – stírací deska, 4 – vyhazovací tyče, 5 – část tvárníku



f) 1 – tvárnice, 2 – tvárník, 3 – stírací
deska, 4 – vyhazovací kolík,
5 – omezovací čep, 6 – pružina



g) 1 – tvárník, 2 – tvárnice,
3 – vzduchový ventil

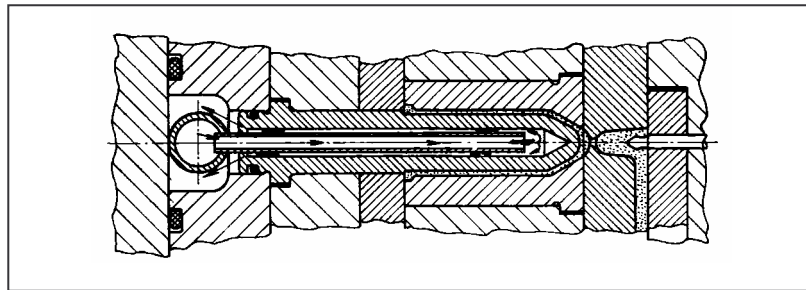
Obr. 44. c) vyhazování trubkovým stíračem, d) stírání výstřiku stíracím kroužkem, e) uvolnění výstřiku pomocí pružného závitového kroužku, f) kombinace stírání s vyhazováním, g) vyhazování stlačeným vzduchem

4.4 Chlazení vstřikovacích forem

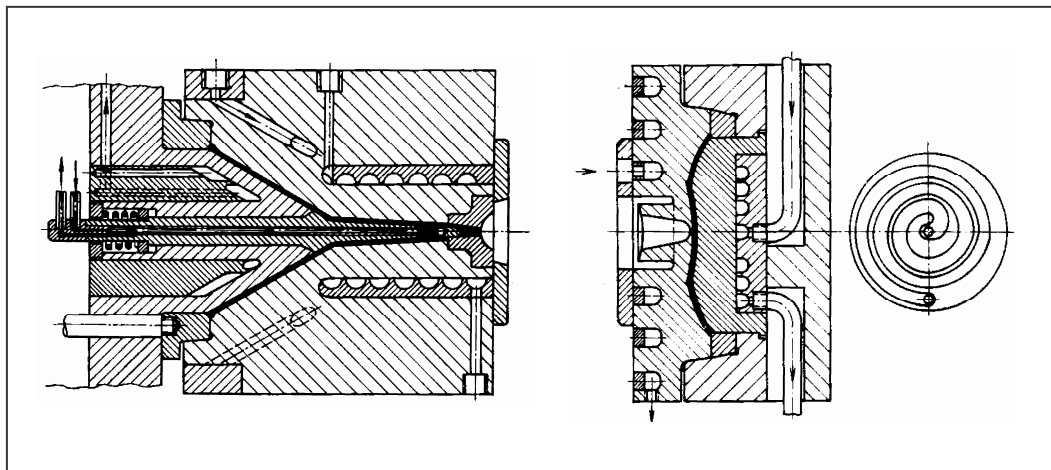
Stejněměrná a správná teplota tvarových částí formy má podstatný vliv na kvalitu výstřiku. Jakmile je tavenina vstříknuta do formy, je nutno z výstřiku odvést co nejrychleji a stejněměrně velké množství tepla.

Vstřikovací formy se chladí obvykle vodou, regulaci chlazení zajišťuje nejčastěji ručně ovládaný škrticí ventil, který řídí množství protékající vody v jednotlivých pásmech chlazení formy. U forem pro menší výstřiky postačí vedení chladicí kapaliny vrtanými děrami.

Pro přívod a odvádění chladicí kapaliny se používají kovové nebo polyamidové násadce se závitem. Dlouhé tvárníky nebo jádra je nutno chladit samostatně.



Obr. 45. Chlazení dlouhého tvárníku



Obr. 46. Dokonalé chlazení vstřikovací formy

4.5 Druhy vstřikovacích forem

Formy podle konstrukce vstřikovacích strojů:

- s vtokem kolmo na dělicí rovinu
- s vtokem do dělicí roviny

Formy podle násobnosti:

jednonásobné, podle vtokové soustavy:

- s plným středovým vtokem (obr. 47a)
- s bodovým vtokem (obr. 47b)
- s rozvětveným vtokem (obr. 47c)
- s bočním vtokem (obr. 47d)
- s několika bodovými vtoky (obr. 47e)
- s čelním štěrbinovým (filmovým) vtokem (obr. 47f)
- s plným středovým vtokem, převedeným do bočního vtoku (obr. 47g)

vícenásobné, podle vtokové soustavy:

- s několika plnými vtoky (pomocí rozváděcí hlavy) (obr. 47h)
- s bočními zúženými, vějířovitými nebo tunelovými vtoky (obr. 47i)
- s čelními bodovými vtoky (obr. 47j)

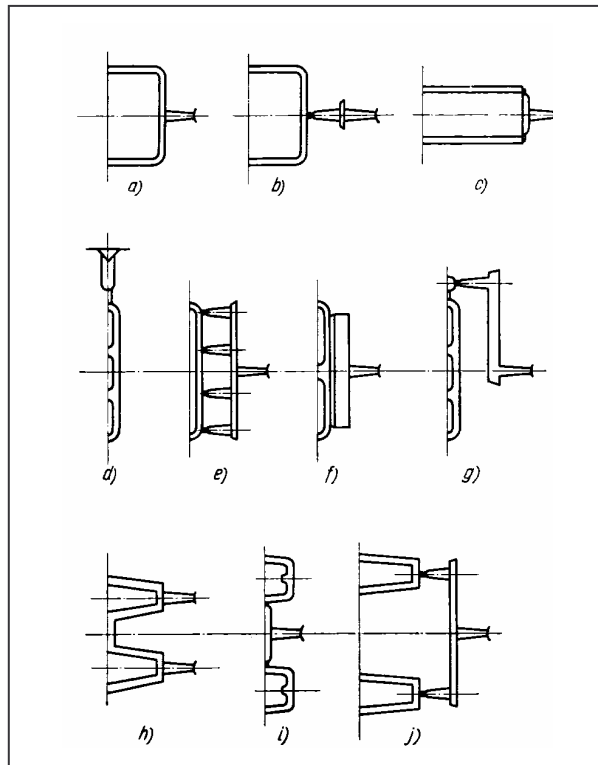
Formy podle způsobu zaformování výstřiku a konstrukčního řešení:

- jednoduché dvoudílné (dvoudeskové)
- třídílné (třídeskové)
- etážové
- čelist'ové
- s bočními jádry ovládanými mechanicky, pneumaticky nebo hydraulicky
- s vyšroubovacím zařízením

Formy podle způsobu vyhazování výstřiku:

- s mechanickým vyhazováním
- s kolíkovými vyhazovači
- se stíracím kroužkem nebo deskou
- s trubkovým stíračem

- s vyhazováním pomocí stlačeného vzduchu
- s kombinovaným vyhazováním

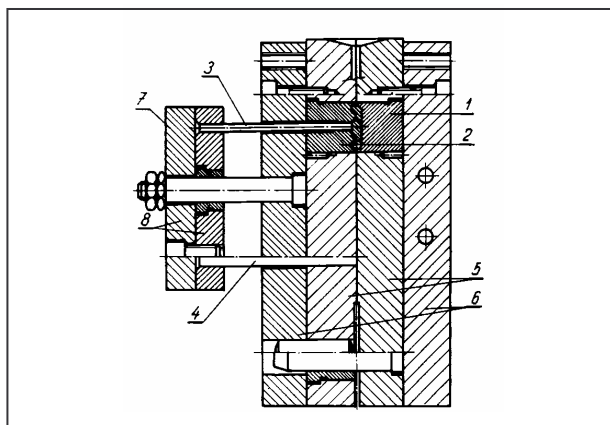


Obr. 47. Uspořádání vtoků

4.6 Konstrukční řešení forem

4.6.1 Jednoduché vstřikovací formy

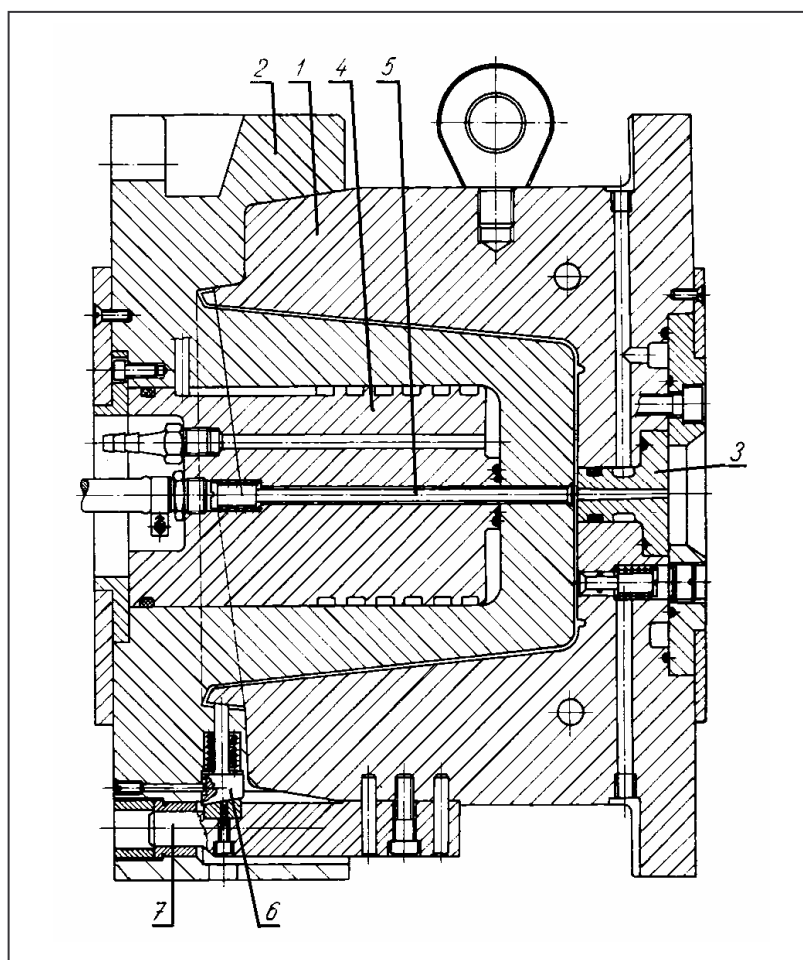
Vícenásobná forma pro lis CBS 12/4,5 s vloženými tvárnice a mechanickým vyhazováním je na obrázku (Obr. 48).



Obr. 48. Vícenásobná vstřikovací forma

1 – tvárnice, 2 – tvárník, 3 – vyhazovací kolík, 4 – vraccí kolík, 5 – vložkové desky, 6 – opěrné a upínací desky, 7 – omezovací čep, 8 – vyhazovací desky

Forma rotačního tvaru, s plným vtokem do dna, s mechanicky ovládanými bočními jádry a se vzduchovým vyhazováním je na obrázku (Obr. 49).

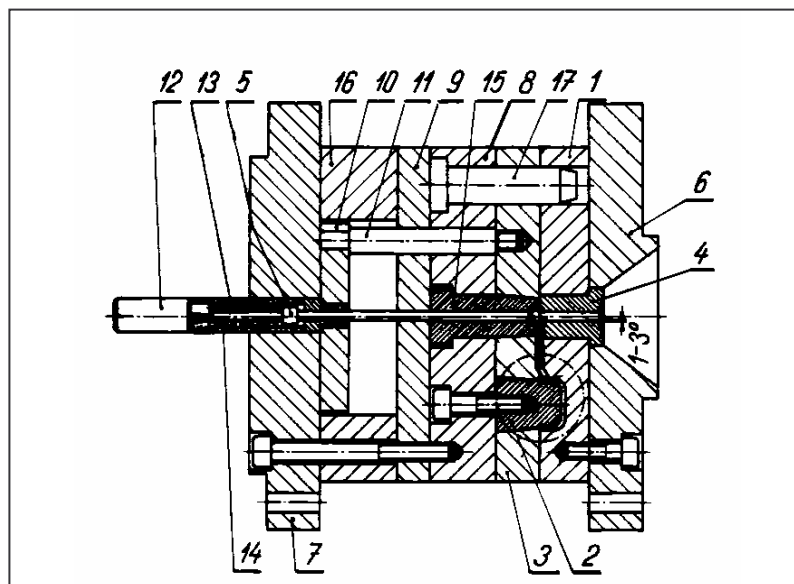


Obr. 49. Jednonásobná vstřikovací forma s plným vtokem do dna výstřiku

1 – tvárnice, 2 – tvárník, 3 – vtoková vložka, 4 – chladicí vložka, 5 – vzduchový ventil, 6 – boční jádro, 7 – vodící sloupek s ovládním bočního jádra

4.6.2 Vstřikovací formy třídičné a s oddělováním vtokového zbytku

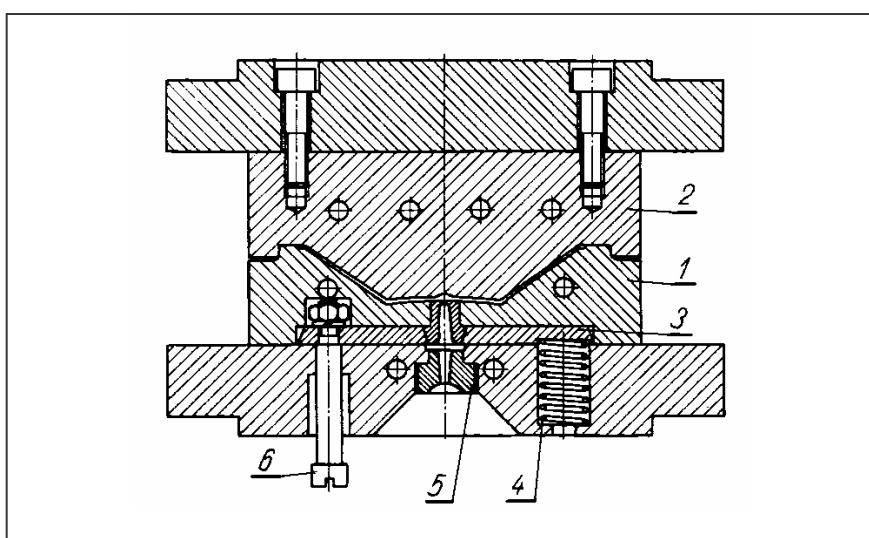
Principů samočinného oddělování vtokového zbytku je mnoho. Řešení s bočním tunelovým vtokem znázorňuje obrázek (Obr. 50). Je to jeden z nejjednodušších systémů oddělování vtokového zbytku a většinou zaručuje úplnou automatizaci pracovního cyklu.



Obr. 50. Vícenásobná vstříkovací forma s bočním tunelovým vyústěním vtoku

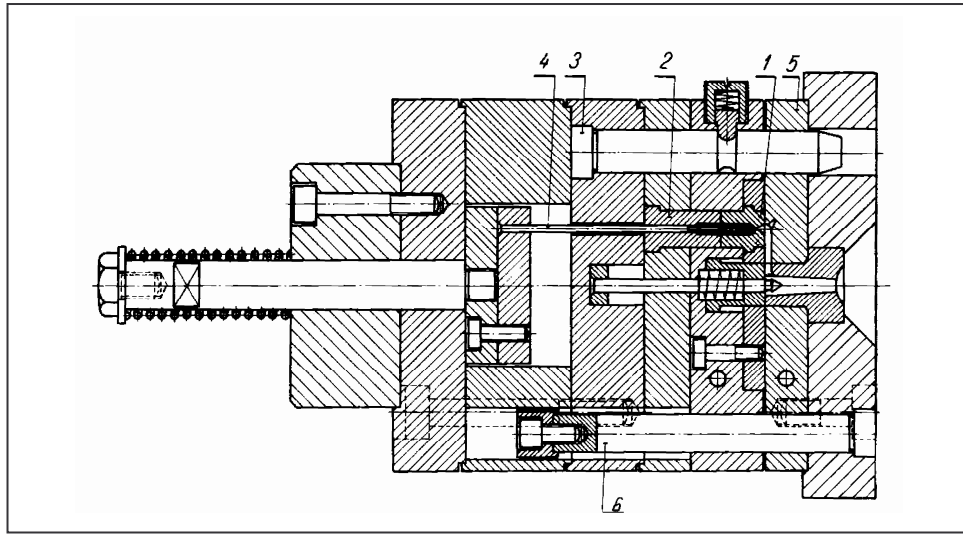
1 – tvárnice, 2 – tvárník, 3 – stírací deska, 4 - vtoková vložka, 5 – vyhazovač vtoku, 6, 7 – upínací desky, 8, 9, 10 – vložkové, opěrné a vyhazovací desky, 11 – spojovací čep, 12 – vyhazovací čep, 13 – pružina, 14 – pouzdro vyhazovače, 15 – vodící pouzdro vyhazovače, 16 – rozpěrka, 17 – vodící sloupek

Další příklady různých principů oddělování vtokového zbytku od výstříku:



Obr. 51. Jednonásobná vstříkovací forma s čelním bodovým vtokem

1 – tvárnice, 2 – tvárník, 3 – stírací deska vtoku, 4 – pružina, 5 – vtoková vložka, 6 – omezovací čep

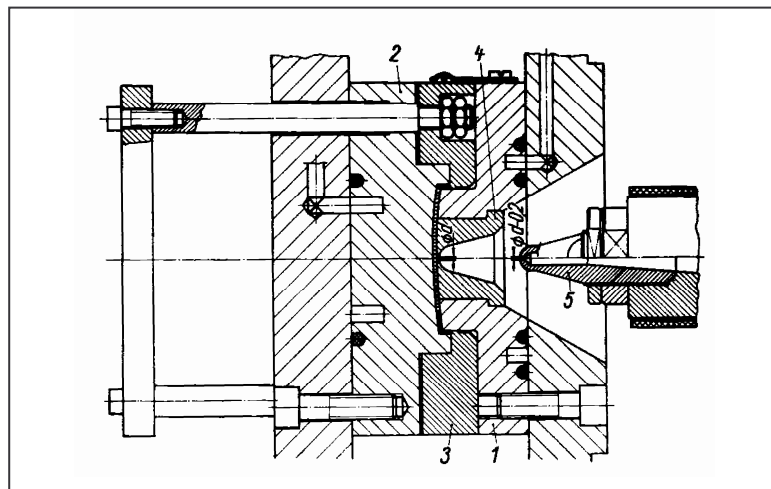


Obr. 52. Vícenásobná vstříkací forma s čelním bodovým vtokem

1,2 – tvárnice, 3 – vodící sloupek, 4 – vyhazovací kolík, 5 – vložková deska, 6 – omezovací táhlo

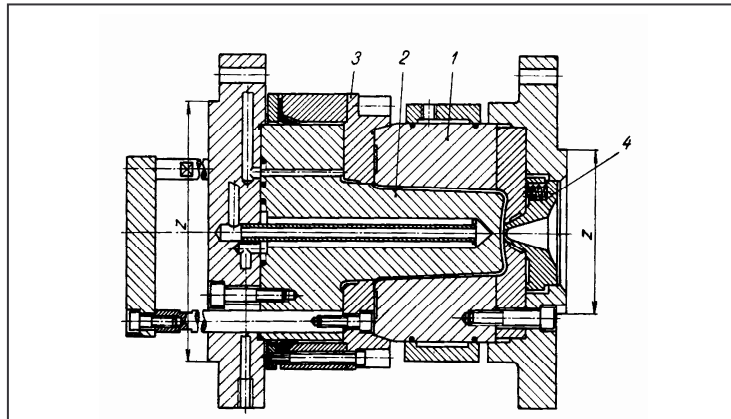
Čelní bodové ústí u vstříkacích forem se používají tam, kde nelze z technologických důvodů použít bočního zúženého ústí vtoku. Formy jsou třídlínné s pohybem střední desky, aby se uvolnilo místo pro vypadnutí nebo vyjmutí vtokového zbytku. Pohyb střední desky ovládají pružiny, vodící sloupky s odpruženými pojistkami, omezovací táhla, háky, vzduchové odlačování válce nebo Gallovy řetězy.

Konstrukčně jednodušší způsob bodového vstříkování je na obrázcích (Obr. 53 a Obr. 54). Využitím živého vtoku odpadá složitý mechanismus k ovládání střední desky.



Obr. 53. Jednonásobná vstřikovací forma s živým vtokem

1 – tvárník, 2 – tvárnice, 3 – stírací deska, 4 – komůrka, 5 - tryska

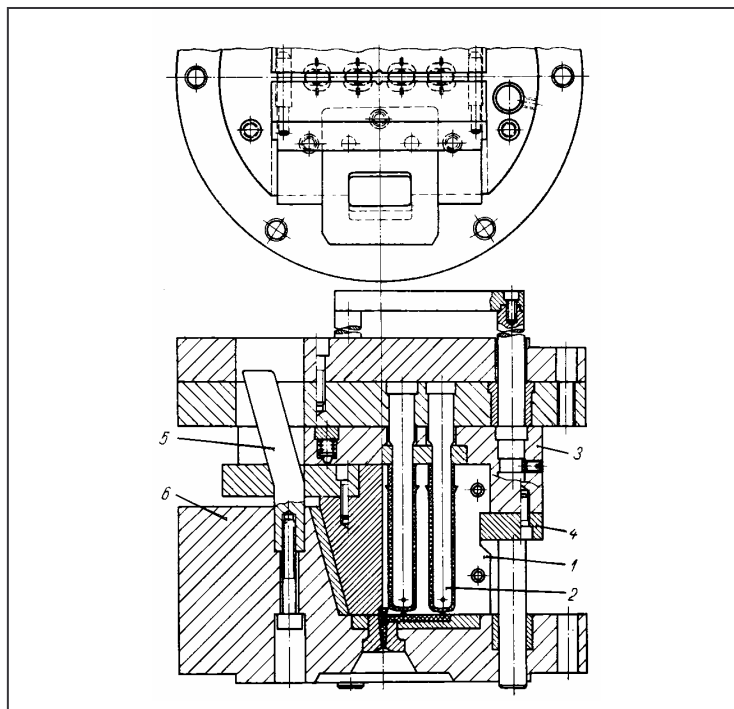


Obr. 54. Jednonásobná vstřikovací forma s živým vtokem

1 – tvárník, 2 – tvárnice, 3 – stírací deska, 4 – odpružená komůrka

4.6.3 Čelist'ové vstřikovací formy

Výstřiky s několika dělicími rovinami zhotovujeme v pohyblivých tvarových čelistech, nejčastěji ovládaných šikmo uloženými kolíky nebo ohnutými čepy. Čelisti se pohybují při otevírání formy. U těchto forem je nutno pečlivě vyřešit středění čelistí, jejich vedení a omezení pohybu. Rovněž je třeba dostatečně dimenzovat uzamykací klíny nebo kužele.



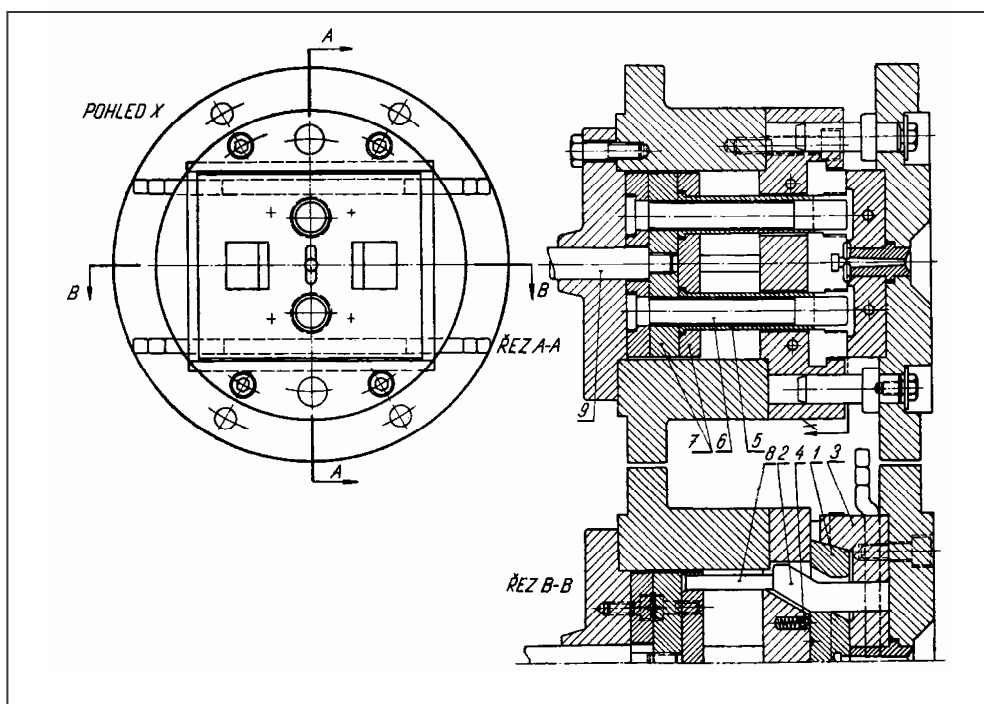
Obr. 55. Čtyřnásobná čelist'ová forma ovládaná ohnutými kolíky

1 – čelist, 2 – tvárník, 3 – stírací deska, 4 – vodící příložka, 5 – ohnutý kolík, 6 – uzavírací těleso čelistí

4.6.4 Formy pro výstřiky se závitem

Výstřiky s vnějším i vnitřním závitem je možno zhotovovat přímo ve formě, a to od nejmenších průměrů až po největší.

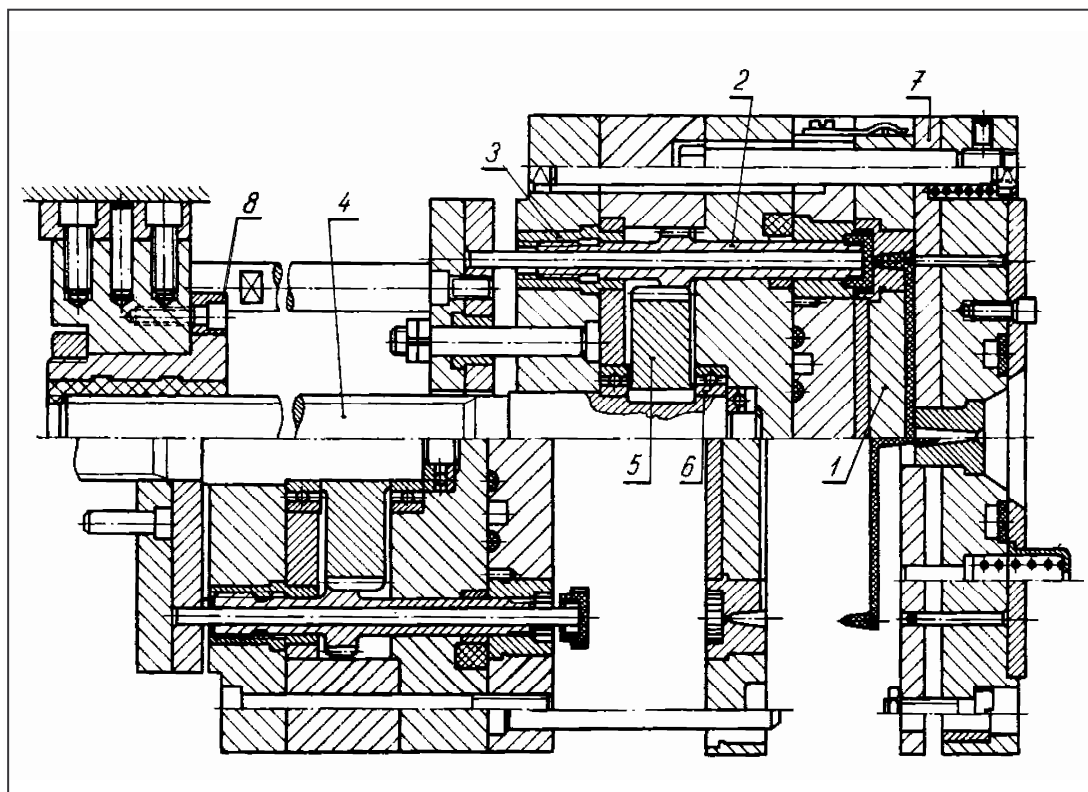
Vnější závity se nejčastěji zaformují pomocí čelistí, stopa po dělicí rovině je nepatrná. Obrázek (Obr. 56) znázorňuje příklad vícenásobné čelist'ové formy na vnější závit. Čelisti jsou posouvány šikmými ovládacími kolíky a jsou uzamykány kalenými klínovými plochami, které jsou protilehlými částmi v rámu formy.



Obr. 56. Dvojnásobná čelist'ová vstřikovací forma

1 – závitová čelist, 2 – ohnutý ovládací kolík čelisti, 3 – uzavírací těleso čelisti, 4 – aretace, 5 – trubkový stírač, 6 – tvárník, 7 – vyhazovací deska, 8 – vraccí kolík, 9 – vyhazovací čep

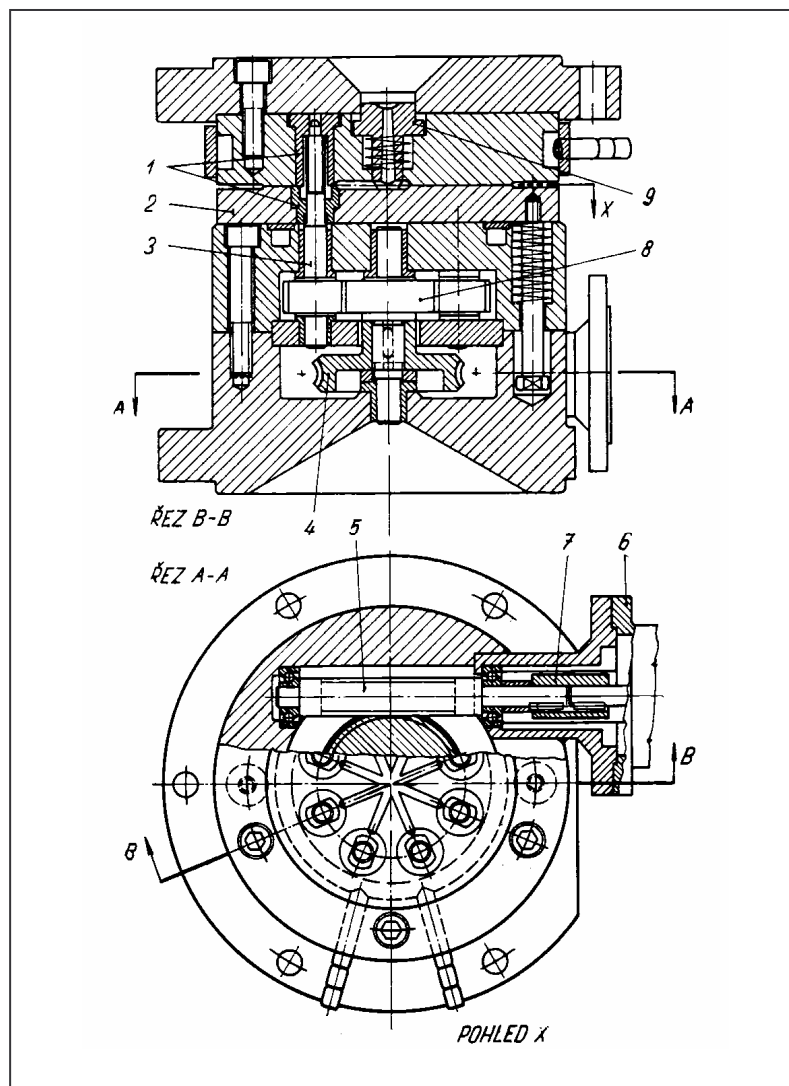
Vnitřní závity se tvarují závitovými jádry, která se vyšroubovávají při otevírání formy, a to buď mechanicky pomocí několikachodého šroubu, nebo pomocí elektromotorů. Na obrázku (Obr. 57) je vícenásobná forma na výrobu uzávěrů.



Obr. 57. Vícenásobná vstříkací forma s odtrháváním vtokového zbytku a s mech. vyšroubováním závitových jader

1 – vložková deska tvárnic, 2 – závitové jádro, 3 – vodící matice, 4 – pohybový šroub, 5 – ozubený převod, 6 – ložisko, 7 – stírací deska vtoku, 8 – pevná matice

Na obrázku (Obr. 58) je osminásobná forma na výrobu závitových tělísek, kde převodem od elektromotoru je zajištěno jen otáčení závitových jader bez posuvu a výstřiky jsou přidržovány odpruženou deskou.



Obr. 58. Vícenásobná vstřikovací forma s mechanickým vyšroubováním závitových jader pomocí převodu elektromotoru

1 – tvárnice, 2 – přidržovací deska, 3 – závitové jádro, 4 – šnekové kolo, 5 – šnek, 6 – elektromotor, 7 – spojka, 8 – ozubené čelní kolo, 9 – vtoková vložka

4.7 Zásady pro upínání a seřizování forem

Počet upínacích míst je nutno dobře uvážit z hlediska bezpečnosti, a to hlavně u forem, kde lze předpokládat značně velké síly při jejich otevírání.

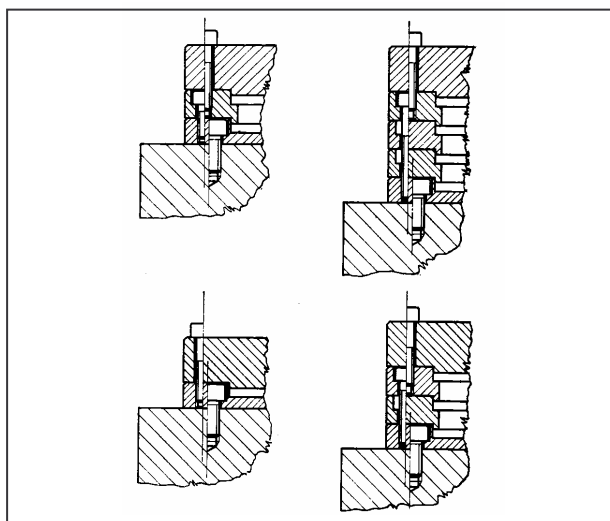
Poloha vtokové vložky formy musí být přesně v ose vstřikovací trysky lisu.

Formy se upínají uzavřené, a to napřed na vstřikovací stranu lisu. Potom se opatrně lis uzavírá a sleduje se najetí formy do střední upínací desky lisu. Teprve po uzavření formy

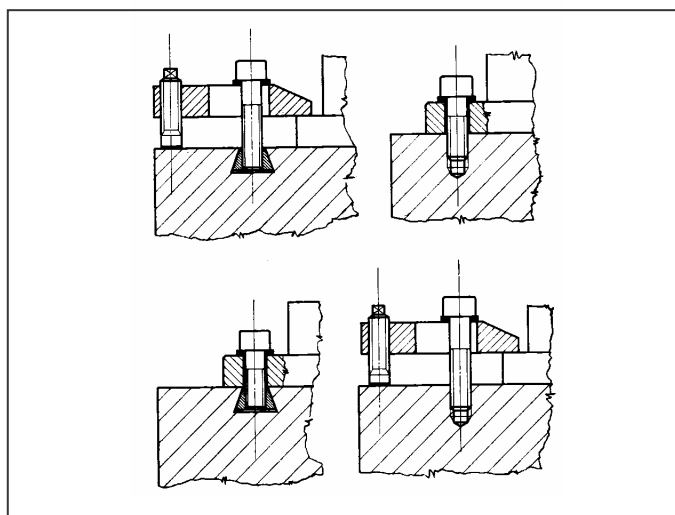
plným tlakem lisu se dotáhnou všechny upínací šrouby. Následuje seřízení lisu, zejména jeho táhel, má-li lis mechanické uzavírání. Nyní se napojí na formu chlazení, popř. se zapojí vzduch nebo tlaková kapalina, je-li forma opatřena pneumatickým nebo hydraulickým vyhazováním výstřiků přes rozvaděč, a seřídí se vyhazování.

Během zkoušek se postupně seřizují vstřikovací tlaky a teploty na optimální časové intervaly včetně chladicí doby výstřiku, dotlačování atd. Jednotlivé chladicí systémy je třeba seřídít až po dosažení optimální teploty obou polovin formy. Na obrázcích (Obr. 59

a Obr. 60) jsou příklady správného upnutí vstřikovacích forem šrouby a upínkami.



Obr. 59. Běžné upínání forem pomocí upínacích šroubů s použitím redukčních nebo rozpěrných kroužků



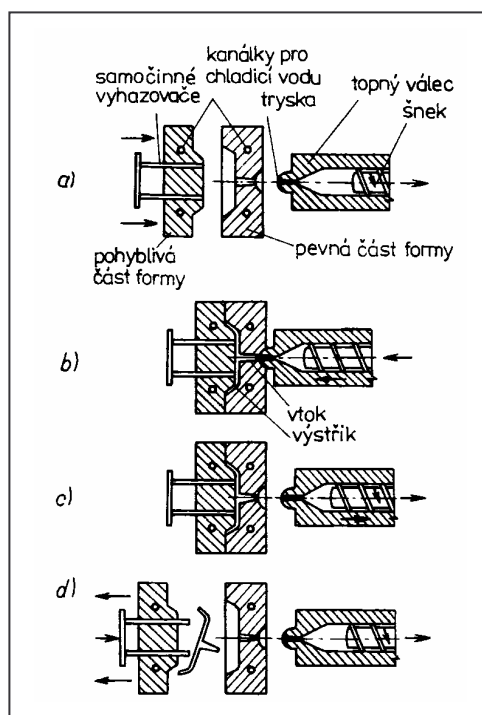
Obr. 60. Upínání vstříkovacích forem pomocí upínek

5 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ

Výrobní vstříkací zařízení zahrnuje kromě řídicích přístrojů a pomocných zařízení především vstříkací stroj a formu. Stroj a forma tvoří jediný technologický komplex a společně určují v průběhu vstříkacího procesu vlastnosti a kvalitu výrobku.

5.1 Princip vstříkování

Nejdříve dojde k uzavření vstříkací formy, vstříkací jednotka je ve výchozí poloze. Vstříkací jednotka se poté přisune a dosedne na uzavřenou formu. Po dosednutí nastává vstříkování taveniny. Po naplnění dutiny formy taveninou nastává její tuhnutí, po čase pak postupné doplňování formy. Ve formě pokračuje tuhnutí bez tlaku. Následuje odsun vstříkací jednotky do výchozí polohy. Po ztuhnutí nastává otevření formy a vyhození výstřiku. Ve vstříkací jednotce mezitím probíhá příprava taveniny. Forma i vstříkací jednotka jsou ve výchozí poloze a celý cyklus se může opakovat.



Obr. 61. Schéma vstříkování

a) plastikace, b) vstříknutí taveniny do formy a dotlak, c) chladnutí hmoty ve formě a začátek opětivé plastikace, d) otevření formy a vyhození výstřiku

5.1.1 Plastikace

Účelem plastikace je roztavit granulovaný materiál, homogenizovat ho a připravit pro vstříknutí do formy. Plastikace se provádí v tavicí komoře stroje, v němž je otočně a posuvně uložen plastikační šnek.

Při plastikaci se šnek otáčí a současně posouvá vzad, granulát padající z násypky mezi závity šneku se při tom dopravuje směrem k trysce, taví se, hněte, mísí, homogenizuje, komprimuje a shromažďuje se v prostoru před čelem šneku uvnitř komory.

Je důležité dodržovat teplotu taveniny, protože tato teplota přímo ovlivňuje viskozitu taveniny, velikost a průběh tlaku ve formě, dobu chladnutí výstřiku, stupeň orientace makromolekul aj., a tím i vlastnosti a rozměry výstřiku v jednotlivých výrobních cyklech stroje.

Změnu přívodu tepla změnou intenzity elektrického topení tavicí komory nelze provést vzhledem k velké tepelné setrvačnosti masivního ocelového válce a krátkým několikasekundovým cyklům. Proto se výkon elektrického topení reguluje vždy na konstantní hodnotu.

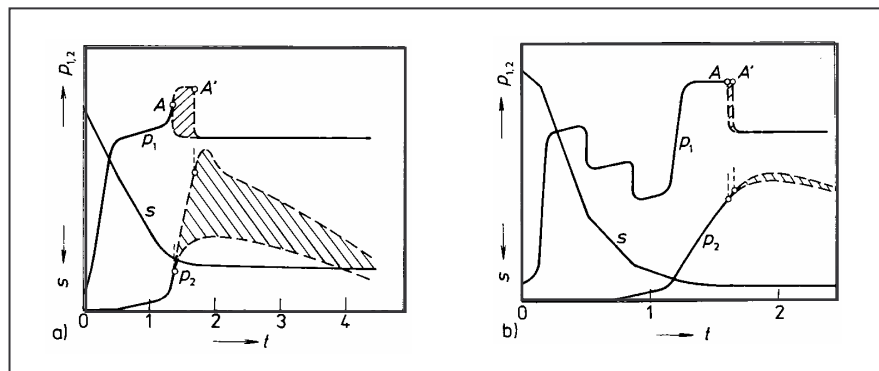
5.1.2 Vstříknutí taveniny do formy

Účelem této fáze je dokonale naplnit tvarovou dutinu formy taveninou pod tlakem 50 - 200MPa, podle viskozity taveniny a členitosti a tloušťky stěn výstřiku. Při vstřikování se šnek neotáčí, ale posune se hydraulicky vpřed a jako píst vytlačí taveninu z válce skrz trysku do formy. Fáze vstříknutí se dělí na plnění formy a stlačení hmoty ve formě.

Plnění musí být dostatečně rychlé, aby se zabránilo předčasnému chladnutí a tunutí formy. Rychlost čela proudu taveniny ve formě má být konstantní, aby se dosáhlo rovnoměrného

a optimálního proudění. Plnění formy je doprovázeno rychlými změnami tlaku, teploty a viskozity taveniny.

Po naplnění všech tvarových dutin formy nastává stlačování hmoty. Tlak taveniny prudce stoupne a vstřikovací rychlost náhle klesne. Před dosažením tlakového maxima je potřeba snížit ve formě vstřikovací tlak na dotlak.



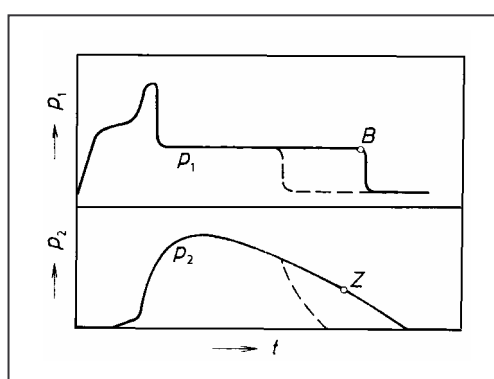
Obr. 62. Průběh tlaků

a) u konvenčních strojů, b) u moderních vstřikovacích strojů s optimalizací procesu

p_1 – tlak hydraulické kapaliny posouvající šnek při vstřiku, p_2 – tlak taveniny ve formě, s – dráha posuvu šneku vpřed při vstřiku, t – čas, $A - A'$ - rozptyl okamžiků přepnutí vstřikovacího tlaku na dotlak v jednotlivých cyklech

5.1.3 Dotlak

Účelem dotlaku je po ukončení vstřiku dotlačovat další taveninu do formy a nahrazovat tak úbytek objemu způsobený smršťováním materiálu během chladnutí, aby ve výstřiku nevznikly staženiny nebo povrchové propadliny. Dotlak má velký vliv na strukturu výrobku a časově se překrývá s fází chladnutí výstřiku ve formě. Velikost dotlaku a jeho trvání mají odpovídat postupu smršťování hmoty ve formě. Dotlak má trvat tak dlouho dokud neztuhne ústí vtoku, jímž se dotlačuje tavenina do formy.



Obr. 63. Průběh dotlaku

p_1 , p_2 , t – viz obr. 62, B – okamžik ukončení dotlaku, pokles na zpětný tlak, Z - okamžik ztuhnutí vtoku

5.1.4 Chladnutí hmoty ve formě

Proces chladnutí začíná již během vstřikovací fáze a pokračuje během dotlaku. V celém procesu chladnutí dochází ke značným časovým i místním změnám stavových veličin polymeru, tlaku, měrného objemu a teploty. Fáze chladnutí ovlivňuje nejen strukturu, tj. orientaci, krystalizaci a vnitřní pnutí, ale také kvalitu povrchu, zejména lesk.

Chladnutí končí otevřením formy a vyhozením výstříku. Forma se otvírá krátce po ukončení dotlaku.

5.1.5 Smrštění

U semikrystalických termoplastů je objemové smrštění vždy větší než u amorfních, protože se zde objevuje přídatné smrštění způsobené krystalizací.

vyšší dotlak - značné zmenšení smrštění

delší doba dotlaku - značné zmenšení smrštění

nižší teplota formy - mírné zmenšení smrštění

vyšší teplota taveniny - mírné zmenšení smrštění

5.2 RIM technologie

RIM (Rapid Injection Moulding) technologie je metodou, která se využívá v oblasti výroby plastových dílů. Umožňuje nejen prototypovou, ale i malosériovou a středně sériovou výrobu.

Firma 3D Tech, s. r. o., která se od roku 1994 zabývá kusovou a malosériovou výrobou modelů a prototypů, patří mezi průkopníky technologií Rapid Prototypingu v České republice. Pro kusové zhotovování modelů nyní využívá technologie stereolitografie (SLA) a Selective Laser Sintering (SLS). Malé série modelů se vyrábějí vakuovým litím polyuretanů do pružných forem, pro větší série firma používá RIM technologie nebo vstřikování do forem.

5.2.1 Uplatnění a princip RIM technologie

Rozsah využití plastových dílů zhotovených RIM technologií je velmi široký vzhledem k rozdílným vlastnostem dostupných typů materiálů. RIM technologie proto nachází uplatnění při výrobě dílů ve všech významných průmyslových odvětvích včetně

automobilového průmyslu (například výroba nárazníků, spoilerů, těsnění) a leteckého průmyslu. Využití najde i v lékařství, elektrotechnice, při výrobě spotřebního zboží atd.

Podstatou RIM technologie je, že do vyhřáté formy je speciálním dávkovacím a směšovací zařízením napouštěna směs o nízké viskozitě, která polymeruje na hotový výrobek řádově za několik desítek sekund. Oproti klasickému vstřikování, kde je polymer vstřikován do studené formy pod vysokým tlakem, je u RIM technologie k dodání směsi použit pouze nízký tlak, blízký tlaku atmosférickému. To umožňuje vyrábět velké díly na relativně malém zařízení a použití lehkých forem.

5.2.2 Popis stroje

Stroj se skládá ze dvou zásobníků pro polyol a izokyanát, pístových čerpadel, hnacího zařízení a mixovací pistole. Obě složky jsou nezávisle na sobě promíchávány a zásobníky je možno libovolně měnit. Ke smíchání složek dochází až ve vstřikovací pistoli.

Výhodou RIM technologie je, že při výrobě rozměrnějších dílů nedochází k omezení velikostí pracovní plochy stroje. Při vhodné konstrukci formy je možné v závislosti na vstřikovaném materiálu plnit formy až cca 4m dlouhé o objemu plnění 9 - 13kg směsi. U složitějších velkých forem lze instalovat více vtoků, aniž by tím docházelo k zhoršení vlastností odlitých dílů.

5.2.3 Výroba forem

Jednou z hlavních výhod RIM technologie je konstrukce a výroba formy. Příslušnou formu je možné zhotovit frézováním, odlitím nebo kombinací obou metod. Výhodnost té které metody výroby formy je nutno posuzovat podle konkrétních případů, velmi důležité však je, zda vycházíme z CAD dat, technického výkresu nebo již zhotoveného modelu.

Formy odlévané se dělí na malé (do 0,5m), střední (do 1m) a velké (nad 1m). Materiál odlévaných forem je závislý na velikosti formy a počtu odlitků. U forem do 1m a série do 500ks se forma odlévá z rychletuhnoucích polyuretanů (F16, F18, F19, F50). U větších sérií (nad 500ks) se k výrobě formy používá epoxidová odlévací pryskyřice EPO 4030 nebo EPO 4040. U velkých forem se nanese na model v několika vrstvách povrchová pryskyřice a zalije se laminovací pryskyřicí a laminovací pastou. V případě potřeby se zhotoví rám pro zaručení rozměrové stability.

Materiál frézovaných forem se volí v závislosti na požadované pevnosti a teplotní odolnosti. Využívá se například ocel, hliník, umělé dřevo, ale také speciální blokový materiál přímo určených pro výrobu RIM forem.

5.2.4 Materiály

Materiály určené pro lití RIM technologií jsou dvousložkové polyuretany. Skládají se ze složky A (polyolu), která je volně měnitelná podle požadovaných vlastností výrobku, a složky B (izokyanátu), která je neměnná.

Materiály jsou rozděleny do několika řad s rozdílnými vlastnostmi a rozdílnou použitelností. K dispozici jsou materiály s certifikátem UL94VO pro nehořlavé materiály, elastomery s vlastnostmi pryže, materiály s velmi nízkým modulem pružnosti v ohybu (700MPa) nebo naopak materiály s modulem pružnosti až 2900MPa. Velmi rozdílná je i teplotní odolnost materiálů, která je vyšší než u termoplastů. K dispozici jsou i materiály s teplotní odolností až 185°C. Mechanické vlastnosti materiálů lze částečně dodatečně upravovat teplotou.

RIM materiály se vyznačují dobrou teplotní i chemickou odolností, velmi dobrou rázovou houževnatostí a dobrou odolností proti otěru, minimální tloušťka stěny by měla být 2 – 3mm. Je zde možnost provádění dokončovacích operací (lepení, broušení, pískování, lakování).

5.2.5 Výhody RIM technologie

- jednoduchá konstrukce formy
- velmi nízké náklady na výrobu formy
- vlastnosti materiálů jsou na úrovni technických plastů
- díly bez vnitřního pnutí s rozdílnou tloušťkou stěny
- téměř žádné smrštění a deformace tvaru dílu
- formy je možné frézovat, odlévat nebo obě metody kombinovat

5.3 Technologie Rapid Prototyping

Vzhledem k tomu, že se v poslední době vliv těchto technologií zvětšuje a jednotlivé technologie nacházejí specifické uplatnění při vývoji nových plastových i kovových dílů, rozhodla jsem se některé novinky a poznatky prezentovat v následujícím textu.

5.3.1 Podstata RP technologie

Podstatou většiny RP technologií je opakované nanášení úzké vrstvy materiálu s mezivytvrzováním těchto vrstev působením UV paprsku. Opakováním tohoto procesu dochází k vytváření prostorového 3D modelu, který může být vytvořen podle typu použité technologie z pryskyřice, termoplastu, nebo kovu. Z tohoto hlediska je zřejmé, že výsledné použití modelu je již od počátku výroby směřodátným hlediskem pro volbu RP technologie. V současné prototypové výrobě je možné vysledovat několik trendů, které ovlivňují již zmíněnou volbu.

Stereolitografie (SLA)

V případě požadavku technicky dokonalého a přesného plastového prototypu se nejčastěji používá technologie zvaná stereolitografie. Zaručuje poměrně rychlý způsob převodu 3D dat a přípravu master modelu pro následné použití. Model připravený touto technologií většinou slouží pouze jako prostředek pro výrobu nástroje či formy. Je to díky použitému materiálu modelu (epoxidová pryskyřice), který umožňuje širokou škálu dokončení povrchu modelu (od jemného broušení přes pískování až k dokonalému vyleštění).

Mezivýsledkem je tedy řádně ošetřený model, a to podle finálního požadavku na plastový díl. Takto připravený model slouží pro výrobu silikonové formy pro požadavek až několika desítek kusů plastového dílu z polyuretanů, případně pro výrobu vstřikolisového nástroje pro několik set až tisíc kusů dílů z finálních sériových plastů (ABS, PA, POM).

Důvodem požadavku na odpovídající povrch je následná reprodukce povrchu na formu, a tedy i na jednotlivé díly. Stereolitografie je v současné době na vrcholu RP technologií i z důvodu dosažení vysoké přesnosti při výrobě master modelu. Běžně se používá při sestavování tzv. "data-control-modelů", což například v automobilovém průmyslu představuje nejezdící prototyp, na jehož základě jsou připravovány již sériové nástroje a formy.

Vzhledem k tomu, že pro tyto potřeby je nutné vyrobit několik kusů přesných plastových dílů na úrovni sériové produkce, je stereolitografie tou nejsprávnější volbou. Velké uplatnění též nachází v oblasti zástavbové kontroly dílů, kontroly spasování dílů pro sestavu a při designérských návrzích. Předností je reprodukovatelnost až několika desítek kusů polyuretanových odlitků, a tedy větší sériovost oproti následujícím technologiím.

Selective Laser Sintering (SLS)

Tato technologie umožňuje velmi podobným způsobem jako předchozí vyrábět modely, avšak jako výsledný materiál modelu je možné zvolit termoplast nebo kov. Nejčastěji se používá speciální práškový polyamid (bez i se skleněnou výplní), který se mechanickými vlastnostmi blíží sériově vstříkovanému polyamidu.

Zde je možné vysledovat hlavní výhodu oproti stereolitografii, jejíž pryskyřičné modely neoplývají vysokými mechanickými vlastnostmi a vysokou teplotní odolností. Modely vytvořené SLS technologií tak nacházejí uplatnění při výrobě prototypu, který je určen pro zátěžové a napět'ové zkoušky, tedy zkoušky za provozu, v případě automobilového průmyslu tzv. crash-testy. Vzhledem k velmi blízkým vlastnostem modelu je možné běžně simulovat chování plastu při normálním provozu, případně při extrémním provozu za vysokých a nízkých teplot.

Nevýhodou oproti stereolitografii je nižší dosažitelná přesnost s ohledem na tloušťku vrstvy. Ta se pohybuje v rozpětí od 0,15 - 0,20mm a výsledná přesnost se pohybuje v těchto intencích. Vzhledem k většímu parametru tloušťky oproti stereolitografii vlastní stavba modelu zabírá kratší čas, na druhou stranu povrchové dokončení pro následné použití modelu je více pracnější a není možné dosáhnout tak kvalitního povrchu.

SLS modely se používají v případě, kdy je potřeba ve velmi krátké době prezentovat několik plastových kusů s vlastnostmi na úrovni sériových plastů. Počty pohybující se nad 5 - 8ks se v důsledku větší finanční náročnosti nevyplatí a je lepší využít stereolitografie a následné produkce polyuretanových odlitků.

Fused Deposition Modeling (FDM)

Tato RP technologie se trochu odlišuje od dvou předchozích, a to systémem výroby modelu. Opět dochází k vrstvení modelu, ovšem model je tvořen aplikací materiálu

ABS tryskou. Ta se pohybuje v osách X a Y, osa Z je tvořena pohybem celé platformy, na níž je model usazen.

Výhodou této technologie jsou poměrně slušné mechanické vlastnosti a vysoká teplotní odolnost, na druhé straně tato technologie je náročnější po stránce povrchové úpravy modelu, má menší přesnost a vlastní stavba potřebuje delší čas.

FDM technologie nachází velké uplatnění u mechanicky namáhaných dílů s kombinací teplotního zatížení. Její doménou je výroba jednoho zátěžového vzorku pro zkoušky a ověření funkčnosti. Na druhou stranu při požadavku více kusů je nevýhodná a finančně náročná. Většímu využití jako prostředku pro přípravu formy či nástroje zabraňuje náročnější způsob povrchové úpravy s ohledem na mechanické vlastnosti použitého materiálu ABS. Ten se blíží svými parametry k sériově vstřikovanému ABS.

5.4 Technologie zpracování plastů MuCell

Nižší hmotnost, vyšší tuhost, lepší tvarová a rozměrová stálost výrobků jsou jen některé z výhod, které přináší nová technologie pro vstřikování, vytlačování a vyfukování plastů nazvaná MuCell (Microcellular Foam Molding - mikrobuněčné pěnové tvarování).

Je určena ke zpracování plastů pro výrobu lehčených výrobků vstřikováním, vytlačováním a vyfukováním. Byla vyvinuta americkou firmou Trexel ve spolupráci s Massachusetts Institute of Technology a představuje významnou inovaci v oboru vstřikování plastů.

5.4.1 Charakteristika procesu

Podstatou nového procesu lehčení je vstřikování stlačených neaktivních plynů, jako je dusík a oxid uhličitý, ve formě superkritických fluidů (SCF) s vysokou rozpustností do roztaveného termoplastu v plastikační části válce vstřikovacího stroje. Po vstříknutí plastu do dutiny formy a poklesu tlaku dochází k vytvoření lehčené struktury s uzavřenými póry, v níž jsou po ztuhnutí ve formě uzavřeny miliony plynových bublinek. Ty po ochlazení dosahují velikosti 5 - 50 μ m a svým tlakem kompenzují smrštění dílu.

Oba plyny používané pro proces jsou levné, nehořlavé, nejedovaté a atmosférické bez škodlivého vlivu na životní prostředí. Oxid uhličitý je zvláště výhodný, protože dosahuje superkritických podmínek (chování jako kapalina a vysoká rozpustnost v polymeru) již při teplotě 31°C a tlaku 73Barrů.

Předností nového postupu jsou výrobky s hmotností nižší o 6 - 30% a v extrémním případě až o 40%, s vyšší tuhostí a s vysokou jakostí povrchu podle jakosti povrchu formy. Minimální dosažitelná tloušťka stěny je 1mm s tím, že je na jedné součásti možno kombinovat různé tloušťky stěn.

Nižší viskozita taveniny umožňuje i snížení vstřikovacího tlaku až o 4% a uzavírací síly až o 60%. Výrobní cyklus se zkracuje až o 20%. Absence vad a deformací výstřiků se připisuje tlaku plynu přejímajícího funkci rovnoměrného dotlaku, který je inherentní tomuto procesu. Po ztuhnutí a zchlazení má výstřik nepatrná vnitřní pnutí, což se příznivě odráží ve vyšší tvarové a rozměrové stabilitě.

5.4.2 MuCell v současné nabídce strojů a plastů

Na nový vývoj okamžitě reagovali výrobci vstřikovacích strojů i výrobci plastů, a ti nejznámější z nich uvedli již nejméně jeden výrobek, umožňující technologii MuCell.

Např. firma Arburg nabízí pro proces MuCell již známý modulární stroj Allrounder 420 S 800-350 s uzavírací silou 800kN, s válcovým modulem se šnekem průměru 40mm a hydraulickým jehlovým uzavíráním trysky. Zařízení obsahuje systém SCF pro tvorbu superkritických fluidů (licence Trexel) a ovládání řídicím systémem Selogica přes MuCell rozhraní. Odběr dusíku je z tlakových láhví. Referenční výrobek z terluranu (ABS), krabičkového tvaru s 36 osazenými otvory o hmotnosti 103g, dokáže vstříknout za 38s.

Z výrobců plastů se prvním, kdo získáním licence ověřil možnosti procesu na svých výrobcích, stala firma Ticona, přední světový výrobce technických plastů, ve svém technickém středisku v Kelsterbachu u Frankfurtu nad Mohanem. Na vstřikovacím stroji Kraus-Maffei do konce září 2001 ověřila dva typy vysokoteplotního polyfenylensulfidu (PPS) značek Fortran 1140 L4 a Fortran 6165 A6 a jeden typ polybutylentereftalátu (PBT) značky Celanex 2300 GV1/30 zpevněného krátkými skleněnými vlákny.

Po vyhodnocení zkoušek obou plastů byly získány vesměs příznivé výsledky zpracovatelnosti technologií MuCell. Stupeň lehčení bez negativních vlivů vychází pro oba plasty na 5 - 10%. Podle jiných informací byly ověřeny lehčené polyfenylenethery (PPE) a polyamidy zpevněné krátkými skleněnými vlákny s úsporou materiálu 8 - 15%.

Až k lehčím automobilům?

Jak ukazuje diagram životních cyklů technologií na zpracování plastů zpracovaný firmou Ticona pro své portfolio technických plastů, nachází se technologie MuCell teprve ve fázi raného růstu. Jeví však již dnes výrazný inovační potenciál. Očekává se, že ve spojení se speciálními typy technických, ale i standardních plastů, vyvíjených pro tento proces, umožní významné snížení ceny a hmotnosti výrobků, zvláště u automobilových plastů a výrobků z drahých vysokoteplotních plastů.

5.5 Technologie Outsert

Zjednodušení technologie výroby a montáže přístrojové techniky, spotřební elektrotechniky, elektroniky a automobilového příslušenství, vyráběných v obrovských sériích, nejenže znamená úsporu nákladů, ale umožňuje dostat výrobek na trh s nižší cenou a dříve než konkurence. Technologie outsert je výsledkem zkušenosti, rozsáhlého know-how a synergie vývoje s odběrateli koncernu Philips.

5.5.1 Vícenásobné vstříkování

V technologii outsert je pracná manuální nebo automatizovaná montáž funkčních elementů přístrojů nahrazena vytvořením těchto elementů na základní desce - šasi z plechového výlisku. Jedinou vstříkovací operací je možné vytvořit několik, deset, dvacet i více plastových elementů. Současná technologie totiž umožňuje vyrobit nástroje pro zpracování plechu i velmi komplikované formy pro vícenásobné vstříkování s velkou přesností, za rozumné ceny a ve velmi krátké době. Technologie vstříkování a zastříkování plastů je v potřebné míře zvládnuta. Outsert tak dovoluje za 6 až 9 měsíců uvést díl do sériové výroby.

Vícenásobné vstříkování umožňuje vytváření různých statických elementů, jako jsou vedení, kolíky, osy pohyblivých dílů, uložení, objímky, svorky, závitové vložky a jiné pružné a tuhé spojovací součásti apod. Tato technologie snižuje počet montážních dílů, ale i náklady na montáž. Např. u automobilových kazetových přehrávačů snižuje náklady na polovinu. Skupiny dílů jsou díky pevnému spojení mechanicky velmi stabilní a spolehlivé. Podle typu použitého plastu snáší teploty mezi 40 až + 90°C.

5.5.2 Princip technologie

Základem je dvou nebo trojrozměrná konstrukce vyrobená stříháním, vysekáváním, lisováním a ohýbáním plechu, oceli, hliníku nebo slitin mědi s dobrou tepelnou a elektrickou vodivostí, která se v průběhu vstřikování nedeformuje a na níž vystříknuté elementy dobře chladnou.

Pro proměřování a kontrolu jakosti je výhodou i značná rozměrová přesnost, s níž lze plechové díly zpracovat. Mezi používanými plasty, vhodnými pro vstřikování z hlediska funkčních vlastností a vhodných pro technologii outsert, jsou PP, PA, PBT, POM aj.

Výroba dílů šasi přehrávačů firmy Philips touto technologií se vyznačuje vysokou jakostí, se zmetkovitostí nižší než 0,08% při objemu výroby 400 000ks týdně. S použitím kovových konstrukcí a funkčních elementů s vyšší integrací se technologií outsert dále vyrábí CD přehrávače, holící strojky, kuchyňská technika, automobilové příslušenství, počítačové díly, tiskárny, hobby technika a mnoho dalších přístrojů.

6 VADY VÝSTŘÍKŮ

1. povrchové prohlubeniny
2. vnitřní dutiny (staženiny)
3. tokové stopy po přepálení
4. stopy po vlhkosti
5. tokové stopy po vzduchu
6. stopy skleněných vláken
7. změna barvy
8. nedostatky lesku
9. matná místa u vtoku
10. jemné rýhování (efekt gramofonové desky)
11. studené vměstky
12. stopy po spáleninách stlačeným vzduchem
13. černé tečky
14. bubliny
15. studený spoj
16. provazcový tok
17. odlupování
18. přetoky
19. nedostřik
20. stopy po vyhazovačích
21. porušení při vyhazování
22. bílý lom, napěťové trhliny
23. příliš velké rozměry
24. příliš malé rozměry

Uváděné názvy vad vycházejí z normy ČSN 640052 s přihlédnutím k potřebě přesného vyjádření vzhledu, podstaty vady a k používání názvů.

Každá vada obsahuje tyto odstavce: popis (popisuje vzhled vady), vznik (vysvětlují se fyzikální příčiny a mechanismus vzniku vady, případně i účinek dalších vlivů), příčiny (uvádějí se jednotlivé možné příčiny vady).

Postup při odstraňování vady

Doporučuje se zkoušet odstraňování jedné příčiny po druhé. Při tomto se uváděné pořadí příčin může pozměnit podle vlastních zkušeností z podobných případů a podle snadnosti zásahu do technologického procesu. Nejdříve tedy změním pouze jeden technologický parametr - a to ten, který považujeme za rozhodující pro odstranění vady - a necháme stroj pracovat za nových podmínek alespoň tak dlouho, až se obnoví tepelná rovnováha pracovního cyklu stroje.

Jestliže vada nezmizí, vrátíme dotýčný parametr na původní hodnotu a změním jiný parametr. Dál postupujeme obdobně.

Tento postup umožní analyzovat příčiny vad a získávat zkušenosti i pro budoucí podobné případy. Někdy nepostačí změnit jediný parametr a je nutné najít optimální kombinaci změn dvou či více veličin. V obtížných případech je účelné provést optimalizaci vstřikovacího procesu, případně i tvaru výstřiku a konstrukce formy pomocí vhodného počítačového programu.

6.1 Povrchové prohlubeny

Popis

Mírné nebo hlubší hladké prohlubeny povrchu v tlustých stěnách nebo v místech hromadění hmoty, v zesílených partiích.

Vznik

Chladnutím se objem hmoty zmenšuje a jeho úbytek není včas doplňován přívodem další taveniny. Pomalé tuhnutí povrchových vrstev výstřiku a současně nedostatečně působící dotlak ve formě mají za následek, že ještě málo tuhá povrchová vrstva se smršťováním vnitřních vrstev vtáhne dovnitř.

Příčiny

Nízký nebo krátce působící dotlak, vysoká teplota formy, případně vysoká teplota taveniny, vysoká vstřikovací rychlost, žádný nebo příliš malý polštář taveniny před šnekem (má být aspoň 2 - 5mm), zpětný uzávěr šneku netěsní, ústí vtoku nebo vtokový kanál jsou úzké, vtok je veden do tenkostěnné části výstřiku (má být veden do jeho nejsilnější části), na výstřiku jsou příliš tlustostěnné části, hmota má příliš velké smrštění (obvykle pomůže přidat nadouvadlo), doba chlazení ve formě je krátká, nedostatečné

odvzdušnění formy, kritická místa v křižování nebo odbočování stěn nebo v napojení žeber (prohlubeniny na stěnách protilehlých žebrům lze zamaskovat drážkami, rýhováním apod.).

6.2 Vnitřní dutiny (staženiny)

Popis

Vizuálně nezjistitelné. Zjistí se rentgenovou nebo ultrazvukovou zkouškou nebo rozříznutím. Způsobují zeslabení nosného průřezu a mohou být zdrojem vnitřních únavových trhlin.

Vznik

Rychlé ztuhnutí povrchových vrstev a současně nedostatečně působící dotlak ve formě mají za následek, že ztuhlý pevný povrch již nevytvoří prohlubeniny a při smršťování tekutého vnitřku stěny vzniknou vzduchoprázdné staženiny (lunkry).

Příčiny

Nízká teplota formy, nízký nebo krátce působící dotlak, nízký vstřikovací tlak, vysoká teplota taveniny, ústí vtoku nebo vtokový kanál jsou úzké.

6.3 Tokové stopy po přepálení

Popis

Stříbřité nebo hnědavé šmouhy, skvrny nebo čáry ve směru proudění, často vějířovité v okolí vtoku, někdy za úzkými průtočnými profily a za ohybem proudu taveniny kolem ostrých hran.

Vznik

Nadměrná teplota taveniny nebo příliš vysoké smykové namáhání a tím vysoké vnitřní tření v proudící hmotě způsobí tepelnou degradaci, která podstatně zhoršuje mechanické vlastnosti materiálu. Vysoké smykové namáhání taveniny vzniká také ve zúžených průtočných průřezích ve formě nebo obtékáním hmoty kolem ostrých hran.

Příčiny

Vysoká teplota topného válce, dlouhá prodleva hmoty v topném válci, vysoká vstřikovací rychlost, vysoké otáčky šneku, vysoký podíl vícekrát přetavovaného odpadu (případně různá velikost částic drčeného odpadu, pracovní podíl v drti), špatná funkce uzavírací trysky stroje, mrtvé kouty při proudění taveniny v topném válci nebo ve formě, úzké ústí vtoku nebo ostrohranné přechody ve vtokovém systému nebo ve tvarové dutině formy, špatně dimenzované horké izolační vtoky, dlouhé předsoušení granulátu při vysoké teplotě, špatná tepelná stabilita granulátu nebo barviva.

6.4 Stopy po vlhkosti

Popis

Stříbřité šmouhy a čáry ve směru proudění od vtoku, někdy mezi nimi měsíčkovité útvary, většinou také hrubší až pórovitý povrch v těchto oblastech. Pomalu volně odstříknutá tavenina bývá bublinatá. Drobné krátery na čele proudů taveniny (jsou vidět u nedostříků). Někdy jen matné plošné skvrny a pruhy.

Vznik

Granulát buď obsahuje příliš vody nebo na jeho povrchu kondenzovala vzdušná vlhkost. Ohřevem v topném válci se tvoří bubliny vodní páry, které prouděním ve formě praskají, deformují se ve směru toku a v tomto deformovaném stavu ztuhnou na stěnách formy.

Příčiny

Málo vysušený granulát (u navlhavých termoplastů), atmosférická vlhkost se srazila na povrchu studeného granulátu nebo na studené formě, netěsný chladicí systém formy (vlhkost se dostane do vtokové soustavy nebo tvarové dutiny), zvýšená vlhkost ve vstřikovně (neuzavřené pytle s granulátem, dlouhá prodleva granulátu v násypce stroje), někdy velká dekomprese při vlhkém ovzduší, nedostatečné odvzdušnění při plastikaci materiálu, které při ohřevu uvolňují těkavé složky.

6.5 Tokové stopy po vzduchu

Popis

Matné, stříbřité či bělavé šmouhy v oblasti žeber, výběžků, reliéfů písma, ostrých změn v tloušťce stěny, nebo vějířovité tokové čáry a skvrny vycházející od vtoku. Háčkovité útvary u prohlubenin, ostrých reliéfů, značek.

Vznik

Vzduch uzavřený v tavenině následkem nedostatečného odvzdušnění při plastikaci je při vstřiku stržen proudem hmoty do formy a vytlačen na stěnu tvarové dutiny. Někdy jej tavenina zčásti překryje a vzniknou háčkovité útvary na povrchu výstřiku. Vzduch také může být po dekompresi (zpětné odsunutí šneku) vtažen tryskou před čelo šneku a při příštím vstřiku vytvoří obvykle vějířovité šmouhy a tokové čáry kolem vtoku.

Příčiny

Vysoká vstřikovací rychlost, ostrohranné přechody (hrany a reliéfy ve formě), vysoká zpětná rychlost šneku při dekompresi, případně příliš dlouhý odsuv šneku, nízký zpětný tlak, uzavírací tryska netěsní, vzduch špatně uniká z formy.

6.6 Stopy skleněných vláken

Popis

Šmouhy lesknoucích se skleněných vláken, matná a hrubá místa na povrchu.

Vznik

Skleněná vlákna se při vstřiku orientují ve směru proudění. Narazí-li tavenina prudce na stěnu formy, nestačí se povrchová vlákna obalit rychle tuhnoucí taveninou a povrch je stříbřitě lesklý. Následkem velkého rozdílu v teplotním smrštění skla a plastu (asi 1:200) brání skleněná vlákna smršťování plastu ve svém nejbližším okolí zejména v podélném směru vláken, a v těchto místech pak vzniknou jemné vyvýšeniny vláken nad plast. Povrch se tak jeví jako matný až hrubý.

Příčiny

Nízká vstřikovací rychlost, nízká teplota formy, nízká teplota taveniny, nízký dotlak, dlouhá skleněná vlákna, zlepšení nastane použitím skleněných kuliček místo vláken.

6.7 Změny barvy

Popis

Šmouhy, pruhy, skvrny odlišné barvy nebo odstínu ve směru proudění.

Vznik

Shlukování částic pigmentu a deformace (rozmazávání) těchto shluků prouděním taveniny. Nedostatečné rozptýlení nebo rozpuštění částic barvy v tavenině.

Velké deformace nebo rozdílné smršťování hmoty vytvoří oblasti s odlišnou odrazivostí světla či odlišným lomem. Změna barvy může někdy vzniknout nadměrnou teplotou a jedná se pak o tokové stopy po přepálení.

Příčiny

Špatná homogenita taveniny způsobená nízkým zpětným tlakem, nízkými otáčkami šneku, nízkou vstřikovací rychlostí nebo příliš velkým ústím vtoku, velké částice pigmentu, špatná rozpustnost barvy, použitý granulovaný barevný koncentrát má odlišný index toku (MFI) než základní materiál, velká zrna granulátu, šnek má malý poměr délky k průměru L/D, nebo konstrukce šneku neumožňuje účinné promíchání hmoty.

6.8 Nedostatky lesku

Popis

Celkově nedostatečný lesk nebo nerovnoměrný lesk na různých místech výstřiku.

Vznik

Drobné nerovnosti povrchu odrážejí světlo v různých úhlech, takže povrch vnímáme jako pololesklý nebo matný. Tyto nerovnosti jsou způsobeny otiskem nerovností na stěně formy nebo technologickými vlivy.

Nerovnoměrný lesk různých míst na výstřiku bývá způsoben buď rozdílným ochlazováním (nestejnou teplotou stěny formy) nebo rozdílným smršťováním jednotlivých částic hmoty na povrchu nebo nestejnou deformací prudce ochlazených míst povrchu.

Příčiny

U leštěné formy je to její nízká teplota, nízká teplota taveniny, nízká vstřikovací rychlost nebo špatně vyleštěná forma. A u strukturované formy je tomu naopak.

6.9 Matná místa u vtoku

Popis

Jemné soustředné rýhy nebo matné kruhy kolem vtoku.

Vznik

Při vysoké vstřikovací rychlosti, malém ústí vtoku a ohybu proudu taveniny za ním se makromolekuly silně orientují. Protože hned za ústím vtoku nemají dost času na relaxaci, ztuhne hmota na chladné stěně formy o orientovaném stavu. Takto ztuhlý vysoce orientovaný povrch není schopen deformace a trhá se vlivem smykového napětí vyvozeného prouděním podpovrchových vrstev. Vzniklými trhlinami proniká horká tavenina ze spodních vrstev až ke stěně formy, ale nezaplňuje tyto trhliny úplně, zanechává na povrchu nevyplněná místa - jemné vruby, které se rozptýleným odrazem světla jeví jako matný povrch.

Příčiny

Vysoká vstřikovací rychlost, ostrohranný přechod mezi ústím vtoku a tvarovou dutinou formy, prudký ohyb proudu taveniny za ústím vtoku, malý průměr ústí vtoku, nevhodné umístění vtoku a nízká teplota taveniny.

6.10 Jemné rýhování (efekt gramofonové desky)

Popis

Jemné rýhy uspořádané vedle sebe jako na gramofonové desce. Jsou buď soustředné kolem bodového vtoku, nebo jsou rovnoběžné na konci tokové dráhy taveniny, případně za širším membránovým (filmovým) vtokem.

Vznik

Při vstřiku do studené formy se prudce ochladí povrchová vrstva čela proudu taveniny, která přilehne na stěnu formy. Od této rychle ztuhlé povrchové vrstvy se silně ochladí také podpovrchová vrstva, částečně ztuhne a tlak ji už nedokáže vytlačit až ke stěně formy. Ztuhne tedy jako drobná prohlubenina povrchu (rýha) napříč ve směru proudu.

Poněvadž je prohlubenina vzduchem izolována od styku se studenou stěnou formy, není vrstva pod ní příliš ochlazená, je dobře tekutá a při pokračujícím postupu čela taveniny

přilehne hned za prohlubeninou opět ke stěně formy, kde se prudce ochladí. Proces pokračuje, až se vytvoří na povrchu výstřiku jemné rýhování ke směru proudu taveniny.

Příčiny

Nízká teplota taveniny, nízká teplota formy, nízká vstřikovací rychlost, nízký vstřikovací tlak, úzký průtokový průřez.

6.11 Studené vměstky

Popis

Neroztavené částičky hmoty jsou zcela nebo zčásti rozestřené jako "ocas komety" na povrchu výstřiku, často blízko vtoku. Někdy je za nimi studený spoj ve směru proudu taveniny.

Vznik

Neroztavené nebo již ztuhlé kousky hmoty z trysky nebo vtokového systému formy (např. u horkých kanálů) se rozestřou ve tvar připomínající ocas komety, který může pokrýt i celý výstřik. Někdy vměstek částečně ucpe průtočný profil ve tvarové dutině, zpomalí

a rozdělí proud taveniny, a ta za ním vytvoří studený spoj.

Příčiny

Velká dekomprese nebo pozdní odjetí vstřikovací jednotky, nízká teplota trysky nebo malý otvor v trysce (někdy pomůže použít uzavírací trysku), pod vtokovým kulem není jímka pro zachycení vměstků.

6.12 Stopy po spálení stlačeným vzduchem

Popis

Tmavé skvrny, někdy nedostřik v jejich oblasti.

Vznik

Vzduch vytlačovaný taveninou během vstřiku z tvarové dutiny nemůže uniknout z formy buď nedostatečným odvzdušněním nebo tím, že je uzavřen mezi dvěma proudy taveniny. Uzavřený vzduch je silně stlačen, přehřát a spálí okolní hmotu.

Někdy mohou tentýž jev způsobit plyny uvolněné z taveniny. Jsou-li chemicky agresivní, mohou korodovat stěny formy.

Příčiny

Špatně dimenzované nebo ucpané odvzdušňovací kanály ve formě, vysoká uzavírací síla, vysoká vstřikovací rychlost, špatně umístěné vtoky rozvádějí proudy taveniny nevhodným způsobem, vysoká teplota taveniny.

6.13 Černé tečky

Popis

Černé tečky nebo skvrny na výstřiku, jednotlivě i ve větším počtu.

Vznik

Drobné tmavé kousky spálené hmoty se dostanou do formy z degradovaných usazenin polymeru na šneku či v topném válci.

Oxidace hmoty může být iniciována přítomností nečistot ze vtokového systému, degradovaných zbytků v horkých kanálech nebo kovových částech z opotřebených stěn topného válce a povrchu šneku.

Příčiny

Znečištěná plastikační jednotka, vysoká teplota topného válce, vysoké otáčky šneku, vysoký zpětný tlak, dlouhá prodleva hmoty v topném válci, mrtvé kouty v topném válci nebo ve vtokovém systému, velký podíl odpadu v granulátu, nevhodné přísady (barvivo, barevný koncentrát) v granulátu.

6.14 Bubliny

Popis

Bubliny vzduchu nebo plynů na povrchu nebo uvnitř výstřiku. Někdy způsobí vyboulení povrchu. Tvar bublin bývá okrouhlý nebo vlivem proudění protáhlý.

Vznik

Vzduch uzavřený v tavenině následkem nedostatečného odvzdušnění při plastikaci nebo nasátý do topného válce při dekompresi je při vstřiku stržen do formy a zůstane v tuhnutí

hmotě uzavřen ve tvaru bublin, často doformovaných proudem taveniny. Bubliny mohou být vytvořeny i plyny odštěpujícími se z polymeru.

Příčiny

Velká nebo rychlá dekomprese (zpětný odsuv šneku), nízký zpětný tlak, dlouhá dávkovací dráha, nerovnoměrný přívod granulátu, z taveniny se během plastikace odštěpují plyny (pomůže změnit materiál nebo použít odplyňovací topný válec), vysoká teplota taveniny.

6.15 Studený spoj

Popis

Opticky a mechanicky slabé místo. Je v něm vidět vrub (jemný zářez) - nápadný zejména na leštěných tmavých a transparentních výstřicích. Někdy má i odlišnou barvu, zvláště u hmot plněných kovově lesklými pigmenty.

Vznik

Studený spoj vznikne setkáním proudů taveniny, jejichž čela jsou již chladnější. Spojení těchto proudů je nedokonalé a málo pevné. Při nedostatečné teplotě a tlaku se zaoblené povrchy čel proudů již u stěny formy spolu nespojí a vznikne zde viditelný jemný nebo výraznější vrub, který může být zdrojem vzniku trhliny při mechanickém namáhání.

Obsahuje-li hmota barevné pigmenty či jiné přísady, dochází při deformaci viskózních čel proudů taveniny k silné orientaci těchto přísad a k následné změně barvy v oblasti studeného spoje.

Příčiny

Nízká teplota formy, nízká teplota taveniny, nízká vstřikovací rychlost, nízký dotlak, špatné odvětrání formy, nevhodně umístěný vtok (obtékaná jádra jsou daleko od vtoku a ochlazená tavenina se za nimi již dobře nespojí), hrubá nebo podlouhlá zrnka pigmentu, vysoký lesk formy.

6.16 Provazcový tok

Popis

Matné až hadovité čáry na povrchu. Hadovitý proud vycházející od vtoku je stlačen a mívá někdy zřetelný lesk nebo je barevně odlišný. V některých případech jsou kolem vtoku soustředné rýhy jako na gramofonové desce.

Vznik

Prudký vstřík do tvarové dutiny formy vytvoří úzký proud taveniny, který se nahodile hadovitě skládá, až pod tlakem vyplní celou tvarovou dutinu. Protože je proudový provazec během plnění izolovaný - tavenina se nepromíchává, ochlazuje se vzduchem a na jeho povrchu vznikne viskózní až polotuhá vrstva. Následkem toho se jednotlivé provazce spolu dokonale nespojí a jsou viditelné na povrchu i uvnitř výstřiku, případně jsou vidět aspoň čáry mezi stlačenými provazci (nehomogenita, studené spoje). Povrch proudových provazců ztuhlých na vzduchu uvnitř formy je vysoce lesklý.

Příčiny

Vysoká vstříkovací rychlost, nevhodná teplota taveniny, vysoký vstříkovací tlak, úzké vtoky do prostorné tvarové dutiny, případně ostrohranný přechod mezi ústím vtoku a tvarovou dutinou, tavenina je vstříkována do tvarové dutiny shora dolů (nevhodná konstrukce nebo poloha formy).

6.17 Odlupování

Popis

Materiál výstřiku je nehomogenní, vrstevnatý, povrchové vrstvy se odlupují.

Vznik

Vrstevnatost vzniká rozdílným prouděním a rozdílnými podmínkami chladnutí v průřezu výstřiku. Vlivem vysokého smykového namáhání, termického poškození hmoty nebo její nehomogenity je soudržnost vrstev natolik snížena, že nastane jejich odlupování.

Příčiny

Znečištěný granulát nebo nesnášenlivá příměs v granulátu, vlhký granulát, špatná homogenita taveniny, vysoká vstříkovací rychlost a teplota taveniny, nízká teplota formy.

6.18 Přetoky

Popis

Přetoky v dělicích plochách formy, u odvzdušňovacích kanálků, spár, vyhazovačů apod.

Vznik

Nízkoviskózní tavenina je vysokým tlakem vtlačena do mezer a spár ve formě, případně tento tlak deformuje nebo pootevře formu.

Příčiny

Příliš velké mezery nebo odvzdušňovací kanálky ve formě, poškozené stykové plochy, nečistoty v dělicí rovině, nízká uzavírací síla, vysoká tlaková špička ve formě následkem pozdního přepnutí na dotlak, nedostatečná tuhost formy, zejména desek, vysoká vstřikovací rychlost, jsou-li přetoky blízko vtoku, vysoká teplota taveniny, vysoká teplota formy.

6.19 Nedostřík

Popis

Neúplné části výstřiku ve vzdálených místech od vtoku, v tenkostěnných částech, v místech s nedostatečným odvzdušněním.

Vznik

Vysoká viskozita taveniny a nízký tlak nestačí k vyplnění všech částí tvarových dutin. Vzduch nemůže uniknout z formy, stlačí se a svým tlakem zabrání tavenině zcela vyplnit formu. Spálení okolní taveniny při tom nemusí nastat.

Příčiny

Nedostatečné dávkování, vstřikování bez polštáře hmoty před šnekem, nízký vstřikovací tlak, případně předčasné přepnutí na dotlak, nízká teplota taveniny, nízká teplota formy, nízká vstřikovací rychlost, malé ústí vtoku (tavenina v něm předčasně ztuhne), špatné odvzdušnění formy, voda ve formě.

6.20 Stopy po vyhazovačích

Popis

Zapuštěné nebo vypuštěné otisky vyhazovačů, někdy spojené s odlišným leskem nebo propadlinami (u vyvýšených otisků).

Vznik

Termicky nevhodně řešená forma má za následek rozdílné tepelné roztažení vyhazovačů a ostatních částí formy. Otisky vyhazovačů jsou potom mimo rovinu stěny výstřiku. Špatné lícování vyhazovačů a nevhodné technologické podmínky rovněž podporují vznik této vady.

Příčiny

Nesprávná délka vyhazovačů, vyhazovače se ohřevem roztahují jinak než celek formy, deformace formy (pronutí desek následkem poddimenzování), příliš velká síla potřebná k vyhození výstřiku z formy jako následek velkých podkosů, horkých jader nebo vysokého tlaku ve formě (vysokého dotlaku), vysoká teplota formy, krátká doba chlazení ve formě.

6.21 Porušení při vyhazování

Popis

Rýhy ve směru vyhazování, odřený povrch, bílé lomy, vtačené nebo proražené stopy po vyhazovačích, celkově deformovaný výstřik.

Vznik

Nevhodný tvar výstřiku způsobující rozdílné smrštění jeho jednotlivých částí, sevření jader výstřikem a ulpívání výstřiku ve formě vyžaduje zvýšenou vyhazovací sílu. Orientace skleněných vláken v některých částech výstřiku může uvedený účinek zesílit.

Příčiny

Vysoký zbytkový tlak při otevření formy následkem vysokého dotlaku nebo pozdního přepnutí na dotlak, krátké doby chlazení, málo tuhé formy, válcový nebo krabicový výstřik svírá jádro formy následkem nízkého dotlaku nebo dlouhé doby chlazení ve formě, žebrovaný výstřik se deformuje působením vysokého dotlaku nebo krátké doby chlazení ve formě, velké podkosy ve formě, nedostatečně ztuhlý výstřik následkem krátké doby

chlazení ve formě nebo vysoké teploty formy, nedostatečné odvětrání nebo špatné chlazení jader formy, špatná funkce vyhazovacího zařízení.

6.22 Bílý lom, napět'ové trhliny

Popis

Bělavé oblasti lomu nebo velkého ohybu na výstřiku. Napět'ové trhlinky jsou velmi jemné, někdy hustě uspořádané. Často se objeví za dny nebo týdny po vystříknutí.

Vznik

Bílé lomy a napět'ové trhlinky vznikají při překročení kritické deformace materiálu působením vnějšího namáhání, někdy i vnitřního pnutí. Jsou to mikrotrhlinky vzniklé přetrháním orientovaných makromolekul, jejichž mez pevnosti byla tahovým napětím překročena. Velikost mezní deformace závisí na druhu plastu, jeho molekulární struktuře, na zpracovatelských podmínkách a na působení okolního prostředí (např. bobtnání v rozpouštědlech, koroze za napětí).

Příčiny

Vysoké vnější namáhání výstřiku, např. při vyhazování, velký zbytkový tlak ve formě způsobí po vyhození výstřiku následkem uvolnění tlaku ve hmotě rychlé roztahání povrchových vrstev vnějších ploch výstřiku, vysoká teplota taveniny a stěny formy u částečně krystalických termoplastů, nízká teplota taveniny a stěny formy u amorfních termoplastů, nerovnoměrná teplota stěn formy, nízká molekulová hmotnost nebo široká distribuční křivka použitého plastu a ostrohranné tvary výstřiku.

6.23 Příliš velké rozměry

Popis

Rozměry výstřiku jsou větší než maximálně přípustné hodnoty.

Vznik

Tavenina je po vstříknutí stlačena ve formě vysokým tlakem. Stlačení je tím účinnější, čím nižší je viskozita taveniny. Po vyhození výstřiku z formy zmenšuje zvýšená hustota hmoty - případně zbytkový tlak ve hmotě - celkové smrštění, takže výsledné rozměry jsou velké.

Rovněž nižší teplota výstřiku při vyhození z formy a rychle chladnoucí tenké stěny zmenšují celkovou hodnotu smrštění.

Členitost tvaru výstřiku, rozdíly v tloušťce stěn, orientace makromolekul a případně plniva, i rozdílná hustota různých částí výstřiku (též vlivem krystalizace u částečně krystalických termoplastů) mají za následek rozdílné smršťování různých partií výstřiku.

Dodatečné smršťování probíhá i několik dalších týdnů po výrobě. Bývá zhruba kolem 10% celkového smrštění naměřeného 24hod po vystříknutí a je tím menší, čím rovnovážnější strukturu má výstřik po vystříknutí a vychladnutí.

Příčiny

Vysoká teplota taveniny, nízká teplota taveniny, vysoký vstřikovací tlak, vysoký nebo dlouhotrvající dotlak.

6.24 Příliš malé rozměry

Popis

Rozměry výstřiku jsou menší než minimálně přípustné hodnoty.

Vznik

Viskózní tavenina je po vstříknutí stlačena ve formě jen malým tlakem. Hustota výstřiku je proto snížena a jeho smrštění větší, aby se hustota přiblížila své normální hodnotě odpovídající rovnovážnému stavu struktury.

Rovněž vyšší teplota výstřiku při vyhození z formy stejně jako pomalu chladnoucí tlusté stěny podporují pokračující smršťování, takže výsledné rozměry jsou malé.

Členitost tvaru výstřiku, rozdíly v tloušťce stěn, orientace makromolekul a případně plniva, i rozdílná hustota různých částí výstřiku (též vlivem krystalizace u částečně krystalických termoplastů) mají za následek rozdílné smršťování různých partií výstřiku.

Dodatečné smršťování probíhá i několik dalších týdnů po výrobě. Bývá zhruba kolem 10% celkového smrštění naměřeného 24 hodin po vystříknutí a je tím větší, čím méně rovnovážnou strukturu má výstřik po vystříknutí a vychladnutí.

Příčiny

Nízká teplota taveniny, vysoká teplota formy, malé ústí vtoku, nízký vstřikovací tlak, nízký dotlak nebo krátká doba dotlaku, nízká vstřikovací rychlost.

Tato kapitola je doplněna fotkami různých vad, které jsou umístěny v příloze PIII.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

Celá praktická část zabývající se vlastní prezentací jednotlivých kapitol, tak jak se bude využívat pro výuku je na CD, které naleznete v příloze PIV.

ZÁVĚR

V současné době se samotný proces vstřikování spojený se stavbou vstřikovacích strojů rozvíjí nezadržitelným způsobem. Vznikají stále nové a lepší technologie, které v budoucnu nahradí ty staré a těžkopádné. I tato práce, jistě není dokonalým a uzavřeným produktem.

Obdobně je to i se světem výpočetní techniky. Také v této oblasti není nic uzavřeno, ba naopak, je toho ještě mnoho k objevování. A nejinak je to i s touto prací. Ta se dá například doplnit o testovací část, která by objektivně hodnotila poznatky studentů získané z tohoto kurzu. Nebo o hypertextové odkazy, které by pomáhaly objasnit některé odborné výrazy.

Pro tuto chvíli a mé možnosti, schopnosti a vědomosti, které jistě nedosáhly úplného přehledu v oboru vstřikování a vstřikovacích strojů si myslím, že tato práce, tak jak je napsána, bude užitečnou podporou nejen pro mladé studenty, ale i pro ty starší, kteří stále bojují s nekonečným procesem celoživotního vzdělávání sama sebe. Ten, ať chceme nebo ne, je součástí našeho každodenního života.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- (1) Kolouch, J.: *Strojírenské výrobky z plastů vyráběné vstřikováním*, SNTL Praha, 1986
- (2) Štěpek, J., Zelinger, J.: *Technologie zpracování a vlastnosti platů*, SNTL Praha, 1989
- (3) Hrabovský, O.: *Konstrukce výrobků z plastických hmot: učební text pro 4. ročník středních průmyslových škol chemických*, SNTL Praha, 1962
- (4) Maňas, M., Tomis, F.: *Výrobní stroje a zařízení I*, VUT Brno, 1987
- (5) Maňas, M., Helštýn, J.: *Výrobní stroje a zařízení II*, VUT Brno, 1990
- (6) Kunststoff Institut Lüdenscheid: *Expertenwissen für Spritzgießer*, Lüdenscheid, 2001
- (7) Internetovské odkazy: <http://www.e-learn.cz>
<http://www.edoceo.cz>
<http://www.educationonline.cz>
<http://www.plasticsportal.net>
<http://www.krauss-maffei.de>
<http://www.bpf.co.uk>
<http://www.umgabs.co.jp>

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Molekuly monomeru, Polymer.....	14
Obr. 2. Struktura termoplastů	15
Obr. 3. Struktura reaktoplastu.....	16
Obr. 4. Stav termoplastů	16
Obr. 5. Struktura makromolekul v tavenině bez tlaku.....	17
Obr. 6. Struktura makromolekul v tavenině tekoucí pod tlakem.....	17
Obr. 7. Struktura plastů ve formě	18
Obr. 8. Orientace ve vylisku po ztuhnutí.....	18
Obr. 9. Stejnoseměrnost smrštění uvnitř výstřiku	19
Obr. 10. Smrštění materiálu – tenká stěna	19
Obr. 11. Smrštění materiálu – tlustá stěna.....	20
Obr. 12. Amorfni struktura	20
Obr. 13. Částečně krystalická struktura.....	20
Obr. 14. Napěťové trhliny vzniklé vlivem ochlazovacího pnutí u výstřiku z PS.....	22
Obr. 15. Důvody deformací	22
Obr. 16. Příklady deformací	23
Obr. 17. Grafický průběh smršťování výstřiků v čase (přibližně).....	25
Obr. 18. Porovnání chladnutí tenké a tlusté stěny	25
Obr. 19. Vstřikovací stroj	42
Obr. 20. Přímá hydraulická uzavírací jednotka	43
Obr. 21. Hydraulické uzavírání s mech. závorováním středového bloku.....	44
Obr. 22. Hydraulicko-mechanické uzavírání s válcem v ose stroje	45
Obr. 23. Hydraulicko-mechanické uzavírání s válcem mimo osu stroje.....	45
Obr. 24. Elektromechanické uzavírací ústrojí	46
Obr. 25. Plastikační jednotka.....	47
Obr. 26. Pístová plastikace	48
Obr. 27. Šneková plastikace	49
Obr. 28. Vstřikovací jednotka s předplastikací.....	50
Obr. 29. Vstřikovací trysky	50
Obr. 30. Schéma hydraulického obvodu.....	51
Obr. 31. Funkce pístového čerpadla	52
Obr. 32. Zubová a lamelová čerpadla.....	53

Obr. 33. Pneumatické akumulátory	54
Obr. 34. Proporcionální řídicí orgány: A – kuželový ventil, B - šoupátko.....	54
Obr. 35. Hydraulický zpětný ventil	55
Obr. 36. Uspořádání uzavírací a vstřikovací jednotky	57
Obr. 37. Schematické uspořádání vtokových kanálků u vícenásobných forem	60
Obr. 38. Nejvhodnější průřez rozváděcích vtokových kanálků.....	61
Obr. 39. Vtoková vložka pro plný kuželový vtok	62
Obr. 40. Základní principy živého vtoku u jednonásobné formy	63
Obr. 41. Základní principy živého vtoku u vícenásobných forem	63
Obr. 42. Vyústění vtoku.....	63
Obr. 43. a – vyhazování válcovými kolíky, b – vyhazování tvarovými kolíky.....	64
Obr. 44. c) vyhazování trubkovým stíračem, d) stírání výstřiku stíracím kroužkem, e) uvolnění výstřiku pomocí pružného závitového kroužku, f) kombinace stírání s vyhazováním, g) vyhazování stlačeným vzduchem.....	65
Obr. 45. Chlazení dlouhého tvárníku.....	66
Obr. 46. Dokonalé chlazení vstřikovací formy.....	66
Obr. 47. Uspořádání vtoků.....	68
Obr. 48. Vícenásobná vstřikovací forma	68
Obr. 49. Jednonásobná vstřikovací forma s plným vtokem do dna výstřiku.....	69
Obr. 50. Vícenásobná vstřikovací forma s bočním tunelovým vyústěním vtoku.....	70
Obr. 51. Jednonásobná vstřikovací forma s čelním bodovým vtokem.....	70
Obr. 52. Vícenásobná vstřikovací forma s čelním bodovým vtokem.....	71
Obr. 53. Jednonásobná vstřikovací forma s živým vtokem.....	71
Obr. 54. Jednonásobná vstřikovací forma s živým vtokem.....	72
Obr. 55. Čtyřnásobná čelist'ová forma ov. ohnutými kolíky	72
Obr. 56. Dvojnásobná čelist'ová vstřikovací forma.....	73
Obr. 57. Vícenás. vstřik. forma s odtrháváním vtokového zbytku a s mech. vyšr. jader ...	74
Obr. 58. Vícenás. vstřik. forma s mech. vyšr. závitových jader pomocí elektromotoru ...	75
Obr. 59. Běžné upínání forem pomocí upín. šroubů-redukční nebo rozpěrné kroužky	76
Obr. 60. Upínání vstřikovacích forem pomocí upínek	76
Obr. 61. Schéma vstřikování.....	77
Obr. 62. Průběh tlaků, Obr. 63. Průběh dotlaku.....	79

SEZNAM TEBULEK

Tab. 1 Mechanické chování plastů	113
Tab. 2 Tepelné a elektrické vlastnosti	114
Tab. 3 Chování plastů při hoření (test hoření)	115
Tab. 4 Rozmezí měknutí a tání důležitých termoplastů.....	116
Tab. 5 Technologie barvení	117
Tab. 6 Volba násobnosti formy podle požadované série	59

SEZNAM PŘÍLOH

P I Tabulky vlastností polymerních materiálů

Tab. 1. Mechanické vlastnosti

Tab. 2. Tepelné a elektrické vlastnosti

Tab. 3. Chování plastů při hoření (test hoření)

Tab. 4. Rozmezí měknutí a tání důležitých termoplastů

Tab. 5. Technologie barvení

P II Obslužné karty

FMEA PROTOKOL – konstrukční

FMEA PROTOKOL – procesní

Kontrolní karty

Seřizovací karta

P III Příklady vad

P IV CD

PŘÍLOHA PI: TABULKY VLASTNOSTÍ POLYMERNÍCH MATERIÁLŮ

Tab. 1. Mechanické vlastnosti

Zkratka plastu	Napětí v tahu		Modul pružnosti v tahu E (MPa)	Tažnost δ (%)	Rázová houževnatost a_n (kJ.m ⁻²)	Vrubová houževnatost a_K (kJ.m ⁻²)	Tvrdość Brinell
	na mezi kluzu (MPa)	na mezi pevnost i (MPa)					
PS		33 - 70	2,8 - 3,5	3 - 5	10 - 25	1,8 - 2,5	150 - 160
PS-HI		20 - 60	2,5 - 3,5	15 - 30	40 - 85	4 - 10	100 - 130
SAN		70 - 80	3,3 - 3,7	5 - 6	20 - 25	2 - 3	160 - 170
ABS	30 - 50	45 - 80	2,0 - 3,0	10 - 40	70 - ...	10 - 30	50 - 90
ASA		50 - 75	2,3	15 - 20	b. p.	7 - 14	80 - 100
PE-LD	8 - 10		0,14	300 - 900	b. p.	b. p.	20
PE-HD	15 - 25		0,95 - 1,3	100 - 1000	b. p.	5 - 20	40 - 50
E/VAC		10 - 20	0,05	600 - 900	b. p.	b. p.	-
PP	26 - 38		1,1 - 1,3	650 - 800	b. p.	3 - 15	50 - 70
PVC tvrdý		45 - 65	2,5 - 3,3	20 - 50	b. p.	2 - 4	470 - 120
PVC měkčen		20 - 30	0,2 - 1,7	200 - 300	b. p.	b. p.	10 - 70
PVC houžev.		35 - 50	1,4 - 2,7	20 - 80	b. p.	5 - 50	50 - 90
PMMA kopo.		70 - 90	3,0 - 3,3	3 - 6	10 - 15	1 - 3	180 - 200
PA 6	30 - 50		1,0 - 1,3	180 - 250	b. p.	15 - ...	40 - 100
PA 66	55 - 75		1,2 - 1,3	130 - 210	b. p.	20 - 40	80 - 120
POM	70		2,9 - 3,3	10 - 30	90 - ...	4 - 10	130 - 160
PC	60 - 65		2,3 - 4,5	10 - 110	b. p.	20 - 40	90 - 110
PET	55 - 80		2 - 3,5	50 - 150	b. p.	3 - 5	100 - 140
PBT	50 - 60		2,6 - 2,9	100 - 200	b. p.	4 - 5	100 - 140
PSU	72 - 93		2,5 - 9	50 - 100	b. p.	2 - 10	
CA	30 - 60		1,3 - 1,8	30 - 40	50	6 - 28	40 - 100
CP	20 - 50		1 - 1,4	20 - 50	b. p.	5 - 30	40 - 100
CAB	20 - 50		0,9 - 1,3	15 - 75	b. p.	5 - 40	40 - 100
IPUR		32 - 60	0,5 - 2	350 - 600	b. p.	2 - 6	

Mechanické vlastnosti měřeny podle DIN.

Pozn. b.p. = bez porušení

Tab. 2. Tepelné a elektrické vlastnosti

Zkratka plastu	Součinitel délkové rozt. teplem (20-50°C) $\alpha(10^5 \cdot K^{-1})$	Tvarová stálost za tepla VICAT	Krátko- dobá tepl. odolnost (°C)	Dlouho- dobá tepl. odolnost (°C)	Povrchový měrný odpor (Ω)	Elektr. pevnost (kV/m m)	Dielektrický ztrátový činitel $10^4 \text{tg}\delta$	
PS	6 - 8	80 - 100	60 - 90	60 - 80	$10^{14} - 10^{15}$	50 - 70	1 - 4	3,4
PS-HI	5 - 9	80 - 100	65 - 90	55 - 80	$10^{14} - 10^{15}$	60 - 70	2 - 7	5 - 12
SAN	6 - 8	95 - 105	90 - 95	85 - 90	$10^{13} - 10^{14}$	60 - 70	45 - 60	100 - 150
ABS	8 - 11	90 - 105	85 - 100	80 - 95	$10^{13} - 10^{14}$	30 - 40	50 - 380	130 - 400
ASA	8 - 11	90 - 100	85 - 95	80 - 95	10^{13}	30	80 - 100	200 - 300
PE-LD	20 - 25	75 - 95	90	60 - 85	$10^{13} - 10^{14}$	35 - 50	0,3 - 1	1 - 4
PE-HD	15 - 20	100 - 130	95 - 100	60 - 85	$10^{13} - 10^{15}$	35 - 40	1 - 3	2 - 4
E/VAC	17 - 21	60 - 70	90 - 75	50 - 60	10^{14}	30 - 40	15	60
PP	13 - 17	100 - 130	130	90 - 100	$10^{13} - 10^{14}$	40 - 60	0,7 - 1,5	4 - 6
PVC tvrdý	8 - 12	65 - 75	60 - 70	50 - 55	$10^{11} - 10^{12}$	25 - 35	300 - 700	400 - 1400
PVC měkčený	7 - 9	75 - 85	70 - 80	55 - 70	$10^{12} - 10^{14}$	30 - 40	150 - 170	200 - 350
PVC houžev.	7 - 10	55 - 80	70	55 - 60	$10^{12} - 10^{13}$	25 - 40	200 - 400	-
PMMA kopol.	6 - 7	85 - 110	100 - 105	65 - 75	$10^{14} - 10^{15}$	30	-	280 - 300
PA 6	9 - 11	155 - 165	120 - 150	85 - 95	10^{10}	40 - 50	2500 - 3000	-
PA 66	8 - 9	200 - 235	140 - 160	85 - 95	10^{12}	30 - 40	2000	-
POM	9 - 11	160 - 165	140	85 - 95	$10^{14} - 10^{15}$	35	15 - 70	50 - 150
PC	6 - 7	160 - 175	135	100 - 110	$10^{15} - 10^{16}$	15 - 30	5 - 15	90 - 110
PET	6 - 10	80 - 190	170	110	10^{14}	15 - 25	50 - 80	200
PBT	5 - 6	75 - 85	170	110	10^{14}	15 - 25	20 - 25	180 - 200
PSU	5 - 6	-	185	140 - 175	10^{16}	17	10	50 - 55
CA	9 - 12	50 - 75	70 - 90	50 - 75	$10^{11} - 10^{14}$	30 - 35	70 - 130	500 - 600
CP	11 - 14	50 - 105	70 - 100	60 - 90	$10^{14} - 10^{15}$	35	50	270 - 300
CAB	11 - 14	50 - 105	70 - 100	60 - 90	$10^{13} - 10^{15}$	35 - 40	50 - 70	150 - 200
IPUR	12 - 20	130 - 170	120 - 130	80 - 98	$10^{12} - 10^{14}$	18 - 23	-	210 - 990

Tab. 3. Chování plastů při hoření (test hoření)

Hořlavost	Vzhled plamene	Zápach výparů	Materiál
nehoří	-	štiplavý (HF)	silikony polytetrafluoretylén polytrifluorchlóretylén polymidy
obtížně zapálitelné, mimo plamen uhasíná	jasný, sazný jasně žlutý zelený okraj	fenol, formaldehyd, čpavek, aminy, formaldehyd kyselina chlorovodíková	formaldehydová pryskyřice chlorovaná guma polvinylchlorid (PVC) (bez hořlavých plastikátorů)
hoří plamenem uhasíná pomalu nebo vůbec	jasný, sazný žlutý, šedý kouř žlutooranžový, modrý kouř žlutý jasný, rozklad materiálu žlutooranžový žlutooranžový, sazný žlutý, modrý okraj žlutý, modrý střed jasný, sazný žlutý	- - spálená rohovina fenol, hořící papír nepříjemný, škrábe v krku spálená guma sladké aroma štiplavý parafín ostrý fenol	polykarbonáty (PC) silikonové gumy polyamidy (PA) lamináty polyvinyl alkohol polychloropren PE polyuretany PE,PP PS (se skelným vláknem) syntetická pryskyřice (se skelným vláknem)
snadno zapálitelné, pokračuje v hoření i mimo plamen	jasný, sazný tmavě žlutý, lehce sazný tmavě žlutý, sazný jasný, modrý střed namodralý tmavě žlutý, jemný světle zelený, jiskří žlutooranžový jasný, intenzívní	nasládlý, zemní plyn kyselina octová spálená guma nasládlý, ovocný formaldehyd kyselina octová, máselná kyselina octová hořící papír dusík	polystyrén (PS) polyvinyl acetát guma PMMA POM acetobutykrát celulózy (CAB)

Tab. 4. Rozmezí měknutí a tání důležitých termoplastů

Termoplasty	Rozmezí měknutí a tání
polyvinylacetát	35-85
polystyren	70-115
polyvinylchlorid	75-90
polyetylen, hustota 0,92g/cm ³	okolo 110
hustota 0,94g/cm ³	okolo 120
hustota 0,96g/cm ³	okolo 135
polybutylen	125-135
polyvinyliden chlorid	115-140
polymetylmetakrylát	120-160
celulózní acetát	125-175
polyakrylonitril	130-150
polyoxymetylen	165-185
polypropylen	160-170
nylon 12	170-180
nylon 11	180-190
polytrifluorchlóretylen	200-220
nylon 6,10	210-220
nylon 6	215-225
polybutylentereftalát	220-230
polykarbonát	220-230
polyetersulfon	228-230
poly-4-methylpenten-1	230-240
nylon 6,6	250-260
polyetylentereftalát	250-260
polyfenylen sulfid	260-280
poly-éter-éter keton	340-380

Tab. 5. Technologie barvení

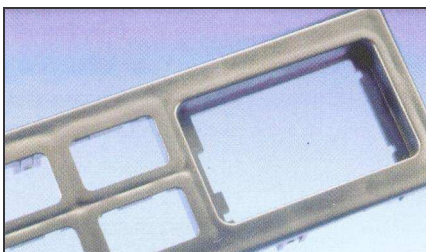
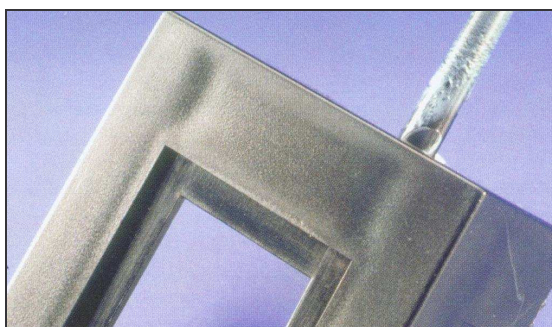
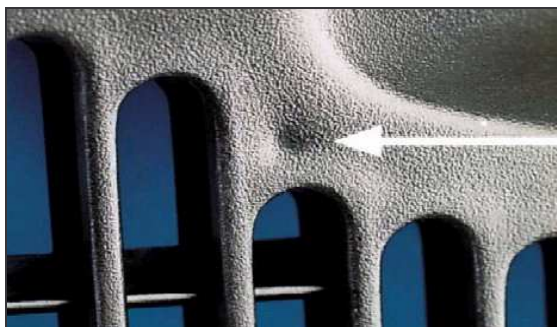
Nevýhody	Výhody
Kapalná barviva - vyšší nároky na čištění při změně barvy - syté barvy obtížné - měnící se viskozita - nižší kvalita povrchů - obtížnější u tenkostěnných výlisků - potrubní doprava nemožná	- bezprašné - levné - univerzální
Pigmenty (prášky) - snadné znečištění okolí - obtížnější přechod na jiné barvy, větší nárok na čištění - obtížnější dávkování - obtížné tenkostěnné výlisky - potrubní doprava nemožná - často vyžadují smáčecí prostředek	- vysoké koncentrace možné - univerzální - levné
Barevné koncentráty - nejsou univerzální - mění poměry taveniny ve válci - někdy problematické rozdělení z důvodů nedostatečného promísení v komoře - přísady pod 1% obtížné - obtížné tenkostěnné výlisky	- bezprašné - snadné čištění při přechodu barev - jasné dávkování - velmi dobré probarvení - i vysoké koncentrace možné - velmi dobré využití barevné intenzity (vysoké koncentrace obvykle nejsou nutné)

Isolit-Bravo, spol. s r. o.	Kontrolní dokumentace DI										F-Q-10/DI-74	
C. KONTROLNÍ KARTA												
Výrobek: WLI - WINDOW	Materiál: XANTAR 2042 FD NATUR											
Č. v.:												
Č. matrice: 9504	Datum:											
Čas - hodin	6,00		10,00		14,00		18,00		22,00		2,00	
Násobnost	F č. 1	F č. 2	F č. 1	F č. 2	F č. 1	F č. 2	F č. 1	F č. 2	F č. 1	F č. 2	F č. 1	F č. 2
<i>Shoda s referenčním vzorkem</i>												
<i>Rozměr: 23,4 ± 0,15</i>												
<i>Rozměr: 23,2 ± 0,1</i>												
<i>Rozměr: 23,65 ± 0,15</i>												
<i>Rozměr: 23,2 ± 0,1</i>												
<i>Rozměr: 23,4 ± 0,15</i>												
<i>Rozměr: 4,1 ± 0,05</i>												
<i>Velikost materiálu Max = 0,02%</i>												
<i>Namáčení v roztoku</i>												
Tolulen + Propanol - poměr 1:3 na 1 hodinu												
Ověření lis. parametrů - technolog												
Zone 1 - 295 zone 2 - 290 zone 3 - 285												
Tryska - 295 pevná část - 80 pohyblivá část - 80												
Podpis KJ												

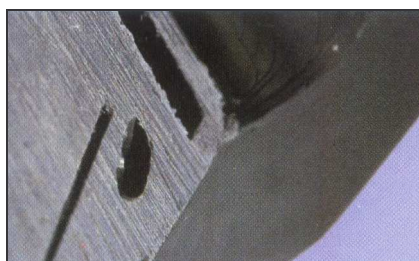
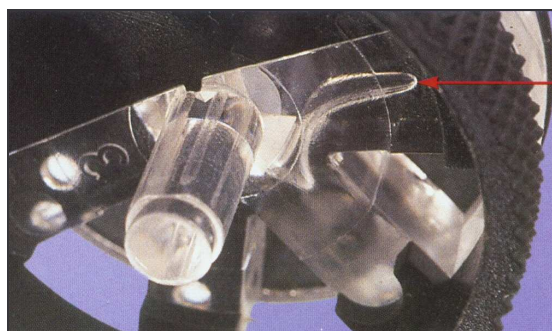
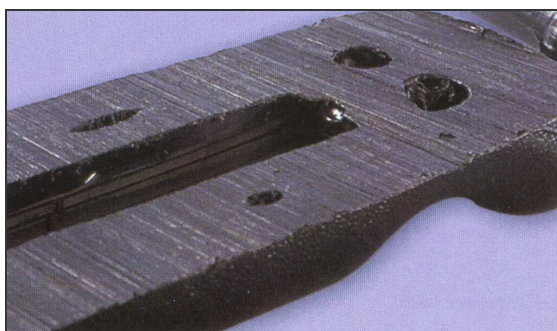
Seřizovací karta		Isolit-Bravo, spol. s r. o. Jablonné nad Orlicí	
Položka	9504100	WLI WINDOW	
Operace	10 lisování		
Stroj	141/230	Battenfeld (tm) 750/210	
Otáčky šneku	300 mm/sec	Chod lisu A	Násobnost 2,00
Tryska	otevřená přímá		
Rychlost vstřiku	Q - 65 - 50 - 30ccm/sec		
dvak	30 ccm - přepnutí - 2,5 sec		
Materiál:	28080003 XANTAR MX 2042 FD NATUR 40190000 KARTON L2 -5 VVL H/H 600X260XX250 MM 40700000 PŘÍŘEZ 3 VVL H/H 1110X780 MM 46051302 MYRALON-ROLE 1300 MM X 1 MM - NÁVRH 300M		
Teploty:	5. pásmo	Časy:	plnění 3,50
	4. pásmo		dotlak 2,50
	3. pásmo 285,00		šnekování 2,00
	2. pásmo 290,00		chlazení 20,00
	1. pásmo 295,00		prodleva 6,00
	tryska 290,00		s. cyklus 32,00
	první č. formy 80 C		
	pohyblivá č. formy 80 C		
Tlak	uzavírací 600 kN		
	hydraulický 1400 bar		
	dotlak 300 / 200 bar		
	zpětný odpor 60 bar		
Program vstřikovací jednotky	normální		
Program uzavírací jednotky	opakov. vyhaz. 2x		
Vzhledem k použitelnému vstřikov. stroji a trysce se mohou nastavené parametry pohybovat v následujícím rozmezí: tlak - +/-30 bar, teplota - +/-10°C, ostatní parametry - +/-5%			
Technologie:			

PŘÍLOHA PIII: OBRÁZKY KE KAPITOLE 6 VADY VÝSTŘIKŮ

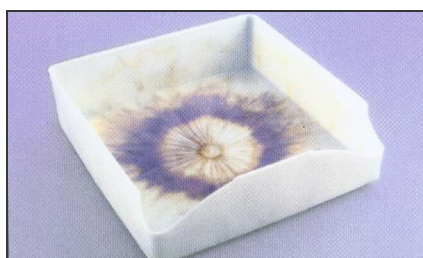
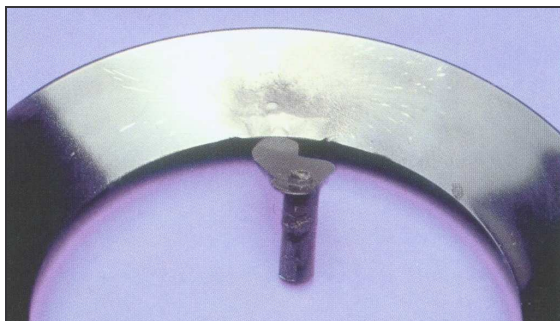
6.1 Povrchové prohlubeny



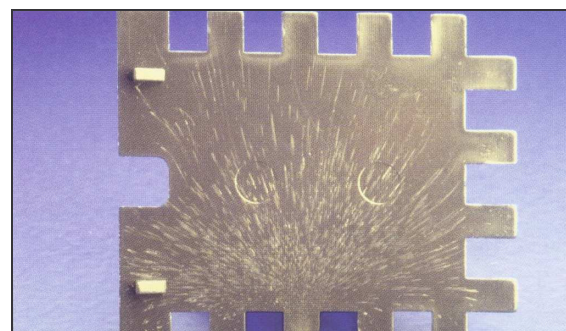
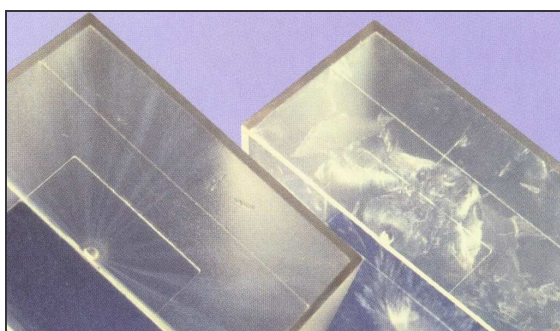
6.2 Vnitřní dutiny



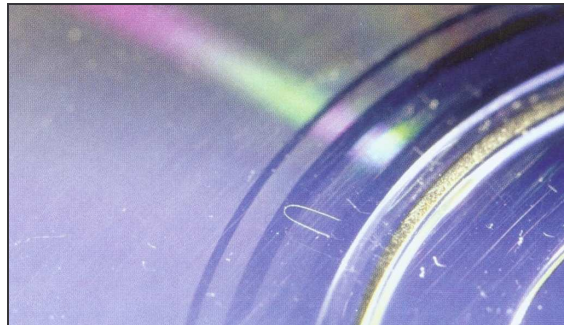
6.3 Tokové stopy po přepálení



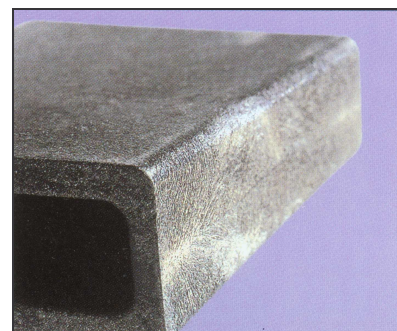
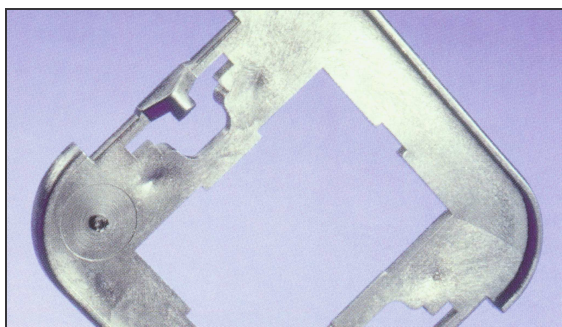
6.4 Stopy po vlhkosti



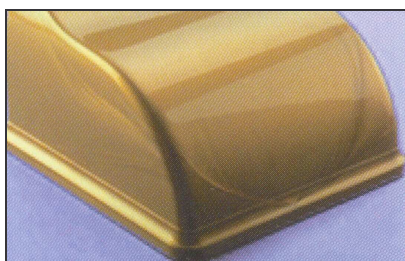
6.5 Tokové stopy po vzduchu



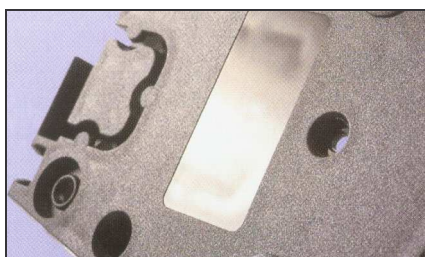
6.6 Stopy skleněných vláken



6.7 Změny barvy



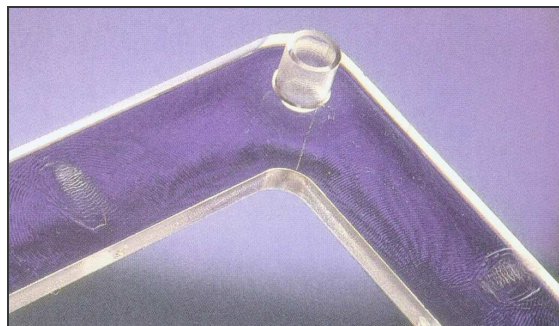
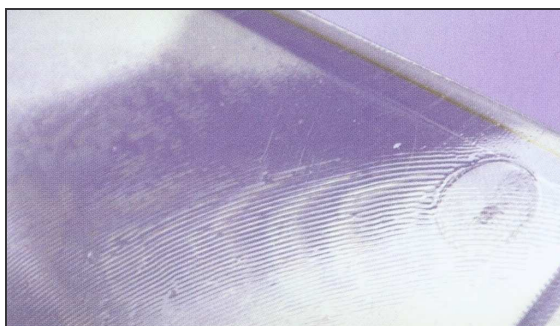
6.8 Nedostatky lesku



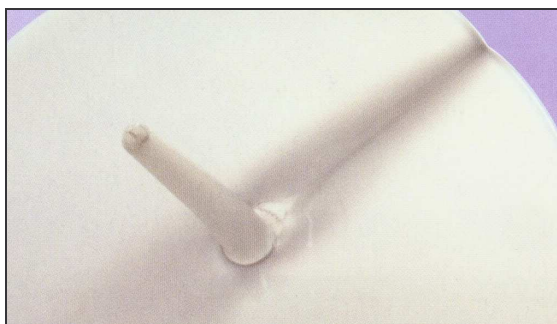
6.9 Matná místa u vtoku



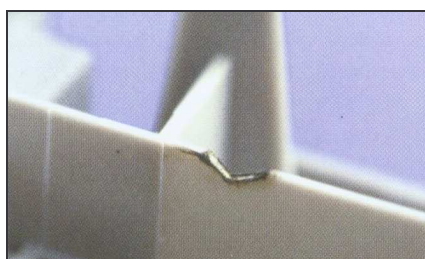
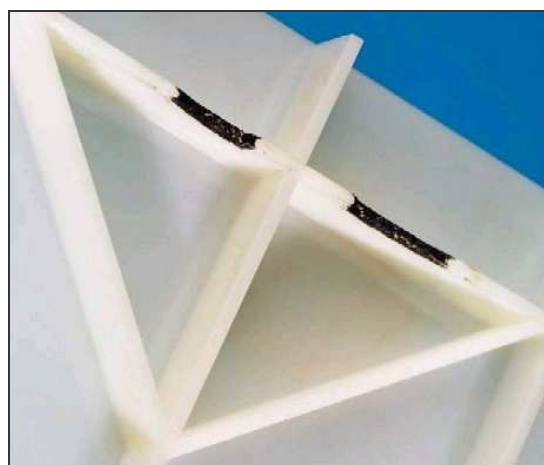
6.10 Jemné rýhování (efekt gramofonové desky)



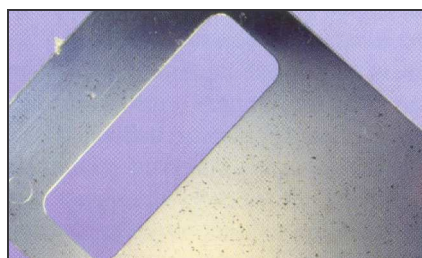
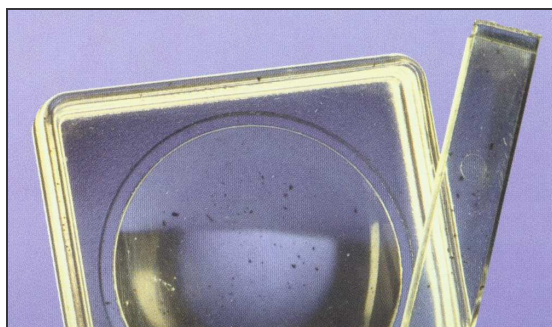
6.11 Studené vměstky



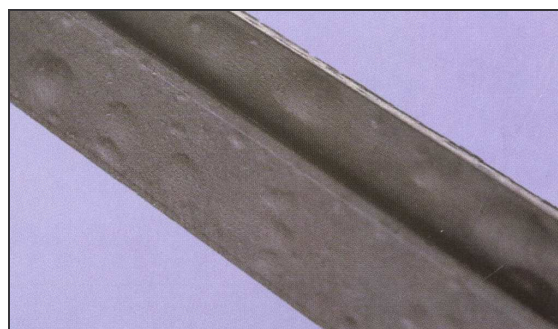
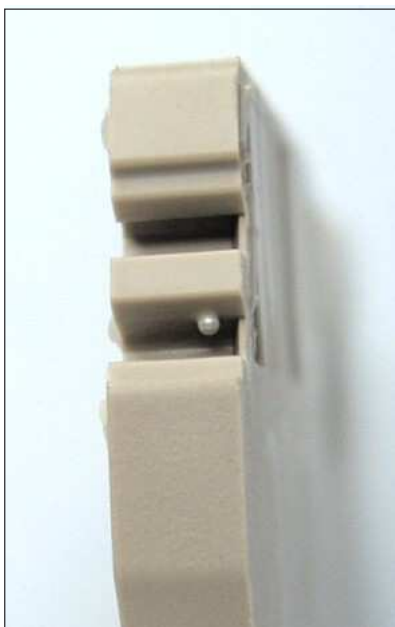
6.12 Stopy po spálení stlačeným vzduchem



6.13 Černé tečky

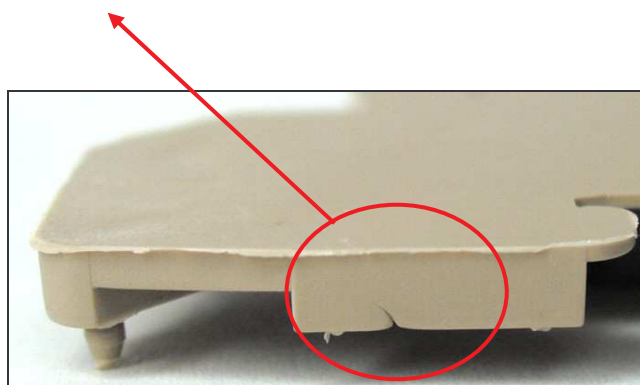


6.14 Bubliny



6.15 Studený spoj





6.16 Provazcový tok



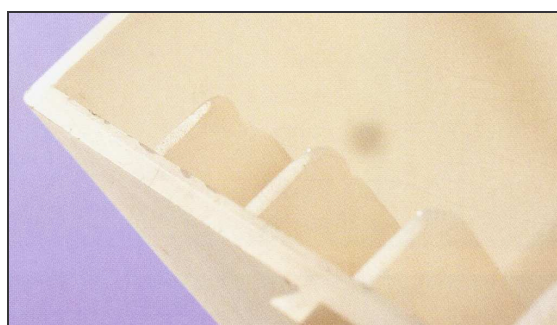
6.17 Odlupování



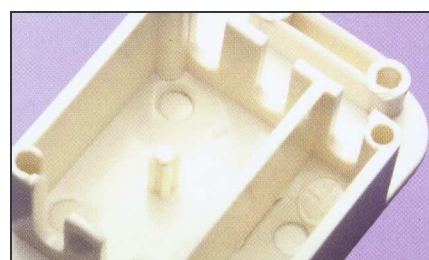
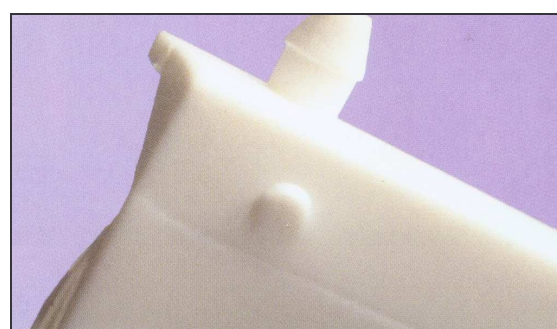
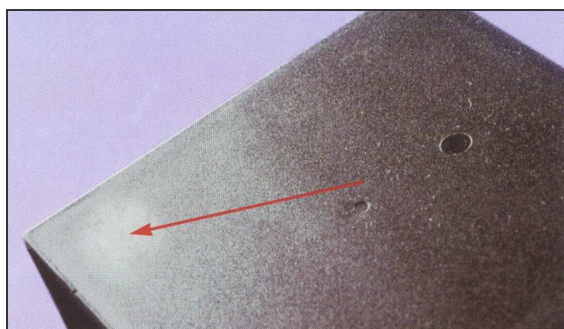
6.18 Přetoky



6.19 Nedostřík

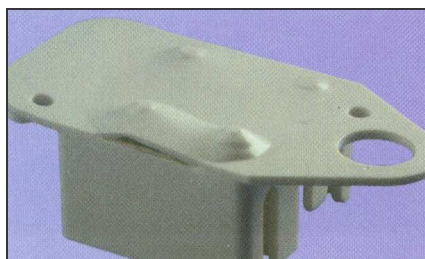
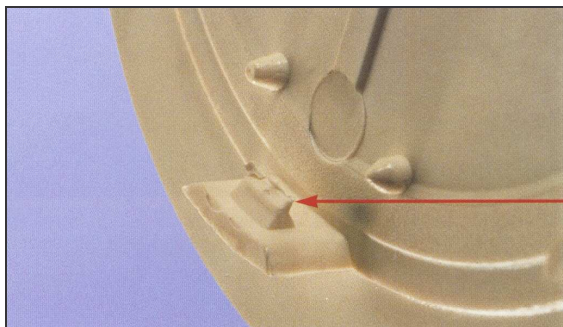


6.20 Stopy po vyhazovačích

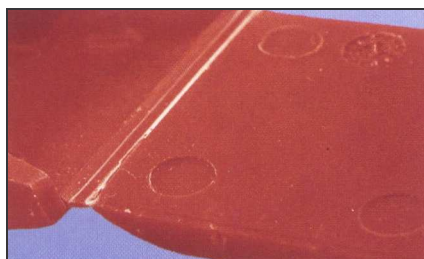
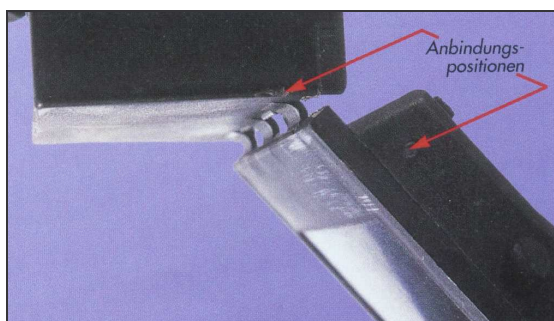
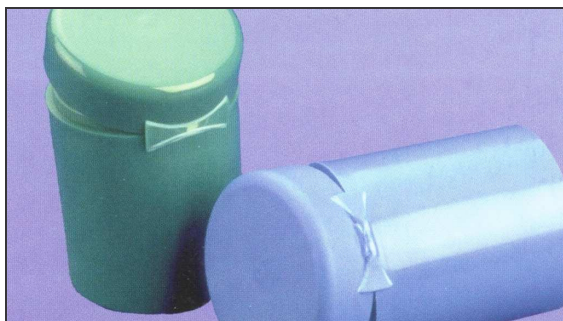


6.21 Porušení při vyhazování

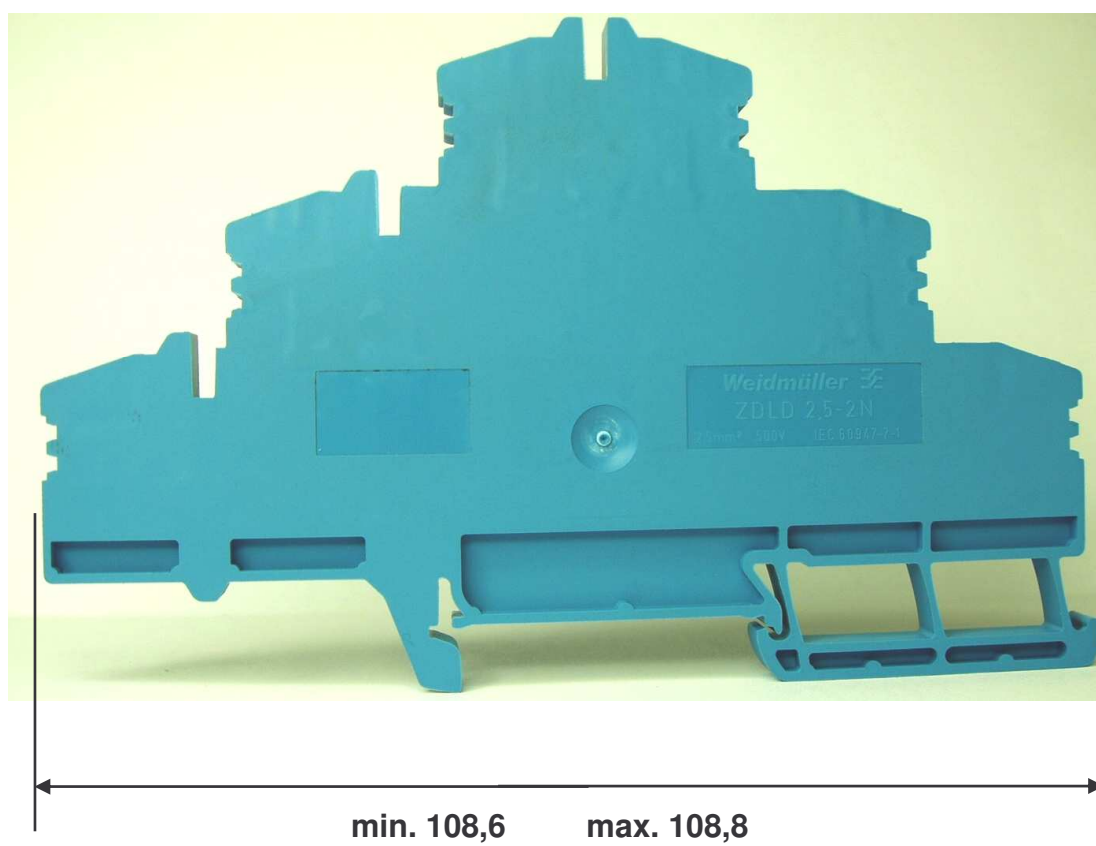




6.22 Bílý lom



6.23 Rozměry výstřiku



kontrolovat každé 2 hodiny

PŘÍLOHA PIV: CD

CD s jednotlivými prezentacemi kapitol. Nachází se v kapse na zadní straně desek bakalářské práce.

