



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

VÝROBA TĚLESA AC/DC ADAPTÉRU

MANUFACTURE OF AC / DC ADAPTER HOUSING

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Lukáš Vašíček

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Ladislav Žák, Ph.D.

BRNO 2021

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav strojírenské technologie
Student: **Lukáš Vašíček**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Strojírenská technologie
Vedoucí práce: **Ing. Ladislav Žák, Ph.D.**
Akademický rok: 2020/21

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

Výroba tělesa AC/DC adaptéru

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Úkolem bude zpracovat literární studii dané problematiky a navrhnout konstrukční řešení formy pro zadaný díl.

Cíle bakalářské práce:

Posouzení technologičnosti výroby součásti.

Literární studie dané problematiky.

Návrh technologie výroby součásti.

Návrh sestavy formy pro daný díl.

Ekonomické vyhodnocení.

Seznam doporučené literatury:

ŠTĚPEK, Jiří, Jiří ZELINGER a Antonín KUTA. Technologie zpracování a vlastnosti plastů. 1. Praha, Bratislava: SNTL, Alfa, 1989.

SOVA, Miloš a Josef KREBS. Termoplasty v praxi. 1. Praha: Verlag Dashöfer, 2001. ISBN 80-8622-15-7.

ZEMAN, Lubomír. Vstřikování plastů: teorie a praxe. Praha: Grada Publishing, 2018. ISBN 978-8-271-0614-1.

MENGES, Georg, Walter MICHAELI a Paul MOHREN. How to Make Injection Molds. 3. München, Wien: Carl Hanser Verlag, 2001. ISBN 978-3-446-21256-5.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2020/21

V Brně, dne

L. S.

doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

VAŠÍČEK Lukáš: Výroba tělesa AC/DC adaptéru

Bakalářská práce navrhuje vstříkovací formu na výrobu plastového adaptéru. Na základě zhodnocení technologických možností výroby plastového výrobku, byla vybrána technologie vstříkování plastů. První část práce je věnována teoretickému vysvětlení plastových materiálů, vstříkovacích forem a strojů. V praktické části je uveden a vypracován kompletní návrh vstříkovací formy včetně volby vhodného materiálu. Forma je koncipována čtyřnásobně se studenou vtokovou vložkou. V závěru práce je provedeno technicko – ekonomické zhodnocení výroby.

Klíčová slova: vstříkovací forma, adaptér, plasty, vstříkování plastů, technologie

ABSTRACT

VAŠÍČEK Lukáš: Manufacture of AC / DC adapter housing

The bachelor's thesis proposes an injection mold for the production of a plastic adapter. Based on the evaluation of the technological possibilities of the production of a plastic product, the technology of plastic injection was chosen. The first part of the work is devoted to a theoretical explanation of plastic materials, injection molds and machines. The practical part presents and develops a complete design of the injection mold, including the selection of a suitable material. The mold is designed four times with a cold inlet insert. At the end of the work is a technical - economic evaluation of production.

Keywords: injection mold, adapter, plastics, plastic injection, technology

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

VAŠÍČEK, Lukáš. *Výroba tělesa AC/DC adaptéru* [online]. Brno, 2021 [cit. 2021-05-18]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/132942>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. Vedoucí práce Ladislav Žák.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

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

V dne 20. 5.2021

.....

Podpis

PODĚKOVÁNÍ

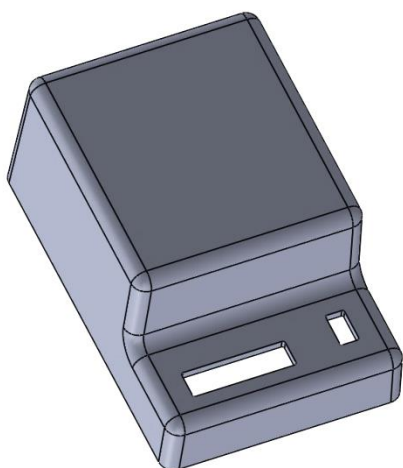
Tímto děkuji panu Ing. Ladislavu Žákovi, Ph.D. za jeho cenné připomínky a rady týkající se zpracování bakalářské práce. Nadále bych rád poděkoval své rodině za jejich podporu a trpělivost po dobu mého studia.

OBSAH

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE.....	2
ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ.....	3
PODĚKOVÁNÍ.....	4
ÚVOD.....	9
1 ROZBOR ZADÁNÍ.....	10
1.1 Volba technologie výroby	10
2 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ PLASTŮ	13
2.1 Materiály	13
2.1.1 Plasty	14
2.1.2 Elastomery	14
2.2 Vstřikovací stroj	15
2.2.1 Vstřikovací jednotka.....	16
2.2.2 Uzavírací jednotka.....	17
2.3 Vstřikovací forma	17
2.3.1 Dělicí rovina.....	18
2.3.2 Násobnost.....	18
2.4 Vtokové soustavy	19
2.4.1 Studená vtoková soustava	19
2.4.2 Horké vtokové soustavy	20
2.5 Temperační systém.....	21
2.6 Vyhazovací systém.....	22
2.6.1 Mechanické vyhazování	22
2.6.2 Vzduchové vyhazování.....	23
2.6.3 Hydraulické vyhazování	23
2.7 Odvzdušnění	24
3. NÁVRH VLASTNÍHO ŘEŠENÍ	25
3.1 Volba materiálu dílce	25
3.2 Posouzení technologičnosti součásti	26
3.3 Výpočet technologických parametrů.....	27
3.4 Stanovení násobnosti.....	30
3.5 Konstrukční řešení formy	30
3.5.1 Volba dělicí roviny	31
3.5.2 Volba vtokové soustavy.....	31
3.5.3 Temperační systém.....	33
3.5.4 Vyhazovací systém.....	33
3.5.5 Odvzdušnění.....	34
3.5.6 Manipulační a ostatní prvky.....	34
3.6 Volba vstřikovacího stroje.....	35
4 TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ.....	36
5 ZÁVĚRY.....	39

1 ROZBOR ZADÁNÍ

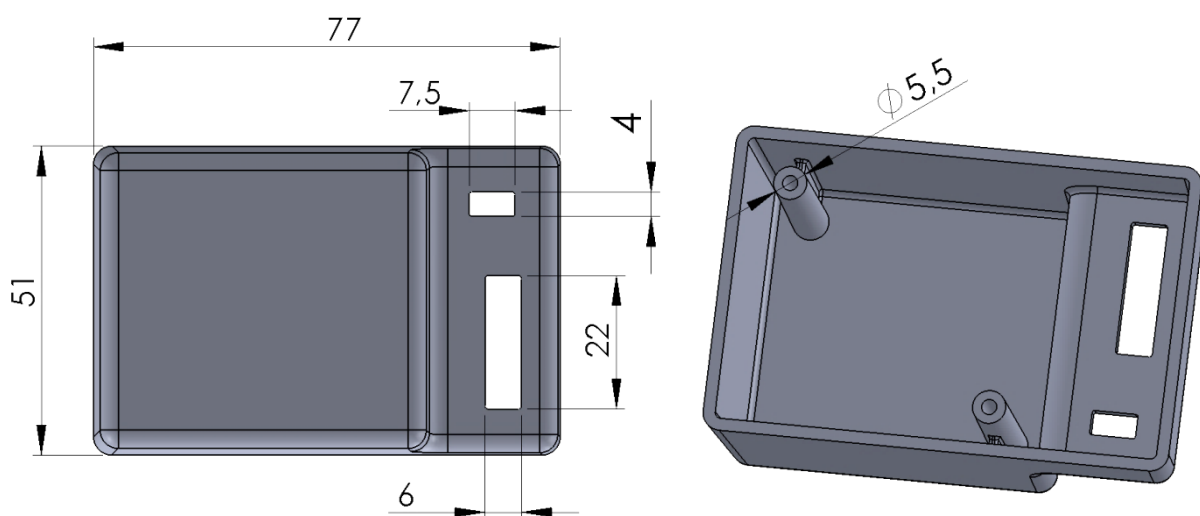
Zadaným dílem je vrchní plastový kryt univerzálního AC/DC adaptéru (obr. 3) sloužící k ochraně vnitřní části zařízení a koncového spotřebitele. Při následné volbě materiálu bude důležité zohlednit, že se jedná o elektronické zařízení, u kterého často dochází k zahřívání, a proto by měl materiál splňovat některé funkční i bezpečnostní zásady jako je například dobrá elektrická izolace, odolnost vůči teplu a minimální sklon k hoření. Navržený 3D model tělesa vychází z reálného v praxi využívaného adaptéru (obr. 2). Z konstrukčního hlediska se nejedná o nikterak složitý díl. Jde o základní krabičkovou součástku s konstantní tloušťkou stěny 2 mm ve které jsou umístěny dva komínky sloužící k uchycení spodního dílce adaptéru se kterým je tvořeno celé ochranné krytí. V přední části tělesa se nachází dva obdélníkové otvory pro přepínač rozsahu a možnost změny na střídavé nebo stejnosměrné napětí. Základní rozměry součásti jsou definovány na obrázku č 4. Kompletní výkresová dokumentace součásti je k nahlédnutí na výkresu 001-BP-2021-Adapter. Sériovost je stanovena na 500 000 ks.



Obr. 2 3D model zadaného tělesa adaptéru



Obr. 3 V praxi využívaný adaptér [5]

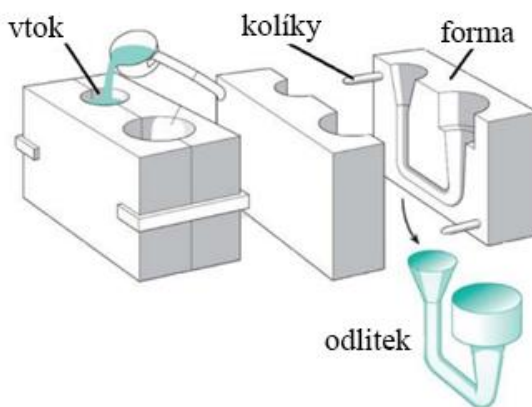


Obr. 4 Přední a zadní pohled na 3D model AC/DC adaptér se základními rozměry

1.1 Volba technologie výroby [3], [6], [7], [8], [9], [10]

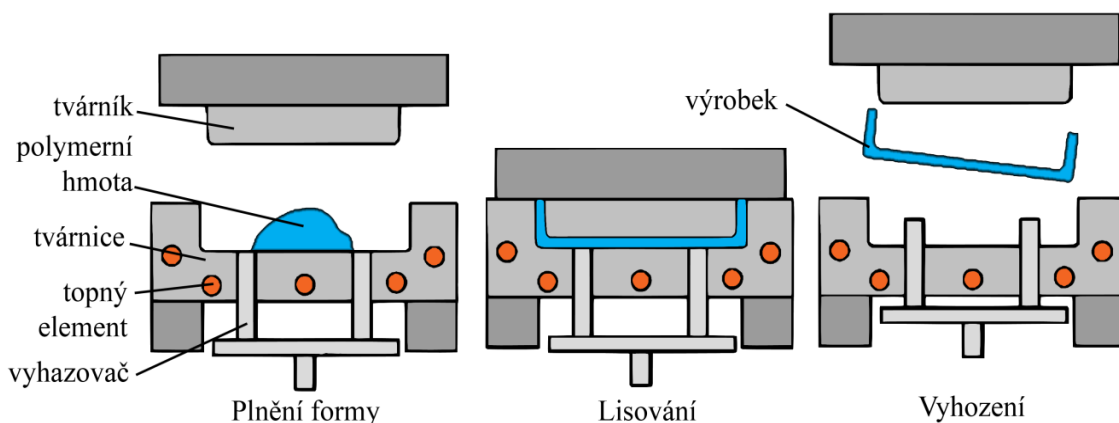
V nynější době je k dispozici mnoho technologií, které lze využít k dosažení námi požadované součásti. Pole působnosti je ovšem potřeba zúžit především kvůli sériovosti a snaze docílení co nejjednoduššího výrobního procesu za nejkratší možný čas. Rozhodující volbu taktéž ovlivňuje požadavek na dosažení geometrických přesností a ekonomické zhodnocení výroby. Proto jsou vzaty do úvahy právě tyto tři zmíněné technologie:

- Odlévání - řadí se mezi jednu z nejjednodušších technologií výroby součásti z plastu. Požadovanou vlastností pro odlévání je docílení velmi tekutého stavu polymeru. Tohoto stavu jsme schopni docílit u termoplastů i reaktoplastů. Následné odlévání probíhá za pomoci gravitace tzv. gravitační lití do statických forem (Obr. 5), nebo odstředivé síly tj. odstředivé lití. Mezi výhody této technologie patří možnost výroby tvarově odlišných dílců najednou s minimálním odpadem a jednoduchost konstrukčního řešení forem spjaté s nízkými náklady na formu i stroj. Nevýhodou je především nízká rozměrová přesnost, dlouhé odlévací cykly a malá škála vhodných polymerů pro odlévání. Z důvodu malého množství nabízených materiálů pro odlévání a ohledem na požadovanou sériovost výroby docházím k závěru, že je značně nevyhovující zvolit si právě technologii odlévání.



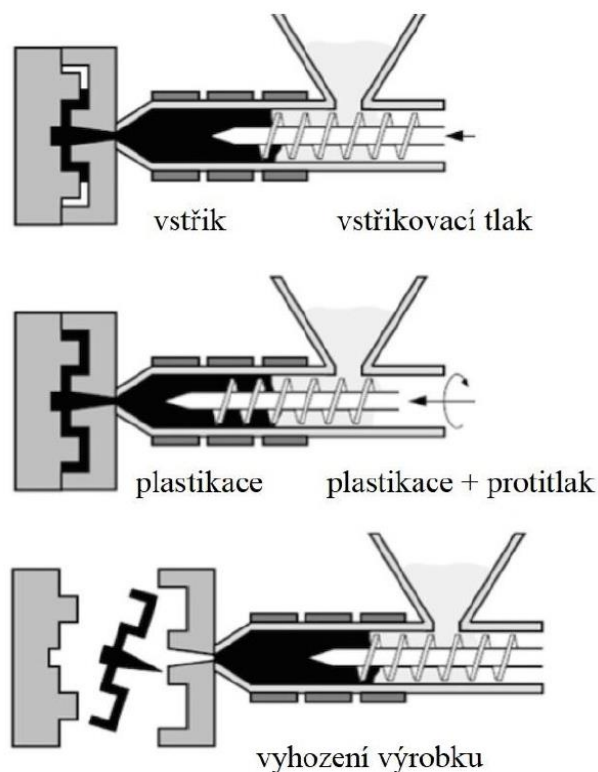
Obr. 5 Gravitační odlévání plastů [11]

- Lisování - technologie využívá vyhřívané ocelové formy, kdy se do dutiny tvárnice vloží předem stanovené množství převážně využívaného reaktoplastu, který je ve stavu prášku nebo granulátu. Vlivem zahřívání formy a vynaložením tlaku za pomoci tvárníku přechází granulát z pevného do plastického stavu. Následuje plastifikace materiálu a kompletní vyplnění tvarové dutiny formy. Při odlehčení dochází k odplynění taveniny a následnému vytvrzení které značně prodlužuje celý výrobní cyklus, jedná se o nejdelší procesní část. Délka vytvrzování závisí na druhu materiálu, tloušťce stěny a teplotě formy. Na závěr dochází k vyhození finálního výrobku a očištění pro opakování operací (Obr. 6). Z důvodu výše popisovaného dlouhého vytvrzovacího cyklu a malé produktivity práce je tento způsob pro velkosériovou výrobu nevhodný.



Obr. 6 Princip lisování plastů [9]

- Vstřikování – patří mezi nejpoužívanější metody zpracování plastů. Jedná se o technologii při, které dochází ke vstřiku roztaveného materiálu (nejčastěji ve formě granulátu) do dutiny formy za velmi vysoké rychlosti a předem stanoveného tlaku (Obr. 7) V dutině dochází k ochlazení materiálu na základě, kterého se začne díl smršťovat, neboli rozměrově zmenšovat. Předchází se tomu dotlakem. Po ztuhnutí taveniny se součástka vyhodí z formy za pomoci vyhazovacího systému. Pro vstřik je využíváno poměrně rozměrově velkých vstřikovacích strojů, ve kterých je nástroj uchycen. K hlavním výhodám této technologie patří velice krátké výrobní cykly, které se velmi dobře uplatní především ve velkosériové výrobě. Výstřiky dosahují velmi dobré rozměrové přesnosti a vzhledové kvality povrchu. Nevýhodou vstřikování jsou vysoké prvotní náklady spojené s výrobou formy a nutnost disponovat neúměrně velkými vstřikovacími stroji.



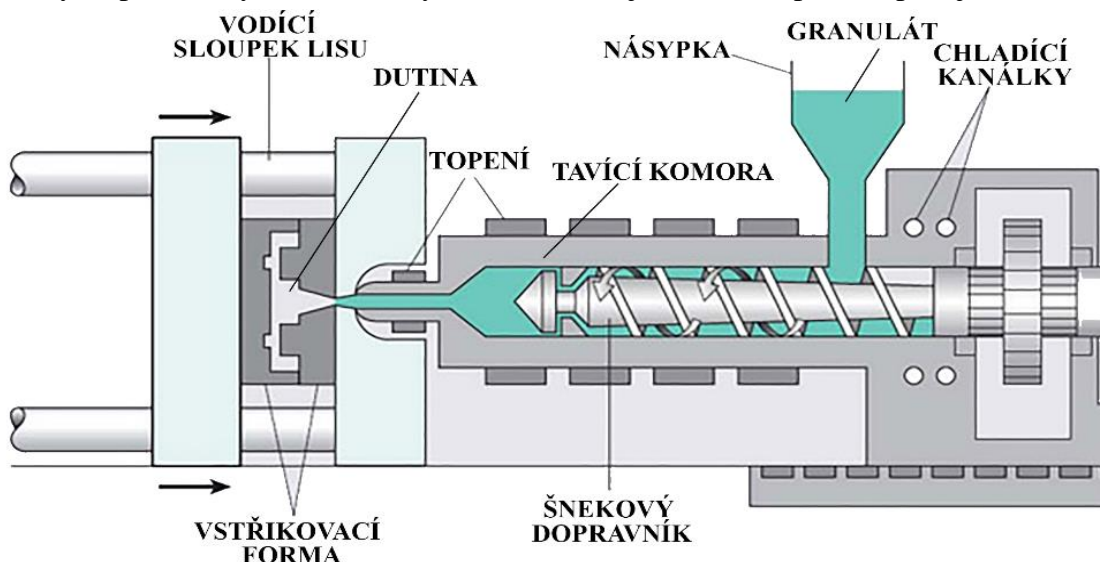
Obr. 7 Postup při vstřikování plastů [9]

Vzhledem k počtu kusů a požadovaným rozměrům součásti se z nabízených variant jeví jako nejoptimálnější technologie vstřikování. Umožňuje dosažení nejkratších možných výrobní cyklů s vysokou efektivitou díky možnosti využití vícenásobné formy a po optimalizování vstřikovacích parametrů zaručuje nízkou zmetkovitost. Následující teoretické i praktické kapitoly bakalářské práce budou zaměřeny právě na onu technologii s cílem hlubšího porozumění dané problematice.

2 TECHNOLOGIE VSTŘIKOVÁNÍ PLASTŮ [9], [11], [12], [13]

Vstřikování se řadí mezi velmi efektivních metodu pro zpracování polymerních materiálů, převážně tedy termoplastů. V menší míře je možné zpracovávat i reaktoplasty, pryže či kaučuky. Touto technologií je možnost dosáhnout dobré rozměrové a tvarové přesnosti za velice krátký vstřikovací cyklus kdy výsledný výrobek je považován přímo za finální, nebo jako polotovar pro kompletaci samostatného celku. Vstřikováním je možné zhotovit i značně tvarově složité výrobky. Nevýhodou je ovšem velká pořizovací cena spojená se složitostí výroby formy a nutností disponovat vstřikovacími stroji. Využití této technologie je vhodné především pro velkosériovou výrobu.

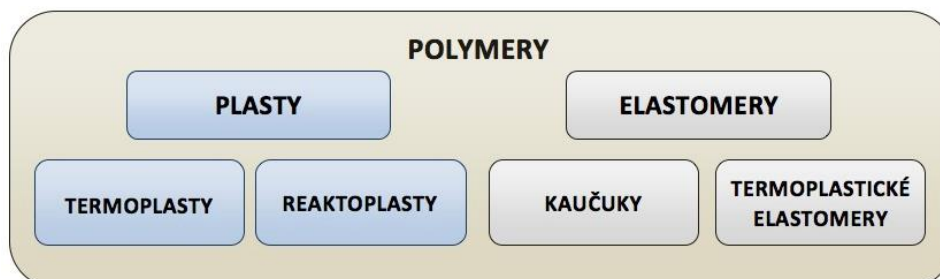
Princip popisované technologie (Obr. 8) začíná nachystáním materiálu nejčastěji v podobě granulátu, který je nasypán do násypky odkud jej odebírá šnekový dopravník, který je součástí vstřikovacího stroje. Za pomoci šnekového dopravníku je granulát přesunut do tavicí komory, ve které vlivem působení tepla a tření dochází k roztavení. Po dosažení správné teploty materiálu dojde ke vstřiku do dutiny formy. Dutina se zcela zaplní a začne docházet k ochlazování při kterém je nutné provádět dotlak, kterým se minimalizují rozměrové změny způsobené vlivem smršťování materiálu. Při finálním ztuhnutí výrobku dojde k jeho vyhození z formy za pomoci vyhazovacího systému. Poté se jdoucí sled operací opakuje.



Obr. 8 Princip vstřikování [14]

2.1 Materiály [15]

Základní dělení polymerních materiálů je na plasty a elastomery, které se ještě následně rozdělují do podskupin viz. obrázek č. 9. Materiály využívané pro technologii vstřikování se obecně nazývají plasty. Jedná se o látky skládající se z polymerních materiálů doplněných o aditiva, která slouží ke zlepšení vlastností jako je např. tvrdost, tažnost nebo finální barva.



Obr. 9 Rozdělení polymerů [15]

2.1.1 Plasty [9], [15], [16], [17],

Neboli polymery jsou za standardních stavů většinou tvrdé a křehké. Z toho důvodu u nich vlivem většího vnějšího namáhání dochází k trvalým deformacím. Podle způsobu chování při zahřívání je rozdělujeme na následující dva druhy:

- Termoplasty – jedná se o materiály které vlivem zahřívání přechází do plastického stavu kdy je jsme následně schopni tvářet mnoha technologiemi. Změny vlivem zahřívání mají pouze fyzikální charakter, nedochází k žádné chemické změně struktury. Chceme-li docílit opětovného tuhého stavu, ochladíme materiál. Tento jev ochlazování a zahřívání můžeme teoreticky opakovat mnohokrát. Dělí se na amorfni a semikrystalické. Nejrozšířenější jsou polyethyleny (PE), polypropyleny (PP), polystyreny (PS) nebo polyvinylchlorid (PVC)
- Reaktoplasty – jedná se o materiály, které jsou po zahřátí tavitelné a tvarovatelné jen po určitou dobu, vlivem opakovaného zahřívání dochází v materiálu k chemickým změnám, které způsobují jeho vytvrzování v závislosti na vzniku síťované struktury molekul. Tento jev je nevratný, dále už materiál není možno tavit, tvarovat nebo jinak zpracovávat. Vlastnosti charakterizující reaktoplasty jsou především vysoká tvrdost, chemická a tepelná odolnost. Představiteli jsou např. fenol-formaldehydová pryskyřice (PF), polyesterová pryskyřice (UP), epoxidová pryskyřice (EP).

2.1.2 Elastomery [8], [15]

Jsou takové materiály, které dosahují velmi vysoké pružnosti a nízké tuhosti. Snadno dochází k jejich deformaci a následnému vrácení do původního stavu. Typicky se jedná kaučuky, kdy jsou spoje mezi řetězci uváděny do činnosti formou vulkanizace, vznik pryže.

- Kaučuky – jedná se o přírodní či syntetické polymery, které je možné pomocí řídkého zesíťování převést na pryž. Zmíněné zesíťování je proces, který je nazýváme jako vulkanizace a její nejběžnější metodou je vulkanizace pomocí síry při teplotě (140 ÷ 160) °C. Pryž není tvořena čistě kaučukem, ale směsí, která také obsahuje stabilizátory, plastifikátory či pomocné látky jako jsou pigmenty nebo plniva. Samostatný kaučuk se za tepla stává lepivým a za studena naopak nepružným a tuhým. Kdežto pryž si zachovává své elastické vlastnosti i při velkém rozmezí teplot. Výhodou pryže je, že vlivem působení malých sil dochází snadno k jejich deformacím, skončí-li děj zatěžování, pryž se vrací do původního stavu. V průmyslovém odvětví je kaučuků velké množství. Z pravidla je možno je rozdělit do skupin na všeobecné použití (Tab. 1), z kterých jsou vyráběny běžné pryžové výrobky, nebo pro speciální použití (Tab. 1), které jsou teplovzdorné či olejovzdorné.

Tab. 1 Typy kaučuků dle použití [15]

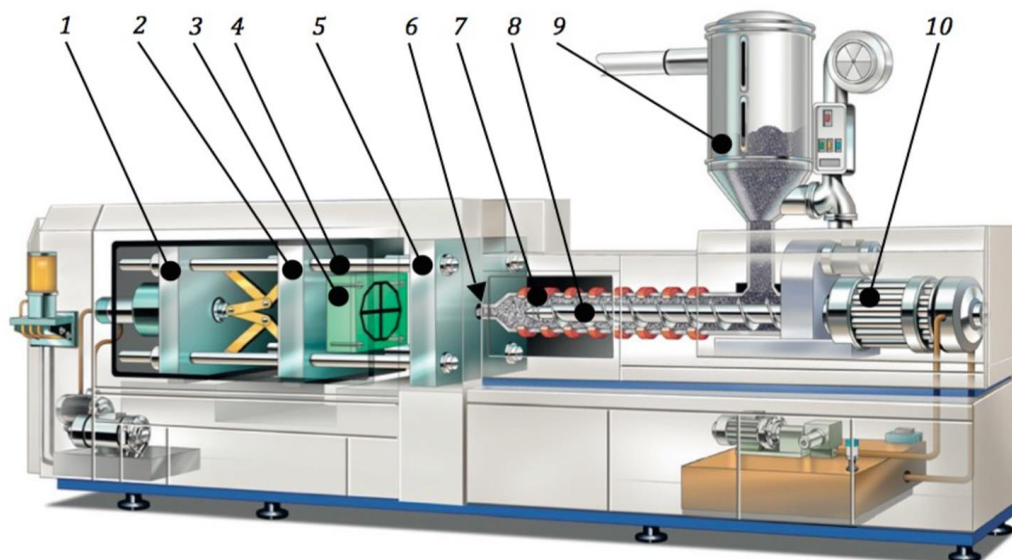
Kaučuky pro všeobecné použití		Kaučuky pro speciální použití	
Zkratka	Název	Zkratka	Název
NR	Přírodní kaučuk	CR	Chloroprenový kaučuk
BR	Butadienový kaučuk	Q	Silikonové kaučuky
IR	Isoprenový kaučuk	ACM	Akrylátový kaučuk

- Termoplastické elastomery – jde o materiály, které lze díky svým vlastnostem přirovnat k pryžím. Struktura je složena z tvrdých a měkkých částí, kdy měkká složka je zastoupena elastomery a tvrdá termoplasty. Na rozdíl od pryží je ovšem možno materiál opakovaně zahřívát, tavit a zpracovávat podobně jako je tomu u termoplastů. U termoplastu sice není možno dosáhnout takové elasticity, jako je u

pryží, ale velkou výhodou je, že se dají vstříkovat na strojím pro klasické termoplasty a následně i recyklovat.

2.2 Vstříkovací stroj [7], [16], [17], [18]

Jedná se o rozměrné zařízení sloužící ke vstříkování převážně termoplastů (obr. 10), u kterého je důležité, aby splňovalo základní parametry pro danou výrobu. Nejdůležitějšími prvky pro správnou volbu stroje je uzavírací síla, vstříkovací kapacita, plastifikační kapacita a velikost upínací plochy v uzavírací jednotce stroje.

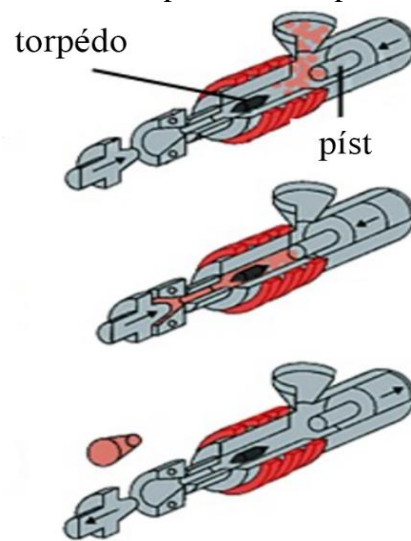


- 1 – uzavírací jednotka, 2 – pohyblivá upínací plocha, 3 – pohyblivá polovina formy,
 4 – vodící sloupky, 5 – pevná upínací plocha, 6 – špičky vstříkovací trysky,
 7 – tavicí komora, 8 – šnek, 9 – násypka, 10 – pohonná jednotka šneku

Obr. 10 Schéma šnekového vstříkovacího stroje [18]

Dle pracovního členu ve vstříkovací jednotce je můžeme rozdělit na následující dva typy:

- Pistové vstříkovací stroje – jedná se o nejstarší řešení vstříkovacích strojů, tzv. vstříkolisů kdy je ve vstříkovací jednotce umístěný píst, který konají pouze dopředný a zpětný pohyb v ose (obr. 11). Nachází-li se píst v zadní pozici, je umožněn průchod granulátu z násypky před daný píst. Ten se následně přesouvá do přední pozice, kdy dochází k posunu materiálu do tavicí komory, kde se postupně zahřívá a přeměňuje na taveninu, která je za pomoci pístu dopravena až k ústí trysky a vstříknuta do dutiny formy. Před ústím trysky se nachází torpédo, přes které je materiál obtékán a zajišťuje aspoň částečné promíšení a sjednocení teploty taveniny. Pistové vstříkolisy se v dnešní době již moc nevyžívají z důvodu špatné homogenizace vstříkovaného materiálu. Ve velké míře je nahradily vstříkovací stroje disponující šnekovým dopravníkem.



Obr. 11 Pistové vstříkování [19]

- Šnekové vstříkovací stroje – jsou nejběžněji využívané pro technologii vstříkovaní plastů. Mají velkou výhodu oproti pístovým vstříkolisům. Vstříkovací jednotka je osazena šnekem, který nejen že umožňuje dopředný a zpětný pohyb, ale především pohyb rotační kolem své vlastní osy. Díky čemuž dochází k lepšímu promísení a dřívějšímu dosažení požadované teploty taveniny bez nutnosti vystavovat materiál dlouhému zahřívání. Stroj disponují větší plastifikační kapacitou a nedochází k tak vysokým tlakovým ztrátám. Z konstrukčního hlediska může být stroj rozdělen podle orientace uzavírací a vstříkovací jednotky (horizontální či vertikální), kdy se převážně využívá horizontálního uspořádání obou částí.

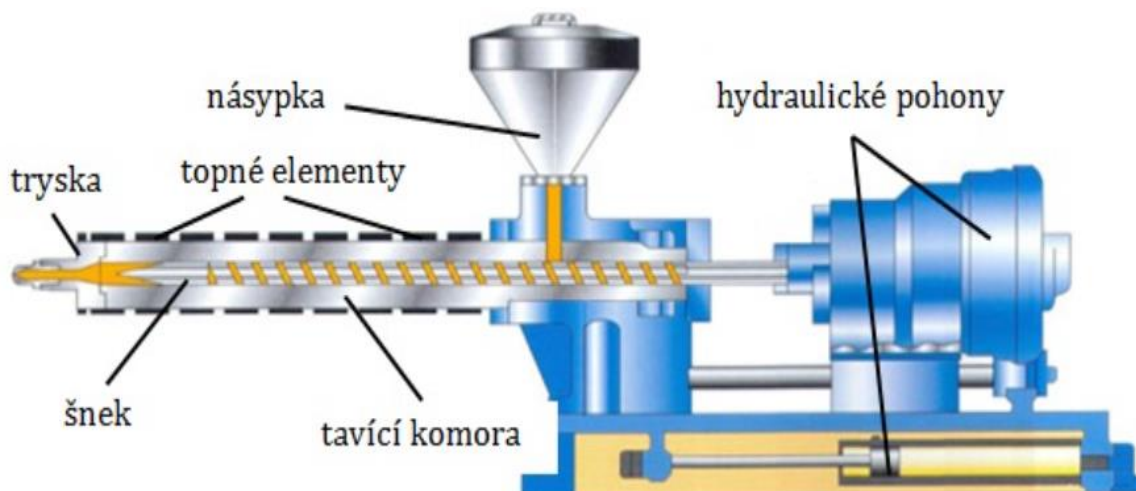
2.2.1 Vstříkovací jednotka [19], [20]

Základním principem je převedení materiálu z tuhého stavu do taveniny za pomoci vstříkovací jednotky (obr. 12). Následuje přesun již roztaveného materiálu za vysoké rychlosti a tlaku do dutiny formy. Jak již bylo zmíněno, častějším využitím jsou vstříkovací jednotky disponující šnekem, který má možnost rotovat kolem své osy a zajišťuje dosažení kvalitnější homogenizace materiálu.

Vstříkovací jednotka se skládá z několika částí, viz. obr. 12. Vstupní část tvoří násypka, která je spojena s tavicí komorou. Uvnitř je k vidění šnek, který slouží k přesunu materiálu z násypky. Celá tavicí komora je zahřívána topnými elementy, které napomáhají přechodu pevného materiálu v taveninu. Vlivem rotace šneku dochází ke tření, které taktéž napomáhá zahřívání. Na konci tavicí komory je k vidění tryska, která slouží ke vstříku do formy.

Při volbě vstříkovací jednotky jsou zásadní právě tyto dva parametry:

- Vstříkovací kapacita – je vstupní informací sdělující, jaký největší objemový množství taveniny je možno z tavicí komory vstříknout do dutiny formy. Tedy jaký největší možný výlisek jsme schopni zhotovit na jeden pracovní zdvih šneku. Do objemového množství je potřeba zahrnout i vtokový zbytek.
- Plastifikační kapacita – udává největší množství taveniny, které je stroj schopný převést za určenou jednotku času na materiál plně plastický. Hodnota parametru se nejčastěji udává v kilogramech za hodinu a má spíše orientační charakter sloužící k přibližnému stanovení délky plastifikace materiálu.

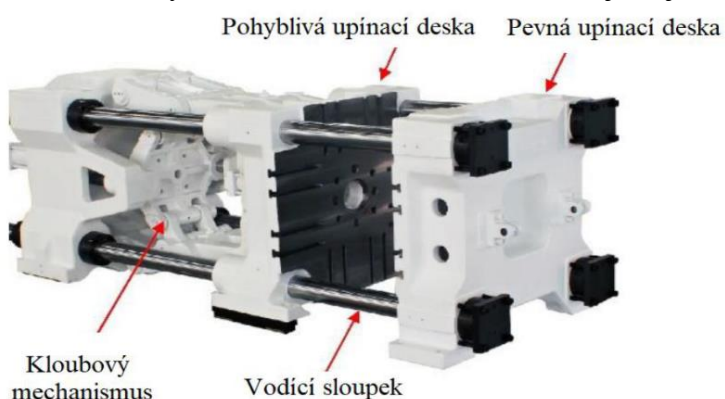


Obr. 12 Vstříkovací jednotka [19]

2.2.2 Uzavírací jednotka [1], [19], [21]

Jedná se o část vstřikovacího stroje, která musí zajistit bezpečné upnutí nástroje a následné otevírání a zavírání formy s dostatečnou uzavírací silou, aby vlivem tlaku působící taveniny do dutiny formy nedošlo k jejímu pootevření (obr. 13). Uzavírací jednotkou je také ovlivňován stav vyhození výstřiku, ovládá vyhazovací systém formy.

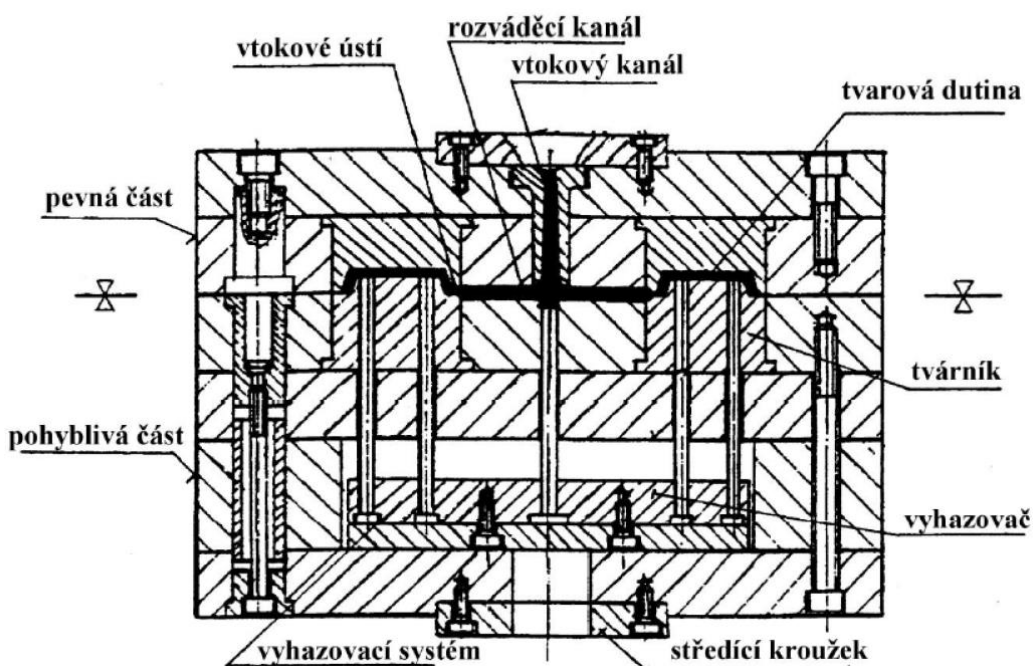
Základ uzavírací jednotky tvoří pevná a pohyblivá deska s potřebným systémem k uchycení a mechanismus ovlivňující způsob uzavírání formy. Přesné vedení desek vůči sobě je zajištěno vodíci sloupky. Vyvození potřebné síly k uzavření formy může být z konstrukčního hlediska stroje zhotoveno mechanicky (obr.13), hydraulicky, hydraulicko-mechanicky, nebo elektro-mechanicky. Stejně jako vstřikovací jednotka, může být orientace buď horizontální, nebo vertikální. Nejčastěji se ovšem setkáme s horizontální variantou uložení.



Obr. 13 Mechanická uzavírací jednotka [21]

2.3 Vstřikovací forma [1], [23],

Základní koncept vstřikovací formy je možné vidět na obr. 14. Jde o výměnný nástroj, který je upnut na vstřikovací stroj, není s ním pevně spjatý. Obvykle jednomu stroji připadá několik vstřikovacích nástrojů. Funkcí je přeměna roztaveného plastu ve finální tvarovou podobu výrobku. Vstřikovací nástroj, nebo jinak řečeno forma, je konstrukčně i výrobně velice náročné zařízení, kdy je potřeba disponovat odbornou znalostí a vysokým počátečním kapitálem. Na nástroj je kladen požadavek schopnosti plně automatické výroby, kdy musí odolávat vysokým tlakům a zároveň splňovat poměrně vysoké nároky na přesnost daného výstřiku a snadné odformování výrobku.



Obr. 14 Koncept vstřikovací formy [23]

2.3.1 Dělicí rovina [23]

Jde o kontaktní plochu mezi pevnou a pohyblivou polovinou formy. Ty na sebe vzájemně dosedají a utěsňují dutinu vstřikovaného tvaru. Tím je zabráněno úniku roztaveného materiálu a tvorbě nevzhledných zástříků na lemu výrobku. Z pravidla se volí v nejširším místě a tam, kde není požadavek na pohledovou část dílu.

Čím jednodušší bude zvolen tvar dělicí roviny, tím lepší výrobní přesnosti je možné dosáhnout, což je spjaté s lepším utěsněním. Kontaktní plochy dělicí roviny by na sobě měly přesně sedět a lícovat. Pro ověření přesnosti a těsnosti je možno využít tuširovací pasty.

2.3.2 Násobnost [23]

Počet kusů tvořících dutinu formy se označuje jako násobnost. Při velkosériové výrobě jednoduchých součástí je velice vhodné volit vícenásobnou formu. Naopak u tvarově náročných a rozměrově velkých výstříků je doporučeno využít jednonásobné dutiny. Optimální násobnost formy se stanoví dle níže zmíněných vzorců:

- Dle stanoveného počtu kusů a termínu dodání:

$$n_1 = \frac{N \cdot t_c}{t_p \cdot K \cdot 3600} [-], \quad (2.1)$$

kde: N – velikost série [ks],
 t_c – doba vstřikovaného cyklu [s],
 t_p – předpokládaný termín produkce [h],
 K – koeficient výrobního času (0,7 – 0,9) [-].

- Dle plastifikačního výkonu, který je stroj schopen vynaložit:

$$n_2 = \frac{0,8 \cdot C_p \cdot t_c \cdot 1000}{\rho \cdot (V + V_k) \cdot 3600} [-], \quad (2.2)$$

kde: C_p – plastifikační kapacita stroje [$\text{kg} \cdot \text{hod}^{-1}$]
 t_c – doba vstřikovacího cyklu [s]
 ρ – hustota vstřikovaného materiálu [$\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$]

- Dle vstřikovací kapacity stroje:

$$n_3 = \frac{0,8 \cdot C_v}{V + V_k} [-], \quad (2.3)$$

kde: C_v – vstřikovací kapacita stroje [cm^3]
 V – objem výstříku plastové součástky [cm^3]
 V_k – objem vtokového zbytku [cm^3]

- Dle uzavírací síly stroje:

$$n_4 = \frac{0,8 \cdot F_u}{S \cdot p_i} [-], \quad (2.4)$$

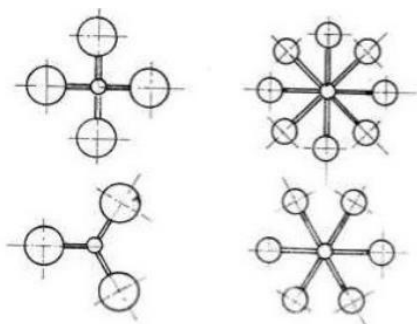
kde: F_u - uzavírací síla [N],
 p_i - tlak v dutině formy [Pa],
 S - průměrná plocha dutin a kanálů do dělicí roviny [m^2].

2.4 Vtokové soustavy [18], [24]

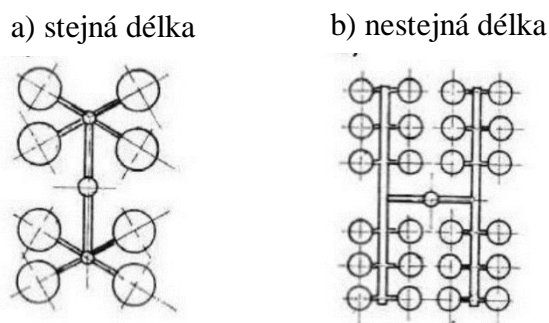
Pro dopravu taveniny do dutiny formy slouží vtoková soustava tvořená rozvodným systémem kanálů a vtokových ústí. Hlavní vtokový kanál je součástí pevné poloviny formy, která je spojena se vstřikovací jednotkou.

Navržení vtokové soustavy je úzce spjato s konstrukcí formy a její násobností. Důležité je správně zvolit ústí vtoků, které má následně vliv na proudění materiálu v dutině. Řešení by mělo být takové, aby v co nejkratší vzdálenosti došlo k rovnoměrnému naplnění všech dutin současně. Je tedy žádoucí, aby vzdálenost toku materiálu byla stejná a stejně tak velikost ústí vtoků do jednotlivých dutin sjednocená nechceme-li provádět korekci.

Rozvržení tvarových dutin a jim odpovídající vtokové soustavy je možné rozdělit na základní dva druhy, které se dále ještě rozdělují z hlediska stejné, nebo různorodé délky toku taveniny. Na obrázku č. 15 je zobrazeno hvězdicové uspořádání se stejnou délkou toku, které je bezesporu výhodnější. Umožňuje plnění všech tvarů ve stejný časový interval. Oproti tomu uspořádání řadové na obrázku č. 16, u kterého je možné vidět uspořádání se stejnou nebo rozdílnou délkou. Uspořádání s rozdílnou délkou toku způsobí, že jsou vzdálenější dutiny plněny později, pro tuto volbu se doporučuje vyvažovat plnění korekcí ústí vtoků, kdy vzdálenější dutiny budou mít větší ústí a vyrovnají se dutinám, které jsou plněny dříve.



Obr. 15 Hvězdicové uspořádání se stejnou délkou toku [25]

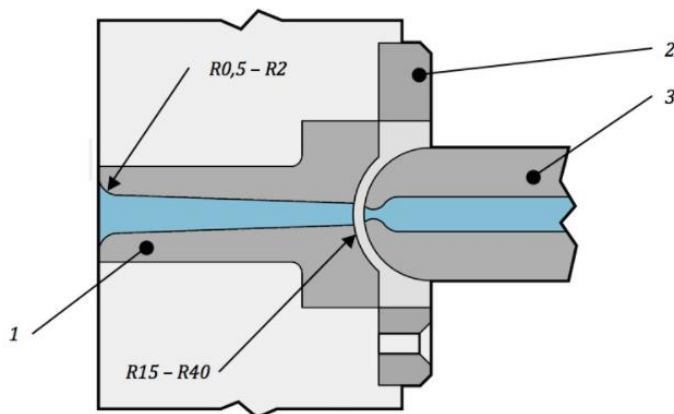


Obr. 16 Řadové uspořádání stejná/nestejná délkou toku [25]

2.4.1 Studená vtoková soustava [20], [25]

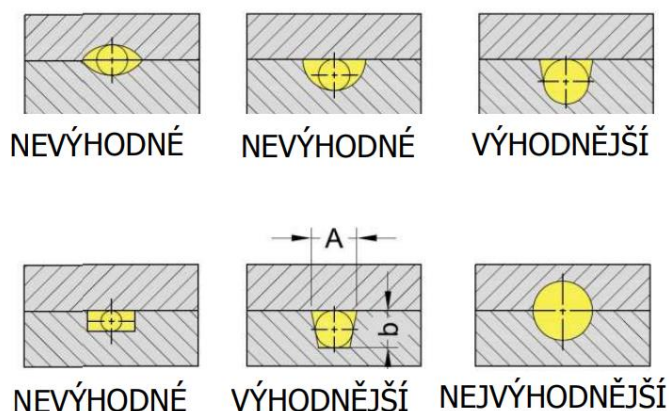
Skládají se z několika základních částí (Obr. 17), díky nim je zajištěno dopravení taveniny až k dělicí rovině formy, kde je tavenina dále rozváděna pomocí vtokových kanálů. Vtoková vložka je normalizovaný díl, který se převážně nakupuje. Hlava disponuje rádiusem, který slouží pro utěsnění čela trysky vstřikovacího stroje, aby nedošlo k obstříknutí plastem. Kuželovitý kanál vložky napomáhá snadnějšímu vyjmutí.

Při vstřiku materiálu do studené vtokové vložky dochází k okamžitému chladnutí a ulpívání na stěnách kuželu. Vytvoří se tzv. zamrzlá vrstva a zbytek taveniny proudí jádrem. Kvůli tomuto nabalování a tuhnutí plastu na stěnách se úměrně přizpůsobuje velikost kanálu délce toku, tak aby došlo k rovnoměrnému naplnění dutin.



Obr. 17 Využití studené vtokové vložky [18]

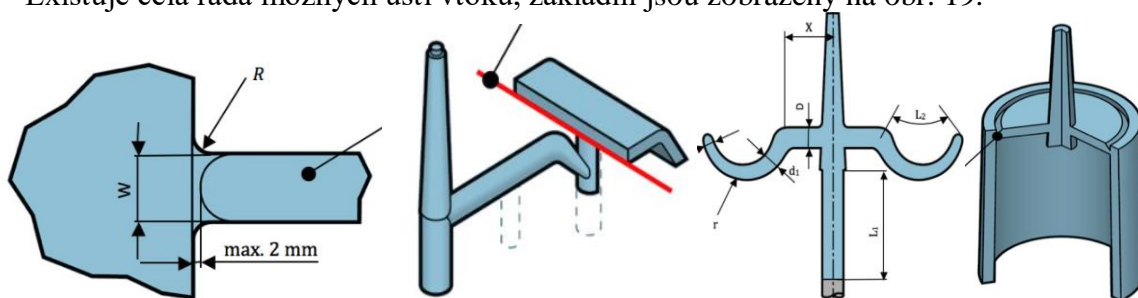
Důležitou roli hraje také volba průřezu rozvodných kanálů, ty oproti vložce materiál rozvádí v dělicí rovině. Rozváděcí kanály by se neměly zbytečně předimenzovávat, vlivem neúměrně velkého průřezu se prodlužuje vstřikovací cyklus a vzniká větší množství odpadu v podobě vtokového zbytku. Správný kanál by měl splňovat podmínku co nejmenších tepelných a tlakových ztrát. Nejvýhodnější průřez je kruhový, který je ve formě obráběn do obou polovin. Dopočítat by se tomu dalo přes smáčivé číslo, čím je vyšší, tím je vhodnější daný tvar. Na uvedeném obrázku č. 18 vidíme



variantní řešení vtokových kanálů dle Obr. 18 Porovnání průřezu kanálu [18]
vhodnosti použití.

V neposlední řadě se ke vtokovým soustavám pojí také vtoková ústí. Jedná se o spojovací prvek mezi kanálem a vstříkem. Ústí je značně menší vůči rozváděcímu kanálu a to zajišťuje rychlé zchladnutí, tím pádem nemožnost úniku taveniny zpět do rozváděcích kanálů. Díky tomu tlak využívaný vstřikovací jednotkou může brzo odeznít, čímž snižujeme namáhání formy samotného stroje. Vtokové ústí také zajišťuje snadné oddělení soustavy kanálů (vtokového zbytku) od finálního výrobku, což je žádoucí.

Existuje celá řada možných ústí vtoků, základní jsou zobrazeny na obr. 19.



Obr. 19 Základní typy ústí vtoků [18]

2.4.2 Horké vtokové soustavy

Jedná se o soustavy, které jsou během celého svého cyklu vyhřívány a udržovány na teplotě tavení materiálu (Obr 20). Tím pádem nedochází k tuhnutí plastu ve vtokové vložce, jako je tomu u studených vtokových soustav. Což vede k poměrně vysokému snížení vtokového zbytku a úměrně k tomu snížení nákladů.

Vyhřívání se rozděluje na dva druhy, kdy plast udržujeme roztavený pomocí topného torpédového tělesa, čemuž se nazývá vnitřní vytápění, nebo častěji využívaná topná spirála, která se využívá pro vnější vyhřívání, kdy je navržena okolo vtokového kanálu



Obr. 20 Horký vtokový systém [26]

2.5 Temperační systém [18], [20], [27]

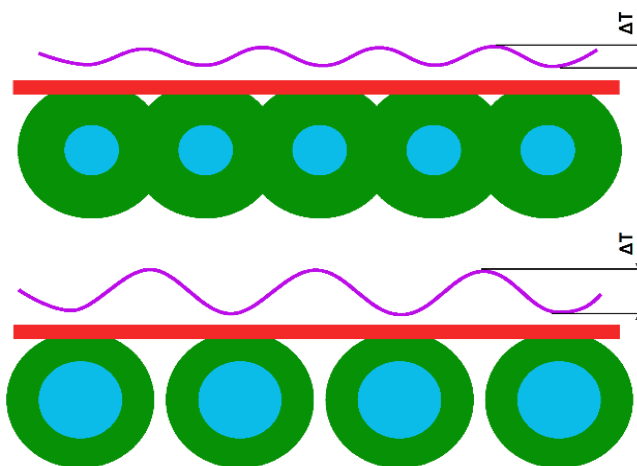
Požadavkem na temperační systém je především zajistit konstantní teplotu formy, které je docíleno za pomoci vhodného konstrukčního návržení. Správně navržené rozvodné kanály zajišťuje rovnoměrné chlazení a optimální tuhnutí které vede k pozitivním vlastnostem výstřiku. Rozvodným systémem je možné teplo odvádět, ale i přivádět. Některé plasty (Tab. 2) přímo vyžadují vysoké teploty přehřevu formy před vstřikem materiálu. Ukázkovým příkladem je PA, který vyžaduje teplotu přehřevu formy až 120°C.

Tab. 2 Doporučené teploty procesu vstřikování pro základní plasty [18]

Zkratka plastu	Doporučená teplota formy [°C]	Doporučená teplota taveniny [°C]	Doporučená teplota dílu při odformování [°C]
PA	80 – 120	260 – 300	110 – 130
PC	85 – 100	280 – 320	140
ABS	60 – 80	220 – 260	80 – 100
PE	30 – 60	180 – 230	60 – 90
PP	30 – 60	200 – 250	70 – 90

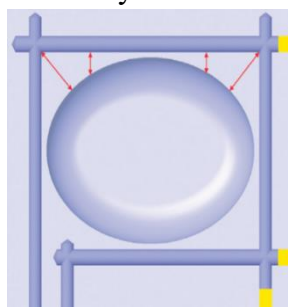
Nejpoužívanějším temperačním médiem je voda, případně u vyšších teplot (90°C a více) se využívá převážně olej. Aby bylo dosaženo optimálních vlastností, je potřeba zajistit dostatečný přestup tepla daný velikostí styčné plochy kanálu a volbou způsobu proudění, které by mělo být turbulentní. Dle potřeby se temperují obě poloviny formy, jak pohyblivá, tak i pevná.

Rozložení a volba velikosti vtokových kanálů je specifické pro každé konkrétní zadání, neexistuje univerzální rozvržení, které by se dalo považovat jako dogma. V tomto ohledu dost záleží na zkušenostech konstruktéra a případné možnosti využití simulačních analýz, které napomáhají přiblížení reálného stavu. Pro optimálnější chlazení je lepší volit více kanálů o menším průměru, nežli použít průměrově větší kanály v menším počtu (Obr. 21).

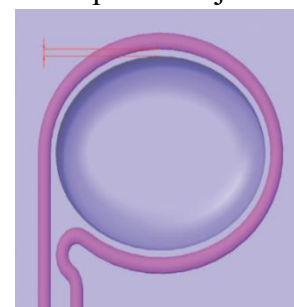


Obr. 21 Vliv počtu a velikosti kanálů na výslednou teplotu [18]

Běžně používané temperační kanály jsou vyráběny pomocí vrtání (Obr 22). Zajistit optimální chlazení formy v takovém případě není vždy zcela snadné, obzvlášť pokud se jedná o tvarově a prostorově složité dutiny. V takovém případě lze využít speciální metody tzv. konformního chlazení (Obr. 23), které kopíruje tvar dutiny. Výhodou takto vytvořených chladících kanálů je zvýšení efektivity, zkrácení cyklus až o 40% a eliminace vzniku deformace. Dosažení takového kanálu je možno např. metodou laserového spékání kovů.



Obr. 22 Klasicky vrtaný okruh [28]



Obr. 23 Konformní okruh [28]

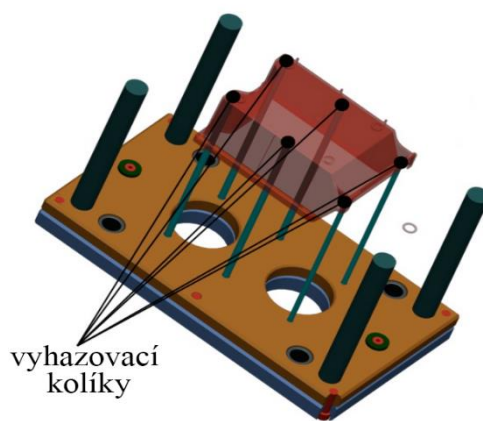
2.6 Vyhazovací systém [18], [20], [27], [29]

Z důvodu smršťování materiálu se výstřík stahuje na stěny dutiny, kdy na nich ulpívá a pro jeho vyhození je zapotřebí vynaložit určité síly. K vyhození výstříku spolu se vtokovým zbytkem z dutiny formy slouží vyhazovací systém. Pro snadnější odformování součásti z formy se u konstrukčního návrhu samotného dílu zhotovují úkosy stěn a pomocné rádiusy. K vyhození výstříku za pomoci vyhazovacího systému musí docházet až bezprostředně poté, co dojde k jeho dostatečnému ztuhnutí a materiál už má určité pevnostní vlastnosti. Snažit se vyhodit ne zcela tuhý stav výstříku by mohlo způsobit deformaci nebo proznačení vyhazovačů. Využívají se následující níže popsané varianty.

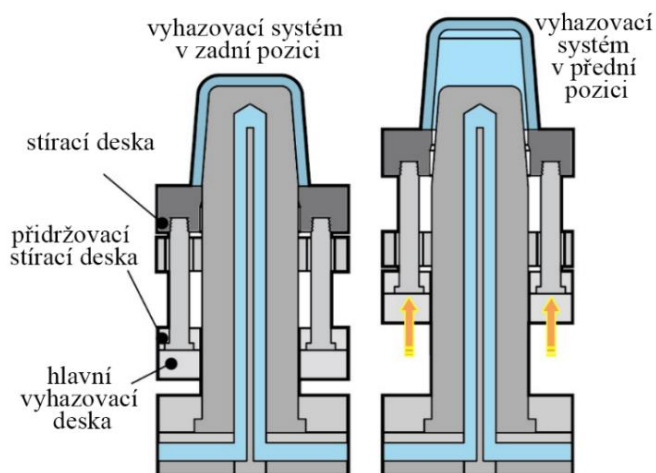
2.6.1 Mechanické vyhazování [18]

Jde o nejpoužívanější systém především díky své nízké pořizovací ceně a konstrukční jednoduchosti. Existuje vícero variant mechanického vyhazování jako jsou např.:

- Vyhazovací kolíky (obr. 24) - jsou obvykle válcové tvaru s uložením v tolerancích H7/g6, H7/h6 nebo H7/j6 podle vstříkovaného materiálu, tedy jeho tekutosti a funkce vyhazovacího kolíku. Dají se využít tam, kde je možné umístit vyhazovač proti ploše dílu ve směru vyhození (odformování). Samotná vůle v uložení nám pomáhá k odvodu dutiny. Uchyceny jsou v kotevní a zajištěny v opěrné desce vyhazovacího paketu. Je třeba počítat s tím, že kolíky po sobě zanechávají na výrobku viditelné stopy, a proto by se měly umísťovat pouze do nepohledové části dílu.



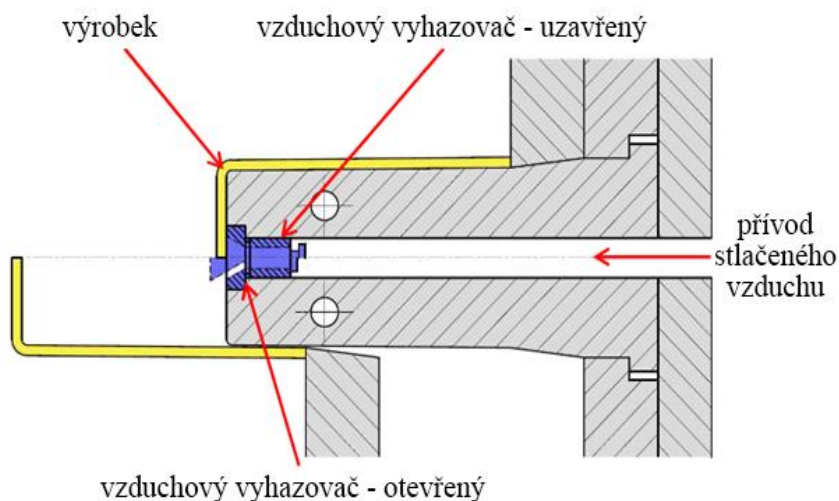
- Stírací desky (obr. 25) – tento způsob funguje tak, že dochází ke stírání výstříku z tvarové části po celém jeho obvodu. Oproti kolíkům je využíván především u tenkostěnných výstříků, kdy by mohlo vlivem působení vyhazovače dojít k deformaci nebo u výstříků, kde je stopa po vyhazovači nežádoucí. Umožňuje rovnoměrné rozložení síly vynaložené k vyhození po celé stykové ploše. Díky tomu dochází k minimálním deformacím a k žádným viditelným stopám po vyhození.
- Šikmé vyhazování – jedná se o speciální vyhazování mechanického typu, kdy kolíky nejsou umístěny kolmo k dělicí rovině, ale odjíždí pod různě stanovenými úhly. Tento systém je využíván především u malých nebo středních výstříků, které obsahují mělký vnější nebo vnitřní zápich.



Obr. 25 Vyhození pomocí stírací desky [18]

2.6.2 Vzduchové vyhazování [15], [18], [23]

Jedná se o způsob vyhazování (Obr. 26), který je nejvhodnější pro tenkostěnné výstřiky tvarově přirovnatelné k nádobám disponující větším rozměrem. Takové součásti je potřeba důkladně odvzdušnit, aby nedocházelo k uzavírání vzduchu a vzniku deformací. Dalším důvodem toho, proč u takových součástí není vhodné využití např. mechanického vyhazování je hloubka dílu. Zbytečně by docházelo k prodlužování délky formy z důvodu zajištění požadované velikosti zdvihu na vyhození. Princip této metody je založen na přívodu stlačeného vzduchu mezi výstřik a líc formy. Tím dochází k oddělení výstřiku od tvarové části, na které vlivem smrštění ulpívá.

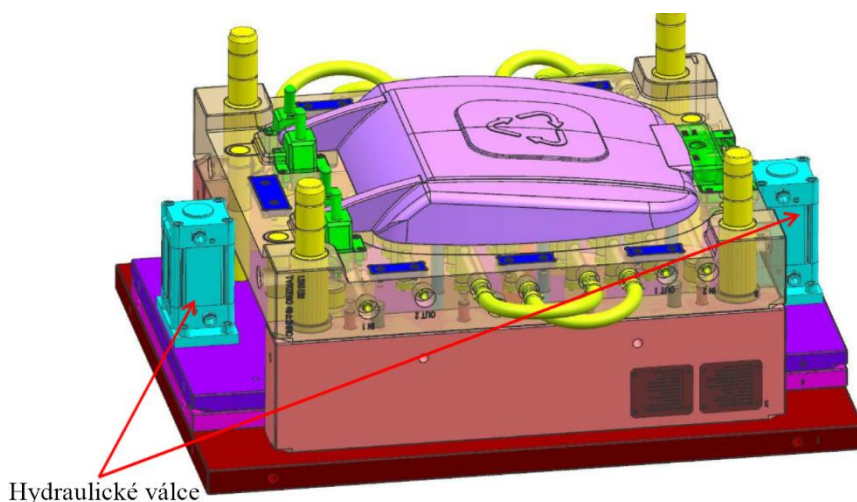


Obr. 26 Činnost vzduchového vyhazovače [15]

- Výhody:
 - vzduch se dostane i do nepřístupných míst,
 - při využitím pouze vzduchových vyhazovačů je možnost úplně zrušit standardní vyhazovací systém,
 - vzniká minimální stopa na výstřiku.
- Nevýhody:
 - malý zdvih, oproti možnosti využití vyhazovacího systému,
 - potřebný kanál pro přívod vzduchu
 - přídavné vzduchové zařízení a komponenty

2.6.3 Hydraulické vyhazování [18], [15]

Hydraulické vyhazování (Obr. 27) se ve velké míře pojí spolu s mechanickým. Hydraulická jednotka zajišťuje pohyb vyhazovacích desek spolu s vyhazovacími kolíky, stíracími deskami, nebo šikmým vyhazováním. Jedná se o konstrukční řešení, které je umístěno přímo na vstřikovací formě a zajišťuje pružnější a větší flexibilitu pohybu. Tento způsob řešení je možno použít v případě, kdy se jedná o rozměrově velké formy u kterých je potřeba dosáhnout velké vyhazovací síly.



Obr. 27 Hydraulický zdvih vyhazovacího paketu [15]

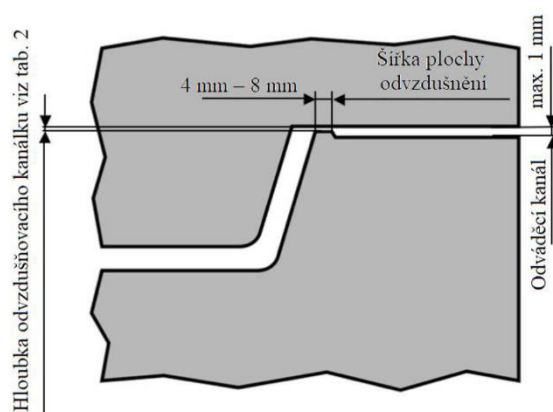
2.7 Odvzdušnění [18], [27]

V současné době jsou kladeny poměrně vysoké nároky na dosažení vzhledových a kvalitativních vlastností výstřiků. I když se dodavatel zaměstnává velmi kvalifikované pracovníky a vlastní modernizované stroje, tak se při výrobě nedá vyloučit, že se vyrobí zmetek, který obsahuje nějakou vadu. Jedním z problémů, kvůli čemu vznikají zmetky je právě nedostatečné odvzdušnění dutiny vstřikovací formy. Právě neodvedený vzduch uzavřený v dutinách vstřikovacích forem, může vyvolat problémy:

- nedostříknutí,
- spáleniny,
- tvorba bublin.

Tavenina vstupuje vtokovým ústím do dutiny formy, před sebou velmi rychle tlačí vzduch, který v ní po uzavření zůstal. Přestože přes dělicí rovinu určité množství vzduchu unikne, je potřeba aby některé vstřikovací formy obsahovaly konstrukční prvky, napomáhající lepšímu a rychlejšímu odvodu vzduchu z dutiny, díky čemuž eliminují případné výše zmíněné problémy.

Nejjednodušší varianta odvodu vzduchu z dutin forem je zhotovení odvzdušňovacích plošek po obvodu dělicí roviny, které jsou jednoduché na výrobu a vytvářejí přímý odvod uzavřeného vzduchu. Na obr. č. 28 je zobrazeno obecné doporučení, jak plošky z konstrukčního hlediska řešit.



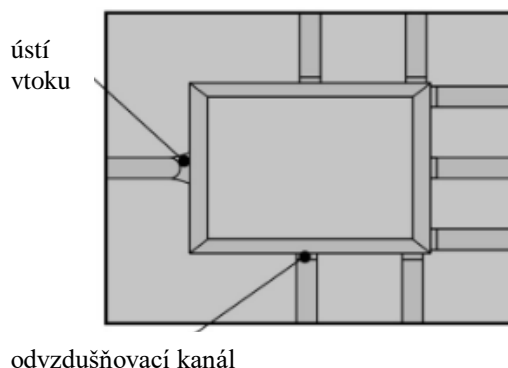
Obr. 28 konstrukční řešení odvzdušňovacího kanálku [15]

Vhodný způsob odvedení přebytečného vzduchu je možné navrhnout již při konstrukčním řešení formy, kdy je možné využít analýzy, která odhalí kritická místa, kde se vzduch shromažďuje. V těchto varovných místech by mělo dojít k navržení odvzdušňovacích kanálků a snaze odvodu vzduchu. V tabulce č. 3 jsou uvedeny typy plastů a jim odpovídající doporučená hloubka drážek pro odvod vzduchu. Hloubka je závislá na tekutosti daného materiálu a nikdy by se neměla volit větší s cílem toho, zajistit rychlejší odvod vzduchu. Při zhotovení větší hloubky, než je doporučena by mohlo dojít k zástřiku materiálu a vzniku ořepů na výlisku.

Tab. 3 Doporučená hloubka odvzdušňovacích drážek pro základní plasty [15]

Plast	PC, ABS	PS, POM	PA	PBT	PA
Hloubka [mm]	max. 0,05	max. 0,05	0,02 – 0,03	max 0,03	0,05

Umístění odvzdušňovacích kanálků se volí podél rozváděcího toku taveniny, aby v průběhu z dutiny odcházel vzduch. Nejdůležitějším místem vždy je a bude, umístění odvzdušňovacích kanálků do konečného místa plnění dutiny, tam vzniká největší koncentrace uzavřeného vzduchu, kterého je potřeba se zbavit. Zpravidla je to takové místo, které se nachází nejdál od ústí vtoku. Princip správného rozmístění je na obrázku č. 29.



Obr. 29 Poloha ideálního odvzdušnění [15]

3. NÁVRH VLASTNÍHO ŘEŠENÍ [1]

Cílem návrhu vlastního řešení je navrhnout technologii výroby zadané součást, tedy krytu AC/DC adaptéru, který bude vyroben technologií vstřikování plastů. V této kapitole bude kladen důraz na volbu materiálu, výpočty, stanovení technologických parametrů, konstrukční řešení formy a volbu vhodného vstřikovacího stroje. Tohle vše vede k funkčnímu a realizovatelnému řešení.

3.1 Volba materiálu dílce [30]

Při volbě materiálu krytu AC/DC adaptéru je nutno klást důraz na to, že se jedná o součástku elektronické zařízení, u kterého často dochází k zahřívání, a proto by měl materiál splňovat některé funkční i bezpečnostní zásady jako jsou:

- tepelná odolnost,
- odolnost vůči vznícení,
- samozhášivost,
- rozměrová a barevná stálost při zvýšených teplotách,
- odolnost vůči nárazu,
- elektrické vlastnosti,
- neprůhlednost,
- kvalita povrchu.

Pro tyto požadavky je vhodné volit polykarbonát, nebo směs polykarbonátu s ABS (akrylonitrilbutadiestyren). Kdy samotný polykarbonát zajišťuje právě ony bezpečnostní vlastnosti jako je dobrá elektrická izolace, odolnost vůči teplu a ohni a minimalizace sklonu k hoření. ABS naopak vyrovnává nedostatky, které polykarbonát má a spolu jako směs tvoří ideální variantu pro výrobu této a dalších obdobných součástí spotřební elektroniky.

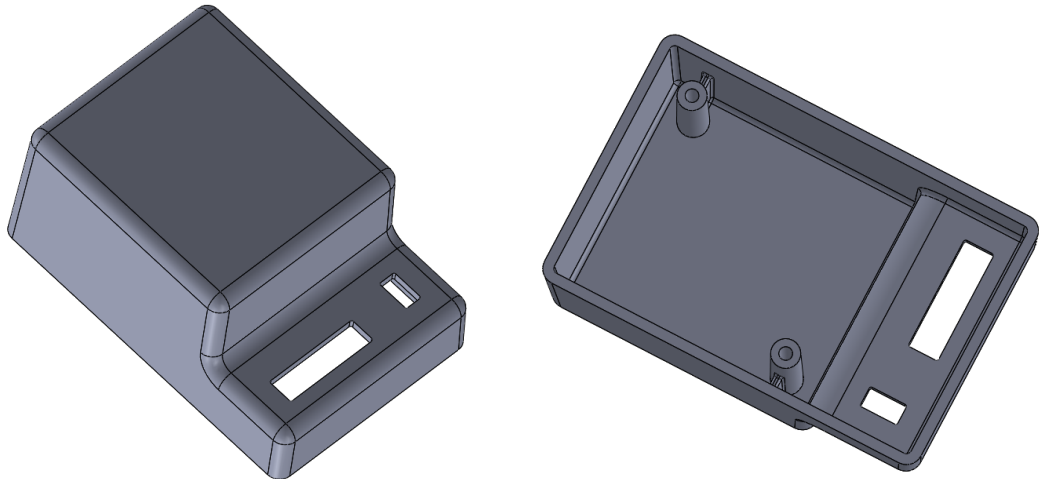
Materiál pro výrobu dané součásti je zvolen EMERGE™ PC/ABS 7570 od firmy Trinseo z přímo doporučené řady EMERGE™ která je navržena tak, aby zajistila komplexní požadavky pro součásti vyráběné v oblasti elektrotechnického průmyslu. Kdy samotný výrobce uvádí, že tyto materiály jsou vhodné pro výrobu adaptérů a nabíječek. Základní hodnoty uvedeného materiálu jsou k vidění v tabulce č. 4. Kompletní materiálový list je v příloze č.3.

Tab. 4 Základní vlastnosti EMERGE™ PC/ABS 7570 [30]

Název	Označení	Hodnota	Jednotka
Hustota	ρ	1,18	[g.cm ⁻³]
Průměrné smrštění	S_p	0,4 – 0,6	[%]
Teplota odformování	T_E	100	[°C]
Teplota taveniny	T_M	230 - 280	[°C]
Teplota formy	T_w	80	[°C]
Měrná tepelná vodivost	A_{ef}	0,092	[mm ² .s ⁻¹]
Teplota sušení		80 - 90	[°C]
Délka sušení		3 - 4	[hod]

3.2 Posouzení technologičnosti součásti [1], [20]

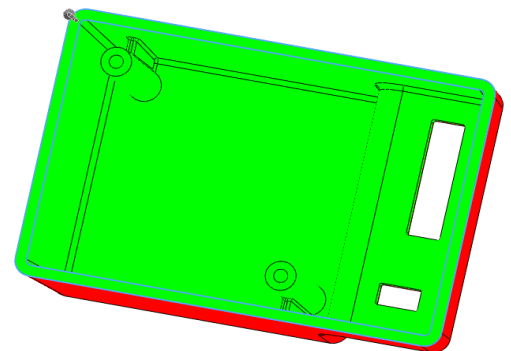
Kryt (Obr 30) by měl být tvarově uzpůsoben a splňovat základní pravidla technologičnosti. Výsledným stavem, kterého je chtěno dosáhnout, je dobrá zabíhavost materiálu do všech částí dutiny, snadné odformování, a dosažení požadovaných rozměrů spolu s kvalitou povrchu.



Obr. 30 Přední a zadní strana navržené součásti

Navržená součást by měla splňovat:

- Smrštění – jedná se o rozměrovou změnu součásti, která je zapříčiněna vlivem ochlazování výrobku. Pokud jsou tedy stanoveny konkrétní rozměry, kterých je třeba dosáhnout, musí se daný výrobek „přifouknout“ zvětšit o dané smrštění, aby finální výrobek po zchladnutí odpovídal rozměrům požadovaným. Pro mnou volený materiál k výrobě součásti volím střední uváděnou hodnotu smrštění, tedy 0,5%.
- Technologické úkosy – jde o úkosy které se navrhují na součásti z důvodu lepšího odformování dílu. Vlivem výše popisovaného smrštění dochází k ulpívání součásti na tvaru. Ke snadnějšímu vyhození napomůžou správně zvolené úkosy, kdy pro konkrétní kryt byl zvolen úkos 2° na vnitřní hlavních stěnách dílu. U komínku a prolisových okýnek byl zvolen úkos 1°. Na obr. 31 je možné vidět kontrolní analýzu úkosů součásti, ke které bylo využito programu Solidworks Premium 2019, kdy zelená barva vyjadřuje pozitivní úkos



Obr. 31 Kontrolní analýza úkosů

- a červená definuje negativní úkos.
- Technologické rádiusy – jde o rádiusy, které slouží ke snížení koncentrace napětí, které vzniká v ostrých rozích. Rádus zajistí větší mechanickou odolnost i lepší zabíhavost materiálu v dutině formy. Součást byla navržena tak, aby z velké své části tuto podmínku splňovala, je tedy takřka celá zaradiusovaná.

Vzhledem k těmto poznatkům a stanovám považuji výrobu součásti jako realizovatelnou. Základním pravidlům spjatých s technologičností součásti je vyhověno. Je tedy možné přistoupit ke konkrétním výpočtům a řešením bez nutnosti nějakých úprav či změn dílu.

3.3 Výpočet technologických parametrů [25]

Pro správný návrh konstrukčního řešení formy je potřeba zajistit některé základní výpočty, které napomůžou ke stanovení celkové násobnosti formy, nebo volbě vstřikovacího stroje.

- Objem vstřikované součásti V [cm^3] - objem součásti byl vypočítán za pomoci 3D modelu v softwaru Solidworks Premium 2019:

$$V = 21\,884,1 \text{ mm}^3 = 21,9 \text{ cm}^3$$

- Hmotnost součásti m_k [g]:

$$m_k = \rho \cdot V = 1,18 \cdot 21,9 = 25,84 \text{ g} \quad (3.1)$$

kde: ρ – hustota vstřikovaného materiálu [$\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$],
 V – objem vstřikované součásti [cm^3].

- Stanovení praktické násobnosti n_p [-] – jedná se o prvotní orientační stanovení násobnosti, které slouží k přibližnému nastínění. Bylo stanoveno za pomoci grafu, který je k nahlédnutí v příloze č. 2. Z grafu byla odečtena hodnota na základě požadované výrobní série, která činí 500 000 kusů. Pro přesnější ověření násobnosti bude využito vzorce 2.1.

$$n_p = 4$$

- Výpočet průměru rozváděcího kanálu D_k [mm]:

Tab. 5 Koeficient závislý na délce rozváděcího kanálku [25]

Délka kanálku L_k [mm]	K_2 [-]	Délka kanálku L_k [mm]	K_2 [-]
0–20	1	100–150	1,2
20–40	1,04	150–200	1,29
40–70	1,08	200–250	1,39
70–100	1,12	250–300	1,51

Tab. 6 Koeficient závislý na hmotnosti a tloušťce součásti [25]

G – hmotnost výstřiku [g]	s – tloušťka stěny plastového dílce [mm]							
	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5
0	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6
<10	2,55	3,06	3,56	4,05	4,55	5,04	5,54	6,03
10–16	2,59	3,09	3,59	4,09	4,57	5,06	5,56	6,05
16–25	2,63	3,14	3,64	4,13	4,62	5,1	5,59	6,08
25–40	2,72	3,22	3,73	4,21	4,69	5,16	5,64	6,12
40–63	2,84	3,35	3,86	4,34	4,79	5,25	5,72	6,19
63–100	3,04	3,55	4,08	4,53	4,96	5,4	5,85	6,3
K_1 [-]	1,19	1,15	1,13	1,12	1,11	1,1	1,09	1,08

$$D_k = D_{teo} \cdot K_1 \cdot K_2 = 3,73 \cdot 1,13 \cdot 1,08 = 4,55 = 4,6 \text{ mm} \quad (3.2)$$

kde: D_{teo} – teoretický tabulkový průměr rozváděcího kanálu (viz tab. 6) [mm],
 K_1 – koeficient tekutosti materiálu (viz tab. 6) [-],
 K_2 – koeficient délky rozváděcího kanálu (viz tab. 5) [-].

- Objem vtokového zbytku (rozdávěcích kanálů) V_k [cm³] – bylo vypočteno za pomoci 3D modelu vtokového zbytku a softwaru Solidworks Premium 2019:

$$V_k = 5\,822,13 \text{ mm}^3 = 5,8 \text{ cm}^3$$

- Vstříkovaný objem taveniny V_D [cm³]:

$$V_D = \frac{(n_p \cdot V + V_k) \cdot \rho}{K_a} = \frac{(4 \cdot 21,9 + 5,82) \cdot 1,18}{0,91} = 121,1 \text{ cm}^3 \quad (3.3)$$

kde: n_p – praktická násobnost formy [-],
 K_a – faktor navýšení objemu taveniny [g/cm³] dle přílohy č. 1.

- Doba plnění t_v [s]:
Doba byla určena na základě druhu materiálu a vstříkovaného objemu součásti z tabulky, která je uvedena v příloze č. 3.

$$t_v = 3,2 \text{ s}$$

- Doba chlazení t_{ch} [s]:

$$t_{ch} = \frac{s^2}{\pi^2 \cdot a_{ef}} \cdot \ln \left[\frac{8}{\pi^2} \cdot \frac{(T_M - T_W)}{(T_E - T_W)} \right] = \frac{2^2}{\pi^2 \cdot 0,092} \cdot \ln \left[\frac{8}{\pi^2} \cdot \frac{(255 - 80)}{(100 - 80)} \right] \quad (3.4)$$

$$t_{ch} = 8,6 \text{ s}$$

kde: s – tloušťka stěny součásti [mm],
 a_{ef} – měrná tepelná vodivost vstříkovaného materiálu [mm².s⁻¹] dle přílohy č. 1,
 T_M – teplota taveniny [°C],
 T_W – teplota formy [°C],
 T_E – teplota odformování [°C].

- Doba vstříkovacího cyklu t_c [s]:

$$t_c = t_v + t_{ch} + t_{ost} = 3,2 + 8,6 + 4,2 = 16 \text{ s} \quad (3.5)$$

kde: t_v – doba plnění (vstříkování) [s],
 t_{ch} – doba chlazení [s],
 t_{ost} – ostatní časy [s] (např. uzavření formy a přísun vstříkovací jednotky) obvyklé rozmezí 3 – 5 s → volím 4,2 s.

- Průměru šneku D_s [mm]:

$$7,5 \cdot \sqrt[3]{V_D} < D_s < 10,5 \cdot \sqrt[3]{V_D} \quad (3.6)$$

$$7,5 \cdot \sqrt[3]{121,1} < D_s < 10,5 \cdot \sqrt[3]{121,1}$$

$$37,1 < D_s < 51,9$$

Tab. 7 Normovaný průměr šneků [25]

Průměr šneku D_s [mm]								
20	25	30	35	40	45	50	55	60

V tabulce č. 7 jsou k vidění běžně používané normalizované průměry šneků. Na základě výpočtu dle vzorce 3.6 je dovoleno využít tři průměry, a to 40, 45 a 50 mm. Volím $D_s = 40$ mm.

- Plastifikační kapacity C_p [$\text{Kg} \cdot \text{hod}^{-1}$]:

$$C_p \geq \frac{4 \cdot \rho \cdot (n_p \cdot V + V_k)}{t_c} = \frac{4 \cdot 1,18 \cdot (4 \cdot 21,9 + 5,8)}{16} = \quad (3.7)$$

$$C_p \geq 27,6 \text{ Kg} \cdot \text{hod}^{-1}$$

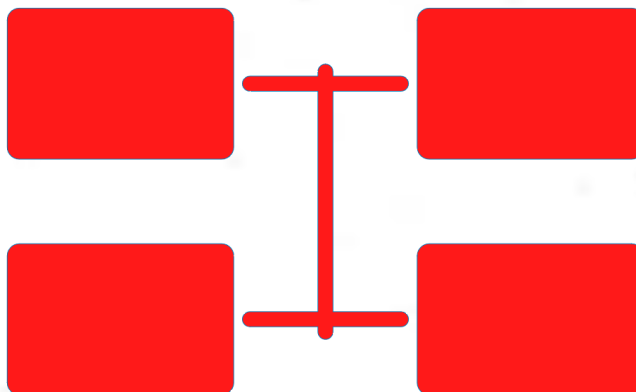
- Vstřikovací kapacita C_v [cm^3]:

$$C_v \geq 1,1 \cdot (n_p \cdot V + V_k) = 1,1 \cdot (4 \cdot 21,9 + 5,8) = 102,7 \text{ cm}^3 \quad (3.8)$$

- Výpočet plochy průmětu A_{proj} [cm^2]:

Plocha průmětu do dělicí roviny A_{proj} (Obr 32) byla vyřešena za pomoci softwaru Solidworks Premium 2019.

$$A_{proj} = 128,8 \text{ cm}^2$$



Obr. 32 Plocha průmětu do dělicí roviny

- Určení doporučeného vstřikovacího tlaku P_v [MPa]

Doporučený tlak je převzat z přílohy č.3, kdy byla navržena optimální hodnota na základě zjištění rozmezí vstřikovacích tlaků pro PC a ABS, volím:

$$P_v = 1100 \text{ bar} = 110 \text{ MPa}$$

- Výpočet tvářecího tlaku P_A [MPa]:

$$P_A = \frac{P_v}{2} + 100 = \frac{1200}{2} + 100 = 700 \text{ bar} = 70 \text{ MPa} \quad (3.9)$$

- Výpočet uzavírací síly F_p [kN]:

$$F_p = A_{proj} \cdot \frac{P_A + 100}{100} = 128,8 \cdot \frac{700 + 100}{100} = 1030,4 \text{ kN} \quad (3.10)$$

3.4 Stanovení násobnosti [25]

Násobnost formy lze určit na základě několika faktorů:

- požadované množství ke stanovenému termínu dle vzorce (2.1),
- plastifikační kapacity a vstřikovacího cyklu stroje dle vzorec (2.2),
- vstřikovací kapacita stroje dle vzorec (2.3),
- přidržovací síly stroje dle vzorec (2.4),
- praktické násobnosti – kdy se jedná o orientační zjištění hodnoty odečtením z grafu.

V tomto případě bude násobnost řešena na základě požadovaného množství kusů ke stanovenému termínu dodání dle vzorce 2.1. A až následně k tomu bude volen odpovídající vstřikovací stroj, který bude splňovat nutné výše zmíněné parametry. Velikost výrobní série je 500 000 kusů a termín dodání je stanoven na 2,5 měsíce.

- Výpočet termínové násobnosti dle vzorce 2.1

$$n_1 = \frac{N \cdot t_c}{t_p \cdot K \cdot 3600} = \frac{500\,000 \cdot 16}{800 \cdot 0,8 \cdot 3600} = 3,47 = 4$$

kde: N – výrobní série [ks],

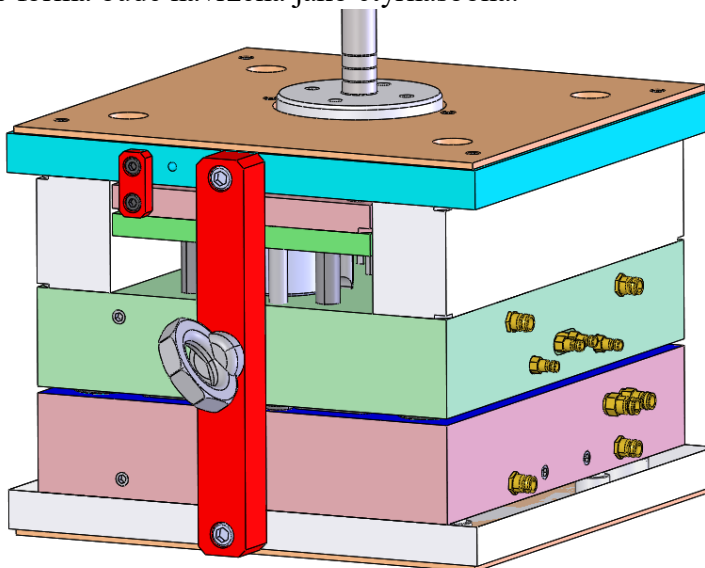
t_p – doba produkce (2-směnný provoz) [hod],

K – koeficient využití výrobního času 0,7 – 0,9 [-] → volím 0,8

Hodnota vypočtená dle termínové násobnosti je shodná s praktickou orientační násobností odečtenou z grafu v příloze č. 2, následné konstrukční řešení bude navrženo jako čtyřnásobná vstřikovací forma. Tak, jak bylo předem pevně stanoveno zadáním bakalářské práce.

3.5 Konstrukční řešení formy

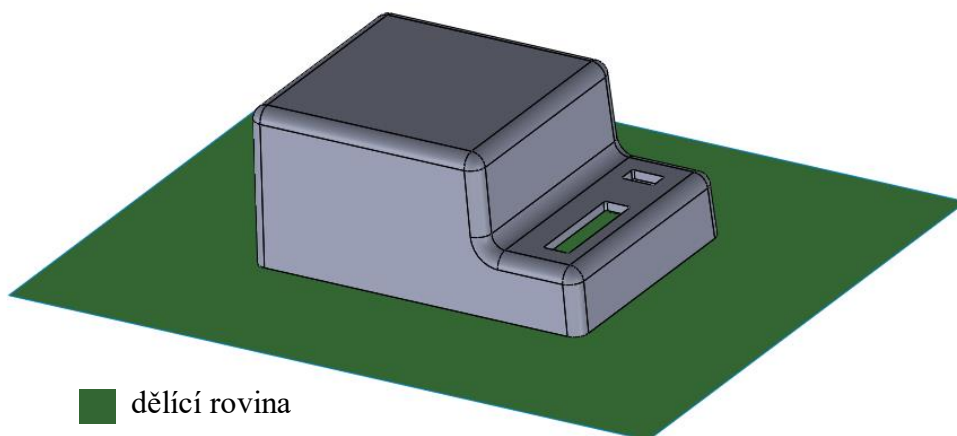
Výstupem konstrukčního řešení formy je funkčně navržený nástroj (Obr. 33) pro vstřikování daného dílce. Zabývá se popisem návrhu formy v jednotlivých krocích. Dle informace ze vzorce 2.1 je patrné, že forma bude navržena jako čtyřnásobná.



Obr. 33 Vstřikovací nástroj

3.5.1 Volba dělicí roviny

Správné zvolení dělicí roviny je prvním základním faktorem ovlivňující celou konstrukci vstřikovací formy. Ve většině případů je žádoucí, aby vstřikovaný díl po otevření formy zůstal na pohyblivé polovině, kde je i standartně umístěn vyhazovací systém. Tedy tento faktor velmi ovlivňuje volbu toho, jak se samotný díl zaformuje. V případě výroby krytky je žádoucí, aby stopy po vyhazovačích byly z vnitřní strany samotné krytky a vnější vrchní část zůstala beze stop. Již z geometrie součásti je patrné, jak bude díl zaformován. Zadaná součást je navržena tak, že bude stačit zvolit pouze jednu a to hlavní dělicí rovinu (Obr. 34) ve směru kolmém k otevření formy umístěnou u spodní hrany krytky, tedy v jejím nejširším místě.



Obr. 34 Hlavní dělicí rovina

3.5.2 Volba vtokové soustavy

Jelikož se jedná o čtyřnásobnou vstřikovací formu, kdy se na jeden vstřik zhotoví čtyři výrobky, a jim odpovídá pouze jeden vtokový zbytek, tak bylo odhadnuto, že ztráty vlivem zbytku materiálu ze studené vtokové soustavy nebudou zdaleka rovny pořizovací ceně horkého vtokového systému. Pro jistotu bude provedeno ověření intuitivního úsudku:

- Spotřeba materiálu ze studeného vtokového zbytku (kuželu) V_s [g] – Hmotnost vtokového zbytku byla zjištěna za pomoci softwaru Solidworks Premium 2019.

$$V_s = 1,53 \text{ g}$$

- Hmotnost studeného vtokového zbytku (kuželu) na celou sérii M_s [g]:

$$M_s = V_s * c = 1,53 * 125\ 000 = 191\ 250 \text{ g} \quad (3.11)$$

kde: V_s – Hmotnost studeného vtokového zbytku [g].

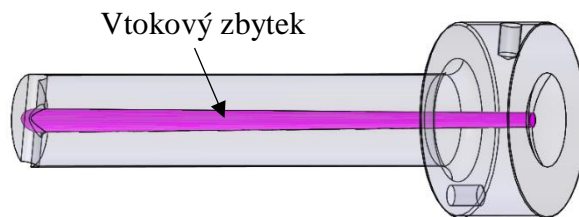
c – Počet vstřikovacích cyklů [-] $\rightarrow 500\ 000/4 = 125\ 000$

- Náklady na vtokový zbytek (kužel) N_s [Kč]:

$$N_s = C_m * M_s = 0,088 * 191\ 250 = 16\ 830 \text{ Kč} \quad (3.12)$$

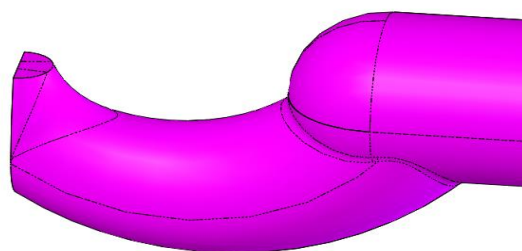
kde: C_m – Cena vstřikovaného materiálu [Kč].

Výpočetním ověřením dle vzorce (3.11) a (3.12) bylo zjištěno, že ztráty v podobě studeného zbytku vtokového kuželu budou činit 16 830 Kč. V tomto případě je tato ztráta přijatelnějším řešením, než investice do horkého systému, která by byla patrně větší a zástavba s následnou výrobou náročnější. Proto tedy pro následující konstrukční řešení bude využita metoda plnění pomocí normalizované studené vtokové vložky (Obr. 35).



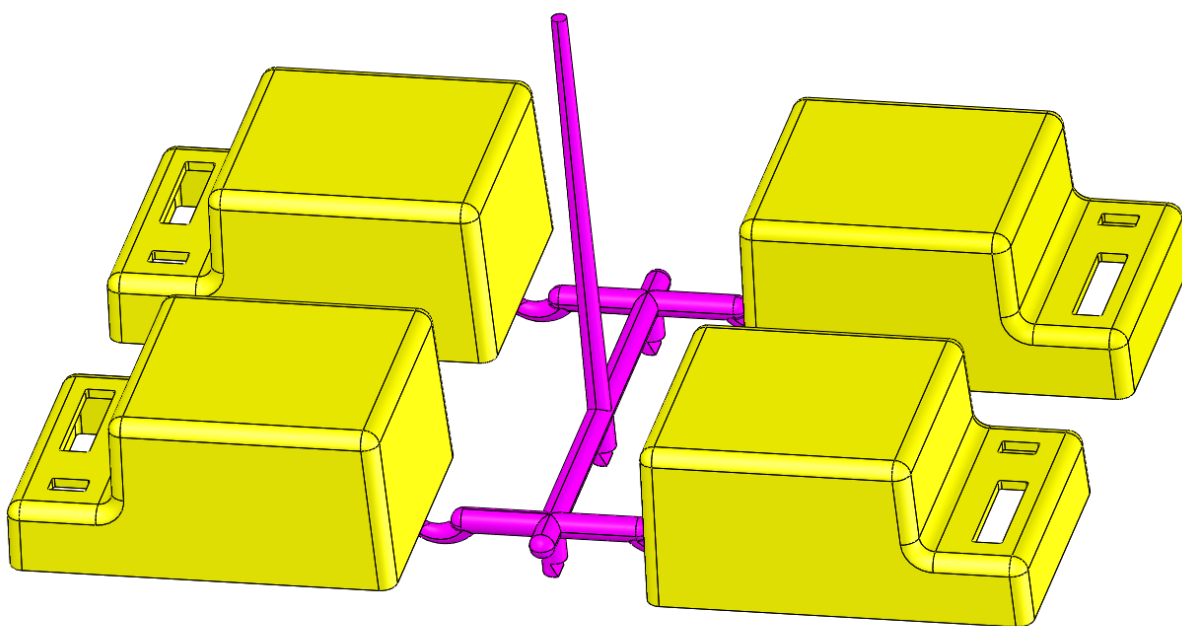
Obr. 35 Studená vtoková vložka spolu se vtokovým zbytkem

Vtokové ústí (Obr. 36) je řešeno formou banánu, konkrétně tedy normalizovanou vložkou, která umožňuje posunutí bodu odtržení vtoku do místa, které není na první pohled viditelné. Vlivem vyhazování dochází k samovolnému odtržení vtoku od výstřiku. Volba optimální velikosti ústí vtokové vložky pro kryt AC/DC adaptéru byla zvolena na základě hmotnosti vstříkovaného dílce a viskozity materiálu dle přílohy č. 5.



Obr. 36 Vtokové ústí

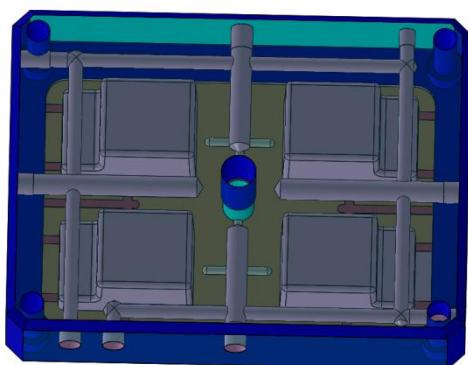
Samotný rozvodný kanál je ve formě navržený v obou polovinách nástroje, čili s čistě kruhovým průřezem, který je nejvhodnější z hlediska tepelné a tlakové ztráty. Nese s sebou ovšem nevýhodu ve zvýšené výrobní náročnosti. Je žádoucí, aby všechny části vtokového zbytku zůstali na pohyblivé polovině, a proto je žádoucí, u vtokového zbytku vytvořit přidržení. Často se prování využíváním podkosového kužele (vytvoření negativu). V tomto případě byla zvolena varianta jiná, a to přidržení za pomoci „Z“ vyhazovačů. Kompletní vtokový zbytek spolu se zobrazenými výstřiky je možné vidět na obrázku č. 37



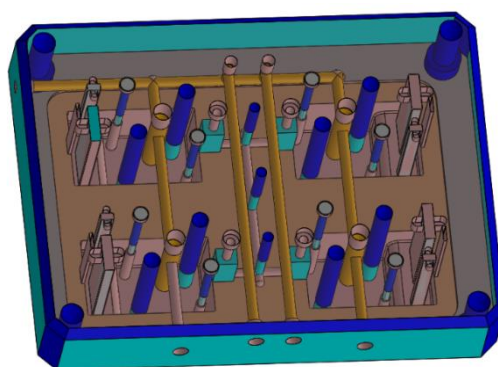
Obr. 37 Vtokový zbytek spolu s výstřiky zadané součásti

3.5.3 Temperační systém

Správné navržení temperačního systému je velice žádoucí pro rovnoměrné chlazení výlisku. Při konstrukčním návrhu tvárníku a tvárnice bylo využito jak samotných rozváděcích kanálů, tak i přepážkového systému, který zajistil lepší prochlazení míst, kam by se samotná přímý kanál nedostal. Na obrázku (39) vidíme tvárník, který má tvořen okruh se snahou přiblížit se co nejvíce ke středové části, ve které dochází k velkému vnesení tepla vlivem vtokové vložky. U tvárnice byl problém s dodržením minimálních rozestupů od otvorů pro vyhazovače, nebo tvárníky. Proto byl zvolen menší průměr rozváděcích kanálů, a to průměr 6 mm, který zajistil lepší možnost provedení rozvodu.



Obr. 39 Tvárník

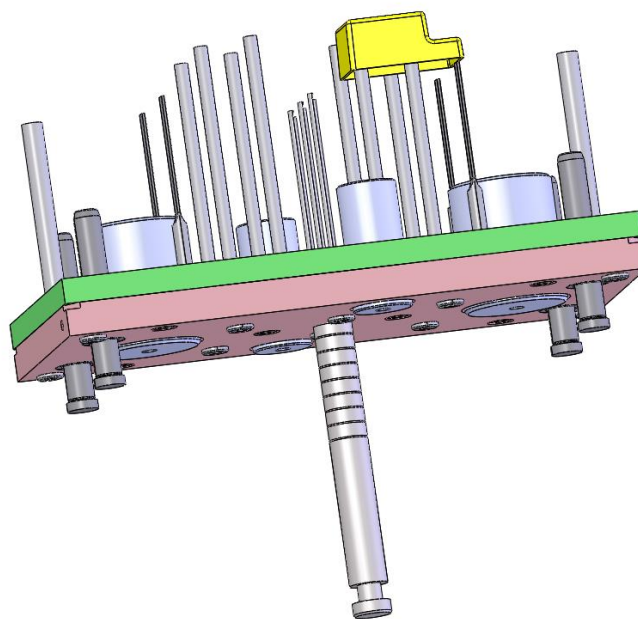


Obr. 38 Tvárnice

3.5.4 Vyhazovací systém

Pro zajištění vyhození výlisku z dutiny byl navržen mechanický systém vyhazování (Obr. 40), kdy je výlisek vyhozen za pomoci dvou válcových vyhazovačů průměru 9 mm a jednoho plochého vyhazovače směřujícího do přední části stěny výstřiku. Vyhazovací paket je opatřen rozpěrnými válci, vodícími kolíky uloženými ve vodících pouzdrech což zajišťuje přesné vedení. Pro zachování vtokové soustavy na pohyblivé polovině byli využity vyhazovače tvaru „Z“ na kterých je vytvořen negativ který slouží k přidržení. Vtokový zbytek je vyhazován za pomoci třech „Z“ vyhazovačů. Zdvih vyhazování je omezen na 34 mm.

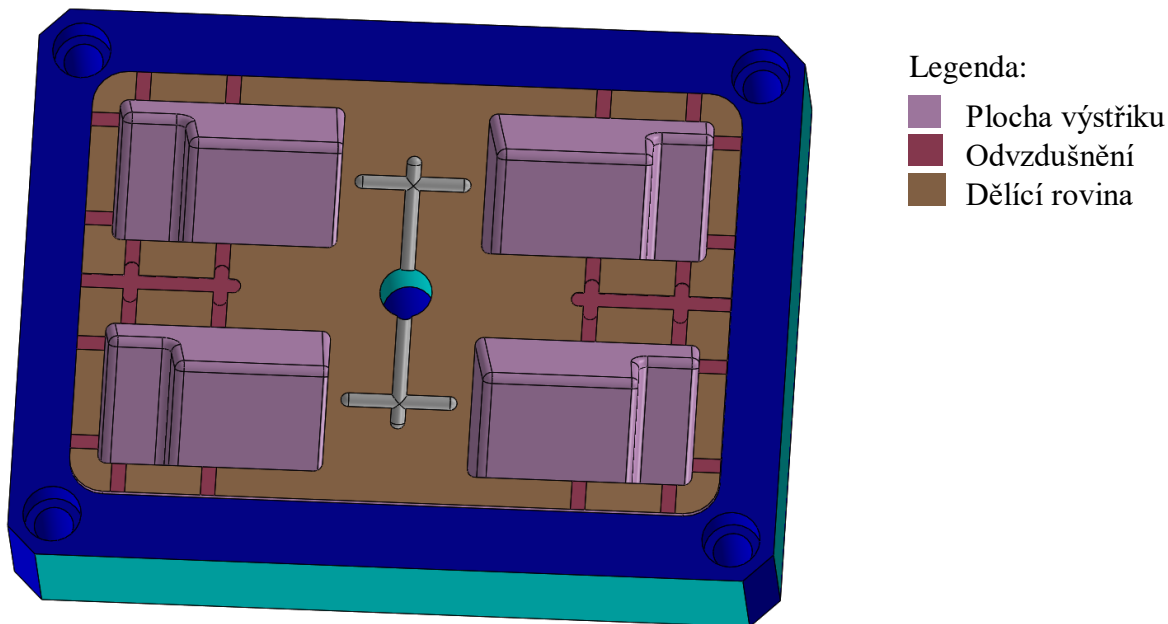
Důležitým bezpečnostním faktorem jsou vraccí kolíky, zajišťují bezpečnost v případě, kdy by došlo k selhání vyhazování, to zůstalo ve vyjeté poloze a forma se snažila zavírat s vyjetým vyhazováním. Vraccí kolík zabrání poškození dutiny pevné poloviny formy. Na zadní straně opěrné desky vyhazovacího paketu jsou umístěny opěrné



Obr. 40 Mechanický vyhazovací systém

3.5.5 Odvzdušnění

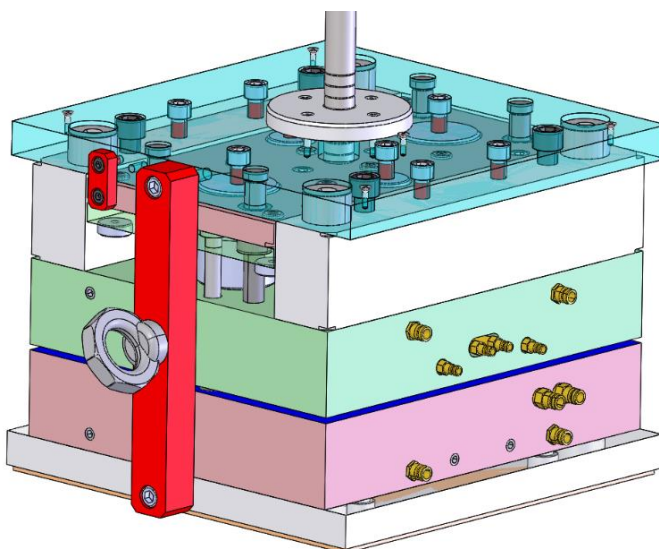
Vzduch je tlačěn od vtokového ústí až k nejbližšímu místu vstřikovaného dílu, kdyby nebylo důkladně odvzdušněno, mohlo by dojít k nežádoucím jevům, např. spáleninám materiálu. Z toho důvod bylo navrženo odvzdušnění, které je tvořeno ploškami. Doporučená hloubka drážek pro materiál PC+ABS je max do 0,05 mm. Zde byly odvzdušňovací drážky navrženy s hloubkou 0,02 mm, z důvodu obavy nechtěných zástříků (otřepů) materiálu na díle.



Obr. 41 Odvzdušnění výstřiků

3.5.6 Manipulační a ostatní prvky

Mezi manipulační prvky a ostatní periferie se řadí například transportní trámeček a spojka vyhadzovacího paketu (Obr 42), který slouží k přenosu nástroje a nasazení na vstřikovací lis. Dalším prvkem, který se zde může zařadit, tak je zajišťovací spojka vyhadzovacího paketu, ta slouží k tomu, aby nedošlo k samovolnému sjetí paketu a poškození vyhadzovačů. Doporučuje se barvit červeně, aby byla na první pohled viditelná a při lisování bylo zajištění odepnuto.



Obr. 42 Transportní trámeček + spojka paketu

3.6 Volba vstřikovacího stroje [32]

Dle vypočtených parametrů ovlivňujících volbu stroje bylo dospěno k závěru, že pro výrobní sérii bude vhodný vstřikovací stroj Engel VC 500/120 (Obr. 44), který disponuje uzavírací silou 120 tun a splňuje všechny ostatní důležité parametry. Stroj nedisponuje sloupky, není tedy potřeba kontrolovat maximální průchodný rozměr mezi sloupky.



Obr. 43 Vstřikovací stroj Engel VC 500/120 [32]

Tab. 8 Porovnání vypočtených hodnot s parametry stroje [32]

Parametry	Hodnoty návrhu	Hodnoty stroje	Vyhovuje/nevyhovuje
Vstřikovací tlak [MPa]	105	130	Vyhovuje
Uzavírací síla [kN]	1030,4	1200	Vyhovuje
Průměr šneku [mm]	40	40	Vyhovuje
Velikost dávky taveniny [cm ³]	121,1	251	Vyhovuje
Plastikační kapacita [kg/hod]	27,6	30	Vyhovuje
Minimální výška formy [mm]	323	300	Vyhovuje
Zdvih vyhazovače [mm]	40	130	Vyhovuje
Rozměry desek [mm]	346x396	470 x 740	Vyhovuje

Ve výše uvedené tabulce č. 8 jsou porovnávány hodnoty vypočtených parametrů s hodnotami kterými disponuje zvolený vstřikovací stroj. Z tabulky je patrné, že všem důležitým parametrům bylo vyhověno a nic nebrání tomu, zahájit výrobu právě na tomto stroji. Kompletní výčet technických parametrů a upínacích rozměrů je k dispozici v příloze č.4.

4 TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

Technicko-ekonomické zhodnocení je podstatnou součástí návrhu technologie výroby. Jelikož se práce pohybuje spíše na teoretické úrovni, do ekonomických výpočtů budou zahrnuty pouze náklady na vstříkovaný materiál a náklady na provoz stroje. Vstupní informace potřebné pro výpočty jsou uvedeny v tabulce č. 9.

Náklady na formu budou pouze teoretického charakteru, kdy bude snaha částku odhadnout dle tvarové náročnosti a složitosti výroby, což povede pouze k orientační ceně za jeden výstřík. Je žádoucí mít povědomí o tom, že se s tímto musí reálně počítat, proto to bude zmíněno aspoň touto teoretickou odhadovou formou.

Do zhodnocení by se měly promítnout také režie podniku a mzdy zaměstnanců, bohužel tyto vstupní informace nikdo veřejně neposkytne, a proto nebudou brány v potaz.

Tab. č. 9 Známé vstupních parametry

Název	Zkratka	Hodnota	Jednotka
Velikost výrobní série	N	500 000	[ks]
Násobnost formy	n_t	4	[-]
Objem výstříku	V_d	121,1	[cm ³]
Hustota materiálu	ρ	1,18	[g.cm ⁻³]
Čas vstříkovacího cyklu	t_c	16	[s]
Příkon stroje	P	32	[kW]
Koeficient opotřebení stroje	k	0,8	[-]
Cena stroje	A	1 600 000	[Kč]
Cena materiálu	C_m	0,088	[Kč/g]
Průměrná cena za 1kWh elektřiny	N_E	4,69	[Kč/kWh]
Hodinová mzda obsluhy stroje	N_{MZ}	160	[Kč/h]

Výpočetní část nákladů na vstříkovaný materiál pro výrobu krytu AC/DC adaptéru:

- Počet vstříkovacích cyklů N [-]:

$$c = \frac{N}{n_t} = \frac{500\,000}{4} = 125\,000 \quad (4.1)$$

kde: N - velikost výrobní série [ks].

- Hmotnost výstříku M_c [g]:

$$M_c = \rho * V_D = 1,18 * 121,1 = 142,9 \text{ g} \quad (4.2)$$

- Celková spotřeba materiálu M_{cel} [g]:

$$M_{cel} = M_c * c = 142,9 * 125\,000 = 17\,862\,500 \text{ g} \quad (4.3)$$

- Náklady na materiál N_{CM} [Kč]:

$$N_{CM} = C_m * M_{cel} = 0,088 * 17\,862\,500 = 1\,571\,900 \text{ Kč} \quad (4.4)$$

Výpočetní část nákladů na provoz stroje:

- Náklady na hodinový provoz N_{HP} [Kč]:

$$N_s = \frac{P * N_E}{k} = \frac{32 * 4,69}{0,8} = 187,6 \text{ Kč} \quad (4.5)$$

- Čas výroby celé série t_{cel} [s]:

$$t_{cel} = \frac{t_c * N}{n_t} = \frac{16 * 500\,000}{4} = 2\,000\,000\,s = 556\,h \quad (4.6)$$

- Náklady na provoz stroje pro celou sérii N_{pcel} [Kč]:

$$N_{pcel} = N_s * t_{cel} = 187,6 * 556 = 104\,305,6\,Kč \quad (4.7)$$

Výpočetní část nákladů na vyrobení formy (teoretické):

Náklady na výrobu formy se dělí do dvou skupin. První část tvoří rámové desky spolu s vyráběnými tvarovými vložkami a tvárníky (Tab. 10). Cena výrobních úprav bude pouze teoretického charakteru, zvolena na základě odhadu. Druhá část se skládá z nakupovaných normalizovaných dílů, kde část z nich je pouze nakupovaná, bez nutnosti úprav. U takových součástí je cena reální dodavatelem. V případě nutnosti úpravy nakupovaného dílu, budou ceny opět navýšeny přibližným odhadem.

Tab. 10 Náklady na rámové desky + vyráběné součásti

Název	Dodavatel / materiál	[Ks]	N_k [Kč]	N_{up} [Kč]
Upínací deska	F 15 /346 396/ 27/1730	1	6541	4300
Tvarová deska FS	F 50 /346 396/ 76/2312	1	15 984	19 000
Tvarová deska MS	F 50 /346 396/ 76/2312	1	15 984	22 000
Lišta - rozpěrka	F 70 /346 396/ 62/86/1730	2	4352	1500
Kotevni deska vyhaz.	F 80 /346 396/ 218/17/1730	1	3410	9300
Opěrna deska vyhaz.	F 85 /346 396/ 218/22/2312	1	4861	1500
Upínací deska	F 15 /346 396/ 27/1730	1	6541	4300
Tvarova vložka FS	1.2343	1	6400	28 000
Tvarova vložka MS	1.2343	1	8700	36 000
Tvarnik velký obdelnik	1.2343	4	3200	7300
Tvarnik malý obdelnik	1.2343	4	2200	6800
Tvarnik komínek	1.2343	8	2600	4500
			80 773	144 500
Cena za materiál a úpravy			225 273	

kde: FS - fixed side – pevná strana formy,

MS - moving side – pohyblivá strana formy,

N_k – Cena všech kusů [Kč],

N_{up} - Ceny úprav (tepelné zpracování, frézování, vrtání, hloubení), tyto ceny jsou vyjádřeny pouze formou odhadu, aby bylo povědomí o tom, že je něco takového potřeba brát v úvahu při výrobě.

Všechny normalizované díly spolu s jejich pořizovací cenou jsou z důvodu velkého množství položek vypsány v příloze č. 6. Součástky byly poptány od dodavatele Meusburger, kdy celkové náklady na nakupované díly N_N [Kč] činí 60 661 Kč. Z důvodu nutnosti dodatečných drobných úprav, jako je zakracování vyhazovačů, broušení opěrek dělicí roviny, nebo frézování tvaru kanálu do studené vtokové vložky bude výsledná cena navýšena o 15 % stanovených odhadem.

- Výpočet navýšení ceny nakupovaných dílů o úpravy N_{N15} [Kč]:

$$N_{N15} = N_N \cdot 1,15 = 60\,661 \cdot 1,15 = 69\,760 \text{ Kč} \quad (4.8)$$

kde: N_N - celkové náklady na nakupované díly [Kč].

- Celkové náklady na výrobu formy N_F [Kč]:

$$N_F = N_k + N_{up} + N_N = 80\,773 + 144\,500 + 69\,760 = 295\,033 \text{ Kč} \quad (4.9)$$

- Celkové náklady N_C [Kč] na danou sérii 500 000 ks budou vypočítány součtem nákladů na formu N_F , ceny materiálu N_{CM} a nákladů na provoz stroje N_{pcel} . Náklady na režie a mzdy operátora nejsou zohledněny ve výpočtu.

$$N_C = N_{CM} + N_{N15} + N_F = 1\,571\,900 + 69\,760 + 295\,033 \quad (4.10)$$

$$N_C = 1\,936\,693 \text{ Kč}$$

- Náklady na díl N_D [Kč]:

$$N_D = \frac{N_C}{N} = \frac{1\,936\,693}{500\,000} = 3,87 \text{ Kč} \quad (4.11)$$

Stanovenými výpočty bylo dospěno k závěru, že pro výrobní sérii bude vycházet jeden díl na 3,87 Kč. Tato částka musí být brána s rezervou, do výpočtu nebyly zahrnuty režie a mzdy zaměstnanců, stejně tak náklady na obrábění, či tepelné zpracování materiálů jsou čistě teoretické.

5 ZÁVĚRY

Pro výrobu zadané součásti byla zvolena technologie vstřikování plastů. Zadaná součást plní funkci krytu elektrozařízení, a proto byl zvolen materiál EMERGE™ PC/ABS 7570, který splňuje potřebné požadavky na teplotní odolnost, žáruvzdornost a potlačuje sklon k hoření.

Dle výpočtu termínové násobnosti vycházejícího ze sériovosti 500 000 ks bylo stanoveno, že forma bude konstrukčně zpracována jako čtyřnásobná. Samotné konstrukci předcházelo ověření technologičnosti součásti, kterým bylo ověřeno, že díky vhodně zvoleným technologickým úkosům a rádiům je součást vyrobitelná. Zadaná součást je jednoduchého krabičkového tvaru, a proto nebylo složité zvolit dělicí rovinu, která je pouze jedna, a to ve směru kolmém k otevření formy. Z ekonomických důvodů byla zvolena studená vtoková soustava. Vtokové ústí je realizováno pomocí banánové vložky, u které je ústí vtoku charakterizováno jako tzv. vtoková čočka, která je umístěna do spodní hrany stěny výstřiku. Koncepce zaformování je řešena pomocí tvarových vložek v rámu, kdy pro výrobu byla využita nástrojová ocel 1.2343 kalena a popouštěna na 50-52 HRc. Poslední fází byla volba vhodného vstřikovacího stroje, která závisí na vypočítaných technologických parametrech. Pro výrobu krytku AC/DC adaptéru je zvolen vstřikovací stroj Engel VC 500/120, který disponuje uzavírací silou 1200 kN.

Z ekonomického hlediska byly stanoveny náklady na materiál, provoz stroje na celou danou výrobu a celkové náklady na výrobu vstřikovací formy. Vlivem zanedbaných režijních a mzdových nákladů byla z těchto zjištěných hodnot vypočítána přibližná cena na jeden vstřikovaný díl, která je 3,87 Kč

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ [3]

1. ZEMAN, Lubomír. Vstřikování plastů: úvod do vstřikování termoplastů. Praha: BEN-technická literatura, 2009. ISBN 978-80-7300-250-3.
2. ZEMAN, Lubomír. Vstřikování plastů: teorie a praxe. Praha: Grada Publishing, 2018. ISBN 978-80-271-0614-1.
3. KOLOUCH, Jan. Strojní součásti z plastů. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1981.
4. MEADDEX. meadex-plastic-mouldings-new [online]. [cit. 2021-05-08]. Dostupné z: <http://www.meadex.co.uk/meadex-plastic-mouldings-new>
5. Indiamarti [online]. [cit. 2021-5-1]. Dostupné z: https://www.indiamart.com/proddetail/universal-ac-dc-adaptor-15162926588.html?fbclid=IwAR3obe0v_lknoRam8khmjxcNWYbiucAVTAULhbSo y1-2Okg8tMue1x0Rywk
6. KANDUS, Bohumil. Technologie zpracování plastů (HTZ): Přednášky a cvičení. Obor technologie tváření kovů a plastů, Ústav strojírenské technologie, Fakulta strojírenského inženýrství VUT Brno, 2018.
7. LENFELD, Petr. Technologie II. 3. vyd. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2016. ISBN 978-80-7494-305-8. 11.
8. LENFELD, Petr. Technologie vstřikování [online]. 2016 [cit. 2021-05-08]. ISBN 978-80-88058-74-8. Dostupné z: <https://publi.cz/books/184/Impresum.html>
9. AUSPERGER, Aleš. Technologie zpracování plastů [online]. 2015 [cit. 2021-05-08]. ISBN 978-80-88058-77-9. Dostupné z: <https://publi.cz/books/183/Cover.html>
10. KUTA, Antonín. Technologie a zařízení pro zpracovávání kaučuků a plastů. Praha: VŠCHT, 1999. ISBN 80-7080-367-3.
11. Processing: Permanent Mould Casting. Learn easy [online]. 2014 [cit. 2021-05-08]. Dostupné z: <http://www.learneasy.info/MDME/MEMmods/MEM30007A/processing/processing.html>
12. Odlévání. In: Katedra strojírenské technologie Technické univerzity v Liberci [online]. 2008 [cit. 2021-05-08]. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/11.htm
13. Tváření plastů a výroba forem I.. 14220 [online]. 2014 [cit. 2021-05-08]. Dostupné z: <http://www.14220.cz/technologie/tvareni-plastu-a-vyroba-forem-i/>
14. Válcování. In: Katedra strojírenské technologie Technické univerzity v Liberci [online]. 2008 [cit. 2021-05-08]. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/10.htm
HYPERLINK "<http://www.aplusplastics.com.au/about-us/what->
15. HYNEK, Martin. Vstřikovací lisy [online]. Západočeská univerzita v Plzni [cit. 2021-05-08]. Dostupné z: http://kks.zcu.cz/export/sites/kks/projekty-verfin/OPVK_PU/KA_05_publicace/KA05_Vstrikovaci_lisy.pdf
16. KREBS, Stefan. Technologie zpracování plastů a kompozitů: Vstřikování plastů – technologie [online]. ČVUT v Praze [cit. 2021-05-08]. Dostupné z: <http://u12133.fs.cvut.cz/assets/subject/files/116/TZPK-Pr-4-ATT00154.pdf>
17. KOHOUTEK, Jan. Konstrukční provedení vstřikovacích lisů. In: MM spektrum [online]. 04.02.2009 [cit. 2021-05-08]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/konstrukni-provedeni-vstrikovacich-lisu.html>
18. BOBEK, Jiří. Vstřikovací formy pro zpracování termoplastů [online]. 2015 [cit. 2021-05-08]. ISBN 978-80-88058-65-6. Dostupné z: <https://publi.cz/books/179/Cover.html>

19. SEIDL, Martin. Stroje pro zpracování polymerních materiálů [online]. [2021-05-08]. ISBN 978-80-88058-71-7. Dostupné z:<https://publi.cz/books/181/Impresum.html>
20. ŘEHULKA, Zdeněk. Konstrukce výlisků z plastů a forem pro zpracování plastů. Brno: Sekurkon, 2007. ISBN 978-80-86604-36-7
21. Vstřikování plastů. Katedra strojírenské technologie technické univerzity v Liberci [online]. 2008 [cit. 2021-05-08]. Dostupné z:
http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/04.htm
22. Vstřikovací lis na plasty. Lis na plasty [online]. 2015 [cit. 2021-05-08]. Dostupné z:
<http://www.lis-na-plasty.cz/>
23. SOVA, Miloš a Josef KREBS. Termoplasty v praxi. Verlag Dashöfer: Odborné nakladatelství technické literatury, 2001. ISBN 978-80-7300-250-3.
24. ŽÁK, Ladislav. VUT. Vstřikovací formy [online]. [cit. 2021-05-08]. Dostupné z:
http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/img/cviceni/htn__tvareci_nastroje_vstrikovaci_formy__zak.pdf
25. ŽÁK, Ladislav. Podklady do cvičení – HTN Tvářecí nástroje [online]. [2021-05-08] Dostupné z:
http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/cviceni_soubory/htn__tvareci_nastroje_vstrikovaci_formy__zak.pdf
26. HottechShotRunner [online]. [cit. 2021-5-1]. Dostupné z:
<https://www.hottechshotrunner.com/product/4/Hot-Runner-Manifold>
27. WEISS, Viktorie a Elena STŘIHAVKOVÁ. Polymery. Vyd. 1. Ústí nad Labem: Univerzita J.E. Purkyně, Fakulta výrobních technologií a managementu, 2014. ISBN 978-80-7414-738-8.
28. PlasticPortal [online]. [cit. 2021-5-1]. Dostupné z:
<https://www.plasticportal.cz/cs/chlazení-forem-aplikaci-konformního-chlazení/c/260/>
29. Penta trading [online]. [cit. 2021-05-08] Normálie. 2016. Dostupné z:
http://www.penta-edm.cz/dokumenty/normalie/penta_katalog_vyhazovace.pdf
30. Ocel nástrojová pro výrobu forem W. Nr. 1.2083. JKZ Bučovice a.s. [online]. 2013 [cit. 2021-05-08]. Dostupné z: <http://jkz.cz/node/165>
31. Plastics [online]. [cit. 2021-5-1]. Dostupné z:
<https://plastics.ulprospector.com/datasheet/e60802/emerge-pc-abs-7570>
32. MachnePoint [online]. [cit. 2021-5-21]. Dostupné z:
<https://www.machinepoint.com/machinepoint/inventory.nsf/idmaquina/300039997?opendocument&ln=cz>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Označení	Popis	Jednotka
3D	Trojrozměrný	[-]
A	Cena stroje	[Kč]:
ABS	Akrylonitrilbutadiestyren	[-]
ACM	Akrylátový kaučuk	[-]
A_{ef}	Měrná tepelná vodivost	[mm ² .s ⁻¹]
A_m	Cena materiálu	[Kč/kg]
Aproj	Výpočet plochy průměru	[cm ²]
BR	Butadienový kaučuk	[-]
c	Počet vstřikovacích cyklů	[-]
C_m	Cena vstřikovaného materiálu	[Kč]:
C_p	Plastifikační kapacita stroje	[kg.hod ⁻¹]
CR	Chloroprenový kaučuk	[-]
C_v	Vstřikovací kapacita stroje	[cm ³]
D_k	Průměr rozváděcího kanálu	[mm]
D_s	Průměr šneku	[mm]
D_{su}	Délka sušení	[hod]
Dteo	Teoretický tabulkový průměr rozváděcího kanálu	[mm]
E_E	Cena el. energie	[Kč/kWh]
EP	Epoxidová pryskyřice	[-]
F_p	Výpočet uzavírací síly	[kN]
FS	Pevná strana formy	[-]
F_u	Uzavírací síla	[N],
G	Hmotnost výstřiku	[g]
G_c	Hmotnost připadající na jeden výstřik	[kg]
G_z	Hmotnost vtokového zbytku	[g]
IR	Isoprenový kaučuk	[-]
K	Koeficient využití výrobního času	[-]
k	Koeficient opotřebení stroje	[-]
K_1	Koeficient opotřebení stroje	[-]
K_2	Koeficient délky rozváděcího kanálku	[-]
K_a	Faktor navýšení objemu taveniny	[g/cm ³]
L_k	Délka kanálku	[mm]
M_c	Hmotnost výstřiku	[g]
M_{CEL}	Celková spotřeba materiálu	[g]
M_d	Hrubý mzda obsluhy stroje	[Kč/hod]
m_k	Hmotnost součásti	[g]
M_s	Hmotnost studeného vtokového zbytku na celou sérii	[g]
MS	Pohyblivá strana formy	[-]

N	Výrobní série	[ks]
n1	Dle stanoveného počtu kusů a termínu dodání	[-]
n2	Dle plastifikačního výkonu, který je stroj schopen vynaložit	[-]
n3	Dle vstřikovací kapacity stroje	[-]
n4	Dle uzavírací síly stroje	[-]
N _C	Celkové náklady	[Kč]
N _{CM}	Náklady na materiál	[Kč]
N _D	Náklady na díl	[Kč]
N _e	Průměrná cena za 1kWh elektřiny	[Kč/kWh]
N _F	Celkové náklady na výrobu formy	[Kč]
N _{HP}	Náklady na hodinový provoz	[Kč]
N _k	Cena všech kusů	[Kč]
N _m	Náklady na materiál jednoho výstřiku	[Kč]
N _{MZ}	Hodinová mzda obsluhy stroje	[Kč/h]
N _N	Celkové náklady na nakupované díly	[Kč]
N _{N15}	Výpočet navýšení ceny nakupovaných dílů o úpravy	[Kč]
n _p	Praktická násobnost formy	[-]
N _{pcel}	Náklady na provoz stroje pro celou sérii	[Kč]
nr	Termínová násobnost formy	[-]
NR	Přírodní kaučuk	[-]
N _s	Náklady na vtokový zbytek	[Kč]
n _T	Násobnost formy	[-]
nt	Násobnost formy	[-]
N _t	Náklady na materiál pro celou sérii	[Kč]
N _{up}	Ceny úprav	[Kč]
PA	Polyamid	[-]
PA	Výpočet tvářecího tlaku	[MPa]
PBT	Polybutylentereftalán	[-]
PC	Polykarbonát	[-]
PE	Polyehyleny	[-]
PF	Pryskyřice	[-]
p _i	Tlak v dutině formy	[Pa]
POM	Polyxemethylen	[-]
PP	Polypropyleny	c
PS	Polystyreny	[-]
P _s	Příkon stroje	[KW]
P _v	Určení doporučeného vstřikovacího tlaku	[MPa]
PVC	Polyvinylchloridy	[-]
Q	Silikonové kaučuky	[-]
R _s	Návrat nákladů investovaných do stroje	[rok]
S	Průměrná plocha dutin a kanálů do dělicí roviny	[m ²]

s	Tloušťka stěny plastového dílce	[mm]
S _p	Průměrné smrštění	[%]
t _c	Doba vstřikovacího cyklu	[s]
t _{cel}	Čas výroby celé série	[s]
t _{ch}	Doba chlazení	[s]
T _E	Teplota odformování	[°C]
T _M	Teplota taveniny	[°C]
t _{ost}	Ostatní časy	[s]
t _p	Doba produkce	[s]
T _s	Teplota sušení	[°C]
t _v	Doba plnění	[s],
T _w	Teplota formy	[°C]
UP	Polyesterová pryskyřice	[-]
V	Objem vstřikované součásti	[cm ³]
V _D	Vstřikovaný objem taveniny	[cm ³]
V _k	Objem vtokového zbytku	[cm ³]
V _s	Spotřeba materiálu ze studeného vtokového zbytku	[g]
ρ	Hustota	[g.cm ⁻³]

SEZNAM OBRÁZKŮ

OBR. 1 VÝROBKY Z POLYMERNÍCH MATERIÁLŮ [4].....	9
OBR. 2 3D MODEL ZADANÉHO TĚLESA ADAPTÉRU.....	10
OBR. 3 V PRAXI VYUŽÍVANÝ ADAPTÉR [5].....	10
OBR. 4 PŘEDNÍ A ZADNÍ POHLED NA 3D MODEL AC/DC ADAPTÉR SE ZÁKLADNÍMI ROZMĚRY.....	10
OBR. 5 GRAVITAČNÍ ODLÉVÁNÍ PLASTŮ [11]	11
OBR. 6 PRINCIP LISOVÁNÍ PLASTŮ [9]	11
OBR. 7 POSTUP PŘI VSTŘIKOVÁNÍ PLASTŮ [9].....	12
OBR. 8 PRINCIP VSTŘIKOVÁNÍ [14].....	13
OBR. 9 ROZDĚLENÍ POLYMERŮ [15].....	13
OBR. 10 SCHÉMA ŠNEKOVÉHO VSTŘIKOVACÍHO STROJE [18]	15
OBR. 11 PÍSTOVÉ VSTŘIKOVÁNÍ [19].....	15
OBR. 12 VSTŘIKOVACÍ JEDNOTKA [19].....	16
OBR. 13 MECHANICKÁ UZAVÍRACÍ JEDNOTKA [21]	17
OBR. 14 KONCEPT VSTŘIKOVACÍ FORMY [23]	17
OBR. 15 HVĚZDICOVÉ USPOŘÁDÁNÍ SE STEJNOU DÉLKA TOKU [25]	19
OBR. 16 ŘADOVÉ USPOŘÁDÁNÍ STEJNÁ/NESTEJNÁ DÉLKA TOKU [25]	19
OBR. 17 VYUŽITÍ STUDENÉ VTOKOVÉ VLOŽKY [18]	19
OBR. 18 POROVNÁNÍ PRŮŘEZU KANÁLU [18]	20
OBR. 19 ZÁKLADNÍ TYPY ÚSTÍ VTOKŮ [18].....	20
OBR. 20 HORKÝ VTOKOVÝ SYSTÉM [26].....	20
OBR. 21 VLIV POČTU A VELIKOSTI KANÁLŮ NA VÝSLEDNOU TEPLITU [18].....	21
OBR. 22 KLASICKY VRTANÝ OKRUH [28].....	21
OBR. 23 KONFORMNÍ OKRUH [28].....	21
OBR. 24 VYHOZENÍ POMOCÍ KOLÍKŮ [18]	22
OBR. 25 VYHOZENÍ POMOCÍ STÍRACÍ DESKY [18]	22
OBR. 26 ČINNOST VZDUCHOVÉHO VYHAZOVAČE [15].....	23
OBR. 27 HYDRAULICKÝ ZDVIH VYHAZOVAČÍHO PAKETU [15]	23
OBR. 28 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ ODVZDUŠŇOVACÍHO KANÁLKU [15]	24
OBR. 29 POLOHA IDEÁLNÍHO ODVZDUŠŇEN [15].....	24
OBR. 30 PŘEDNÍ A ZADNÍ STRANA NAVRŽENÉ SOUČÁSTI.....	26
OBR. 31 KONTROLNÍ ANALÝZA ÚKOSŮ	26
OBR. 32 PLOCHA PRŮMĚTU DO DĚLÍCÍ ROVINY	29
OBR. 33 VSTŘIKOVACÍ NÁSTROJ	30
OBR. 34 HLAVNÍ DĚLÍCÍ ROVINA.....	31
OBR. 35 STUDENÁ VTOKOVÁ VLOŽKA SPOLU SE VTOKOVÝM ZBYTKEM.....	32
OBR. 36 VTOKOVÉ ÚSTÍ.....	32
OBR. 37 VTOKOVÝ ZBYTEK SPOLU S VÝSTŘIKY ZADANÉ SOUČÁSTI.....	32
OBR. 38 TVÁRNÍCE.....	33
OBR. 39 TVÁRNÍK.....	33
OBR. 40 MECHANICKÝ VYHAZOVAČÍ SYSTÉM	33
OBR. 41 ODVZDUŠŇENÍ VÝSTŘIKŮ	34
OBR. 42 TRANSPORTNÍ TRÁMEC + SPOJKA PAKETU	34
OBR. 44 VSTŘIKOVACÍ STROJ ENGEL VC 500/120 [32].....	35

SEZNAM TABULEK

TAB. 1 TYPY KAUČUKŮ DLE POUŽITÍ [15]	14
TAB. 2 DOPORUČENÉ TEPLoty PROCESU VSTŘIKOVÁNÍ PRO ZÁKLADNÍ PLASTY [18]	21
TAB. 3 DOPORUČENÁ HLOUBKA ODVZDUŠŇOVACÍCH DRÁŽEK PRO ZÁKLADNÍ PLASTY [15]	24
TAB. 4 ZÁKLADNÍ VLASTNOSTI EMERGE™ PC/ABS 7570 [30]	25
TAB. 5 KOEFICIENT ZÁVISLÝ NA DÉLCE ROZVÁDĚCÍHO KANÁLKU [25]	27
TAB. 6 KOEFICIENT ZÁVISLÝ NA HMOTNOSTI A TLOUŠŤCE SOUČÁSTI [25]	27
TAB. 7 NORMOVANÝ PRŮMĚR ŠNEKŮ [25]	28
TAB. 8 POROVNÁNÍ VYPOČTENÝCH HODNOT S PARAMETRY STROJE [32]	35
TAB. Č. 9 ZNÁMÉ VSTUPNÍCH PARAMETRY	36
TAB. 10 NÁKLADY NA RÁMOVÉ DESKY + VYRÁBĚNÉ SOUČÁSTI	37

SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha 1 Vstřikovací stroj EMERGE™ PC/ABS 7570
- Příloha 2 Praktická násobnost formy
- Příloha 3 Doba vstřikování / stanovení vstřikovacích tlaků
- Příloha 4 Vstřikovací stroj Engle VC 500/120 – technické a upínací parametry
- Příloha 5 Vtoková vložka pravoúhlá
- Příloha 6 Normalizované nakupované součásti vstřikovací formy

SEZNAM VÝKRESŮ

Kryt	BP-01-XXXXXXXX
Tažidlo	BP-02-XXXXXXXX

Příloha 1 – Materiálový list EMERGE™ PC/ABS 7570 [30] (2 strany)

21. 5. 2021

Trinseo EMERGE™ PC/ABS 7570 Polycarbonate + ABS

Distributed by 

Friday, May 21, 2021

EMERGE™ PC/ABS 7570		Units <input type="text" value="SI"/>
Trinseo - Polycarbonate + ABS		
Action	Legend (Open)	

General Information

Product Description

EMERGE™ PC/ABS 7570 Advanced Resin is a high flow, ignition-resistant PC/ABS blend that contains no chlorinated or brominated (flame retardant) additives. Its superior processing makes it ideal for injection molding of large, thin-wall, or intricate parts. EMERGE PC/ABS 7570 is suitable for use in a wide variety of applications in the Information Technology Equipment, Consumer Electronics and Electrical & Lighting Markets.

Main Characteristics:

- UL 94 V-0 at 1.5 mm
- Does not contain chlorine or bromine additives

Applications:

Electrical housing (sockets, switches, etc.) and Lighting
Smartphone, Tablet, Laptop housing/casing

General			
Material Status	• Commercial: Active		
Availability	• Asia Pacific	• Europe	• North America
Features	• Bromine Free	• Flame Retardant	• Ignition Resistant
	• Chlorine Free	• High Flow	• Medium Impact Resistance
Uses	• Electrical Housing	• Housings	• Television Housings
	• Electrical/Electronic Applications	• LCD Applications	
Forms	• Pellets		
Processing Method	• Injection Molding		

ASTM & ISO Properties ¹

Physical	Nominal Value	Unit	Test Method
Density / Specific Gravity	1.18	g/cm ³	ASTM D792
Density	1.18	g/cm ³	ISO 1183
Melt Mass-Flow Rate (MFR)			ASTM D1238
230°C/3.8 kg	20	g/10 min	
260°C/5.0 kg	95	g/10 min	
Melt Mass-Flow Rate (MFR)			ISO 1133
230°C/3.8 kg	20	g/10 min	
260°C/5.0 kg	95	g/10 min	
Molding Shrinkage - Flow	0.40 to 0.60	%	ISO 294-4
Mechanical			
	Nominal Value	Unit	Test Method
Tensile Modulus	2600	MPa	ISO 527-2
Tensile Stress (Yield)	60.0	MPa	ISO 527-2
Tensile Stress (Break)	47.0	MPa	ISO 527-2
Tensile Strain (Yield)	4.0	%	ISO 527-2
Tensile Strain (Break)	40	%	ISO 527-2
Flexural Modulus	2700	MPa	ISO 178
Flexural Stress	92.0	MPa	ISO 178
Impact			
	Nominal Value	Unit	Test Method
Charpy Notched Impact Strength (23°C)	18	kJ/m ²	ISO 179/1eA
Notched Izod Impact Strength (23°C)	12	kJ/m ²	ISO 180/A
Thermal			
	Nominal Value	Unit	Test Method
Heat Deflection Temperature (0.45 MPa, Unannealed)	90.0	°C	ISO 75-2/B
Heat Deflection Temperature (1.8 MPa, Unannealed)	80.0	°C	ISO 75-2/A
Vicat Softening Temperature	105	°C	ASTM D1525 ²
Vicat Softening Temperature			
--	98.0	°C	ISO 306/B50
--	105	°C	ISO 306/A120
Ball Indentation Temperature	95.0	°C	IEC 60335-1
Flammability			
	Nominal Value	Unit	Test Method
Flame Rating ³ (1.6 mm, All Colors)	V-0		UL 94

21. 5. 2021

Trinseo EMERGE™ PC/ABS 7570 Polycarbonate + ABS

Glow Wire Flammability Index ³ (2.0 mm)	960 °C	IEC 60695-2-12
Glow Wire Ignition Temperature ³ (2.0 mm)	800 °C	IEC 60695-2-13

Processing Information

Injection	Nominal Value	Unit
Drying Temperature	80 to 90	°C
Drying Time	3.0 to 4.0	hr
Processing (Melt) Temp	240 to 280	°C
Mold Temperature	40 to 80	°C

Notes

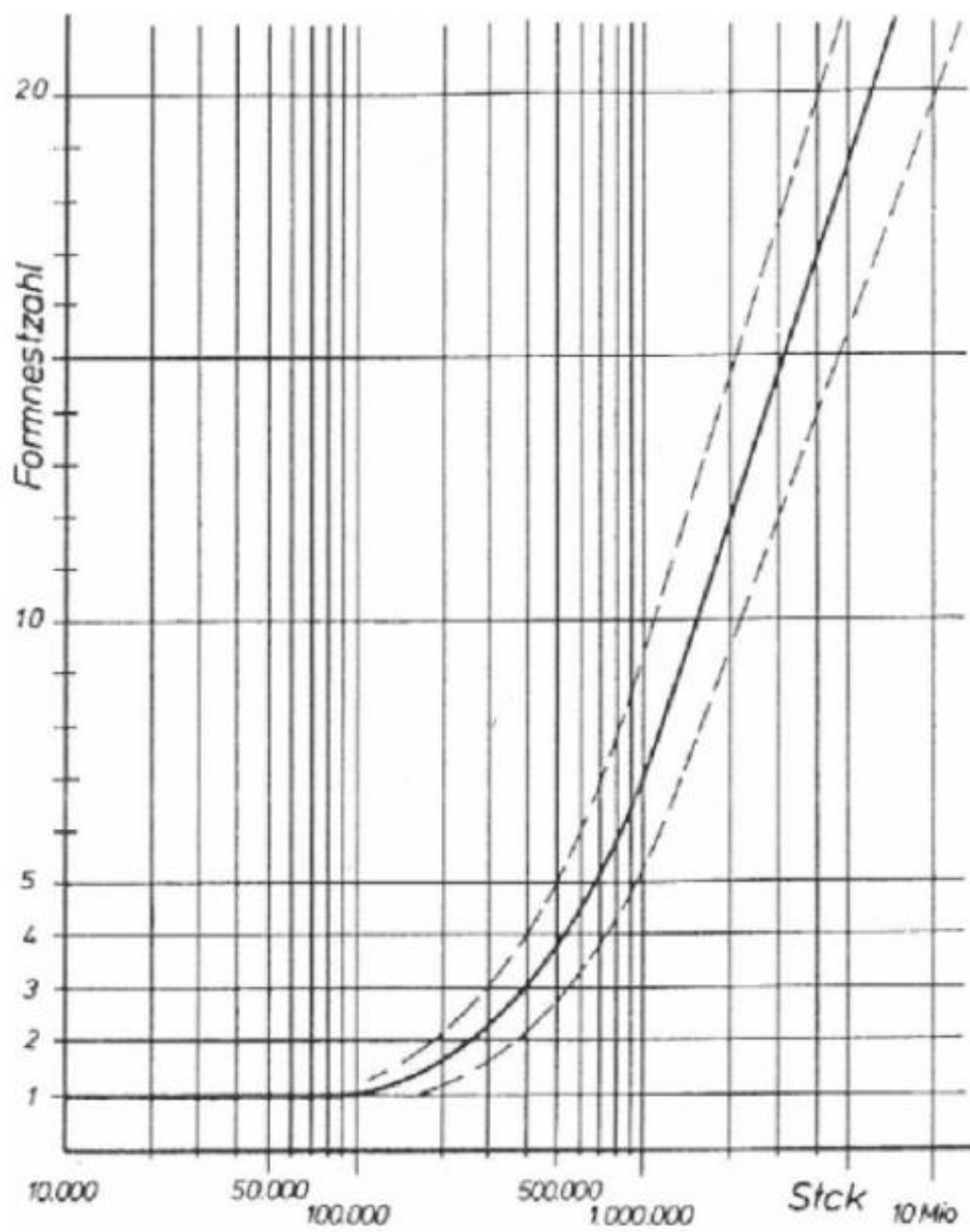
¹ Typical properties: these are not to be construed as specifications.

² Rate B (120°C/h), Loading 1 (10 N)

³ This rating not intended to reflect hazards presented by this or any other material under actual fire conditions.

Customer is responsible for determining whether products and the information in this document are appropriate for Customer's use and for ensuring that Customer's workplace and disposal practices are in compliance with applicable laws and other governmental enactments. Seller assumes no obligation or liability for the information in this document. **NO WARRANTIES ARE GIVEN; ALL IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE ARE EXPRESSLY EXCLUDED.**

Příloha 2– praktická násobnost formy [6]



Příloha 3 – doba vstřikování / stanovení vstřikovacích tlaků [30]

Vstřikovaný objem [cm ³]	Doba vstřikování [s]		
	Nízkoviskozní materiál	Středněviskozní materiál	Vysokoviskozní materiál
1 – 8	0,2 – 0,4	0,25 – 0,5	0,3 – 0,6
8 – 15	0,4 – 0,5	0,5 – 0,6	0,6 – 0,75
15 – 30	0,5 – 0,6	0,6 – 0,75	0,75 – 0,9
30 – 50	0,6 – 0,8	0,75 – 1,0	0,9 – 1,2
50 – 80	0,8 – 1,2	1,0 – 1,5	1,2 – 1,8
80 – 120	1,2 – 1,8	1,5 – 2,2	1,8 – 2,7
120 – 180	1,8 – 2,6	2,2 – 3,2	2,7 – 4,0
180 – 250	2,6 – 3,5	3,2 – 4,4	4,0 – 5,2

Viskozita	Vstřikovaný materiál
nízká	PE-LD, PA 6, PA 6.6, PA 6.10, PA 11, POM, PET, PBT
střední	PS, ABS, PPO, PVC weich, PE-HD, PP, PA 12
vysoká	PVC hart, PMMA, PC

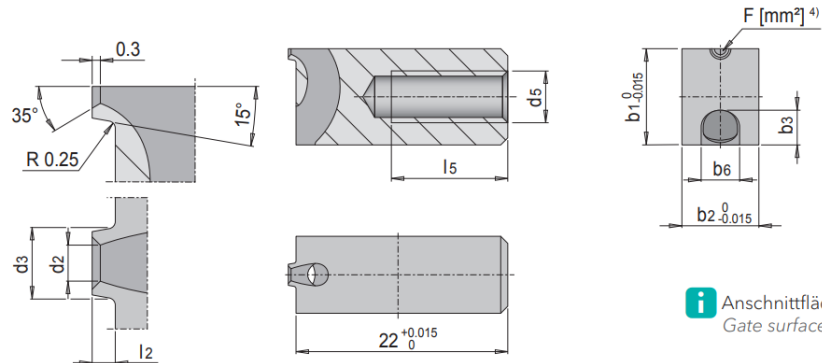
		Vstřikovací tlak [bar]	Dotlak [bar]	Předpokládaný tlak ve tvarové dutině vstřikovací formy [bar]	Protitlak [bar]
Amorfni termoplasty	PS	650-1150	300-700	150-350	40-80
	SAN	650-1150	350-900	250-450	40-80
	ABS	650-1150	400-900	300-550	40-80
	PMMA	1000-1400	500-1150	350-550	80-120
	PC	1000-1600	600-1300	350-650	80-120
	PES	900-1400	500-1100	400-600	80-120
	PA amorfni	900-1300	450-800	350-450	40-80
Semikrystalické termoplasty	PE nízkohustotní	600-1350	300-800	200-600	40-80
	PE vysokohustotní	600-1350	300-800	200-600	60-90
	PP	800-1400	500-1100	300-650	60-90
	PA 6	450-1550	400-750	350-550	40-80
	PA 6.6	650-1550	550-1050	450-750	40-80
	POM	800-2000	700-1500	550-1050	40-80
	PET	800-1500	550-1050	450-750	60-90
	PBT	800-1550	500-1000	400-700	40-80
	PEEK	800-1500	450-800	400-700	60-90
Reakto- plasty	PF	800-1500	350-900	200-550	20-80
	EP	800-2500	350-1000	200-600	10-60
Elastom- ery	Tekuté silikony	300-800	120-350	80-250	10-60

Tab. 2: Rozsahy nastavovaných tlaků pro zpracování vybraných polymerů

TECHNISCHES DATENBLATT / TECHN DATA SHEET

ENGEL	SCHWERTBERG AUSTRIA	Fab.Nr.:	168866			
		angelegt am :	14.03.2008 08:39			
		letzte Aenderung:	14.03.2008 08:39			
Maschinenbezeichnung / Machine designation:		VC 500/120 Power				
1) Schliesseinheit / Clamping unit						
Schliesskraft / Clamping force	kN	1200				
Oeffnungsweg / Opening stroke	mm	507				
Auswerferweg / Ejector stroke	mm	130				
Auswerferkraft / Ejector force	kN	39,8				
2) Antrieb / Drive						
Pumpenantriebsleistung / Pump drive power	kW	18,5				
3.1) Spritzeinheit 1 / Injection unit 1						
Schneckendurchmesser / Screw diameter	mm	35	40	45	45	
Max. Hubvolumen / Max swept volume	cm ³	192	251	318	318	
Schneckendrehzahl max / Screw speed max	r/min	400	400	320	320	
Schneckendrehzahl max aktuell / Screw speed max current	r/min	400				
Einspritzstrom / Injection rate	cm ³ /s	151	197	250	250	
Einspritzstrom erhoeht / Injection rate increased	cm ³ /s	98	128	162	162	
Spez. Spritzdruck / Spec. Injection pressure	bar	1703	1297	1030	1030	
Spez. Spritzdruck erhoeht / Spec. Injection pressure increased	bar	2390	2023	1598	1598	
Duesenweg / Nozzle stroke	mm	300				
Duesenanpresskraft / Nozzle cont. pressure	kN	51,9				
3.2) Spritzeinheit 2 / Injection unit 2						
Schneckendurchmesser / Screw diameter	mm					
Max. Hubvolumen / Max swept volume	cm ³					
Schneckendrehzahl max / Screw speed max	r/min					
Schneckendrehzahl max aktuell / Screw speed max current	r/min					
Einspritzstrom / Injection rate	cm ³ /s					
Einspritzstrom erhoeht / Injection rate increased	cm ³ /s					
Spez. Spritzdruck / Spec. Injection pressure	bar					
Spez. Spritzdruck erhoeht / Spec. Injection pressure increased	bar					
Duesenweg / Nozzle stroke	mm					
Duesenanpresskraft / Nozzle cont. pressure	kN					
3.3) Spritzeinheit 3 / Injection unit 3						
Schneckendurchmesser / Screw diameter	mm					
Max. Hubvolumen / Max swept volume	cm ³					
Schneckendrehzahl max / Screw speed max	r/min					
Schneckendrehzahl max aktuell / Screw speed max current	r/min					
Einspritzstrom / Injection rate	cm ³ /s					
Einspritzstrom erhoeht / Injection rate increased	cm ³ /s					
Spez. Spritzdruck / Spec. Injection pressure	bar					
Spez. Spritzdruck erhoeht / Spec. Injection pressure increased	bar					
Duesenweg / Nozzle stroke	mm					
Duesenanpresskraft / Nozzle cont. pressure	kN					

Příloha č. 5 Vtoková vložka pravoúhlá



i Anschnittfläche S. 2
Gate surface p. 2

Mat.: 1.3343 ≈ 60 HRC

SG ⁵⁾			F [mm ²] ⁴⁾	b2	l2	b3	d3	d5	l5	b6	b1	d2	Nr./No.
Visk 1 ¹⁾	Visk 2 ²⁾	Visk 3 ³⁾											
- 5g	- 4g	- 3g	0,14	6	0,6	3,25	1,9	M 4	13	3	8	0,6	E 1685/ 8/0,6
			0,25				2,1					0,8	E 1685/ 8/0,8
- 30g	- 20g	- 12g	0,25	8	0,8	4	2,2	M 5	12	4	10	0,8	E 1685/10/0,8
			0,57				2,6					1,2	E 1685/10/1,2
			1,01				3					1,6	E 1685/10/1,6
			0,57				2,6					1,2	E 1685/12/1,2
- 50g	- 35g	- 25g	1,01	10	0,8	5	2,6	M 5	11	5	12	1,6	E 1685/12/1,6
			1,57				3					2	E 1685/12/2,0
			1,01				3,4					1,6	E 1685/14/1,6
			1,57				3,4					2	E 1685/14/2,0
-200g	-120g	- 75g	2,26	12	0,8	6	3	M 6	10	6	14	1,6	E 1685/14/2,4
			3,08				3,8					2,4	E 1685/14/2,4
			1,01				4,2					2,8	E 1685/14/2,8
			1,57				3,4					2	E 1685/14/2,0

VISKOSITÄT VISCOSITY

Visk 1: Niedere Viskosität (dünnflüssig, leicht fließend)
Visk 1: Low viscosity (thin fluid, easy flowing)

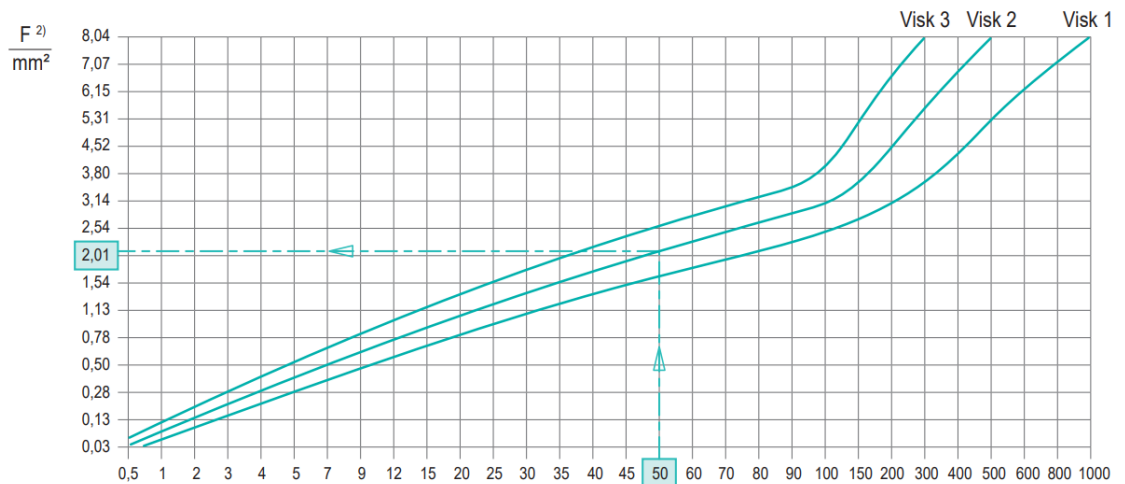
Visk 2: Mittlere Viskosität
Visk 2: Medium viscosity

Visk 3: Hohe Viskosität (dickflüssig, schwer fließend)
Visk 3: High viscosity (viscous, poor flowing)

PP	Polypropylen / Polypropylene
PE	Polyethylen / Polyethylene
PS	Polystyrol / Polystyrene
SB	Styrol-Butadien-Copolymer / Styrene-butadiene copolymer

ABS	Acrylnitril-Butadien-Styrol / Acrylonitrile butadiene styrene
PBT	Polybutylenterephthalat / Polybutylene terephthalate
POM	Polyoxymethylen / Polyoxymethylene
TPE	Thermoplastische Elastomere / Thermoplastic elastomers
PA	Polyamid / Polyamide
PET	Polyethylenterephthalat / Polyethylene terephthalate
PMMA	Polymethylmethacrylat / Polymethyl methacrylate
SAN	Styrol-Acrylnitril / Styrene-acrylonitrile resin

PC	Polycarbonat / Polycarbonate
PVC	Polyvinylchlorid / Polyvinyl chloride
PES	Polyethersulfon / Polyethersulfone
PPO	Polyphenylenoxid / Polyphenylene oxide
PPS	Polyphenylensulfid / Polyphenylene sulfide



Beispiel für 50g PA
Example for 50g PA

SG ¹⁾
g

Příloha č. 6 Normalizované nakupované součásti vstřikovací formy

Pozice	Označení	Název	ks	Hodnota v EUR
10	E 2075/ 8/12	Uzavírací šroub	10	7,2
20	E 2079/10	Záslepka	4	9,48
30	E 1301/ 5 x 16	Válcový kolík h6	10	2,1
40	E 1301/ 3 x 10	Válcový kolík h6	10	2,1
50	E 2079/ 6	Záslepka	4	9,04
60	E 2075/ 8/ 8	Uzavírací šroub	10	7,2
70	E 2100/ 10/100	Přepážka se závitem	4	24
80	E 2100/ 12/125	Přepážka se závitem	4	30,2
90	E 1200/12 x 40	Imbusový šroub	4	1,92
100	E 1272/20	Zavěsné oko otočné	1	61,5
110	E 24805/38	Počítáč cyklů	1	97
200	E 1000/32-76/75	Vodící sloupek	4	139,6
210	E 1100/32-76	Vodící pouzdro	4	139,6
220	E 1160/42 x 80	Centrovací pouzdro	4	61,6
230	E 1200/12 x 45	Imbusový šroub	4	1,92
240	E 1200/12 x 55	Imbusový šroub	4	2,4
250	E 1200/16 x 50	Imbusový šroub	4	4,32
260	E 1200/16 x130	Imbusový šroub	4	18,92
270	E 1625/18 x 86/3	Vtoková tryska	1	63,5
280	E 1200/10 x 25	Imbusový šroub	4	1,44
290	E 1685/12/1,6	Vtoková vložka	4	716
300	E 2680/32/64/8,1	Opěrka dělicí roviny	8	212
310	E 2680/40/80/8,1	Opěrka dělicí roviny	8	253,6
320	E 1035/18x120	Vodící čep	4	86,8
330	E 1144/18-17/22	Kuličkové pouzdro	4	254
340	E 1710/14x160	Vyhazovač	2	27,6
350	E 1710/10x200	Vyhazovač	8	81,6
360	E 2682/20/8,1	Opěrka dělicí roviny	2	16,3
370	E 2018/13/14/150	Přípojka	2	20
380	E 2000/13/14	Přípojka	4	3,84
390	E 2016/9/10/80	Přípojka s prodloužením	4	14
400	E 1200/5x10	Imbusový šroub	16	3,36
410	E 2079/10	Záslepka	4	9,48
		CELKEM		2.383,62