VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

KONSTRUKČNÍ A VÝROBNÍ PROCES VSTŘIKOVACÍ FORMY
THE DESIGN AND MANUFACTURING PROCESS OF AN INJECTION MOLD

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE — **Jan Stančík**
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE — **Ing. Milan Kalivoda**
SUPERVISOR

BRNO 2018

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav strojírenské technologie
Student:	**Jan Stančík**
Studijní program:	Strojírenství
Studijní obor:	Strojírenská technologie
Vedoucí práce:	**Ing. Milan Kalivoda**
Akademický rok:	2017/18

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:

Konstrukční a výrobní proces vstřikovací formy

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Sestava vstřikovací formy pro konkrétní výrobek z plastu je doložena konstrukčním rozborem. Pro vytipované díly je zpracována TPV dokumentace.

Cíle bakalářské práce:

– Konstrukční sestava se zahrnutím problematiky vstřikování plastů
– Stanovení technologických procesů pro kusovou výrobu
– Přiřazení strojů a zařízení
– Pracovní parametry v technologických postupech
– Technicko–ekonomické zhodnocení

Seznam doporučené literatury:

DVOŘÁK, Milan, František GAJDOŠ a Karel NOVOTNÝ. Technologie tváření, plošné a objemové tváření. 3. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2013. 170 s. ISBN 978-80-214-4747-9.

FOREJT, Milan a Miroslav PÍŠKA. Teorie obrábění, tváření a nástroje. Brno: CERM, s. r. o., 2006. 225 s. ISBN 80-214-2374-9.

FREIBAUER, Martin, Hana VLÁČILOVÁ a Milena VILÍMKOVÁ. Základy práce v CAD systému SolidWorks. 2. vyd. Brno: Computer Press, a. s., 2010. 326 s. ISBN 978-80-251-2504-5.

HUMÁR, Anton. Materiály pro řezné nástroje. Praha: MM publishing, s. r. o., 2008. 240 s. ISBN 978-80-254-2250-2.

LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. Strojnické tabulky. 3. vyd. Úvaly: ALBRA, 2006. 914 s. ISBN 80-7361-033-7.

MÁDL, Jan et al. Jakost obráběných povrchů. Ústí nad Labem: UJEP, 2003. 180 s. ISBN 80-704--639-4.

PERNIKÁŘ, Jiří a Miroslav TYKAL. Strojírenská metrologie II. Brno: CERM, s. r. o., 2006. 180 s. ISBN 80-214-3338-8.

PTÁČEK, Luděk et al. Nauka o materiálu I. 2. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2003. 516 s. ISBN 80-72--4283-1.

PTÁČEK, Luděk et al. Nauka o materiálu II. 2. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2003. 516 s. ISBN 80-72--4283-1.

SEYMOUR, Raymond B. Polymers for Engineering Applications. 1st ed. Washington: ASM International, 1987. ISBN 0-87170-247-9.

ZDRAVECKÁ, Eva a Ján KRÁL´. Základy strojárenskej výroby. 2. vyd. Košice: Elfa, 2004. 143 s. ISBN 80-89066-72-9.

ZEMČÍK, Oskar. Technologická příprava výroby. Brno: CERM, s. r. o., 2002. 158 s. ISBN 80-21--2219-X.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2017/18

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc. ředitel ústavu	doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D. děkan fakulty

ABSTRAKT

Bakalářská práce se věnuje tématu vstřikování plastů. Nejprve se zabývá konstrukčním procesem vstřikovací formy, který začíná návrhem vstřikované součásti, dále návrhem vtokového systému a v závislosti na to vhodném zaformování a vhodném umístění vyhazovacích prvků. Po návrhu konstrukce vstřikovací formy je práce zaměřena na TPV dokumentaci pro vybraný díl ze sestavy formy. Zde jsou pak řešeny technologické parametry a operace obrábění, přiřazení strojů a nástrojů. V poslední části práce je zvolen vstřikovací stroj v závislosti na výpočty. Na závěr je provedeno ekonomické zhodnocení týkající se výroby vstřikované součásti a diskuze.

Klíčová slova

vstřikovací forma, výlisek, vtoková soustava, výrobní proces, parametry

ABSTRACT

Bachelor thesis deals with the topic of plastics injection. Firstly, it deals with the design process of the injection mold, which starts with the design of the injection molding product, with the design of the gating system and depending on the suitable forming of the core and cavity and suitable placement of the ejecting elements. After designing the injection mold design, the work is focused on the TPV documentation for the selected part of the mold assembly. Here are solved technological parameters and machining operations, assignment of machines and tools. In the last part of the thesis, an injection machine is selected depending on the calculations. Finally, an economic assessment is made on injection molding and discussion.

Key words

injection mold, injection molding product, gating system, manufacturing process, parameters

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

STANČÍK, J. *Konstrukční a výrobní proces vstřikovací formy.* Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2018. 47 s. 25 příloh. Vedoucí bakalářské práce Ing. Milan Kalivoda.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Konstrukční a výrobní proces vstřikovací formy** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

23.5.2018	
Datum	Jan Stančík

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto svému vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Milanu Kalivodovi z VUT v Brně za cenné rady a připomínky na konzultacích tykající se zpracování bakalářské práce.

Také tímto děkuji své rodině za podporu při studiu a při tvorbě bakalářské práce.

OBSAH

ABSTRAKT 3
PROHLÁŠENÍ 4
PODĚKOVÁNÍ 5
OBSAH 6
ÚVOD 8
1 PLASTY 9
1.1 Podstata plastů 9
1.2 Hlavní rozdělení plastů 9
1.3 Přísady do plastů 9
1.4 Teploty polymerů (plastů) 10
2 ZÁSADY KONSTRUKCE VÝLISKU Z TERMOPLASTU 11
2.1 Lisotechnické zásady 11
2.1.1 Zaformovatelnost 11
2.1.2 Tloušťky stěn 11
2.1.3 Tloušťky žeber 12
2.1.4 Rádiusy 12
2.1.5 Díry pro šrouby 12
2.1.6 Lisovací úkosy 12
3 ZPRACOVÁNÍ VSTŘIKOVÁNÍM 13
3.1 Vstřikovací stroj 13
3.1.1 Šneková plastifikační jednotka 14
3.1.2 Uzavírací jednotka 15
3.2 Vstřikovací cyklus 16
3.2.1 Doby vstřikovacího cyklu 16
3.3 Smrštění termoplastů 17
3.3.1 Kondicionační doba 17
3.3.2 Difuzní mechanismy 17
4 ZÁSADY A ROZBOR KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY 18
4.1 Základní rozdělení vstřikovacích forem a požadavky 18
4.1.1 Základní rozdělení vstřikovacích forem 18
4.1.2 Požadavky na vstřikovací formy 18
4.2 Vtokové systémy forem 19
4.2.1 Studený rozvod – studený vtokový systém 19
4.2.2 Horký rozvod – vyhřívaný vtokový systém (VVS) 20

4.3 Temperace forem 21
4.3.1 Chlazení pomocí tepelných trubic 21
4.3.2 Temperační okruhy 21
4.4 Vyhazovací systémy forem 22
4.4.1 Kolíkové vyhazovače 22
4.5 Odvzdušnění vstřikovacích forem 23
5 NÁVRH KONSTRUKCE VÝLISKU Z TERMOPLASTU 24
5.1 Výběr vhodného materiálu 24
5.2 Návrh tloušťky stěny 24
5.3 Návrh tloušťky žeber 24
5.4 Návrh zaoblení hran výlisku 24
5.5 Návrh díry pro šroub ve výlisku 25
5.6 Návrh lisovacích úkosů 25
5.7 Návrh výlisku 26
6 NÁVRH KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY 27
6.1 Návrh násobnosti vstřikovací formy 27
6.2 Návrh vtokového systému 29
6.3 Zaformování výlisku a volba dělicí roviny 33
6.4 Návrh konstrukce formy 33
6.5 Technologický postup výroby vytipovaného dílu sestavy formy 34
7 VOLBA VSTŘIKOVACÍHO STROJE A PARAMETRY VSTŘIKOVÁNÍ 36
8 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ 38
9 DISKUZE 41
ZÁVĚR 43
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ 44
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK 46
SEZNAM PŘÍLOH 47

ÚVOD

Technologie vstřikování plastů nachází využití výsledných výrobků v mnoha průmyslových aplikacích jako je například průmysl automobilový, letecký, vojenský, stavební či potravinářský [1].

V současné době je technologie vstřikování jedna z nejdůležitějších a nejpoužívanějších technologií pro zpracování termoplastů, termoplastických elastomerů, polymerních směsí, kompozitů, reaktoplastů, kaučuku a pryží. Technologie vstřikování plastů je založena na cyklickém opakování jednotlivých částí výrobního cyklu. Vyrábějí se buď konečné výrobky např. krabičky a květináče anebo jsou to díly pro další zakompletování samostatného výrobního cyklu (součásti přístrojů). [1,2]

Vzniklý výrobek se nazývá výstřik nebo také výlisek. Hmotnost výstřiku může být menší jak 0,1 gramů, ale může také být i několik kilogramů [1].

Vstřikování plastů je proces, kdy se z příslušného plastového granulátu připraví tavenina, která je následně dopravena do tvarové dutiny formy, kde vlivem ochlazování výstřik ztuhne a následně je z formy vyhozen a po zhodnocení požadovaných jakostních parametrů připraven k použití [1,2,3].

Jako vstupní tvar plastu, z něhož se připravuje tavenina, se používají například granule, kaše, pasty, kapaliny nebo rozemleté plasty (recykláty). Nejpoužívanější jsou granule, které mohou mít tvar např. krychlí, válečků nebo čoček. [1]

Při konstrukci vstřikovací formy musí být zohledněny její základní, hlavní a vedlejší funkce. Mezi základní funkce patří doprava taveniny, přenos tepla a odformování dílu. Některé požadavky si mohou odporovat, např. požadavek na dokonalé chlazení, si může odporovat s požadavkem na dokonalé odformování dílu. Výsledný návrh konstrukce bývá tedy kompromisem. Při snaze splnit dokonale všechny požadavky na vstřikovací formu, může dojít zbytečně k větší složitosti formy a tím k zvětšení rozměrů formy a zvýšení výrobních nákladů na formu, což snižuje efektivitu provozu vstřikovací formy. Zde tedy musí rozhodnout konstruktér. [2]

Práce se zpočátku zabývá teoretickou částí k dosažení základního až širšího povědomí o plastech, výrobě vstřikováním, zásadách konstrukce výlisku a formy. V závislosti na teoretickou část je cílem vědomosti vhodně aplikovat v praktické části a zkonstruovat tak sestavu formy. K tomu je nejprve potřeba navrhnout výlisek a vtokový systém. Po zkonstruování sestavy formy je dalším cílem navrhnout technologický postup výroby pro vytipovaný díl ze sestavy formy. Dále provést ekonomické zhodnocení výroby výlisku a na závěr uvést v diskuzi možná další řešení vstřikovací formy.

1 PLASTY

1.1 Podstata plastů

Materiály, jejichž podstatnou část tvoří makromolekulární látky (polymery) se nazývají plasty. Z polymeru se stane plast, až poté co se smíchá s potřebnými přísadami (aditivy). Přísadami plast získá vhodné užitné vlastnosti. Polymer je tedy jen chemická látka a plast už je technický materiál. [4,5]

1.2 Hlavní rozdělení plastů

- Podle působení teploty se plasty rozdělují na termoplasty, reaktoplasty a elastomery [6].
  - Termoplast: polymer, který lze opakovaně ohřevem roztavit a ochlazením převést zpět do tekutého stavu [6]. Této schopnosti se využívá u recyklačních technologií termoplastů [4].
  - Reaktoplast: je hustě zesíťovaný polymer, který je zpravidla nerozpustný a netavitelný [6]. Síťováním (tj. u reaktoplastu proces vytvrzování) se vytvoří řetězce, které se teplem nedají rozpojit [3]. Recyklace reaktoplastů je kvůli vytvrzování obtížnější než u termoplastů a vyžaduje jiné postupy [4].
  - Elastomer: polymer, který se po tváření rychle vrací do původního tvaru a rozměru [6]. Řetězce jsou spojeny teplem a mohou se elasticky pohybovat okolo spojů [3]. Tento proces se nazývá vulkanizace (tj. u elastomeru proces vytvrzování) [3].

- Podle nadmolekulární struktury (podle stupně uspořádanosti) se plasty rozdělují na amorfní a krystalické plasty [5].
  - Amorfní plasty: makromolekuly mají zcela nahodilou pozici [5].
    - Patří zde plasty: PP, PE, POM, PA, PBT, PET, PPS, LCP, PEEK, PI [3].
  - Krystalické plasty: často nazývané semikrystalické jelikož krystalizují jen částečně a to do 90 % jejich objemu a zbytek jejich struktury je amorfní [3]. Vykazují tedy určitý stupeň uspořádanosti [5].
    - Patří zde plasty: PC, SB, SBS, SAN, ASA, ABS, MABS, PC, PSU, PES [3].

- Podle druhů přísad se plasty rozdělují na plněné a neplněné plasty [5].
  - Plněné plasty: přísady ovlivňují fyzikální a mechanické vlastnosti plastu. Funkci pojiva tvoří polymer a určuje základní fyzikální a mechanické vlastnosti hmoty. [5]
  - Neplněné plasty: kde, množství přísad neovlivňuje vlastnosti plastu [5].

1.3 Přísady do plastů

Mezi přísady patří.

- Stabilizátory: zpomalují degradaci plastů a zvyšují odolnost proti teplotě [6].

- Změkčovadla: zlepšují houževnatost, mrazuvzdornost a ohebnost plastů [4,6].
- Barvicí činidla: dodávají potřebný barevný odstín [6].
  Rozdělují se na [4]:
  - rozpustná (barviva),
  - nerozpustná (pigmenty).
- Plniva: používají se k zlepšení mechanických vlastností, fyzikálních vlastností, nebo k zlevnění plastu. Plniva, které zlepšují mechanické vlastnosti, zejména pak modul pružnosti, pevnost a houževnatost jsou často nazývány vyztužujícími materiály. [4]
  Rozdělují se na:
  - plniva v podobě prášku: vápenec, kaolin, křída, grafit, břidlice [6],
  - plniva v podobě malých částic: skleněné nebo bronzové kuličky [6],
  - plniva v podobě vláken: skleněná, uhlíková a textilní vlákna [4,6].
- Nadouvadla: způsobují vznik lehčených hmot s pěnovou strukturou, např. polystyren, molitan [6].
- Maziva: usnadňují zpracování plastu. Ovlivňují tekutost taveniny [6].
- Tvrdidla: způsobují vznik příčných vazeb mezi makromolekulami a tím dochází k vytvrzování plastu [5,6].
- Retardéry hoření: snižují hořlavost termoplastu [3].

1.4 Teploty polymerů (plastů)

U polymerů se vlivem působení tepla pohybují částice řetězců (mikrobrownův pohyb), které jsou nazývány segmenty [3].

- Teplota skelného přechodu (T_g): teplota, při které se segmenty začínají pohybovat [3].
- Teplota tečení (T_f): teplota, při které se řetězce polymerů pohybují vůči sobě navzájem. Tato teplota je pouze u amorfních polymerů, kdy je polymer nad touto teplotou ve stavu taveniny. [3]
- Teplota tání krystalického podílu (T_m): teplota, při které se krystalická struktura rozpadne na taveninu [3].
- Teplota rozkladu polymeru (Tc): teplota, při které se řetězce pohybem začnou rozpadat, což vede k destrukci polymeru [3].

2 ZÁSADY KONSTRUKCE VÝLISKU Z TERMOPLASTU

Každý kvalitní plastový výlisek musí splňovat určité zásady správné konstrukce a to jak z pohledu funkčního, tak z pohledu lisotechnického [7].

- Funkční zásady [7]:
    - funkce plastového dílu v daném zařízení,
    - užitné, estetické, ergonomické, bezpečnostní hlediska.
- Lisotechnické zásady [7]:
    - zaformovatelnost,
    - tloušťky stěn, tloušťky žeber, rádiusy, díry pro šrouby,
    - lisovací úkosy,
    - tvary stěn dílů, z důvodu jejich možné deformace,
    - tolerance výlisků,
    - volba vhodného druhu plastu,
    - požadavky norem.

2.1 Lisotechnické zásady

2.1.1 Zaformovatelnost

Zaformovatelností se rozumí vhodně navržená součást a optimální volba dělicích rovin při dodržení technologických podmínek a ekonomické výroby [7].

2.1.2 Tloušťky stěn

Při návrhu tlouštěk stěn musí být splněny tyto požadavky [7]:

- pevnost a tuhost,
- správné zatečení taveniny do stěn formy.

Pro splnění lisotechnické zásady, z pohledu tečení taveniny ve formě, je u jednoduchých výlisků používána pro posouzení zatékavosti charakteristika, která je dána poměrem:

délka tečení / tloušťka stěny [7].

Pro složitější výlisky, kde jsou různé tloušťky stěn výlisku, už tuto jednoduchou charakteristiku pro posouzení zatékavosti nelze tak snadno aplikovat. Proto se používá počítačová analýza plnění formy. [7]

Na správné zatečení taveniny do stěn formy má velký vliv správná tekutost taveniny. Ta se nejčastěji udává hodnotou ITT (index toku taveniny) a udává se v jednotkách g * $(10min)^{-1}$ nebo cm^3 * $(10min)^{-1}$. ITT vyjadřuje množství vytlačeného

polymeru za určitý čas v závislosti na teplotě taveniny a zatížení na píst. Dle ITT se hodnotí zatékavost. [7]

Při návrhu tlouštěk stěn je brán zřetel také na technologické parametry při následné výrobě. Technologické parametry jsou např. teplota vstřikovací taveniny, teplota formy a vstřikovací tlak. [7]

Délku tečení (tokovou dráhu) je možné zjistit pro každý druh plastu dle diagramu, který vyjadřuje poměr tokových drah v závislosti na tloušťce stěny výlisku a ITT [7].

2.1.3 Tloušťky žeber

Žebra se využívají ke zvýšení pevnosti a tuhosti výlisku. Je potřeba volit tloušťky žeber menší než je tloušťka stěny výlisku a to z důvodu eliminace vtaženin. Vtaženiny vznikají objemovou kontrakcí při chladnutí výlisku. [7]

2.1.4 Rádiusy

Ostré rohy jsou pří konstrukci výlisku zaoblovány z důvodu možné koncentrace napětí v těchto místech a následného prasknutí výlisku. Totéž platí pro ostré přechody, například místa mezi stěnou a žebrem musí být zaobleny. [7]

2.1.5 Díry pro šrouby

Díry pro šrouby ve výlisku by měly být dále od krajů výlisku a taktéž by se měly navrhovat díry s válcovou hlavou na místo kuželové hlavy a to z důvodu možného prasknutí výlisku [7].

2.1.6 Lisovací úkosy

Používají se pro usnadnění odformování, tedy vyhození např. vyhazovačem z tvarové dutiny formy. Nejčastěji se používají úkosy 0° 30´ až 2°. Avšak tyto hodnoty závisí na tloušťce stěny a tvarové složitosti výlisku. Proto se pro tenkostěnné výlisky a větší výlisky s velkou členitostí používají úkosy vetší. [7]

3 ZPRACOVÁNÍ VSTŘIKOVÁNÍM

Vstřikování plastů patří do technologie tváření. Jedná se o proces, kdy se z plastového granulátu pomocí vstřikovacího lisu vytvoří plastový výlisek. [8]

Plastové výlisky vyráběné vstřikováním mají velmi dobrou rozměrovou a tvarovou přesnost a velmi dobré mechanické a fyzikální vlastnosti [8].

Vlastnosti výsledného výlisku závisí na celé řadě podmínek, počínaje od přípravy taveniny přes dopravu taveniny do formy a tvarových dutin formy při podmínkách dotlaku až po následné chlazení a skladování [3].

Výhody výroby plastových výrobků vstřikováním [8]:

- dobrá tolerance rozměrů,
- velmi dobrá povrchová úprava,
- konstrukční flexibilita.

Nevýhody výroby plastových výrobků vstřikováním [8]:

- vysoké investiční náklady,
- dlouhá doba výroby formy,
- velikost stroje vůči vyráběnému dílu,
- vhodné spíše k velkosériové výrobě.

3.1 Vstřikovací stroj

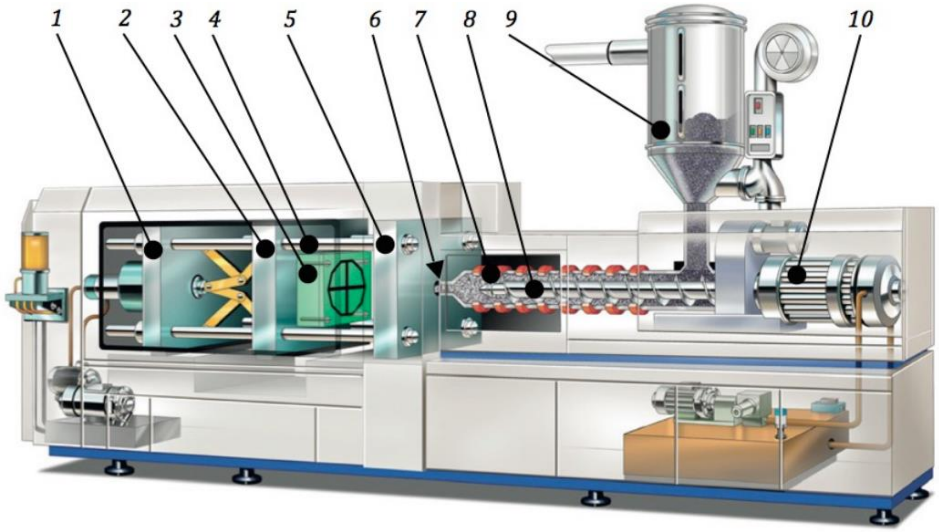
Skládá se z těchto části [8]:

- vstřikovací (plastifikační) jednotka,
- uzavírací jednotka,
- řízení a regulace.

Vstřikovací stroj (obr. 3.1) lze většinou dovybavit například manipulátorem, temperačním zařízením či dopravníkem [8].

Tlaky u vstřikovacích strojů

- Systémový tlak: tlak vytvořený čerpadly v hydraulickém systému stroje. Obvykle se pohybuje od 140 do 270 barů. [3]
- Tlak před čelem šneku (vstřikovací tlak): tlak v tavenině nacházející se před čelem šneku při tlačení taveniny do dutiny formy. Dosahuje hodnot až 2800 barů, někdy i více. [3]
- Tlak v dutině formy: je místně rozdílný a závisí na konstrukci dutiny a dalších technologických parametrech. Pohybuje se okolo 500 barů. [3]



1 – uzavírací jednotka, 2 – pohyblivá upínací deska stroje, 3 – pohyblivá část vstřikovací formy, 4 – vodící sloupky stroje, 5 – pevná upínací deska stroje, 6 – čelo špičky vstřikovací trysky stroje, 7 – tavící komora, 8 – šnek, 9 – násypka pro plastový granulát, 10 – pohonná jednotka šneku.
Obr. 3.1 Schéma vstřikovacího stroje [2].

Uzavírací síla

Je velmi důležitým parametrem, jelikož je zodpovědná za požadované sevření formy v dělicí rovině. Uzavírací síla musí být tak velká, aby odolala vstřikovacímu tlaku a vstřikovací rychlosti. [3]

Volba stroje

Volba stroje vychází především z uzavírací síly a objemu vstřiku. Pokud se jedná o hluboký díl, pak je to především ještě výška formy a rozevření lisu. U citlivých materiálů na přehřátí je pak důležitým hlediskem poměr objemu výlisku k objemu komory stroje. [7]

Vstřikovací (plastifikační) jednotka

Přeměňuje plastový granulát na taveninu a dopravuje jej do tvarové dutiny formy. Nejčastěji se používá šneková plastifikace. [8]

3.1.1. Šneková plastifikační jednotka

Funkce

Šnek se při otáčení posouvá směrem dozadu, tak aby nastřádal materiál před jeho čelem. Při posuvu dozadu vzniká protitlak (zpětný tlak). Ten je odpovědný za správné prohnětení materiálu. Následně při nastřádání dostatečného množství materiálu před čelem šneku se šnek posouvá směrem vpřed a tlačí tak horký materiál (taveninu) přes vtokové ústí do dutiny formy. [8]

Ohřev materiálu je způsoben [8]:

- převodem tepla ze stěn válce plastifikační jednotky,

- frikčním teplem (teplo vzniklé třením plastu o stěnu komory, ve které se šnek otáčí),
- přeměnou hnětací práce šneku na teplo.

Šnek se rozděluje na tři pásma (zóny)

- 1. pásmo (vstupní): granulát se zde hlavně stlačuje, čímž se zbavuje vzduchu mezi jednotlivými granulemi plastu a ohřívá se. Na konci tohoto pásma začíná granulát tát. [8]
- 2. pásmo (kompresní zóna): průměr válce šneku, na kterém je šroubovice, se zvětšuje vzhledem k čelu šneku. Materiál se zde více stlačuje. Zde dojde k největšímu tání granulátu. [8]
- 3. pásmo (dávkovací, výstupní, homogenizační): slouží pro homogenizaci taveniny [8].

Zpětný uzávěr šneku

Používá se k správnému dávkování taveniny do dutiny formy. Tak aby bylo do každého cyklu dopraveno stejné množství taveniny. Nachází se na čele plastifikační jednotky. [3]

3.1.2. Uzavírací jednotka

Uzavírací jednotka se skládá z těchto částí.

- Opěrná deska nepohyblivá: ta je pevně spojena s ložem strojem [8].
- Pohyblivá deska: na tu je upnuta pohyblivá část formy [8].
- Upínací deska s otvorem pro trysku stroje: na tu je upnuta nepohyblivá část formy [8].
- Vedení: vedení desek a celkové konstrukce uzavírací jednotky [8].
- Uzavírací a přidržovací mechanismus: může být hydraulický, mechanický hydraulicko-mechanický a elektrický [3,8].
- Vyhazovací systém: ten se propojuje s vyhazovacím systémem formy [3].

Uzavření uzavírací jednotky

Pohyblivá deska jednotky se s upnutou pohyblivou deskou formy přisouvá k pevné (nepohyblivé) části formy upnuté na upínací (nepohyblivé) desce jednotky. Na to je potřeba vynaložit přisouvací sílu (F_P). Forma se musí po přisunutí uzamknout a k tomu je potřeba uzavírací síla (F_U), která je až trojnásobně vyšší než síla přisouvací (F_P), a to kvůli zamezení otevření formy při plnění. [8]

3.2 Vstřikovací cyklus

Vstřikovací cyklus se uskutečňuje na vstřikovacím lisu a začíná impulsem (pokynem stroje) k uzavření formy, následně uzavřením a uzamčením formy, následně přemísťováním plastového granulátu z násypky lisu do otáčejícího se šneku, kde je za současného působení tepla a tlaku granulát převeden na taveninu, která je šnekem dopravována přes vtokové ústí do dutiny vstřikovací formy. Jakmile je forma naplněna horkou taveninou, materiál tuhne a dochází tak k objemové kontrakci (smrštění), proto následuje fáze dotlaku aby došlo k dodržení požadovaného tvaru, rozměrů a přesnosti výrobku. Materiál se v dutině formy vlivem odvodu tepla přes stěny formy ochlazuje a vzniká tak konečný výlisek. Následuje otevření formy a vyhození (v některých případech jen vysunutí) výlisku z dutiny formy pomocí vyhazovačů. [8]

Cyklus končí otevřením formy a vyhozením výlisku a začíná impulsem (pokynem stroje) k uzavření formy [8].

Dotlak

Tlak v tavenině plastu před čelem šneku, který působí na zaplněnou tvarovou dutinu formy ve fázi tuhnutí taveniny, který působí až do úplného zatuhnutí taveniny v tvarové dutině formy nebo zatuhnutí vtokového systému [3,6]. Obvykle bývá nižší než vstřikovací tlak [6].

3.2.1 Doby vstřikovacího cyklu

- Strojní doba: je závislá na rychlosti a dráze posuvné části formy. Snahou je zvýšit rychlost a zkrátit dráhu posuvu, ale tak aby nebyla zamezena možnost odejmutí výlisku. [8]
- Doba vstřikování: je závislá na technologických parametrech výroby [8].
- Doba dotlaku: je závislá na technologických parametrech výroby [8].
- Doba plastifikace: je závislá na schopnosti plastifikační jednotky roztavit granulát, zhomogenizovat taveninu a dostat dávku materiálu před čelo šneku za určitý čas [8].
- Doba chlazení: je závislá na technologických parametrech výroby [8].

Bod přepnutí ze vstřikovacího tlaku na dotlak

Je určen jednou z těchto možností [3]:

- dráha pohybu šneku,
- tlak vyvolaný šnekem nebo hydraulickým systémem stroje nebo tlak v horkém rozvodu formy nebo tlak v dutině formy,
- čas.

3.3 Smrštění termoplastů

Smrštění je v podstatě tepelná kontrakce objemu výlisku, která však závisí i na dalších parametrech [3].

Na výsledné smrštění má vliv především [3]:

- tlak, teplota, čas při procesu výroby,
- druh termoplastu a jeho vlastnosti,
- konstrukce formy.

S těmito vlivy souvisí například [3]:

- přechod řetězců do požadovaných konformací,
- difuzní mechanismy,
- krystalizační přechody u semikrystalických termoplastů.

Smrštění se rozděluje na objemové a lineární smrštění. Pak dle časové závislosti na výrobní smrštění a dodatečné smrštění (dosmrštění). [3]

- Výrobní smrštění: udává smrštění výlisku jako rozdíl mezi rozměrem formy při 23 °C až po rozměr naměřený po min. 16 – 24 hodinách ve skladu v suchém prostředí při 23 °C [3].
- Dosmrštění: udává smrštění vzniklé při delším skladování než je 16 – 24 hodin [3].

Z technologických parametrů je pro eliminaci objemové kontrakce nejvíce důležitý dotlak a jeho doba působení [3].

3.3.1 Kondicionační doba

Teplota je zde velmi důležitá. U výsledného výlisku lze jeho vlastnosti a rozměry kontrolovat až po uplynutí kondicionační doby, což je v podstatě doba skladování, která trvá 24 hodin od vyrobení výlisku. [3]

Tato doba se využívá především proto, jelikož v okamžiku otevření formy se řetězce nenacházejí v požadovaných konformacích. Řetězce mají tendenci přecházet do termodynamicky rovnovážného stavu a vzniká tak vnitřní pnutí (napjatost). Tento přechod je možné urychlit ponecháním výlisku ve formě při vyšší teplotě než je teplota pokojová (23 °C), nicméně na to není při výrobě čas. Kvůli ekonomičnosti provozu je potřeba zhotovit výlisek co nejrychleji. Proto musí řetězce dále uskutečňovat přechod do rovnovážného stavu při pokojové teplotě (23 °C) a suchém prostředí. Po uplynutí kondicionační doby se ve výlisku uvolní vnitřní pnutí a výlisek se deformuje, až dosáhne konečných rozměrů. [3]

3.3.2 Difuzní mechanismy

Patří zde navlhavost a nasákavost plastů. Při výrobě je obsah vody v plastu téměř nulový. Nicméně při skladování a používání výrobky z navlhavých plastů natáhnou vlhkost a mění se takto rozměry součásti. [3]

4 ZÁSADY A ROZBOR KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY

Vstřikovací forma se skládá z:

- tvarové dutiny [8,9],
- vtokového systému [8,9],
- temperačního systému [8,9],
- vyhazovacího systému [8,9],
- upínacích a vodících elementů [8,9].

4.1 Základní rozdělení vstřikovacích forem a požadavky

4.1.1 Základní rozdělení vstřikovacích forem

Podle násobnosti na [5,9]:

- jednonásobné,
- vícenásobné.

Podle konstrukce na:

- dvoudeskové [5,9],
- třídeskové [5,9],
- etážové [5,9],
- čelisťové [5],
- vytáčecí [5].

Podle umístění osy vtoku na [5,9]:

- vstřik kolmo na dělicí rovinu,
- vstřik do dělicí roviny.

Třídesková (odtrhovací) forma

Má dvě dělicí roviny. Jedna dělicí rovina slouží k vyjímání výstřiku. Druhá dělicí rovina slouží k vyjímání vtokového zbytku. Vtokový zbytek se odděluje odtržením vlivem otevírání formy. [9]

4.1.2 Požadavky na vstřikovací formy

Požadavky na vstřikovací formy jsou např.:

- odolnost proti vysokým tlakům [5],
- přesné rozměry výrobků [5],

- snadné vyjmutí z dutiny formy [5],
- pokud možno žádné dokončovací operace na výsledném výlisku [9].

Základní požadavek na jednonásobnou formu

Řešení vtoku tak, aby bylo zaručeno nejrychlejší naplnění tvarové dutiny formy bez velkých teplotních a tlakových ztrát [8].

Základní požadavek na vícenásobnou formu

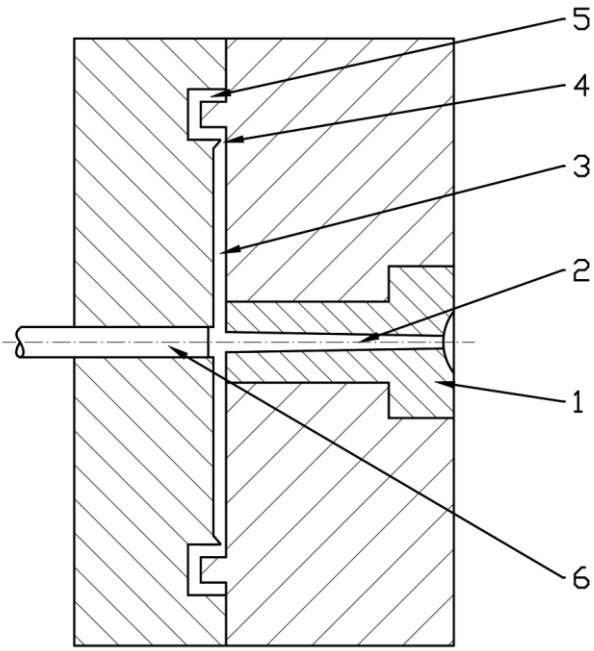
Všechny tvarové dutiny formy musí být naplněny současně při dodržení stejných technologických podmínek, jako je stejná teplota taveniny a stejný tlak [8].

4.2 Vtokové systémy forem

Využívá se buď studeného vtokového systému, kde tavenina uvnitř vtokového systému vždy na konci výrobního cyklu vychladne a ztuhne nebo se využívá horkého vtokového systému, kde vstřik uvnitř vtokového systému nevychladává a horká tavenina je použita pro další cyklus [3,7].

4.2.1 Studený rozvod - studený vtokový systém

Studený vtokový systém pro vícenásobnou formu je znázorněn na obrázku 4.1.



1 – vtoková vložka, 2 – vtokový kanál, 3 – rozváděcí kanál, 4 – ústí vtoku, 5 – výstřik;
6 – vyhazovač vtokového zbytku.
Obr. 4.1 Studený vtokový systém s rozváděcími kanály [9].

Konstruování rozváděcích kanálů

Rozváděcí kanály jsou kanály napojené na vtokový kanál, odkud dopravují horkou taveninu přes ústí vtoku do tvarové dutiny pro výlisek. Pravidlem konstrukce je co nejmenší poměr obvodu kanálu vůči ploše kanálu. Tím se dosáhne nejmenšího hydraulického odporu. Doporučením je kanály konstruovat co nejkratší a stejně dlouhé. Zvyšující se drsnost tokových kanálů zlepšuje tokové charakteristiky. Proto není potřeba drahých dokončovacích operací a stačí běžné technologie. [7]

Konstruování ústí vtoku

Pří konstrukci vtokových systémů je důležité dodržovat kuželový princip ústí vtoku. Pokud není v granulátu obsaženo nadouvadlo, pak se musí ústí vtoku konstruovat do nejtlustšího místa (stěny) výlisku. Naopak pokud v granulátu nadouvadlo obsaženo je, pak do nejslabšího místa výlisku. U studeného vtokového systému mohou být různé druhy ústí vtoku. [7]

Druhy ústí vtoků do tvarové dutiny formy [7]:

- Přímé:
  - přímý kuželový vtok,
  - boční vtok,
  - boční štěrbinový vtok,
  - vnitřní membránový,
  - kruhový vtok.
- Tunelové:
  - tunelové vtoky do pomocného výstupku,
  - zahnuté tunelové vtoky.

4.2.2 Horký rozvod – vyhřívaný vtokový systém (VVS)

Horký rozvod zahrnuje vstupní vytápěnou vtokovou vložku, vytápěný rozvodný blok, vytápěné horké trysky. Tyto části se nachází ve vstřikovací formě a propojují vstřikovací jednotku stroje (šnekem) k tvarové dutině formy. Mezi rozváděcími kanály umístěnými ve vytápěném rozvodném bloku a tvarovou dutinou formy jsou vytápěné horké trysky. Díky horkému rozvodu vtokový zbytek buď nevzniká vůbec anebo je minimální. [3]

VVS mají obvykle vyšší teplotu o 5 až 20 °C než je první část topného pásma formy [3].

Modifikace technologie vstřikování u VVS [3,7]:

- kaskádové,
- sekvenční,
- Dynamic Feed.

4.3 Temperace forem

Temperace má velký vliv na výsledné vlastnosti výlisku, jeho deformace, rozdíl ve smrštění a dobu ochlazení, na které velmi závisí délka vstřikovacího cyklu. Jelikož se často pro značnou členitost vyráběného výlisku nedá přesně specifikovat systém temperace, využívá se často zkušeností konstruktéra a simulačních analýz vstřikovacího procesu v počítačových programech. [7]

Systém temperace zahrnuje jednak ohřev formy na požadovanou teplotu při vstřikování, tak i odvod tepla z formy pro urychlení chlazení výstřiku a tím zkrácení doby výrobního cyklu [2,3,7].

Základním požadavkem je rovnoměrné chlazení celého výstřiku. Forma by měla mít dostatečnou hmotnost. Díky ní získá forma menší mechanické deformace při plném vstřikovacím tlaku a uzavírací síly stroje a hlavně také větší tepelnou stabilitu. Je doporučeno používat izolační desky pod upínacími deskami jako opatření proti odvádění tepla do dalších částí formy jako jsou např. upínací desky. Odvod tepla funguje všemi způsoby a to vedením (kondukcí), prouděním (konvekcí) a sáláním (radiací). [7]

Semikrystalické plasty jsou více závislé na vlivu temperačního systému formy než plasty amorfní [7].

4.3.1 Chlazení pomocí tepelných trubic

Jako tepelné trubice se používají duté kovové trubky kruhového průřezu, které jsou z obou stran uzavřené. Uvnitř je těkavá kapalina (pracovní látka) a vnitřní povrch trubice je pokryt porézním materiálem, tvoří tak kapilární soustavu. [7]

Princip chlazení pomocí tepelných trubic

Teplo přestupuje do části trubice, která se nachází v místě velkého množství tepla, které je potřeba odvést (výparná část). Uvnitř trubice je voda-kondenzát, který se ohřevem přemění na páru. Pára postupuje prouděním pomocí kapilární soustavy do kondenzační části trubice, kde dochází k odvodu tepla mimo trubici, vlivem toho se pára ochlazuje a vzniká kondenzát, který se zpět do výparné části dostává vzlínáním. Výhodné je konstruovat obtok chladicím médiem kolem kondenzační části trubice. [7]

4.3.2 Temperační okruhy

Pro chlazení výstřiku v dutinách formy se používají chladicí kanály, což jsou cesty vedení chladicího média v nejbližším okolí dutiny formy. Rozdíl teplot chladicí kapaliny mezi vstupem do formy a výstupem z formy by měl teplotně spadnout v rozmezí max. 3 až 5 °C, kvůli eliminaci anizotropie výlisku (smrštění, pnutí) a deformaci výlisku. Druh proudění v chladicích kanálech by měl být turbulentní (vířivý). [7]

Rozmístění temperačních okruhů

Musí být voleno tak aby různé tloušťky stěn výstřiku chladly stejně rychle a nedocházelo k rozdílné anizotropii výlisku. Chladicí médium by optimálně mělo

vstupovat do formy v místě nejteplejší části výlisku. Místo se nachází blízko vtokovému ústí dutiny formy. Postupem ke konci vtokových drah by měla teplota chladicího média průběžně stoupat. [7]

Temperační teploty

Temperace forem se provádí dle typu materiálu až do teploty 200 °C. Jako teplonosné médium se používá do 160 °C voda a nad 160 °C olej. [7]

Spodní hranice teploty formy je definována výrobcem granulátu a udává hodnotu, pod kterou by teplota formy neměla klesnout [3].

Tvarová dutina formy by měla být teplotně homogenní, tzn. ve všech místech by měla být stejná teplota [3].

4.4 Vyhazovací systémy forem

Plochy vyhazovacích prvků a množství vyhazovacích prvků včetně jejich uspořádání musí být voleny tak aby nezpůsobovaly deformace výlisku při vyhazování z forem [7].

Druhy vyhazovacích systémů:

- kolíkové vyhazovače [7,9],
- trubkové vyhazovače [7],
- stírací desky [9],
- vzduchové vyhazování [7,9],
- vyhazování plochými vyhazovači [7],
- vyhazování pomocí ultrazvuku [7],
- pomocné vyhazovaní z pevné strany formy [7].

Ovládání vyhazovacích systémů záleží na druhu vyhazovacího systému [8]. Druhy ovládání vyhazovacích systémů jsou např. [8]:

- mechanické,
- hydraulické,
- mechanicko – hydraulické,
- pneumatické.

4.4.1 Kolíkové vyhazovače

Kolíky se kotví mezi hlavní a přidržovací deskou vyhazovače [2,9]. Kolíky se umisťují k okrajům výstřiku, jelikož výstřik nejrychleji tuhne od okrajů [9]. Jejich nevýhodou je, že po vyhození zůstávají ve výlisku otisky kolíků, což je u součástí, kde je důležitý vzhled nepřípustné [9]. Pak je možno upravit výlisek tak aby otisky nebyly na hlavních vzhledových částech výlisku [9]. Nejčastější kolíky jsou válcové o ⌀ 3 – 20 mm [9]

Princip kolíkových vyhazovačů s hydraulickým ovládáním stroje

Kolíkový vyhazovače jsou připojeny k vyhazovacímu systému stroje. Po otevření formy je aktivován hydraulický vyhazovací mechanismus stroje a ten přes propojené kolíkové vyhazovače vyhodí výlisky, které následně padají vlivem působení gravitace do prostoru pod vstřikovací formou. Hydraulický systém stroje vrací okamžitě vyhazovač do původní polohy, přičemž často je u formy řešen pro přesnost vratný kolík a narážka. Vratný kolík se využívá také kvůli bezpečnosti jako ochrana před kolizí formy. Avšak existují i varianty mechanicko-hydraulického ovládání vyhazovacího systému, kdy se hydraulický systém stroje pouze vysouvá a zpět je vracen až pomocí vratných kolíků, které narazí do pevné části formy při uzavírání a vyhazovač je tak umístěn na požadovanou polohu přičemž z druhé strany je vyhazovač vymezen narážkou. [2]

4.5 Odvzdušnění vstřikovacích forem

Odvzdušnění je řešeno buď zkušeným konstruktérem, nebo využitím některého ze simulačních programů. Úkolem odvzdušnění je odvést vzduch a plynové zplodiny vzniklé při plastifikaci granulátu z tvarové dutiny formy. [3,7]

Vstřikovací tlak

Vstřikovací tlak musí být tak vysoký, aby překonal hydraulické odpory (překážky toku, zakřivení rozvodných kanálů atd.) [3].

Tlak vstřikované taveniny před čelem šneku může být až 2000 bar. Tlak vstřikované taveniny v dutině formy bývá 250 – 1000 bar. [3]

Způsoby odvzdušnění [3]:

- hlavní dělicí rovinou,
- odvzdušňovacími kanály,
- vůlemi mezi pevnými nebo pohyblivými částmi formy,
- speciálními prostředky.

Následky špatného odvzdušnění:

- nedostříky [3],
- spálená místa na výstřiku (Dieselový efekt) [3,7,8],
- tvorba bublin ve stěně výstřiku [3,7],
- nebezpečí výskytu studeného spoje [3],
- vnesení vnitřního pnutí [3],
- zvýšení vstřikovacího tlaku [3,7].

5 NÁVRH KONSTRUKCE VÝLISKU Z TERMOPLASTU

Výliskem bude páka kulového kohoutu DN 50 používaného ve vodohospodářském průmyslu pro rozvody pitné vody.

5.1 Výběr vhodného materiálu

Jako vhodný materiál byl dle údajů výrobců vybrán materiál Polypropylen (PP) s označením PP MOSTEN MA 712 od výrobce UNIPETROL, a.s.. Materiálový list je v příloze č. 1. Jedná se o termoplastický blokový kopolymer. Používá se pro výrobu technických dílů a nářadí. Je zdravotně nezávadný a rozsah teplot pro použití odpovídá požadavkům na funkci navržené součásti.

5.2 Návrh tloušťky stěny

Jedná se o poměrně jednoduchou součást, která však bude namáhána. Proto je zvolena tloušťka stěny 5 mm.

$$\boldsymbol{s = 5\ \text{mm}}$$

5.3 Návrh tloušťky žeber

Tloušťka žeber závisí na tloušťce stěny a je vypočítána ze vztahu (5.1) uvedeném, pro semikrystalické plasty do nichž patří PP, v knize [7].

$$a \leq 0{,}5 * s\ [\text{mm}] \tag{5.1}$$

kde: a [mm] - tloušťka žebra,

s [mm] - tloušťka stěny,

$$a \leq 0{,}5 * 5 = 2{,}5\ \text{mm}$$

Vzhledem k tomu, že vypočítaná tloušťka 2,5 mm je horní hranicí výpočtu, je pro rezervu volena tloušťka žeber 2,3 mm.

$$\boldsymbol{a = 2{,}3\ \text{mm}}$$

5.4 Návrh zaoblení hran výlisku

Všechny ostré hrany a přechody navržené součásti jsou zaobleny. Mezi žebry a stěnou je ostrý přechod zaoblen následovně.

Maximální zaoblení (R_{max}) mezi žebrem a stěnou výlisku je dáno vztahem (5.2) dle [7].

$$R_{max} = 0{,}5 * s \text{ [mm]} \quad (5.2)$$

kde: R_{max} [mm] - maximální zaoblení,
s [mm] - tloušťka stěny,

$$R_{max} = 0{,}5 * 5 = 2{,}5 \text{ mm}$$

Minimální zaoblení (R_{min}) mezi žebrem a stěnou výlisku je dáno vztahem (5.3) dle [7].

$$R_{min} = \text{min. } 0{,}4 \text{ mm} \quad (5.3)$$

Zaoblení mezi žebrem a stěnou výlisku je zvoleno 1 mm.

$$\boldsymbol{R = 1 \text{ mm}}$$

Ostatní zaoblení je voleno v závislosti na design výsledné součásti.

5.5 Návrh díry pro šroub ve výlisku

Díra je navržena s válcovou hlavou. Pro výpočet správné velikosti díry vůči rozměrům středu díry od krajů výlisku je použit vztah (5.4) uvedený v knize [7].

$$L_{MIN} > D + 2 \text{ [mm]} \quad (5.4)$$

kde: L_{MIN} [mm] - minimální vzdálenost mezi středem díry a krajem výlisku,
D [mm] - průměr zahloubení pro hlavičku šroubu v díře,

Díra je navržena o velikosti ⌀ 6,4 mm a zahloubení pro hlavičku šroubu je navrženo o velikosti ⌀ 11 mm (D = 11 mm). Okraje výlisku jsou od středu díry vzdáleny **15 mm**.

$$L_{MIN} > 11 + 2$$

$$\boldsymbol{L_{MIN} > 13 \text{ mm}}$$

V závislosti na tento výpočet je vzdálenost středu díry od krajů výlisku stanovené dle velikosti díry a zahloubení vyhovující.

5.6 Návrh lisovacích úkosů

Pro návrh lisovacích úkosů platí vztah (5.5) pro termoplasty uvedené v knize [7].

$$\beta > \alpha \quad (5.5)$$

kde: β [°] - vnitřní úkos,

α [°] - vnější úkos,

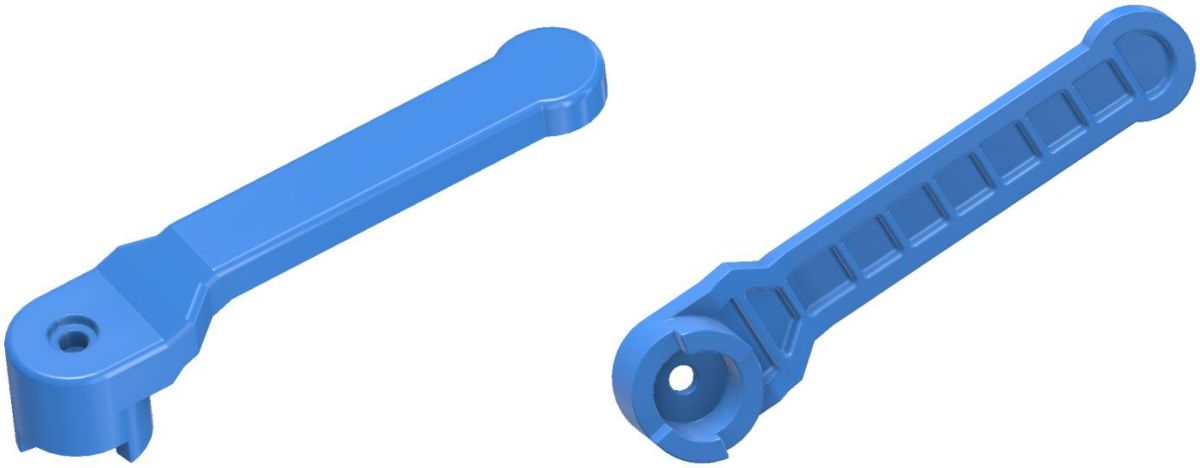
Jak již bylo uvedeno v kapitole 2.1.6 lisovací úkosy se běžně používají od 0° 30´ do 2° pro běžné výlisky. Vzhledem k tomuto je zvolen vnitřní lisovací úkos $\boldsymbol{\beta}$ **= 1° 30´** a vnější lisovací úkos $\boldsymbol{\alpha}$ **= 1°**.

Kontrola stanovené podmínky:

1° 30´ > 1°……**podmínka vyhovuje**

5.7 Návrh výlisku

Výlisek (obr. 5.1) je zkonstruován na základě výše uvedených výpočtů. Schéma výlisku včetně rozměrů je uvedeno v příloze č. 2.



Obr. 5.1 Návrh výlisku páky kulového kohoutu v programu Autodesk Inventor Professional 2017.

Na základě zkonstruování výlisku v Autodesk Inventor Professional 2017 a přiřazení parametrů zvoleného materiálu PP MOSTEN MA 712, byla programem vypočítána hmotnost jednoho výlisku 30 g.

6 NÁVRH KONSTRUKCE VSTŘIKOVACÍ FORMY

6.1 Návrh násobnosti vstřikovací formy

Návrh je posouzen z několika hledisek.

Násobnost podle doby plnění dodávek:

Pro návrh je použit vztah (6.1) uvedený v knize [9].

$$n_1 = \frac{N * t_C}{t_P * k} \text{ [-]} \tag{6.1}$$

kde: N [ks] - celková produkce (počet vyráběných kusů), zvoleno N = 50 000 ks,

t_C [s] - doba cyklu, zvoleno t_C = 25 s,

t_P [s] - doba produkce, zvoleno t_P = 432 000 s (5 dny),

k [-] - koeficient využití výrobního času (0,7 - 0,9), zvoleno k = 0,9.

$$\boldsymbol{n_1 = \frac{50\,000 * 25}{432\,000 * 0{,}9} \doteq 4}$$

Forma by měla být při návrhu podle doby plnění dodávek čtyřnásobná, což znamená, že se za jeden cyklus vyrobí 4 výlisky.

Násobnost podle vstřikovací kapacity:

Pro návrh je použit vztah (6.2) uvedený v knize [9].

$$n_2 = \frac{0{,}8 * M}{A * m} \text{ [-]} \tag{6.2}$$

kde: M [g] - vstřikovací kapacita plastifikační jednotky stroje, dle přílohy č. 25 je M = 576 g,

m [g] - hmotnost jednoho výstřiku, m = 30 g,

A [-] - koeficient respektující vtokový zbytek, pro studený vtok se hodnota pohybuje od 1,05 do 2. Přičemž větší hodnota koeficientu A = 2 platí pro malé výstřiky do 1 g. Proto je zvoleno A = 1,6.

$$\boldsymbol{n_2 = \frac{0{,}8 * 576}{1{,}6 * 30} \doteq 10}$$

Forma by měla být při návrhu podle vstřikovací kapacity stroje desetinásobná.

Násobnost podle plastifikačního výkonu:

Pro návrh je použit vztah (6.3) uvedený v knize [9].

$$n_3 = \frac{0{,}8 * M_P * t_C * 1000}{A * m * 3600} \text{ [-]} \quad (6.3)$$

kde: M_P [kg * h^{-1}] - plastifikační výkon, přičemž maximální využití plastifikačního výkonu se počítá 80 %, dle přílohy č. 25 je M_P = 125 kg * h^{-1},

t_C [s] - doba cyklu, zvoleno t_C = 25 s,

A [-] - koeficient respektující vtokový zbytek, zvoleno A = 1,6.

m [g] - hmotnost výstřiku, m = 30 g.

$$\boldsymbol{n_3 = \frac{0{,}8 * 125 * 25 * 1000}{1{,}6 * 30 * 3600} \doteq 15}$$

Forma by měla být při návrhu podle plastifikačního výkonu patnáctinásobná.

Násobnost podle uzavírací síly stroje:

Pro návrh je použit vztah (6.4) uvedený v knize [9].

$$n_4 = \frac{0{,}8 * F}{S * P_V} \text{ [-]} \quad (6.4)$$

kde: F [N] - uzavírací síla stroje, protože forma musí být spolehlivě uzavřena, počítá se jen s 80 % uzavírací síly, dle přílohy č. 25 je F = 5 000 000 N,

S [m^2] - průmět ploch dutin a kanálů do dělicí roviny, S ≐ 0,004 m^2, hodnota je zjištěna měřením plochy v Autodesk Inventor Professional 2017,

P_V [Pa] - vstřikovací tlak, P_V = 250 000 000 Pa.

$$\boldsymbol{n_4 = \frac{0{,}8 * 5\,000\,000}{0{,}004 * 250\,000\,000} \doteq 4}$$

Forma by měla být při návrhu podle uzavírací síly stroje čtyřnásobná.

Kontrola násobnosti:

Pro kontrolu je použit vztah (6.5) uvedený v knize [9].

$$n_3 \leq 4 * n_2 \quad (6.5)$$

kde: n_3 [-] - násobnost podle doby plnění dodávek,

n_4 [-] - násobnost podle doby uzavírací síly stroje.

$$15 \leq 4 * 10$$

$15 \leq 40$ ……**podmínka vyhovuje**

Volba násobnosti:

Dle knihy [9] je optimální zvolit násobnost podle nejmenšího z výsledků posloupnosti n_2, n_3, n_4, přičemž hodnota výsledku musí být menší nebo rovna jak násobnost n_1.

Tomuto vyhovuje násobnost n_4.

$$n_4 \leq n_1$$

4 = 4……**podmínka vyhovuje**

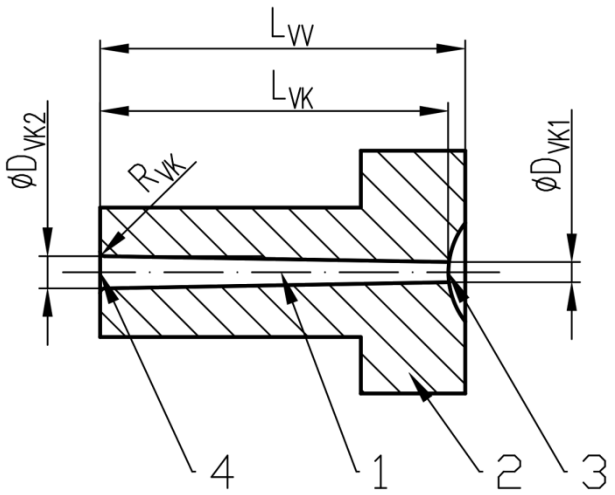
Forma je tedy zvolena jako čtyřnásobná.

6.2 Návrh vtokového systému

Je zvolen studený vtokový systém. Jelikož je forma čtyřnásobná, sestává z vtokového kanálů ve vtokové vložce, 2 hlavních rozváděcích kanálů, 4 vedlejších rozváděcích kanálů, 4 ústí vtoku a 4 tvarových dutin pro výstřik.

Dimenzování vtokového kanálu ve vtokové vložce

Vtokový kanál ve vtokové vložce (obr. 6.1) je navržen kuželový.



1 – vtokový kanál, 2 – vtoková vložka, 3 – místo napojení vtokového kanálu na trysku plastifikační jednotky, 4 – místo napojení vtokového kanálu na rozváděcí kanály.
Obr. 6.1 Vtoková vložka [9].

Pro návrh ⌀D_{VK1} a ⌀D_{VK2} jsou použity vztahy (6.6) a (6.7) uvedené v knize [7].

$$D_{VK1} = 1{,}45 * s \text{ [mm]} \quad (6.6)$$

$$D_{VK2} = s + 3 \text{ [mm]} \quad (6.7)$$

kde: D_{VK1} [mm] - průměr vtokového kanálu v místě napojení na trysku plastifikační jednotky,

D_{VK2} [mm] - průměr vtokového kanálu v místě napojení na rozváděcí kanály,

s [mm] - tloušťka stěny výstřiku, s = 5 mm.

$$\boldsymbol{D_{VK1}} = 1{,}45 * 5 = \textbf{7,25 mm}$$

$$\boldsymbol{D_{VK2}} = 5 + 3 = \text{~~8 mm~~}$$

Vypočítaný ⌀D_{VK2} nevyhovuje minimální doporučené kuželovitosti vtokového kanálu a to alespoň 1,5°. Při navržené délce vtokového kanálu L_{VK} a navrženém ⌀D_{VK1}, které jsou pro funkci formy důležitější, budou rozměry vtokového kanálu následující.

$$\boldsymbol{D_{VK2}} = \textbf{11,5 mm}$$

$$\boldsymbol{L_{VK}} = \textbf{80 mm}$$

$$\boldsymbol{L_{VV}} = \textbf{100 mm}$$

kde: L_{VK} [mm] - délka vtokového kanálu ve vtokové vložce,

L_{VV} [mm] - délka vtokové vložky.

Pro návrh zaoblení R_{VK} je použit vztah (6.8) uvedený v knize [9].

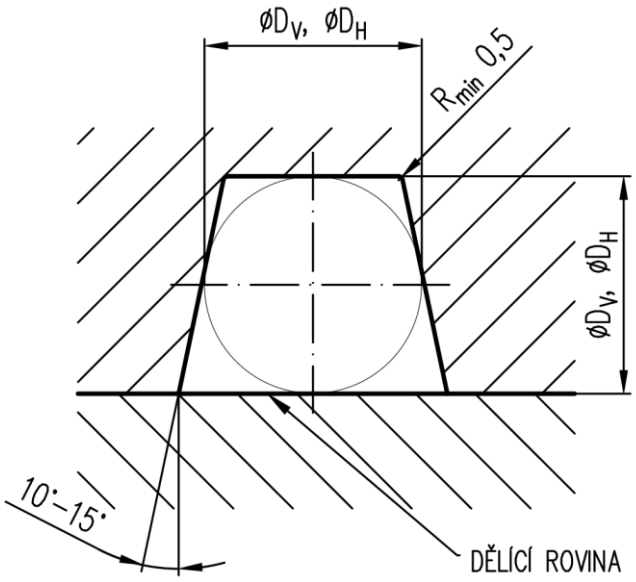
$$R_{VK} = 0{,}3 * D_{VK2} \text{ [mm]} \tag{6.8}$$

kde: R_{VK} [mm] - zaoblení na konci vtokového kanálu při přechodu na rozváděcí kanály.

$$\boldsymbol{R_{VK}} = 0{,}3 * 11{,}5 \doteq \textbf{3,5 mm}$$

Průřez rozváděcích kanálů

Průřez rozváděcích kanálů je zvolen lichoběžníkový (obr. 6.2).



Obr. 6.2 Průřez lichoběžníkového rozváděcího kanálu [9].

Pro návrh jsou použity vztahy (6.9) a (6.10) uvedené v knize [7].

$$D_V = s + 1{,}5 \text{ [mm]} \tag{6.9}$$

$$D_H = s + 2 \text{ [mm]} \quad (6.10)$$

kde: D_V [mm] - průměr vedlejšího rozváděcího kanálu,

D_H [mm] - průměr hlavního rozváděcího kanálu,

s [mm] - tloušťka stěny výstřiku, s = 5 mm.

$$\boldsymbol{D_V} = 5 + 1{,}5 = \textbf{6,5 mm}$$

$$\boldsymbol{D_H} = 5 + 2 = \textbf{7 mm}$$

Vedlejší rozváděcí kanály a hlavní rozváděcí kanály jsou znázorněny na obrázku 6.5.

Délka rozváděcích kanálů

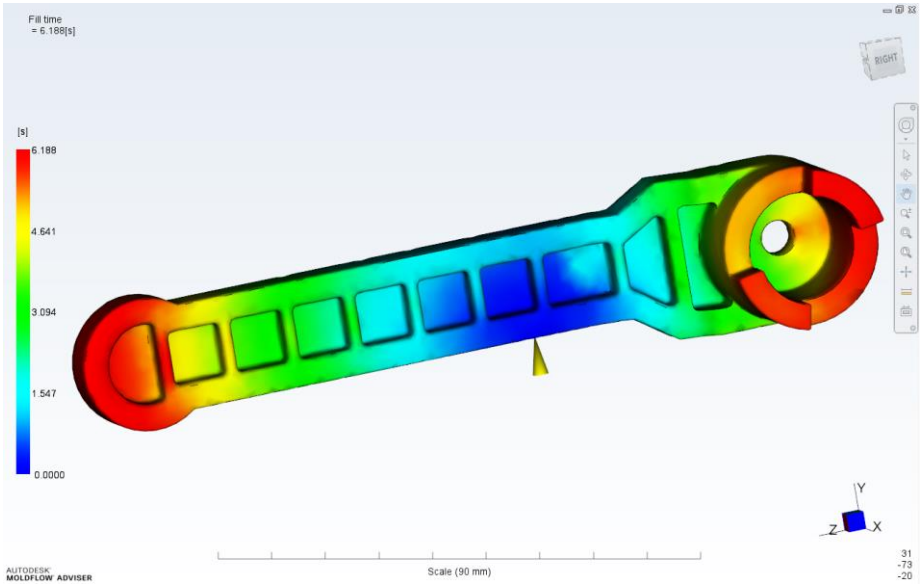
Dle doporučení, jak již bylo psáno v kapitole 4.2.1, se mají konstruovat kanály co nejkratší. Proto je vzhledem k velikosti průměru rozváděcích kanálů a vzhledem k velikosti výlisků a tím jejich uspořádání, délka rozváděcích kanálů konstruována tak aby vstřikované součásti byly dostatečně vzdáleny od sebe, pro zajištění rovnoměrného chlazení.

Výsledná délka rozváděcího kanálu k vstřikované součástí je:

$$\boldsymbol{L} = \textbf{215 mm}$$

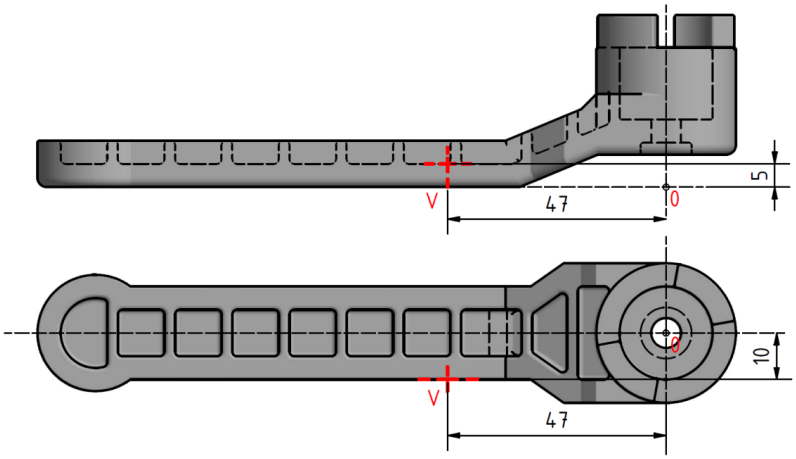
Místo ústí vtoku

V programu Autodesk Moldflow Adviser 2018 je provedena simulace pouze za cílem zjištění nejlepšího místa ústí vtoku do navržené součásti. Ústí vtoku je tedy voleno tak aby se součást pokud možno plnila souběžně do nejvzdálenějších míst od ústí vtoku. Na obrázku 6.3 je vidět jak se tvarová dutina bude plnit taveninou v závislosti na čase. Avšak v simulaci není počítáno s délkou rozváděcích kanálků, proto uvedený čas plnění neodpovídá skutečnému času plnění.



Obr. 6.3 Simulace plnění v programu Autodesk Moldflow Adviser 2018.

Signalizace ve tvaru kuželu nacházející se na obrázku 6.3 vyjadřuje místo umístění vtoku. Souřadnice ústí toku jsou V (5,-10,47) mm. Souřadnice jsou pak zakótovány na obrázku 6.4.



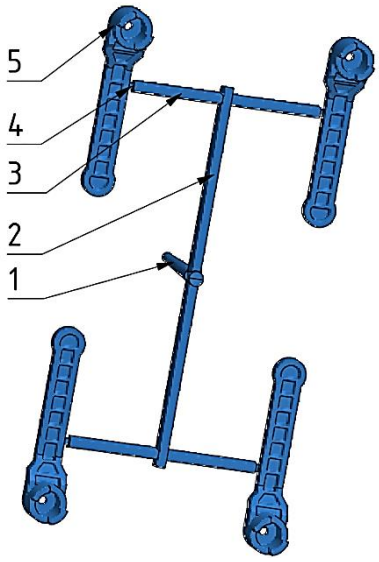
Obr. 6.4 Zakótovaní souřadnic ústí vtoku.

Pozn.: Při řešení čtyřnásobné formy mají dvě, z navržené součásti, ústí vtoku stejně jako na obrázku 6.4. U dalších dvou jsou provedeny ústí vtoku zrcadlově stejně tzn. ústí vtoku je na stejném místě z druhé strany (obr. 6.5).

V programu byl vybrán materiál PP - polypropylen, jehož technologické parametry pro vstřikování jsou stejné jako pro vybraný materiál součásti PP MOSTEN MA 712 a liší se pouze ve stanoveném rozpětí parametrů. Technologické parametry vstřikování pro oba materiály jsou uvedeny v kapitole 7 v tabulce 7.1.

Návrh vtokového systému

Při návrhu bylo počítáno s variantou, kdy jsou konstruovány 2 hlavní rozváděcí kanály, přičemž na každý hlavní kanál jsou napojeny 2 vedlejší rozváděcí kanály. Vtokový systém včetně uspořádání výlisků (obr. 6.5) byl navržen v programu Autodesk Inventor Professional 2017 a v příloze č. 3. je jeho zvětšený model.



1 – vtokový kužel, 2 – hlavní rozváděcí kanál, 3 – vedlejší rozváděcí kanál, 4 – ústí vtoku, 5 – navržený výlisek.

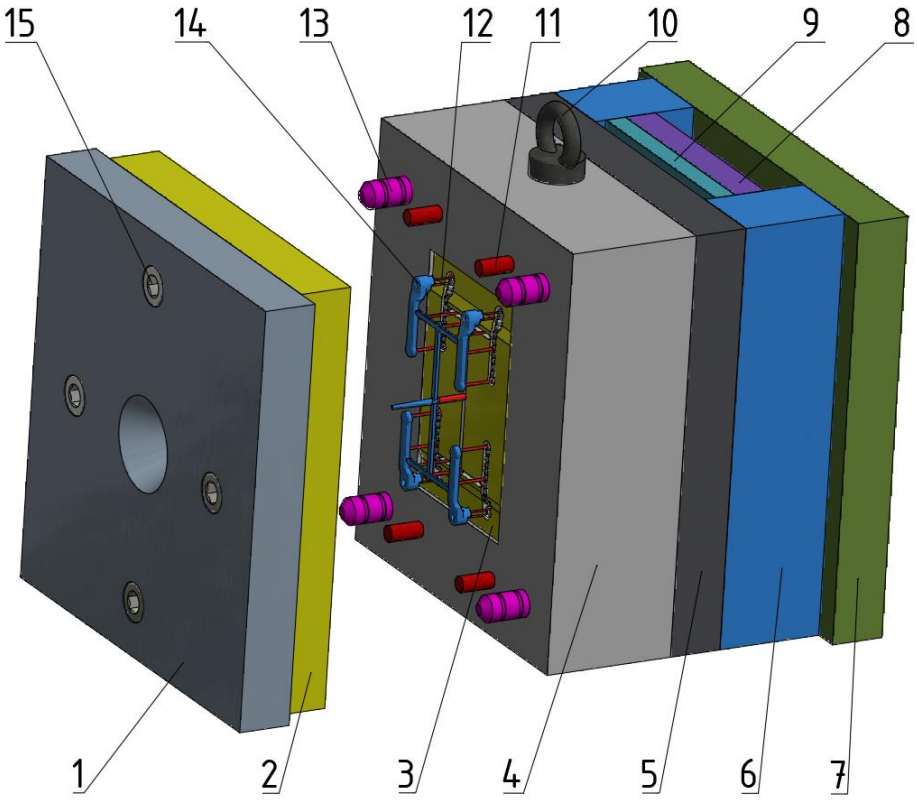
Obr. 6.5 Návrh vtokového systému včetně uspořádání výlisků.

6.3 Zaformování výlisku a volba dělicí roviny

Se zaformováním souvisí také volba dělicí roviny, která tedy prochází místy ústí vtoků do součástí. Zaformování včetně volby dělicí roviny je v příloze č. 4.

6.4 Návrh konstrukce formy

Vstřikovací forma byla navržena v programu Autodesk Inventor Professional 2017 a v příloze č. 5 je výkres sestavy. Na obrázku 6.6 je model navržené vstřikovací formy. Při konstrukci formy byly použity zdroje [2,7,9] a znalosti autora načerpané zpracováváním bakalářské práce.



1 – Upínací deska pevné části formy, 2 – tvárnice, 3 – tvárník, 4 – deska pro uchycení tvárníku, 5 – podpěrná deska, 6 – rozpěra, 7 - upínací deska pohyblivé části formy, 8 – hlavní vyhazovací deska, 9 – přidržovací vyhazovací deska, 10 – manipulační oko, 11 – vracecí kolíky, 12 – vyhazovací kolíky, 13 – vodící sloupky, 14 – výlisky včetně vtokového zbytku, 15 – šrouby.

Obr. 6.6 Vymodelovaná sestava formy v programu Autodesk Inventor Professional 2017.

Pozn.: Kompletní výčet dílů navržené vstřikovací formy je v kusovníku výkresu sestavy (příloha č. 5).

Rozváděcí kanály

Provedení formy je dvoudeskové se studeným vtokem. Rozváděcí kanály jsou konstruovány lichoběžníkové a vzhledem k volbě těchto kanálů byl při zaformování jejich otisk proveden do tvárníku. Díky této volbě tak na straně tvárnice žádné vtokové kanály nejsou, čímž se ušetří další operace při výrobě tvárnice. Na straně tvárnice jsou tedy pouze otisky výlisků.

Systém vyhazování a tvárník

Systém vyhazování je navržen kolíkový. Při zaformování a volbě dělicí roviny bylo třeba tvárník navrhnout tak aby celý výstřik zůstával při otevření na stěně tvárníku a také bylo třeba rozhodnout, jakou stranou bude součást při návrhu otisknuta do tvárníku. Jelikož vyhazovače jsou na straně pohyblivé části formy, kde je uložen také tvárník, musel být výlisek při zaformování otisknut tak aby vyhazovače působily do míst mezi žebry výlisku, kde není důležitý vzhled výlisku, jelikož kolíkové vyhazovače by mohly vytvořit v místech otisky.

Upnutí vyhazovacích kolíků

Kolíky jsou vložené do přidržovací vyhazovací desky a proti posuvu jsou přikryty hlavní vyhazovací deskou, na kterou je připevněn spojovací prvek s vnitřním závitem pro připojení vyhazovače stroje. Pro vyhazování bylo použito 5 rozměrů kolíků a celkem forma obsahuje 23 kolíků.

Materiál formy

Materiály jednotlivých dílů formy byly voleny dle knihy [7] a jsou uvedeny v kusovníku ve výkresu sestavy vstřikovací formy (příloha č. 5).

6.5 Technologický postup výroby vytipovaného dílu sestavy formy

Pro vypracování technologického postupu byl vybrán díl rozpěra z konstrukční sestavy vstřikovací formy. Výrobní výkres rozpěry je v příloze č. 6 a technologický postup rozpěry je v příloze č. 7.

V technologickém postupu jsou pro výrobu rozpěry použity tyto stroje a nástroje:

- Stroje:
  - frézovací obráběcí centrum vertikální MCV 1000 Sprint (příloha č. 8).
- Nástroje:
  - fréza čelní 345-050Q22-13H (příloha č. 9),
  - VBD 345R-1305M-PH 4230 (příloha č. 10),
  - fréza čelní 490-040A32-14H (příloha č. 11),
  - VBD 490R-140408M-PH 4230 (příloha č. 12),
  - fréza čelní 725-100Q32-21M (příloha č. 13),
  - VBD 745R-2109E-M31 4230 (příloha č. 14),
  - fréza čelní RA390-038M32-17H (příloha č. 15),
  - VBD R390-170412E-PM 1130 (příloha č. 16),
  - středící vrták ČSN 221110.1 (příloha č. 17),
  - vrták 861.1-1700-204A1-GM GC34 (příloha č. 18),
  - vrták 870-3100-31L32-8 (příloha č. 19),

- vrtací hlavice 870-3200-31-PM 4234 (příloha č. 20),
- vrták 880-D4800L40-03 (příloha č. 21),
- VBD 880-08 05 W12H-P-GR 4334 (příloha č. 22),
- VBD 880-08 05 08H-C-GR 1044 (příloha č. 23),
- závitník strojní E263M36 (příloha č. 24).

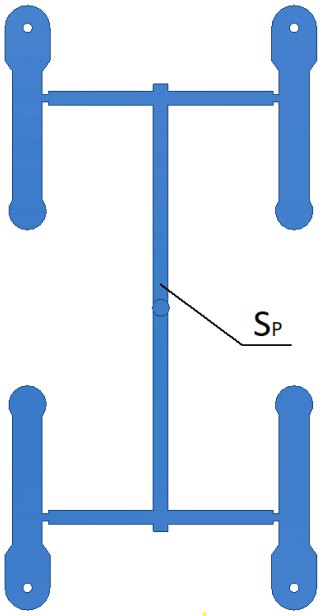
7 VOLBA VSTŘIKOVACÍHO STROJE A PARAMETRY VSTŘIKOVÁNÍ

Vstřikovací stroj byl volen s ohledem na uzavírací sílu, objem vstřiku a velikost formy. Pro určení minimální uzavírací síly stroje bylo potřeba znát plochu průmětu zdvihu do dělicí roviny formy.

Plocha průmětu zdvihu do dělicí roviny formy

Plocha průmětu zdvihu S_P (obr. 7.1) byla vypočítána v programu Autodesk Inventor Professional 2017.

$$S_P = \mathbf{188{,}79339\ cm^2}$$



Obr. 7.1 Průmět zdvihu do dělicí roviny formy.

Určení minimální uzavírací síly stroje

Pro návrh je použit vztah (7.1) uvedený v knize [3].

$$F_U = \frac{1}{100} * S_P * p_F \ \text{[kN]} \qquad (7.1)$$

kde: F_U [kN] - minimální uzavírací síla potřebná pro provoz formy,

S_P [cm^2] - plocha průmětu zdvihu do dělicí roviny formy,

p_F [bar] - maximální tlak v dutině formy, zvoleno p_F = 500 bar dle knihy [3].

Pozn.: Hodnota tlaku 500 bar v dutině formy vychází z měření a zobecnění těchto měření pro různé výstřiky z různých materiálů [3].

$$\boldsymbol{F_U} = \frac{1}{100} * 188{,}79339 * 500 = \mathbf{943{,}97\ kN}$$

Volba stroje

Vzhledem k výpočtu uzavírací síly a velikosti navržené formy a upínacích desek formy 900 x 900 mm byl zvolen hydraulický vstřikovací stroj **ARBURG ALLROUNDER 920 S** (obr. 7.2) s uzavírací silou 5000 kN a vzdálenostmi mezi vodícími sloupky 920 x 920 mm. Vzhledem k hmotnosti celého vstřiku 155 g (tab. 8.1) byla ke stroji vybrána vstřikovací jednotka s označením **2100.** Podrobné parametry stroje jsou v příloze č. 25.

Obr. 7.2 Vstřikovací stroj ARBURG ALLROUNDER 920 S [10].

Parametry vstřikování

Parametry pro vstřikování jsou uvedeny v tabulce 7.1.

Tab. 7.1 Orientační parametry vstřikování pro materiál PP uvedené v [3] a v kulatých závorkách uvedené hodnoty z přiloženého materiálového listu PP MOSTEN MA 712.

<table>
<tr><td rowspan="10">PP
(PP MOSTEN MA 712)</td><td>Hustota</td><td>Teplota taveniny</td><td>Teplota formy</td><td>Vstřikovací tlak před čelem šneku</td></tr>
<tr><td>(g*cm^{-3})</td><td>(°C)</td><td>(°C)</td><td>(bar)</td></tr>
<tr><td>0,900 - 0,907</td><td>180 - 300
(200 – 280)</td><td>20 - 60°C</td><td>500 - 1200</td></tr>
<tr><td>Dotlak</td><td>Zpětný odpor - hydraulický tlak</td><td>Obvodová rychlost na šneku</td><td>Maximální doba prodlevy ve vstřikovacím válci a horkém rozvodu (při teplotě taveniny)</td></tr>
<tr><td></td><td>(bar)</td><td>(m*s^{-1})</td><td>(min)</td></tr>
<tr><td>50 - 90 %
(60 – 80 %)
ze vstřikovacího tlaku</td><td>do 50</td><td>až 0,3</td><td>40</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Polštář v % z dávky</td><td rowspan="2">Struktura</td><td colspan="2">Výrobní smrštění</td></tr>
<tr><td>podélné</td><td>příčné</td></tr>
<tr><td>až 10 %</td><td>semikrystalická</td><td>1,5 až 2,5 %
(1,92 %)</td><td>1,5 až 2,5 %
(2,37 %)</td></tr>
</table>

8 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

Výpočet spotřeby elektrické energie stroje za jednu směnu

Dle informací uvedených v příloze č. 25 má zvolený vstřikovací stroj výkon 89 kW. To znamená, že stroj spotřebuje za 1 hodinu:

89 kWh

Jedna směna bude trvat 12 hodin, přičemž stroj při směně nebude využívat svůj výkon plně z různých důvodů, jako jsou např.: najetí nové zakázky, technické problémy stroje, čas potřebný pro dosažení požadované teploty formy a provedení několika zkušebních zdvihů při najetí nebo po vyřešení technického problému či lidská chyba. Proto je využití výkonu stroje za 1 směnu stanoveno na 90 %.

Za 1 směnu je spotřeba elektrické energie stroje následující:

*doba směny * spotřeba za 1 hodinu * využití výkonu stroje*

*12 * 89 * 0,90* = **961,2 kWh**

Výpočet ceny spotřeby elektrické energie stroje za jednu směnu

Cena 1 kWh vychází na 3,82 Kč [11]. Provoz stroje na 1 směnu z hlediska spotřeby elektrické energie pak vychází následovně:

*spotřeba elektrické energie za 1 směnu * cena 1kWh*

*961,2 * 3,82* = **3672 Kč**

Počet kusů výlisků součásti vyrobených za jednu směnu

Vzhledem k provedené simulaci v Autodesk Moldflow Adviser 2018 v kapitole 6.2, čas plnění jedné navržené součásti vychází na 6,188 sekund za ideálních podmínek. To je ale pouze doba vstřikování. Pro stanovení doby výrobního cyklu je potřeba započítat ještě dobu dotlaku, dobu chlazení a dobu strojní a také zahrnutí problematiky násobné formy, kdy jsou vyrobeny 4 součásti najednou. Při zohlednění tohoto byl čas jednoho výrobního cyklu stanoven na 25 sekund.

Za 25 sekund se tedy vyrobí 4 výlisky. Směna trvá 12 hodin (43 200 sekund). Počet zdvihů stroje za směnu při využití 100 % výkonu stroje:

doba směny / doba jednoho výrobního cyklu

43 200 / 25 = 1720 zdvihů

Počet kusů výlisků součásti vyrobených za jednu směnu pak je:

*počet zdvihů stroje * počet kusů výlisků součásti vyrobených za 1 zdvih*

*1720 * 4* = **6880 ks**

Stanovení doby pro vyrobení celé série výlisků součásti

Výrobní série je stanovena na 50 000 ks a směnnost (s = 2), což znamená, že výroba je nepřetržitá. Počet směn pro vyrobení celé série je:

velikost výrobní série / počet ks výlisků součásti vyrobených za 1 směnu

50 000 / 6880 ≐ **7,27 směn**

Doba pro vyrobení cele série je:

počet směn pro vyrobení celé série / směnnost

7,27 / 2 ≐ **3,64 dnů ≐ 87 hodin a 14 minut**

Využití plastového materiálu

V tabulce 8.1 jsou uvedeny hmotnosti výlisků a vtokového zbytku.

Tab. 8.1 Hmotnosti výlisků a vtokového zbytku zjištěné v programu Autodesk Inventor Professional 2017.

Hmotnost jednoho výlisku součásti	30 g
Hmotnost 4 výlisků součásti	120 g
Hmotnost votkového zbytku	35 g
Hmotnost výlisků včetně vtokového zbytku	155 g

Dle tabulky 8.1 je spotřeba materiálu na jeden zdvih 155 g. V jednom zdvihu se vyrobí 4 výlisky součásti. Výrobní série je stanovena na 50 000 ks.

Počet zdvihů na vyrobení celé série kusů je:

velikost výrobní série / počet kusů výlisku součásti v jednom zdvihu
50 000 / 4 = 12 500 zdvihů

Hmotnost spotřebovaného plastového materiálu na výrobní sérii 50 000 ks je:

*počet zdvihů na vyrobení celé série * spotřeba materiálu na jeden zdvih*
*12 500 * 155* = **1 937 500 g = 1 937,5 kg**

Analýza ceny nákladů na výlisek

Cena výlisku = cena materiálu + náklady na zpracování. [12]

*Cena materiálu = (skutečná hmotnost + ztrátová hmotnost) * jednotková cena materiálu.* [12]

Do nákladů na zpracování by bylo možné zařadit provoz stroje a přídavných zařízení, obsluhu a nepředvídatelné náklady [12].

Analýza ceny nákladů na vstřikovací formu

Cena formy = náklady na materiál + náklady na projekt + náklady na zpracování a zisk (při prodeji) + DPH + náklady na testování + náklady na balení a přepravu. [12]

Procentuální zastoupení těchto nákladů [12]:

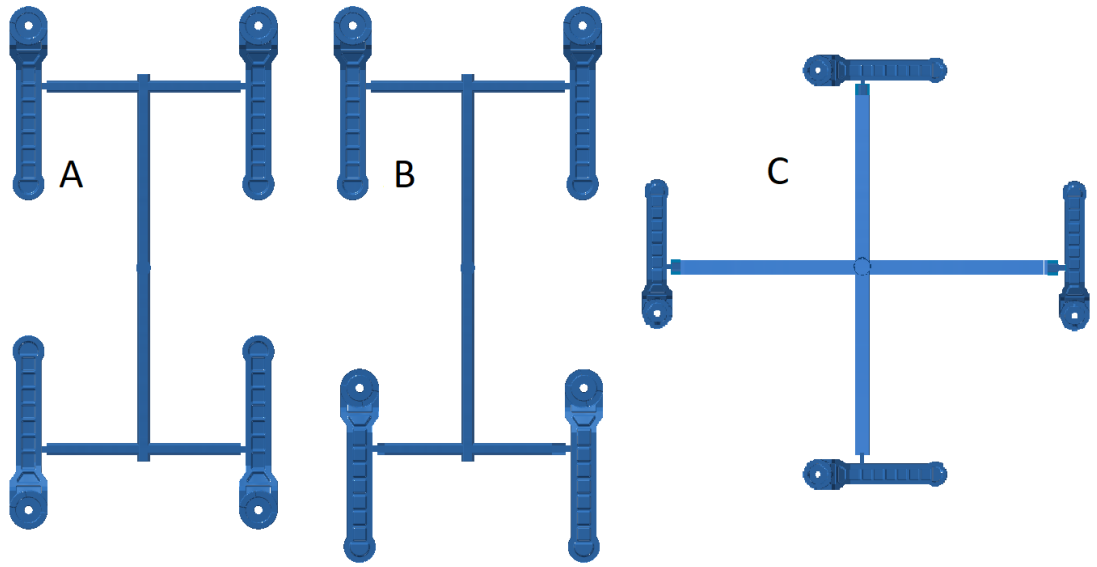
- materiál a standartní díly tvoří 15 % - 30 % z ceny formy,
- náklady na projekt 10 % – 15 % z ceny formy,
- náklady na zpracování a zisk tvoří 30 % – 50 % z ceny formy,
- náklady na testování 3 % – 5 % z ceny formy,
- náklady na balení a přepravu 3 % z ceny formy.

9 DISKUZE

Porovnání možností uspořádání výlisků

Jelikož je forma čtyřnásobná, možností pro uspořádání 4 tvarových dutin součásti je několik. Na obrázku 9.1 jsou uvedeny některé z možných uspořádání výlisků. Varianta (A) je vybranou variantou v této práci. Varianta (B) je pak obdobná a pro výrobu by byla lehce náročnější. Varianta (C) je pak nejnáročnější na zaformování a výrobu. Znamenalo by to větší složitost tvárníku a tvárnice a vzhledem k samostatným rozváděcím kanálům také větší spotřebu materiálu.

Varianta (C) je proto zcela nevhodná. Varianta (B) je o dost lepší než varianta (C). Varianta (A) je pak nejvýhodnějším řešením.



A – varianta (A), B – varianta (B), C – varianta (C).
Obr. 9.1 Varianty uspořádání výlisků zkonstruované v programu Autodesk Inventor Professional 2017.

Vyhazování výlisku

Při vyhození výlisku bude potřeba pracovník, který oddělí vtokový zbytek od výlisků součásti, což je nevýhodné. Toto je možné řešit konstrukcí třídeskové odtrhávací formy, nicméně tím bude forma složitější a nákladnější na výrobu.

Za uvážení také stojí možnost pouhého vysunutí výlisků vyhazovači a následném vyjmutí výlisku pracovníkem za účelem eliminace poškození výlisků pádem. Při tomto způsobu by se však doba výrobního cyklu značně prodloužila.

Možnost použití vyhřívaného vtokového systému (VVS)

Vzhledem k tloušťce stěny výlisku a násobnosti formy, kdy při studeném vtoku vzniká velký vtokový zbytek, pak dochází k větší spotřebě plastového granulátu a vzhledem k zahrnutí problematiky oddělování vtokového zbytku od výlisků součásti, dochází k menší efektivitě výroby. Proto by bylo vhodnější použít horkého vtokového systému, kdy vtokový zbytek nevzniká vůbec anebo je minimální, čímž odpadá problém oddělování vtokového zbytku od výlisků součásti. Pak by bylo vhodné zohlednit náklady na pořízení a provoz vyhřívání vtokového systému.

Pevnostní analýza

Pro součást nebyla provedena pevností analýza, proto byla zvolena větší tloušťka stěny výstřiku. Pokud by byla provedena, znamenalo by to další úpravu dílu a tím možné ušetření nákladů na výlisek.

Chladicí systém

V této práci nebylo v praktické části navrženo chlazení. Po zvolení násobnosti formy, byla však forma konstruována tak, aby zde zbylo místo i pro chladící kanály. Za předpokladu konstrukce chladících kanálů by pak vznikl účinný chladicí systém. Jelikož chladicí systém nebyl dimenzován, je možné, že by forma mohla mít buď menší, nebo vetší velikost desek.

ZÁVĚR

Shrnutí dosažených výsledků:

- proces konstrukce výlisku se opíral o údaje uvedené v teoretické části a s ohledem na funkčnost a design se návrh podařil realizovat,
- za předpokladu volby vstupních parametrů byla vhodně určena násobnost formy,
- v závislosti na násobnost a konstrukci výlisku byl navržen vtokový systém včetně nalezení té nejvhodnější polohy místa ústí vtoku pomocí počítačové simulace,
- při návrhu vtokového systému a uspořádání výlisků bylo myšleno na co nejjednodušší zaformování, vzhledem ke konstrukci tvárníku a tvárnice,
- vhodné zaformování výlisků umožnilo následný návrh vstřikovací formy,
- vstřikovací forma byla konstruována co nejjednodušší tak, aby na výrobu nemusely být vynaloženy velké náklady, avšak za předpokladu vyhovění všem požadavkům funkce formy,
- po konstrukci formy byla stanovena velikost minimální uzavírací síly stroje a byl vybrán nejvhodnější stroj z nabídky od vytipovaného výrobce. Stroj byl vybrán i s ohledem na ostatní parametry,
- pro vytipovaný díl vstřikovací formy byl navržen technologický postup, kde se kladl důraz na vhodně zvolené technologické parametry výroby, také byl kladen důraz na správnou posloupnost operací s ohledem na co nejmenší počet odepínání, otáčení a znovu upínaní obráběného dílu.
- cíl zkrátit strojní časy jednotlivých úkonů, v závislosti na to vybráno CNC univerzální obráběcí centrum,
- stanovení vhodných materiálů dílů vstřikovací formy,
- v ekonomickém zhodnocení zjištění ceny provozu stroje z hlediska spotřeby elektrické energie, výpočet doby pro splnění navržené výrobní série výlisků a také stanovena orientační cena za plastový materiál,
- v závěrečné diskuzi byly probrány možnosti jiného řešení konstrukce a problematiky tohoto tématu.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. LENFELD, Petr. *Technologie vstřikování* [online]. 2016 [cit. 2018-05-07]. ISBN 978-80-88058-74-8. Dostupné z: https://publi.cz/books/184/Impresum.html
2. BOBEK, Jiří. *Vstřikovací formy pro zpracování termoplastů* [online]. 2016 [cit. 2018-05-08]. ISBN 978-80-88058-65-6. Dostupné z: https://publi.cz/books/179/Impresum.html
3. ZEMAN, Lubomír. *Vstřikování plastů: úvod do vstřikování termoplastů*. Praha: BEN - technická literatura, 2009. ISBN 978-80-7300-250-3.
4. PTÁČEK, Luděk. *Nauka o materiálu II*. 2. opr. a rozš. vyd. Brno: CERM, 2002. ISBN 80-7204-248-3.
5. TECHNICKÁ UNIVERZITA LIBEREC. *Vstřikování plastů* [online]. [cit. 2018-03-28]. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/01.htm
6. KANDUS, Bohumil. *Technologie tváření*. [Přednáška]. Brno: VUT, 1. Prosince 2015.
7. ŘEHULKA, Zdeněk. *Konstrukce výlisků z plastů a forem pro zpracování plastů: polymery*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2013. ISBN 978-80-7204-833-5.
8. LENFELD, Petr. *Technologie II.* Část 2., Zpracování plastů. Vyd. 2. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2009. ISBN 978-80-7372-467-2.
9. TOMIS, František, Jiří KAŇOVSKÝ a Josef HELŠTÝN. *Formy a přípravky*. Brno: VUT, 1979. Učební texty vysokých škol.
10. Hydraulické stroje - ARBURG. In: *ARBURG* [online]. [cit. 2018-05-22]. Dostupné z: https://www.arburg.com/cs/cz/spektrum-sluzeb/vstrikovani/vstrikovaci-stroje/hydraulicke-stroje/
11. Cena 1 kWh elektřiny (aktuální) 2018. *Srovnání cen energií 2018 Energie123.cz* [online]. Copyright © 2011 [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: https://www.energie123.cz/elektrina/ceny-elektricke-energie/cena-1-kwh/
12. Plastic Injection Mold Cost Analysis. *Injection Mold China, Plastic Injection Mould Maker* [online]. [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: http://www.injectionmoldchina.net/cost-analysis.html
13. Technical datasheet Mosten MA 712 cz. In: *Unipetrol* [online]. Copyright © [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: http://www.unipetrolrpa.cz/CS/NabidkaProduktu/petrochemicke-produkty/polyolefiny/Documents/Specification/cs/Technical%20datasheet%20Mosten_MA%20712_cz.pdf
14. Katalog anglicky. In: *Strojimport* [online]. Copyright © [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: http://strojimport.com/files/katalog_ANGLICKY.pdf
15. Nástroje. *Sandvik Coromant* [online]. Copyright © Sandvik Coromant [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: https://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/products/pages/tools.aspx

16. Vrták středící dlouhý. In: *Stimzet* [online]. [cit. 2018-05-22]. Dostupné z: http://www.stimzet.cz/data/csn2211101_cz.html

17. ARBURG ALLROUNDER 920S TD en GB. In: *ARBURG* [online]. Copyright © [cit. 2018-05-22].
Dostupné z: https://www.arburg.com/fileadmin/redaktion/Mediathek/Technische_Daten/ARBURG_ALLROUNDER_920S_TD_528995_en_GB.pdf

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratka/Symbol	Jednotka	Popis
A	-	Koeficient respektující vtokový zbytek
a	[mm]	Tloušťka žebra
D		Průměr zahloubení pro hlavičku šroubu v díře
D_H	[mm]	Průměr hlavního rozváděcího kanálu
D_V	[mm]	Průměr vedlejšího rozváděcího kanálu
D_{VK1}	[mm]	Průměr vtokového kanálu v místě napojení na trysku plastifikační jednotky
D_{VK2}	[mm]	Průměr vtokového kanálu v místě napojení na rozváděcí kanály
F	[N]	Uzavírací síla stroje
F_U	[kN]	Minimální uzavírací síla potřebná pro provoz formy
ITT	g * (10min)$^{-1}$	Index toku taveniny
k	-	Koeficient využití výrobního času
L	[mm]	Délka rozváděcího kanálu
L_{MIN}	[mm]	Minimální vzdálenost mezi středem díry a krajem výlisku
L_{VK}	[mm]	Délka vtokového kanálu ve vtokové vložce
L_{VV}	[mm]	Délka vtokové vložky
M	[g]	Vstřikovací kapacita plastifikační jednotky
m	[g]	Hmotnost jednoho výstřiku
Mp	[kg * h^{-1}]	Plastifikační výkon
N	[ks]	Celková produkce
n_1	-	Násobnost podle doby plnění dodávek
n_2	-	Násobnost podle vstřikovací kapacity
n_3	-	Násobnost podle doby plnění dodávek
n_4	-	Násobnost podle uzavírací síly stroje
p_F	[bar]	Maximální tlak v dutině formy
P_V	[Pa]	Vstřikovací tlak
R_{MAX}	[mm]	Maximální zaoblení
R_{MIN}	[mm]	Minimální zaoblení
R_{VK}	[mm]	Zaoblení na konci vtokového kanálu při přechodu na rozváděcí kanály
S	[m^2]	Průmět ploch dutin a kanálů do dělící roviny
s	[mm]	Tloušťka stěny
S_P	[cm^2]	Plocha průmětu zdvihu do dělící roviny formy
t_C	[s]	Doba cyklu
t_P	[s]	Doba produkce
V	[mm]	Souřadnice ústí vtoku
α	[°]	Vnější úkos
β	[°]	Vnitřní úkos

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1 Materiálový list
Příloha č. 2 Schéma a rozměry výlisku
Příloha č. 3 Vtokový systém
Příloha č. 4 Zaformování výlisku
Příloha č. 5 Výkres sestavy vstřikovací formy
Příloha č. 6 Výkres rozpěry
Příloha č. 7 Technologický postup výroby rozpěry
Příloha č. 8 Frézovací obráběcí centrum vertikální MCV 1000 Sprint
Příloha č. 9 Fréza čelní 345-050Q22-13H
Příloha č. 10 VBD 345R-1305M-PH 4230
Příloha č. 11 Fréza čelní 490-040A32-14H
Příloha č. 12 VBD 490R-140408M-PH 4230
Příloha č. 13 Fréza čelní 725-100Q32-21M
Příloha č. 14 VBD 745R-2109E-M31 4230
Příloha č. 15 Fréza čelní RA390-038M32-17H
Příloha č. 16 VBD R390-170412E-PM 1130
Příloha č. 17 Středící vrták ČSN 221110.1
Příloha č. 18 Vrták 861.1-1700-204A1-GM GC34
Příloha č. 19 Vrták 870-3100-31L32-8
Příloha č. 20 Vrtací hlavice 870-3200-31-PM 4234
Příloha č. 21 Vrták 880-D4800L40-03
Příloha č. 22 VBD 880-08 05 W12H-P-GR 4334
Příloha č. 23 VBD 880-08 05 08H-C-GR 1044
Příloha č. 24 Závitník strojní E263M36
Příloha č. 25 Vstřikovací stroj ARBURG ALLROUNDER 920 S

Příloha č. 1 – 1/2
Materiálový list [13]

PP MOSTEN® MA 712

TECHNICKÝ LIST

BLOKOVÝ KOPOLYMER PRO VSTŘIKOVÁNÍ **MFR (230/2,16): 12 g/10 min**

Mosten MA 712 je polypropylen vyráběný v Unipetrolu RPA technologií INNOVENE™ PP.

Charakteristika

- nukleace
- antistatická receptura
- neobsahuje ftaláty uvedené v seznamu SVHC
- splňuje EN 71-3,9 Bezpečnost hraček

Mezinárodní označení

ISO 19069-PP-B,,MMZ,16-09-090

Aplikace

- technické díly
- přepravní obaly
- kompaundy
- nářadí

Materiálové vlastnosti (typické hodnoty, netvoří specifikaci daného typu)

Parameter		Zkušební metoda	Jednotka	Hodnota
REOLOGICKÉ VLASTNOSTI				
Index toku taveniny (230 °C/2,16 kg)		ISO 1133-1	g/10 min	12
Výrobní smrštění podélně		ISO 294-3,4	%	1,92
Výrobní smrštění napříč				2,37
MECHANICKÉ VLASTNOSTI				
Modul pružnosti v ohybu		ISO 178	MPa	1550
Modul pružnosti v tahu		ISO 527-1,2	MPa	1500
Napětí na mezi kluzu			MPa	29
Prodloužení na mezi kluzu			%	5
Celková tažnost			%	70
Krípový modul v tahu (5 MPa)	1 h	ISO 899-1	MPa	1350
	1000 h			580
Vrubová houževnatost Charpy	23 °C	ISO 179-1	kJ/m²	10
	-20 °C			4
TEPLOTNÍ VLASTNOSTI				
Teplota tání (DSC)		ISO 11357-1, 3	°C	165 - 170
Teplota měknutí dle Vicata (VST)		ISO 306	°C	155
HDT (1,8 MPa)		ISO 75-1,2	°C	56
OSTATNÍ VLASTNOSTI				
Tvrdost Shore D		ISO 868	-	63

Zpracovatelské podmínky

Parametr	Doporučená hodnota	Jednotka
Teplota taveniny	200 - 280	°C
Teplota formy	20 - 60	°C
Dotlak	(60 - 80) % vstřikovacího tlaku	%
Délka šneku	(15 - 25) d*	-

* Průměr šneku

Unipetrol
ORLEN GROUP

Příloha č. 1 – 2/2
Materiálový list [13]

PP MOSTEN®

TECHNICKÝ LIST

Vzhledové vlastnosti

PP Mosten neobsahuje žádné mechanické nečistoty. Je dodáván v podobě přírodního granulátu. Typické rozmezí sypné hmotnosti PP Mosten je (450 - 600) kg/m³.

Teplotní vlastnosti

PP Mosten se vyznačuje dobrými tepelně-izolačními vlastnostmi. Oblast teplot tání krystalického podílu homopolymerů je (160 - 168) °C, kopolymerů (125 - 168) °C. Teplota skelného přechodu Tg homopolymerů je cca -10 °C. Se snižující se teplotou klesá houževnatost materiálu a pod teplotou -20 °C je materiál již značně křehký. V oblasti záporných teplot je vhodnější použít kopolymery, které mají obecně teplotu skelného přechodu Tg posunutou k výrazně nižším hodnotám než homopolymery. V oblasti vysokých teplot lze PP Mosten používat trvale do 100 °C, tepelně stabilizované typy do 105 °C. Stupeň tepelné stability všech typů PP Mosten je takový, že při obvyklém způsobu zpracování nedochází k významné degradaci materiálu.

Fyzikálně-chemické vlastnosti

PP Mosten je díky svému nepolárnímu charakteru v širokém rozsahu teplot a koncentrací chemicky velmi stálý vůči roztokům anorganických solí, kyselin a zásad. Neodolává pouze oxidačním činidlům (např. koncentrovaná kyselina dusičná, oleum, halogeny), v halogenovaných aromatických uhlovodících a v některých rozpouštědlech za zvýšených teplot bobtná. Navlhavost a nasákavost PP Mosten je velmi malá (0,2 %). Sorpce vody se týká pouze povrchu materiálu, je ho proto použít v prostředí s proměnnou relativní vlhkostí, aniž by docházelo k rozměrovým změnám výrobků či změnám mechanických vlastností.
Při zpracování PP Mosten může působit obtíže vlhkost, zkondenzovaná při přenosu materiálu z prostředí chladnějšího do prostředí teplejšího. Při teplotách skladování nižších než 20 °C se doporučuje kondicionovat materiál min. 24 h před vlastním zpracováním ve výrobní hale.

Zdravotní nezávadnost

PP Mosten splňuje požadavky těchto nařízení a předpisů, v platném znění:

- Zákona č. 152/1995 Sb.;
- Vyhlášky MZ ČR č. 38/2001 Sb.;
- Nařízení Evropského Parlamentu (EP) a Rady (ES) č. 1935/2004;
- Nařízení EP a Rady (ES) č. 1907/2006 (REACH) - při výrobě tohoto typu PP Mosten nebyly použity ftaláty uvedené v seznamu SVHC;
- Nařízení Komise (EU) č. 10/2011, v platném znění.

Požární a bezpečnostně-technické charakteristiky

PP Mosten není podle nařízení EP a Rady (ES) č. 1272/2008 (CLP) klasifikován jako nebezpečná látka ani nesplňuje žádnou z dalších podmínek uvedených v čl. 31 nařízení EP a Rady (ES) č. 1907/2006 (REACH), a proto se na něj nevztahuje povinnost poskytovat příjemci bezpečnostní list. Povinné informace o produktu podle čl. 32 nařízení EP a Rady (ES) č. 1907/2006 (REACH) a další údaje jsou uvedeny ve „Sdělení" výrobce. Dokument je k dispozici na www.unipetrolrpa.cz nebo na vyžádání.

Skladování a manipulace

PP Mosten se dodává v polyetylenových pytlích (>PE-LD<) o hmotnosti 25 kg. Pytle se ukládají v počtu 55 kusů na paletách, fixovaných smršťovací fólií (>PE-LD<). Fólie chrání výrobek proti poškození a zvyšuje jeho životnost. Ložené palety jsou určeny ke stohování do 2 vrstev, výjimečně do 3 vrstev. PP Mosten může být alternativně dodáván volně ložený v autocisternách. Jiný způsob balení nebo dopravy je možný po dohodě s odběratelem.
PP Mosten je skladován v suchém, větraném, zastřešeném skladu, jehož prostory jsou chráněny před přímými účinky slunečního záření. Doporučené rozmezí teplot ve skladu je -20 °C až +50 °C. Vzdálenost od zdroje tepla je nejméně 1 m.
Doporučená doba skladování PP Mosten v uzavřených obalech za stanovených podmínek skladování je až 1 rok. Při delším skladování je vhodné ověřit vlastnosti materiálu před jeho zpracováním.

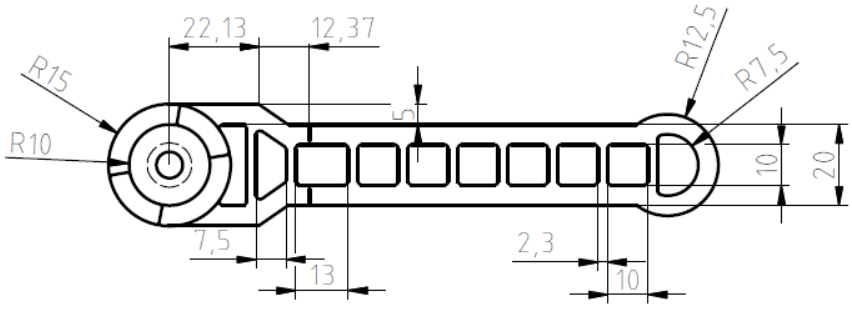
Obaly

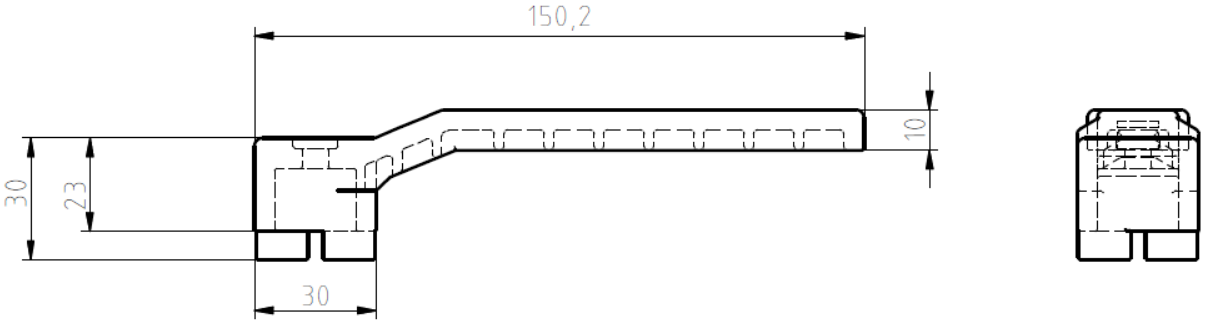
Obaly, použité výrobcem pro balení materiálu PP Mosten splňují požadavky §3 a 4 zákona č. 477/2001 Sb. o obalech, v platném znění. Obaly jsou navrženy a vyrobeny podle technických předpisů pro hmotnost a objem výrobků, pro které jsou určeny.
Materiál obalů neobsahuje klasifikované nebezpečné látky. Součet obsahu těžkých kovů v obalu (olova, kadmia, rtuti a šestimocného chromu) nepřekračuje limitní hodnotu 100 ppm.
Doporučené zařazení dle Katalogu odpadů: č. 15 01 02 (plastové obaly), č. 15 01 03 (dřevěné palety).
Doporučené způsoby využívání odpadů: materiálové využití, energetické využití.

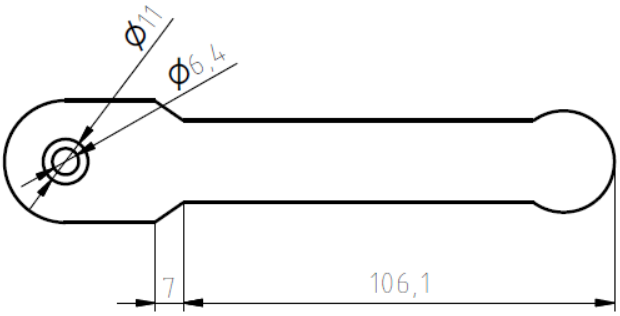
Pokyny pro nakládání s odpadem ze zpracování PE

Výrobky z PP Mosten a neznečištěný odpad, který vzniká při jeho zpracování, lze recyklovat a dále zpracovat na technické výrobky. V souladu s ČSN 77 0052-2 a ČSN EN ISO 11469 se pro polypropylen používá druhová materiálová značka >PP<. Materiálové značení na výrobcích z polypropylenu usnadňuje identifikaci materiálu při sběru, třídění, využívání či odstraňování uživatelského odpadu.
PP Mosten z produkce Unipetrol RPA neobsahuje olovo, kadmium, rtuť ani šestimocný chrom, přičemž součet koncentrací těchto těžkých kovů nepřesahuje limitní hodnotu 100 ppm. Odpad z PP Mosten zařazuje původce odpadu dle platné legislativy.
Doporučené zařazení podle Katalogu odpadů - č. 07 02 13.
Doporučené způsoby využívání odpadů: materiálové využití, energetické využití.

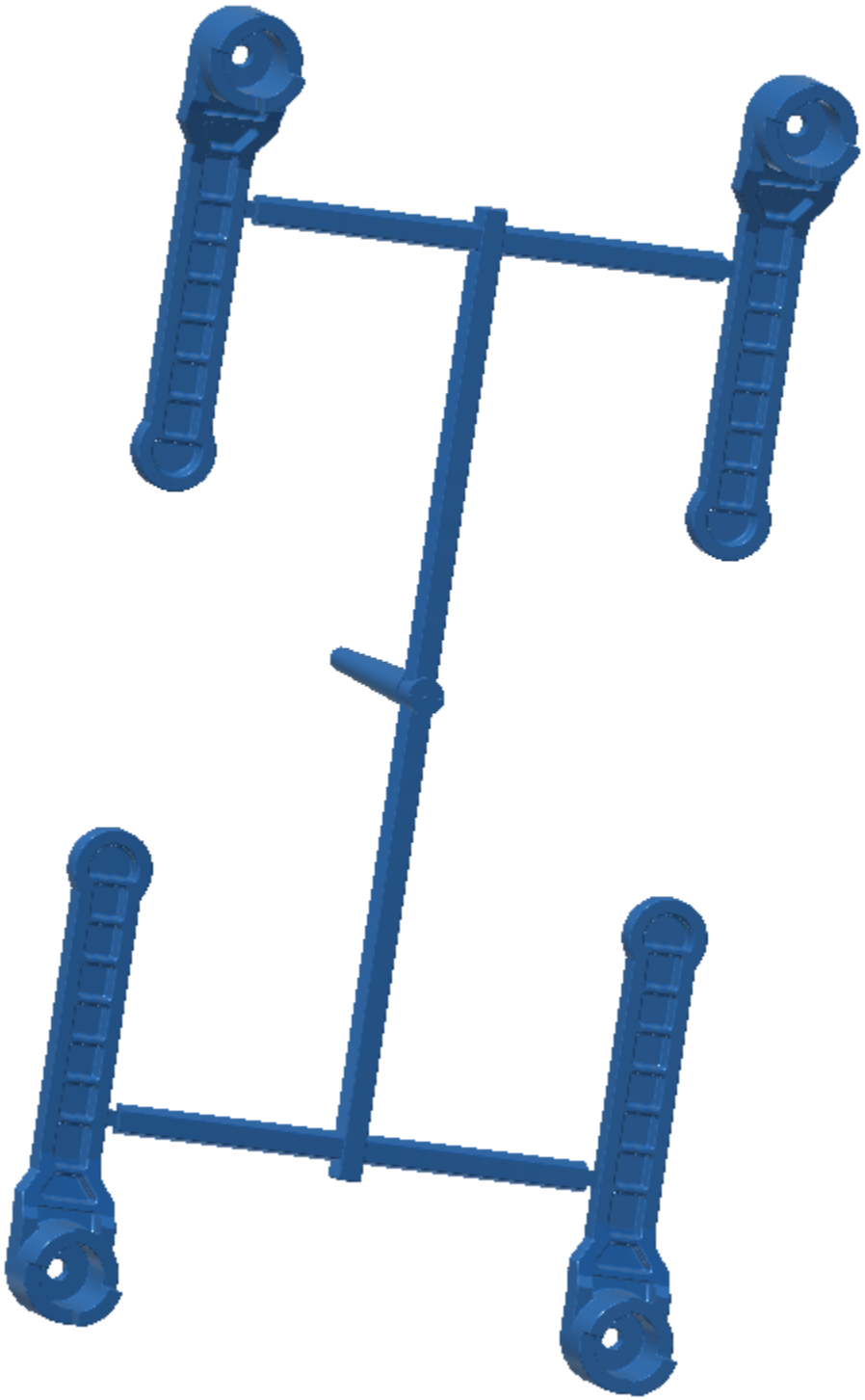
Příloha č. 2
Schéma a rozměry výlisku



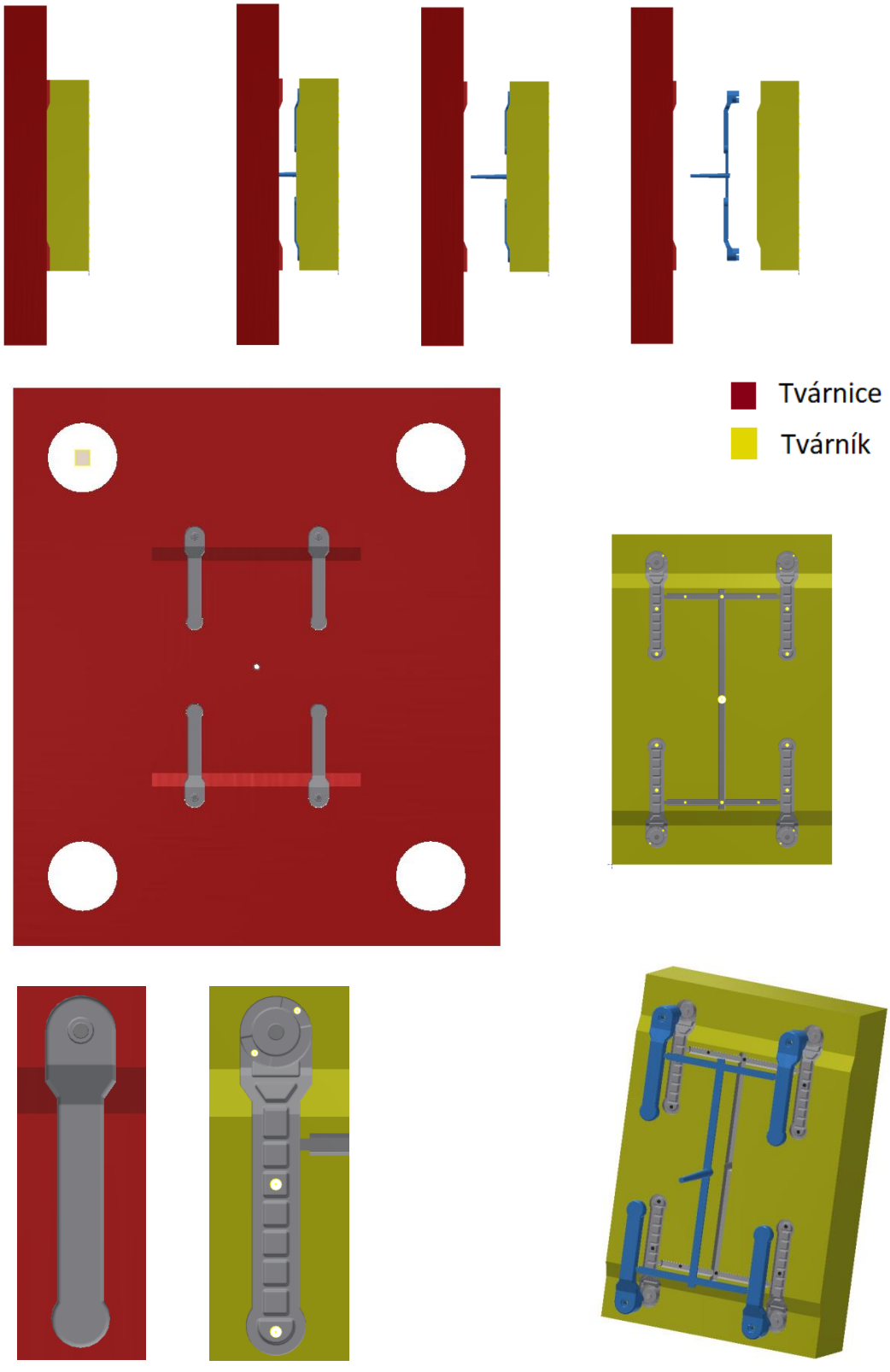




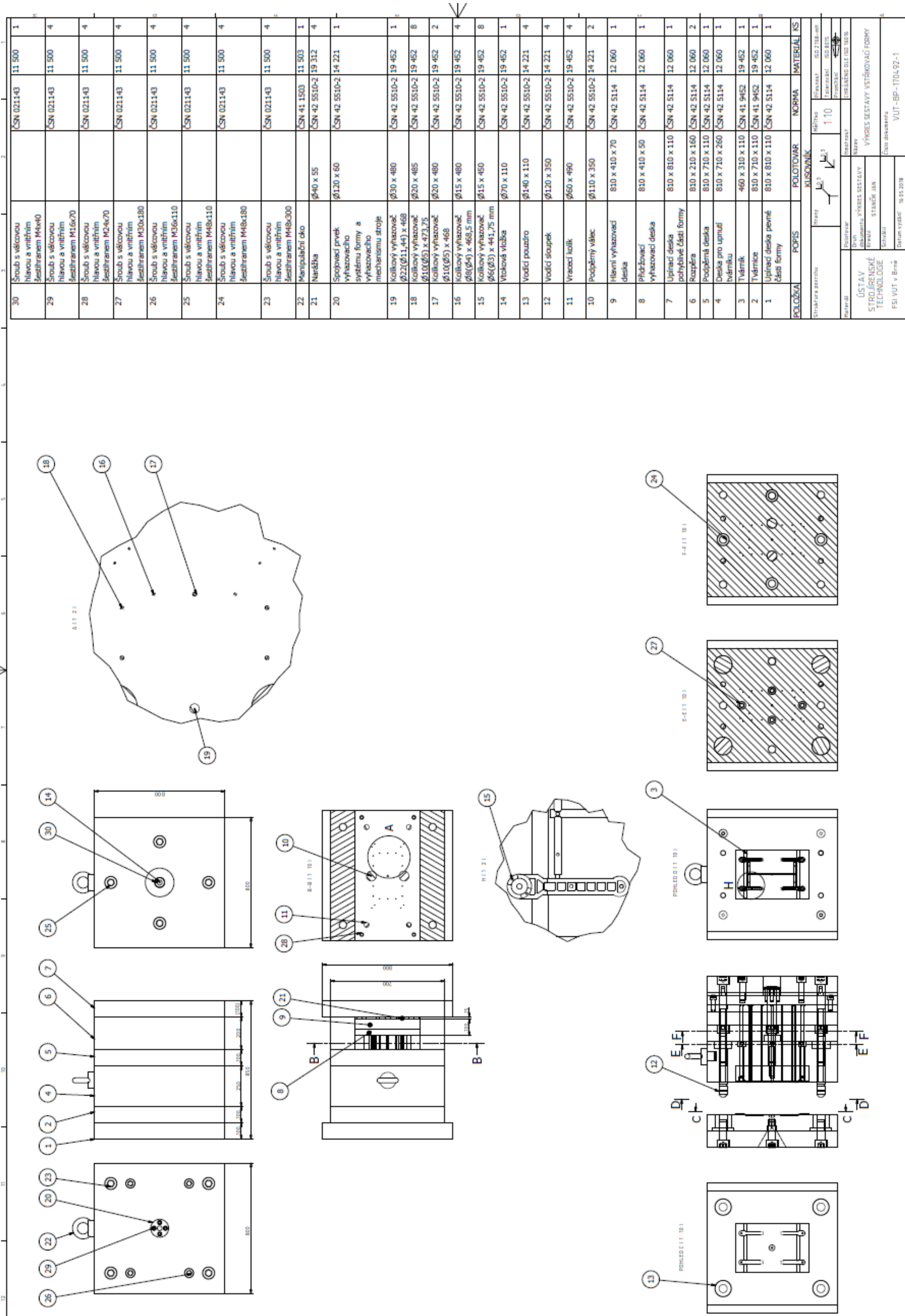
Příloha č. 3
Vtokový systém



Příloha č. 4
Zaformování výlisku



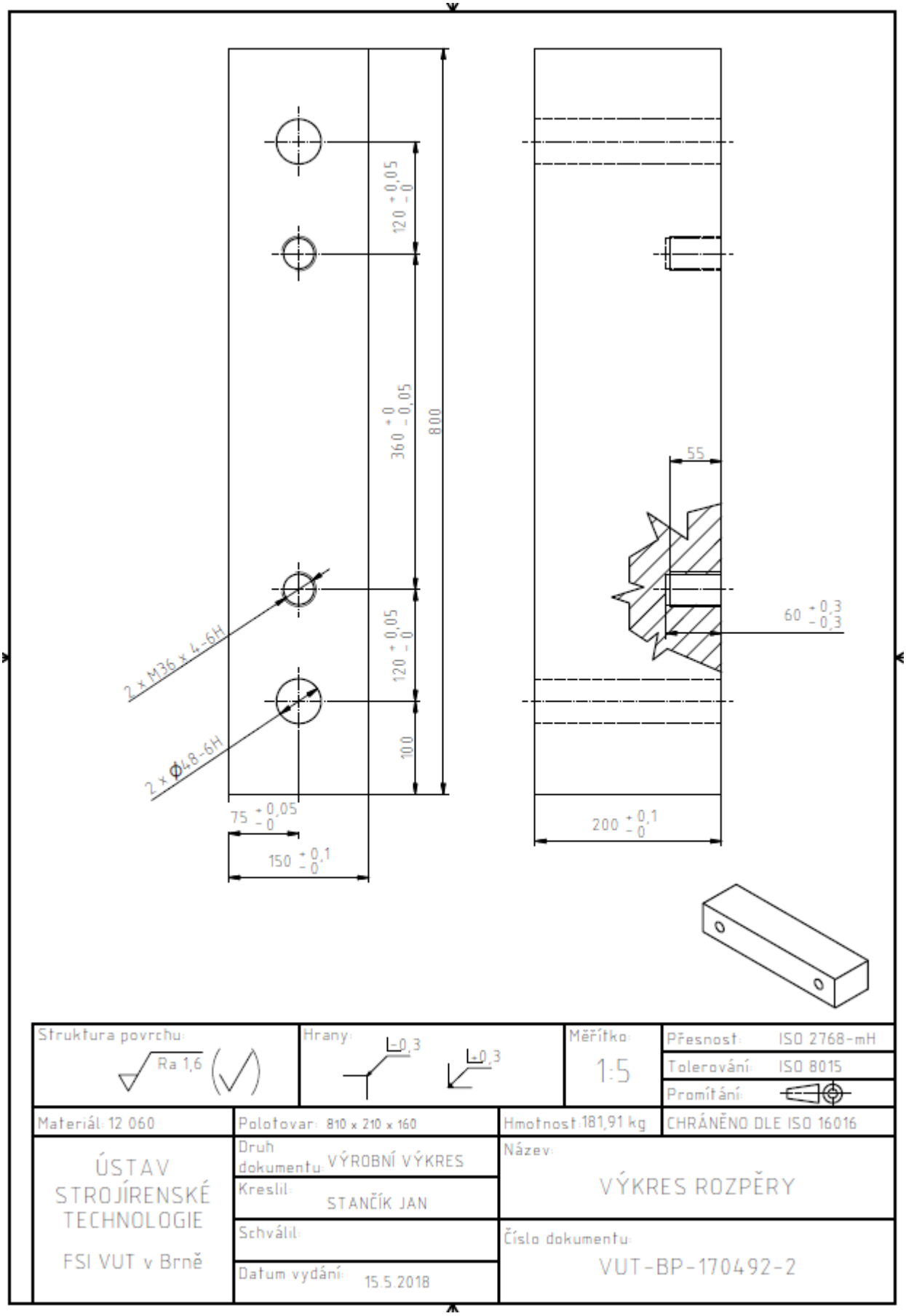
Příloha č. 5
Výkres sestavy vstřikovací formy



POLOŽKA	POPIS	POLOTOVAR	NORMA	MATERIÁL	KS
30	Šroub s válcovou hlavou a vnitřním šestihranem M4x40		ČSN 021143	11 500	1
29	Šroub s válcovou hlavou a vnitřním šestihranem M16x70		ČSN 021143	11 500	4
28	Šroub s válcovou hlavou a vnitřním šestihranem M24x70		ČSN 021143	11 500	4
27	Šroub s válcovou hlavou a vnitřním šestihranem M30x180		ČSN 021143	11 500	4
26	Šroub s válcovou hlavou a vnitřním šestihranem M36x110		ČSN 021143	11 500	4
25	Šroub s válcovou hlavou a vnitřním šestihranem M48x110		ČSN 021143	11 500	4
24	Šroub s válcovou hlavou a vnitřním šestihranem M48x180		ČSN 021143	11 500	4
23	Šroub s válcovou hlavou a vnitřním šestihranem M48x300		ČSN 021143	11 500	4
22	Manipulační oko		ČSN 41 1503	11 503	1
21	Narážka	Ø40 x 55	ČSN 42 5510-2	19 312	4
20	Spojovací prvek vyhazovacího systému formy a vyhazovacího mechanismu stroje	Ø120 x 60	ČSN 42 5510-2	14 221	1
19	Kolíkový vyhazovač Ø22(Ø11,44) x 468	Ø30 x 480	ČSN 42 5510-2	19 452	1
18	Kolíkový vyhazovač Ø10(Ø5) x 473,75	Ø20 x 485	ČSN 42 5510-2	19 452	8
17	Kolíkový vyhazovač Ø10(Ø5) x 468	Ø20 x 480	ČSN 42 5510-2	19 452	2
16	Kolíkový vyhazovač Ø8(Ø4) x 468,5 mm	Ø15 x 480	ČSN 42 5510-2	19 452	4
15	Kolíkový vyhazovač Ø6(Ø3) x 441,75 mm	Ø15 x 450	ČSN 42 5510-2	19 452	8
14	Vtoková vložka	Ø70 x 110	ČSN 42 5510-2	19 452	1
13	Vodící pouzdro	Ø140 x 110	ČSN 42 5510-2	14 221	4
12	Vodící sloupek	Ø120 x 350	ČSN 42 5510-2	14 221	4
11	Vratací kolík	Ø60 x 490	ČSN 42 5510-2	19 452	4
10	Podpěrný válec	Ø110 x 350	ČSN 42 5510-2	14 221	2
9	Hlavní vyhazovací deska	810 x 410 x 70	ČSN 42 5114	12 060	1
8	Přidržovací vyhazovací deska	810 x 410 x 50	ČSN 42 5114	12 060	1
7	Upínací deska pohyblivé části formy	810 x 810 x 110	ČSN 42 5114	12 060	1
6	Rozpěra	810 x 210 x 160	ČSN 42 5114	12 060	2
5	Podpěrná deska	810 x 710 x 110	ČSN 42 5114	12 060	1
4	Deska pro upnutí tvárníku	810 x 710 x 260	ČSN 42 5114	12 060	1
3	Tvárník	460 x 310 x 110	ČSN 41 9452	19 452	1
2	Tvárnice	810 x 710 x 110	ČSN 41 9452	19 452	1
1	Upínací deska pevné části formy	810 x 810 x 110	ČSN 42 5114	12 060	1

KUSOVNÍK

Příloha č. 6
Výkres rozpěry



VUT BRNO	VÝROBNÍ POSTUP	Název celku:	Název součásti :	Číslo výkresu součásti :	Vydání postupu :
FSI ÚST		Vstřikovací forma	Rozpěra	VUT - BP - 170492 - 2	1

Datum:	Vyhotovil:	Kontroloval:	Polotovar :	Číslo listu:
20.5.2018	Stančík Jan		□ 810 x 210 x 160	1/3

Číslo op. pořadové : / Orientační :	Název, označení stroje, zařízení, pracoviště : / Třídicí číslo :	Dílna :	Popis práce v operaci :	Výrobní nástroje, přípravky, měřidla, pomůcky :	Materiál nástroje:	Výrobní podmínky : v_c m.min^{-1}	n [ot.min^{-1}] / fz [mm]	a_p [mm]	l [mm] / i	t_{AS} [min]
0/0	Kontrola polotovaru	Kontrolní vstupní sklad	Kontrolovat rozměr 210 mm při četnosti kontroly 20 %	Posuvné měřítko						
			Kontrolovat rozměr 160 mm při četnosti kontroly 20 %	Digitální svinovací metr						
			Kontrolovat rozměr 810 mm při četnosti kontroly 20 %							
1/1	Frézovací obráběcí centrum vertikální MCV 1000 Sprint	Strojní dílna	Upnout za rozměry 160 x 810 mm do strojního svěráku	Posuvné měřítko						
			Frézovat čelně nahrubo rozměr 160 x 810 na kótu 206,5 $^{+0}_{-0,5}$ mm	FRÉZA 345-050Q22-13H VBD 345R-1305M-PH 4230	Ocel SK	258	1642 0,453	3,5	4798 1	1,290
			Frézovat sousledně nahrubo vnější stěny rozměru 160 x 810 mm na kótu 153 $^{+0}_{-0,5}$ x 803 $^{+0}_{-0,5}$ mm do délky 120 mm	FRÉZA 490-040A32-14H VBD 490R-140408M-PH 4230	Ocel SK	273	2172 0,28	10	1940 12	9,570
2/2	Frézovací obráběcí centrum vertikální MCV 1000 Sprint	Strojní dílna	Otočit o 180° a upnout za rozměry 153 $^{+0}_{-0,5}$ x 803 $^{+0}_{-0,5}$ mm do strojního svěráku	Posuvné měřítko						
			Frézovat čelně nahrubo rozměr 160 x 810 mm na kótu 203 $^{+0}_{-0,5}$ mm	FRÉZA 345-050Q22-13H VBD 345R-1305M-PH 4230	Ocel SK	258	1642 0,453	3,5	4798 1	1,290
			Frézovat sousledně nahrubo vnější stěny rozměru 160 x 810 mm na kótu 153 $^{+0}_{-0,5}$ x 803 $^{+0}_{-0,5}$ mm do délky 83 mm - napojit	FRÉZA 490-040A32-14H VBD 490R-140408M-PH 4230	Ocel SK	273	2172 0,28	10	1940 9	7,177
			Frézovat čelně dokončováním rozměr 153 $^{+0}_{-0,5}$ x 803 $^{+0}_{-0,5}$ mm na kótu 201,5 $^{+0}_{-0,5}$ mm	FRÉZA 725-100Q32-21M VBD 745R-2109E-M31 4230	Ocel SK	299	952 0,331	1,5	4522 1	2,05
			Frézovat sousledně dokončováním vnější stěny rozměru 153 $^{+0}_{-0,5}$ x 803 $^{+0}_{-0,5}$ mm na rozměr 150 $^{+0,1}_{-0}$ x 800 $^{+0,1}_{-0}$ mm do délky 120 mm	FRÉZA RA390-038M32-17H VBD R390-17 04 12E-PM 1130	Ocel SK	286	2390 0,22	10	1912 12	10,909

VUT BRNO / FSI ÚST	VÝROBNÍ POSTUP	Název celku:	Název součásti :	Číslo výkresu součásti :	Vydání postupu :
		Vstřikovací forma	Rozpěra	VUT - BP - 170492 - 2	1

Datum:	Vyhotovil:	Kontroloval:	Polotovar :	Číslo listu:
20.5.2018	Stančík Jan		□ 810 x 210 x 160	2/3

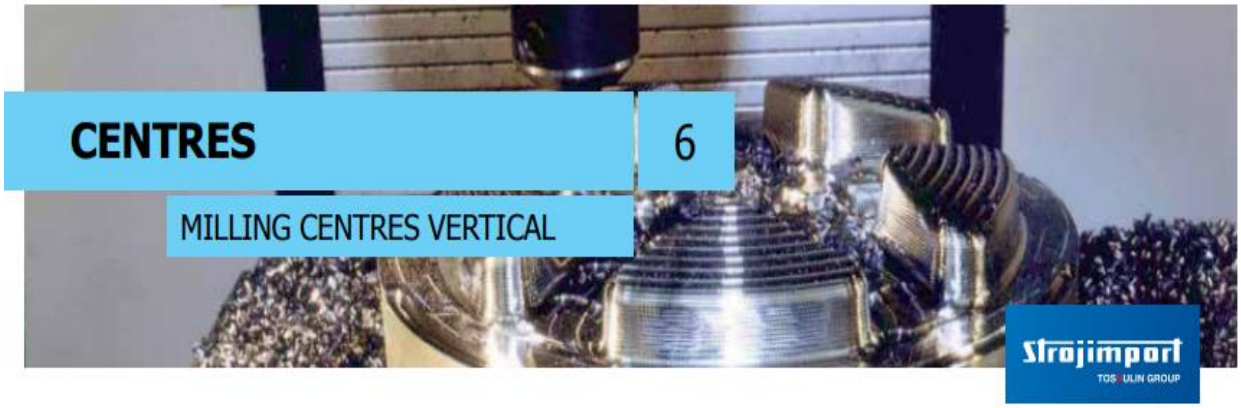
Číslo op. pořadové : / Orientační :	Název, označení stroje, zařízení, pracoviště : / Třídicí číslo :	Dílna :	Popis práce v operaci :	Výrobní nástroje, přípravky, měřidla, pomůcky :	Materiál nástroje:	Výrobní podmínky : v_c m.min^{-1}	n [ot.min^{-1}] / fz [mm]	a_p [mm]	l [mm] / i	t_{AS} [min]
3/3	Frézovací obráběcí centrum vertikální MCV 1000 Sprint	Strojní dílna	Otočit o 180° a upnout za rozměry 150 $^{+0,1}_{-0}$ x 800 $^{+0,1}_{-0}$ mm do strojního svěráku	Posuvné měřítko						
			Frézovat čelně dokončováním rozměr 153 $^{+0}_{-0,5}$ x 803 $^{+0}_{-0,5}$ mm na kótu 200 $^{+0,1}_{-0}$ mm	FRÉZA 725-100Q32-21M VBD 745R-2109E-M31 4230	Ocel SK	299	952 0,331	1,5	4522 1	2,05
			Frézovat sousledně dokončováním vnější stěny rozměru 153 $^{+0}_{-0,5}$ x 803 $^{+0}_{-0,5}$ mm na rozměr 150 $^{+0,1}_{-0}$ x 800 $^{+0,1}_{-0}$ mm do délky 80 mm - napojit	FRÉZA RA390-038M32-17H VBD R390-17 04 12E-PM 1130	Ocel SK	286	2390 0,22	10	1912 8	7,273
			Navrtat středící důlky Ø5 mm 2x pro díru Ø48-H6 a 2x pro závit M34x4-6H	Vrták středící dlouhý ČSN 221110.1	HSS	126	8022 0,32			0,117
			Předvrtat přerušovaně 2x Ø17 mm průchozí díru 200 mm pro díru Ø48-H6 - mazat a chladit	Vrták 861.1-1700-204A1-GM GC34	HC	126	2360 0,32			0,916
			Předvrtat 2x Ø17 mm díru v hloubce 60$^{+0,3}_{-0,3}$ mm pro závit M36x4-6H - mazat a chladit	Vrták 861.1-1700-204A1-GM GC34	HC	126	2360 0,32			0,233
			Vrtat 2x Ø32 mm díru v hloubce 60$^{+0,3}_{-0,3}$ mm pro závit M36x4-6H - mazat a chladit	Vrták 870-3100-31L32-8 Vrtací hlavice 870-3200-31-PM 4234	HC	110	1090 0,275			0,333
			Předvrtat přerušovaně 2x Ø32 mm průchozí díru 200 mm pro díru Ø48-H6 - mazat a chladit	Vrták 870-3100-31L32-8 Vrtací hlavice 870-3200-31-PM 4234	HC	110	1090 0,275			1,667
			Vrtat přerušovaně 2x Ø48-H6 mm díru v hloubce 120 mm - mazat a chladit	Vrták 880-D4800L 40-03 VBD 880-08 05 W12H-P-GR 4334 VBD 880-08 05 08H-C-GR 1044	SK	201	1330 0,24			0,967
			Zhotovit 2 x závit M36x4-6H v hloubce 55 mm	ZÁVITNÍK STROJNÍ E263M36	HSS	20,5	182/4			0,4

VUT BRNO / FSI ÚST	VÝROBNÍ POSTUP	Název celku:	Název součásti :	Číslo výkresu součásti :	Vydání postupu :
		Vstřikovací forma	Rozpěra	VUT - BP - 170492 - 2	1

Datum:	Vyhotovil:	Kontroloval:	Polotovar :	Číslo listu:
20.5.2018	Stančík Jan		□ 810 x 210 x 160	3/3

Číslo op. pořadové : / Orientační :	Název, označení stroje, zařízení, pracoviště : / Třídicí číslo :	Dílna :	Popis práce v operaci :	Výrobní nástroje, přípravky, měřidla, pomůcky :	Materiál nástroje:	Výrobní podmínky : v_c m.min^{-1}	n [ot.min^{-1}] / fz [mm]	a_p [mm]	l [mm] / i	t_{AS} [min]
4/4	Frézovací obráběcí centrum vertikální MCV 1000 Sprint	Strojní dílna	Otočit o 180° a upnout za rozměry 150 $^{+0,1}_{-0}$ x 800 $^{+0,1}_{-0}$ mm do strojního svěráku	Posuvné měřítko						
			Vrtat přerušovaně 2x Ø48-H6 mm díru v hloubce 80 mm - napojit - mazat a chladit	Vrták 880-D4800L 40-03 VBD 880-08 05 W12H-P-GR 4334 VBD 880-08 05 08H-C-GR 1044	SK	201	1330 0,24			0,617
5/5	Automatický průmyslový prací stroj	Strojní dílna	Vložit do automatického průmyslové pracího stroje a nechat očistit							
6/6	Kontrola	Kontrolní výstupní sklad	Kontrolovat rozměr 200$^{+0,1}_{-0}$ mm při četnosti kontroly 50 %	Posuvné měřítko						
			Kontrolovat rozměr 150$^{+0,1}_{-0}$ mm při četnosti kontroly 50 %	Digitální svinovací metr						
			Kontrolovat rozměr 800$^{+0,1}_{-0}$ mm při četnosti kontroly 50 %							
7/7	Balení a uložení	Výstupní sklad	Uložit na paletu po dvou kusech a uchytit pomocí PP pásky	Paleta 1200 x 800 mm						
				PP páska š. 12 / 0,5 /5000 mm Napínak Deformační kleště						
8/8	Expedice	Výstupní sklad	Expedovat							

Příloha č. 8
Frézovací obráběcí centrum vertikální MCV 1000 Sprint [14]

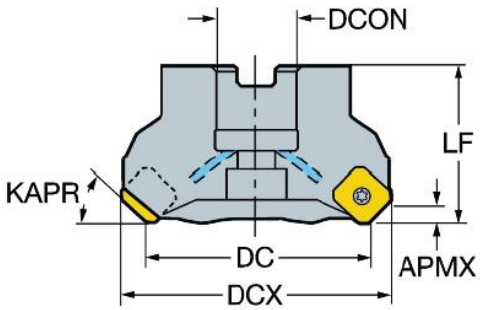


MILLING CENTRES VERTICAL 3 AXES		MCV 1000 SPRINT
Working range X/Y/Z	(mm)	1016 x 610 x 720
Clamping surface	(mm)	1300 x 670
Max. weight on table	(kg)	1200
Spindle cone	-	HSK - A63
Max. spindle speed	(rpm)	18000
Spindle motor output SIEMENS (S1/S6 - 40%)	(kW)	25 / 35
Nominal torque (S1/S6 - 40%)	(Nm)	86 / 120
Tool magazine capacity	-	30
Control system	-	HEIDENHAIN

Příloha č. 9
Fréza čelní 345-050Q22-13H [15]

345-050Q22-13H

Čelní fréza CoroMill® 345



Jedná se obecné znázornění, které by mělo sloužit pouze pro přiblížení vzhledu.

Údaje o produktu

Úhel břitu nástroje (KAPR)
45 deg

Maximální řezný průměr (DCX)
64,08 mm

Část 2 identifikátorů rozhraní řezného prvku (CUTINTMASTERP1)
CoroMill 345 -size 13T5 (345R-13T5)

Diferenciál řezné rozteče (CPDF)
false

Adaptivní rozhraní ve směru stroje (ADINTMS)
Arbor -ISO 6462 -A (hexagon socket head cap screw) - metric: 22

Kód provedení vstupu pro řeznou kapalinu (CNSC)
1: axial concentric entry

Spojovací průměr (DCON)
22 mm

Standardní písmeno (STDLET)
A

Moment (TQP1)
3 Nm

Maximální rychlost otáčení (RPMX)
17500 r/min

Stav životnosti (LCS)
Nově v nabídce

Řezný průměr (DC)
50 mm

Počet řezných prvků (CICTP1)
5

Maximální hloubka řezu (APMXFFW)
6 mm

Maximální úhel zahlubování (RMPX)
0 deg

Počet efektivních obvodových řezných hran (ZEFP)
5

Orientace (HAND)
R

Možnost tlumení (DPC)
false

Tlak řezné kapaliny (CP)
10 bar

Standardní číslo (STDNO)
ISO 6462:2011

Funkční délka (LF)
45 mm

Kód materiálu tělesa (BMC)
Steel

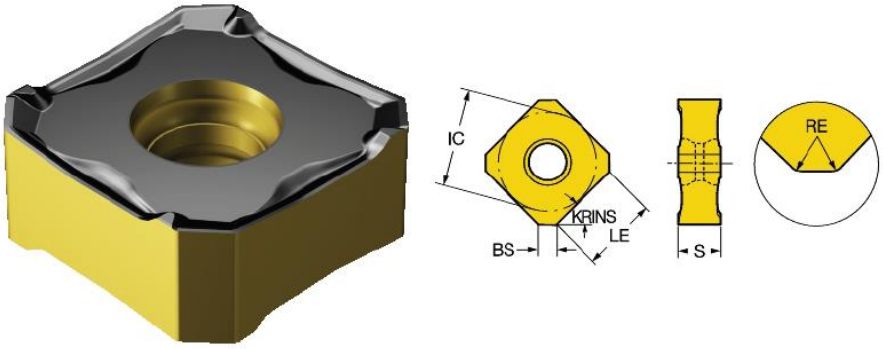
Hmotnost prvku (WT)
0,817 kg

Identifikace vydaného balíku (RELEASEPACK)
09.1

Příloha č. 10
VBD 345R-1305M-PH 4230 [15]

345R-1305M-PH 4230

Břitové destičky CoroMill® 345 pro frézování



Jedná se obecné znázornění, které by mělo sloužit pouze pro přiblížení vzhledu.

Údaje o produktu

Třídění materiálu úroveň 1 (TMC1ISO)
P K

Velikost a tvar destičky (CUTINTSIZESHAPE)
CoroMill 345 -1305

Kód tvaru břitové destičky (SC)
S

Délka hladicího břitu (BS)
2 mm

Poloměr rohu (RE)
0,8 mm

Orientace (HAND)
R

Základní materiál (SUBSTRATE)
HC

Tloušťka destičky (S)
5,05 mm

Stav životnosti (LCS)
Nově v nabídce

Typ operace (CTPT)
Heavy

Průměr vepsané kružnice (IC)
13 mm

Účinná délka břitu (LE)
8,8 mm

Poloměr hladicího břitu (BSR)
107 mm

Úhel hlavního břitu nástroje (KRINS)
45 deg

Třída (GRADE)
4230

Povlak (COATING)
CVD Ti(C,N)+Al2O3+TiN

Hmotnost prvku (WT)
0,009 kg

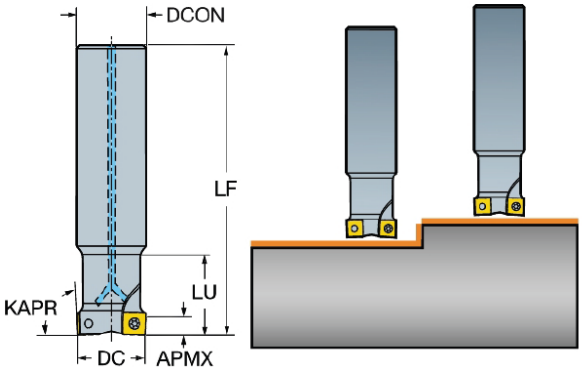
Identifikace vydaného balíku (RELEASEPACK)
09.2

Příloha č. 11
Fréza čelní 490-040A32-14H [15]

SANDVIK Coromant

490-040A32-14H

Čelní fréza pro frézování do rohu CoroMill® 490



Jedná se obecné znázornění, které by mělo sloužit pouze pro přiblížení vzhledu.

Údaje o produktu

Řezný průměr (DC)
40 mm

Část 2 identifikátorů rozhraní řezného prvku (CUTINTMASTEREND)
CoroMill 490 -size 14 (490R-1404..)

Maximální úhel zahlubování (RMPXFFW)
0 deg

Počet efektivních obvodových řezných hran (ZEFP)
4

Orientace (HAND)
R

Kód provedení vstupu pro řeznou kapalinu (CNSC)
1: axial concentric entry

Spojovací průměr (DCON)
32 mm

Moment (TQEND)
3 Nm

Maximální rychlost otáčení (RPMX)
26400 r/min

Stav životnosti (LCS)
Nově v nabídce

Počet řezných prvků (CICTTOT)
4

Maximální hloubka řezu (APMXPFW)
10 mm

Maximální hloubka řezu (APMXFFW)
10 mm

Diferenciál řezné rozteče (CPDF)
false

Adaptivní rozhraní ve směru stroje (ADINTMS)
Cylindrical shank without clamping features -metric: 32.0

Možnost tlumení (DPC)
false

Tlak řezné kapaliny (CP)
10 bar

Funkční délka (LF)
170 mm

Kód materiálu tělesa (BMC)
Steel

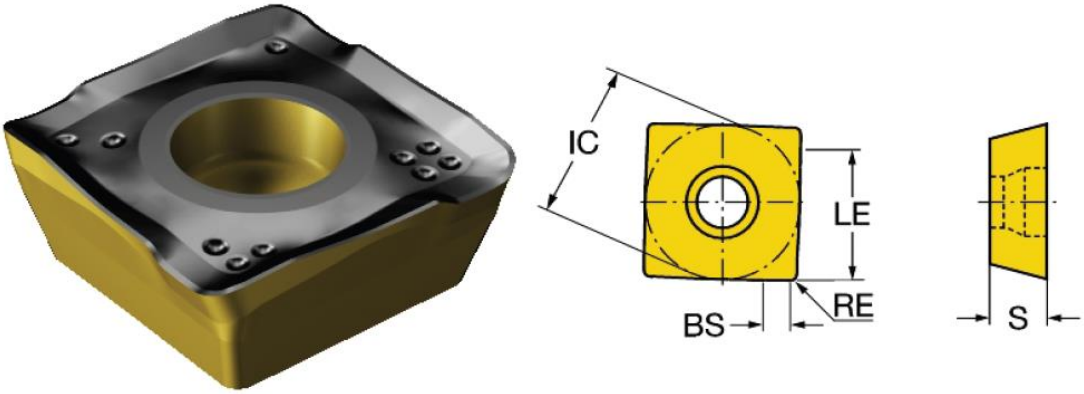
Hmotnost prvku (WT)
1,127 kg

Identifikace vydaného balíku (RELEASEPACK)
10.1

Příloha č. 12
VBD 490R-140408M-PH 4230 [15]

490R-140408M-PH 4230

Břitové destičky CoroMill® 490 pro frézování



Jedná se obecné znázornění, které by mělo sloužit pouze pro přiblížení vzhledu.

Údaje o produktu

Třídění materiálu úroveň 1 (TMC1ISO)
P K

Velikost a tvar destičky (CUTINTSIZESHAPE)
CoroMill 490 -1404

Kód tvaru břitové destičky (SC)
S

Délka hladicího břitu (BS)
2 mm

Úhel hlavního břitu nástroje (KRINS)
90 deg

Třída (GRADE)
4230

Povlak (COATING)
CVD Ti(C,N)+Al2O3+TiN

Hmotnost prvku (WT)
0,008 kg

Identifikace vydaného balíku (RELEASEPACK)
10.2

Typ operace (CTPT)
Heavy

Průměr vepsané kružnice (IC)
13,8 mm

Účinná délka břitu (LE)
10,3 mm

Poloměr rohu (RE)
0,8 mm

Orientace (HAND)
R

Základní materiál (SUBSTRATE)
HC

Tloušťka destičky (S)
3,9 mm

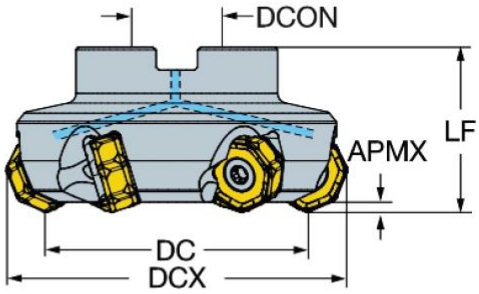
Stav životnosti (LCS)
Nově v nabídce

Dostupnost (TIBPAvailability)
Dostupné

Příloha č. 13
Fréza čelní 725-100Q32-21M [15]

725-100Q32-21M

Čelní fréza CoroMill® 745



Jedná se obecné znázornění, které by mělo sloužit pouze pro přiblížení vzhledu.

Údaje o produktu

Úhel břitu nástroje (KAPR)
25 deg

Maximální řezný průměr (DCX)
123,4 mm

Část 2 identifikátorů rozhraní řezného prvku (CUTINTMASTERP1)
CoroMill 745 -size 2109 (745R-2109)

Diferenciál řezné rozteče (CPDF)
false

Adaptivní rozhraní ve směru stroje (ADINTMS)
Arbor -ISO 6462 -A (hexagon socket head cap screw) - metric: 32

Kód provedení vstupu pro řeznou kapalinu (CNSC)
3: axial concentric and radial entry

Spojovací průměr (DCON)
32 mm

Standardní písmeno (STDLET)
A

Moment (TQP1)
12 Nm

Maximální rychlost otáčení (RPMX)
4765 r/min

Stav životnosti (LCS)
Nově v nabídce

Řezný průměr (DC)
100 mm

Počet řezných prvků (CICTP1)
7

Maximální hloubka řezu (APMXFFW)
2,8 mm

Maximální úhel zahlubování (RMPX)
0 deg

Počet efektivních obvodových řezných hran (ZEFP)
7

Orientace (HAND)
R

Možnost tlumení (DPC)
false

Tlak řezné kapaliny (CP)
10 bar

Standardní číslo (STDNO)
ISO 6462:2011

Funkční délka (LF)
50 mm

Kód materiálu tělesa (BMC)
Steel

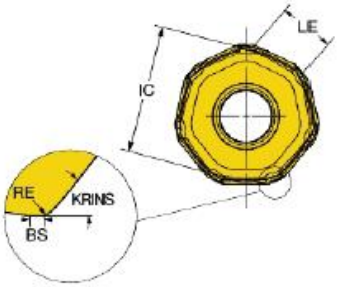
Hmotnost prvku (WT)
2,334 kg

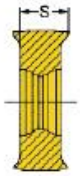
Identifikace vydaného balíku (RELEASEPACK)
17.1

Příloha č. 14
VBD 745R-2109E-M31 4230 [15]

745R-2109E-M31 4230

Břitové destičky CoroMill® 745 pro frézování





Jedná se obecné znázornění, které by mělo sloužit pouze pro přiblížení vzhledu.

Údaje o produktu

Třídění materiálu úroveň 1 (TMC1ISO)
P K

Velikost a tvar destičky (CUTINTSIZESHAPE)
CoroMill 745/725 -size 2109

Účinná délka břitu (LE)
7,1 mm

Poloměr hladicího břitu (BSR)
150 mm

Úhel hlavního břitu nástroje (KRINS)
42 deg

Úhel čela hřbetu (GB)
-30 deg

Třída (GRADE)
4230

Povlak (COATING)
CVD Ti(C,N)+Al2O3+TiN

Hmotnost prvku (WT)
0,03 kg

Identifikace vydaného balíku (RELEASEPACK)
17.1

Typ operace (CTPT)
Medium

Průměr vepsané kružnice (IC)
21 mm

Délka hladicího břitu (BS)
1,9 mm

Poloměr rohu (RE)
1 mm

Šířka čela hřbetu (BN)
0,2 mm

Orientace (HAND)
R

Základní materiál (SUBSTRATE)
HC

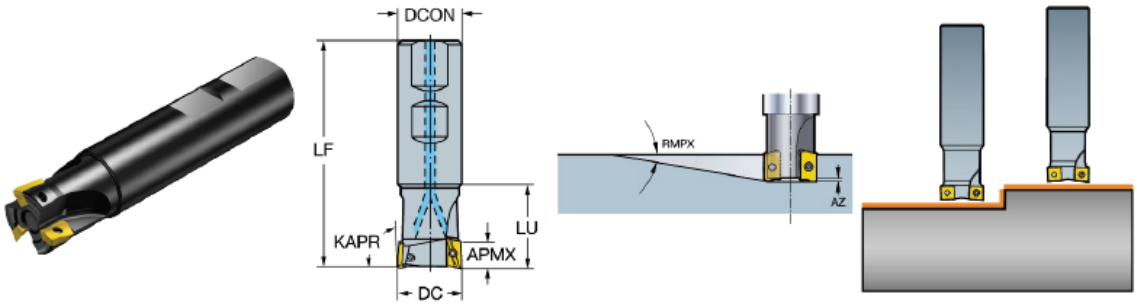
Tloušťka destičky (S)
9 mm

Stav životnosti (LCS)
Nově v nabídce

Příloha č. 15
Fréza čelní RA390-038M32-17H [15]

RA390-038M32-17H

Čelní fréza pro frézování do rohu CoroMill® 390



Jedná se obecné znázornění, které by mělo sloužit pouze pro přiblížení vzhledu.

Údaje o produktu

Řezný průměr (DC)
38,1 mm

Část 2 identifikátorů rozhraní řezného prvku (CUTINTMASTEREND)
CoroMill 390 -size 17 (R390-17)

Maximální hloubka řezu (APMXEFW)
8,5 mm

Maximální hloubka vnoření (AZ)
1,5 mm

Počet efektivních obvodových řezných hran (ZEFP)
4

Orientace (HAND)
R

Kód provedení vstupu pro řeznou kapalinu (CNSC)
1: axial concentric entry

Spojovací průměr (DCON)
31,75 mm

Funkční délka (LF)
114,325 mm

Kód materiálu tělesa (BMC)
Steel

Hmotnost prvku (WT)
0,77 kg

Identifikace vydaného balíku (RELEASEPACK)
98.3

Počet řezných prvků (CICTTOT)
4

Maximální hloubka řezu (APMXPFW)
15,697 mm

Maximální hloubka řezu (APMXFFW)
15,697 mm

Maximální úhel zahlubování (RMPXFFW)
4,1 deg

Diferenciál řezné rozteče (CPDF)
true

Adaptivní rozhraní ve směru stroje (ADINTMS)
Weldon (DIN6535-HB) -inch: 1 1/4

Možnost tlumení (DPC)
false

Tlak řezné kapaliny (CP)
10 bar

Tolerance průměru stopky (TCDCON)
h6

Moment (TQEND)
3 Nm

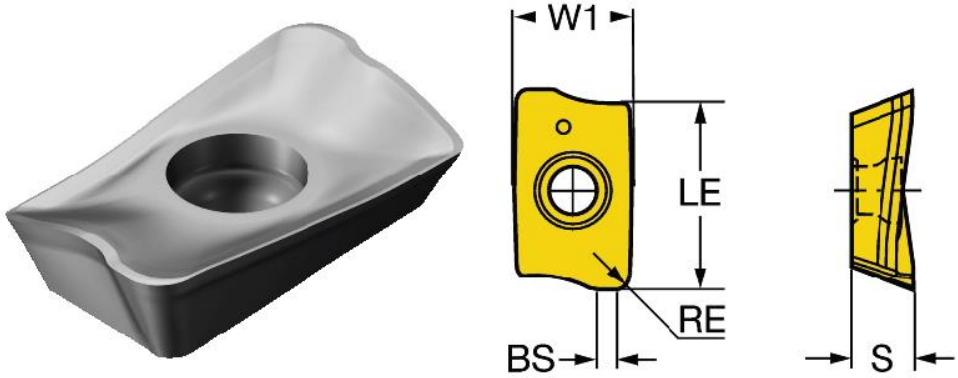
Maximální rychlost otáčení (RPMX)
22700 r/min

Stav životnosti (LCS)
Nově v nabídce

Příloha č. 16
VBD R390-170412E-PM 1130 [15]

R390-17 04 12E-PM 1130

Břitové destičky CoroMill® 390 pro frézování



Jedná se obecné znázornění, které by mělo sloužit pouze pro přiblížení vzhledu.

Údaje o produktu

Třídění materiálu úroveň 1 (TMC1ISO)
P M N S H

Typ operace (CTPT)
Medium

Velikost a tvar destičky (CUTINTSIZESHAPE)
CoroMill 390 -1704

Šířka břitové destičky (W1)
9,6 mm

Kód tvaru břitové destičky (SC)
L

Účinná délka břitu (LE)
15,7 mm

Délka hladicího břitu (BS)
1,1 mm

Poloměr rohu (RE)
1,2 mm

Úhel hlavního břitu nástroje (KRINS)
90 deg

Orientace (HAND)
R

Třída (GRADE)
1130

Základní materiál (SUBSTRATE)
HC

Povlak (COATING)
PVD AlTiCrN

Tloušťka destičky (S)
4,763 mm

Hmotnost prvku (WT)
0,006 kg

Stav životnosti (LCS)
Nově v nabídce

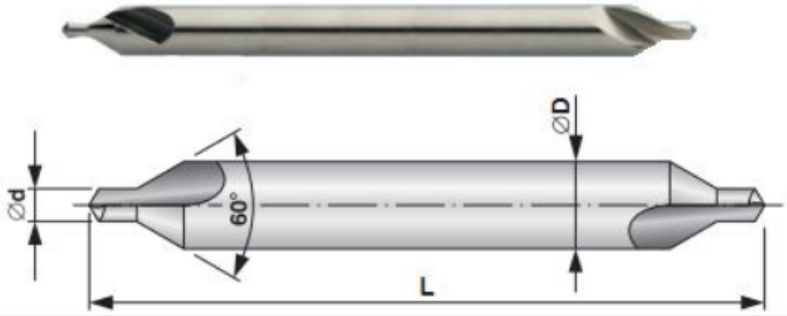
Identifikace vydaného balíku (RELEASEPACK)
16.1

Dostupnost (TIBPAvailability)
Dostupné

Příloha č. 17
Středící vrták ČSN 221110.1 [16]

ČSN 221110.1 - DIN 333A

ČSN 221110.1 DIN 333A	**Vrták středící dlouhý vybrušovaný 60°- tvar A**	HSS Co **Cobalt 5%**
Použití: Středící vrták pro výrobu středících důlků tvar A		
Rozměrová řada: ⌀ **0,75 ÷ 5,0** mm		
Způsob výroby: **V**	Povrchová úprava:	

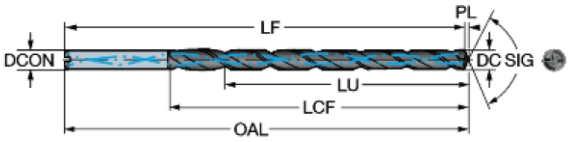


Obj. číslo	⌀ d mm	L mm	⌀ D mm
A100501V400S	5,0	120	14

Příloha č. 18
Vrták 861.1-1700-204A1-GM GC34 [15]

861.1-1700-204A1-GM GC34

Monolitní karbidový vrták CoroDrill® 861



Jedná se obecné znázornění, které by mělo sloužit pouze pro přiblížení vzhledu.

Údaje o produktu

Podoperace (SUBOP)
Drilling with Symetrical Point

Řezný průměr (DC)
17 mm

Dosažitelná tolerance otvoru (TCHA)
H9

Použitelná délka (LU)
206,8 mm

Poměr použitelná délka / průměr (ULDR)
12,165

Adaptivní rozhraní ve směru stroje (ADINTMS)
Cylindrical shank (DIN6535-HA) -metric: 18

Tolerance průměru stopky (TCDCON)
h6

Třída (GRADE)
GC34

Základní materiál (SUBSTRATE)

HC

Povlak (COATING)

PVD (Ti,Al)N

Základní standardní skupina (BSG)
COROMANT

Kód provedení vstupu pro řeznou kapalinu (CNSC)
4: axial concentric entry on circle

Tlak řezné kapaliny (CP)
20 bar

Spojovací průměr (DCON)
18 mm

Bod úhlu (SIG)
140 deg

Bodová vzdálenost (PL)
2,8 mm

Celková výška (OAL)
318 mm

Funkční délka (LF)
315,2 mm

Délka drážky na odvod třísky (LCF)
266 mm

Maximální přeostření (NORGMX)
3

Maximální rychlost otáčení (RPMX)
6067 r/min

Hmotnost prvku (WT)
0,567 kg

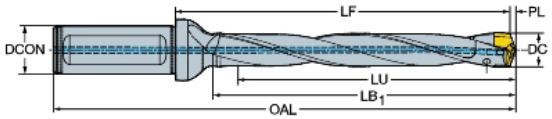
Stav životnosti (LCS)
Nově v nabídce

Identifikace vydaného balíku (RELEASEPACK)
12.2

Příloha č. 19
Vrták 870-3100-31L32-8 [15]

870-3100-31L32-8

Vrták CoroDrill® 870 s výměnnými vrtacími hlavicemi



Jedná se obecné znázornění, které by mělo sloužit pouze pro přiblížení vzhledu.

Údaje o produktu

Minimální řezný průměr (DCN)
31 mm

Maximální řezný průměr (DCX)
33 mm

Část 2 identifikátorů rozhraní řezného prvku (CUTINTMASTER)
CoroDrill 870-3300-31-PM

Dosažitelná tolerance otvoru (TCHA)
H9

Použitelná délka (LU)
269,09 mm

Poměr použitelná délka / průměr (ULDR)
8,154

Adaptivní rozhraní ve směru stroje (ADINTMS)
Cylindrical shank (ISO9766 drill shank) -metric: 32

Kód provedení vstupu pro řeznou kapalinu (CNSC)
1: axial concentric entry

Tlak řezné kapaliny (CP)
10 bar

Spojovací průměr (DCON)
32 mm

Bodová vzdálenost (PL)
5,08 mm

Celková výška (OAL)
359 mm

Funkční délka (LF1)
293,92 mm

Délka tělesa (LB1)
273 mm

Maximální rychlost otáčení (RPMX)
4000 r/min

Hmotnost prvku (WT)
1,556 kg

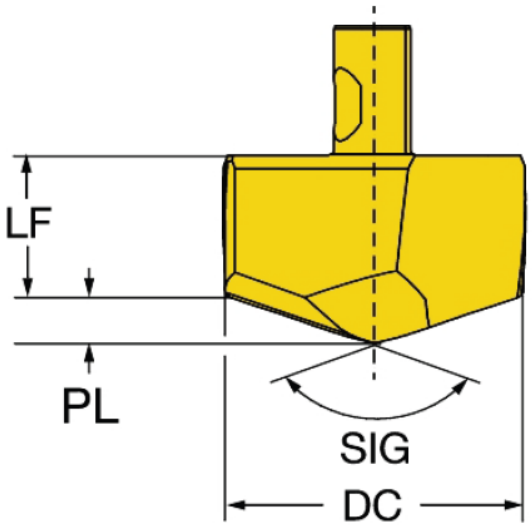
Stav životnosti (LCS)
Nově v nabídce

Identifikace vydaného balíku (RELEASEPACK)
14.1

Příloha č. 20
Vrtací hlavice 870-3200-31-PM 4234 [15]

870-3200-31-PM 4234

Vrtací hlavice CoroDrill® 870



Jedná se obecné znázornění, které by mělo sloužit pouze pro přiblížení vzhledu.

Objednací kód

ISO
870-3200-31-PM 4234

Označení materiálu
6425929

ANSI
870-3200-31-PM 4234

EAN
26425929

Údaje o produktu

Třídění materiálu úroveň 1 (TMC1ISO)

P M K N S

Podoperace (SUBOP)

Drilling with Symetrical Point

Velikost a tvar destičky (CUTINTSIZESHAPE)
CoroDrill 870 -size 31

Řezný průměr (DC)
32 mm

Dosažitelná tolerance otvoru (TCHA)
H9

Bod úhlu (SIG)
142 deg

Orientace (HAND)
R

Třída (GRADE)
4234

Základní materiál (SUBSTRATE)
HC

Povlak (COATING)
PVD (Ti,Al)N

Bodová vzdálenost (PL)
4,92 mm

Maximální přeostření (NORGMX)
0

Funkční délka (LF)
14,58 mm

Hmotnost prvku (WT)
0,067 kg

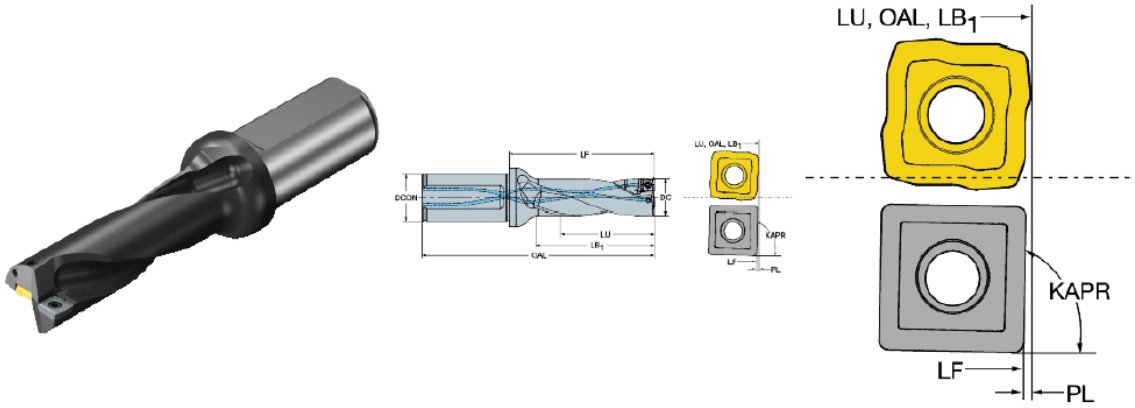
Stav životnosti (LCS)
Nově v nabídce

Identifikace vydaného balíku (RELEASEPACK)
14.1

Příloha č. 21
Vrták 880-D4800L40-03 [15]

880-D4800L40-03

Vrták CoroDrill® 880 s vyměnitelnými břitovými destičkami



Jedná se obecné znázornění, které by mělo sloužit pouze pro přiblížení vzhledu.

Údaje o produktu

Řezný průměr (DC)
48 mm

Horní dosažitelná tolerance otvoru (TCHAU)
0,28 mm

Poměr použitelná délka / průměr (ULDR)
3

Část 2 identifikátorů rozhraní řezného prvku (CUTINTMASTERC1)
CoroDrill 880 -size 08-C (880-080508H-C-GM)

Adaptivní rozhraní ve směru stroje (ADINTMS)
Cylindrical shank (ISO9766 drill shank) -metric: 40

Tlak řezné kapaliny (CP)
10 bar

Úhel břitu nástroje (KAPR)
88 deg

Celková výška (OAL)
253 mm

Délka tělesa (LB1)
149 mm

Hmotnost prvku (WT)
2,235 kg

Identifikace vydaného balíku (RELEASEPACK)
07.1

Dolní dosažitelná tolerance otvoru (TCHAL)
0 mm

Použitelná délka (LU)
144 mm

Maximální limit nastavení (ADJLX)
1 mm

Část 2 identifikátorů rozhraní řezného prvku (CUTINTMASTERP1)
CoroDrill 880 -size 08-P (880-0805W08H-P-GM)

Kód provedení vstupu pro řeznou kapalinu (CNSC)
1: axial concentric entry

Spojovací průměr (DCON)
40 mm

Bodová vzdálenost (PL)
0,796 mm

Funkční délka (LF)
182,204 mm

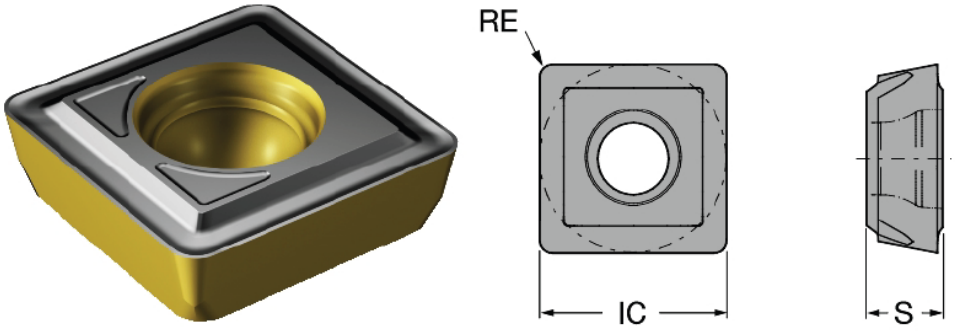
Maximální rychlost otáčení (RPMX)
15000 r/min

Stav životnosti (LCS)
Nově v nabídce

Příloha č. 22
VBD 880-08 05 W12H-P-GR 4334 [15]

880-08 05 W12H-P-GR 4334

Břitové destičky CoroDrill® 880 pro vrtání



Jedná se obecné znázornění, které by mělo sloužit pouze pro přiblížení vzhledu.

Údaje o produktu

Třídění materiálu úroveň 1 (TMC1ISO)
P M K H

Kód použití destičky (INSUC)
P

Typ operace (CTPT)
High feed

Průměr vepsané kružnice (IC)
15,45 mm

Poloměr rohu (RE)
1,2 mm

Třída (GRADE)
4334

Povlak (COATING)
CVD Ti(C,N)+Al2O3+TiN

Hmotnost prvku (WT)
0,013 kg

Identifikace vydaného balíku (RELEASEPACK)
15.1

Podoperace (SUBOP)
Drilling with Asymetrical Point

Identifikátor výrobce pro lamač třísek (CBMD)
GR

Velikost a tvar destičky (CUTINTSIZESHAPE)
CoroDrill 880 -0805-P

Kód tvaru břitové destičky (SC)
S

Přítomnost hladicího břitu (WEP)
true

Základní materiál (SUBSTRATE)
HC

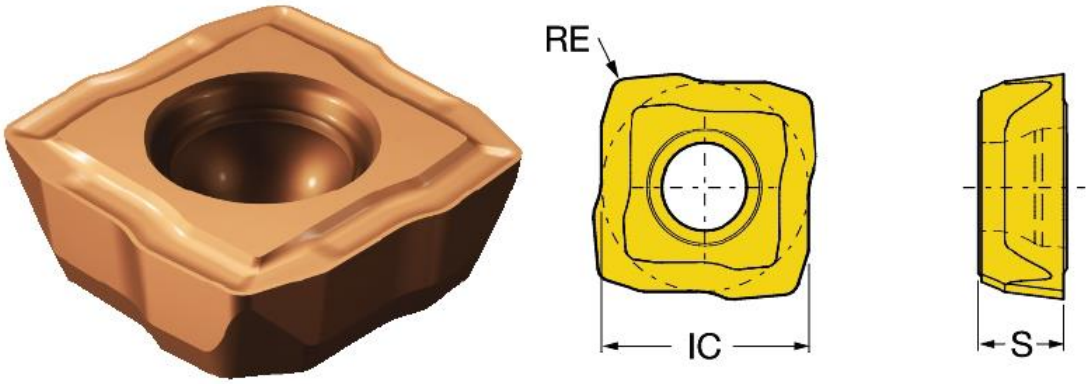
Tloušťka destičky (S)
4,5 mm

Stav životnosti (LCS)
Nově v nabídce

Příloha č. 23
VBD 880-08 05 08H-C-GR 1044 [15]

880-08 05 08H-C-GR 1044

Břitové destičky CoroDrill® 880 pro vrtání



Jedná se obecné znázornění, které by mělo sloužit pouze pro přiblížení vzhledu.

Údaje o produktu

Třídění materiálu úroveň 1 (TMC1ISO)
P M K N S H

Kód použití destičky (INSUC)
C

Typ operace (CTPT)
High feed

Průměr vepsané kružnice (IC)
14,85 mm

Přítomnost hladicího břitu (WEP)
false

Základní materiál (SUBSTRATE)
HC

Tloušťka destičky (S)
4,5 mm

Stav životnosti (LCS)
Nově v nabídce

Podoperace (SUBOP)
Drilling with Asymetrical Point

Identifikátor výrobce pro lamač třísek (CBMD)
GR

Velikost a tvar destičky (CUTINTSIZESHAPE)
CoroDrill 880 -0805-C

Poloměr rohu (RE)
0,8 mm

Třída (GRADE)
1044

Povlak (COATING)
PVD (Ti,Al)N

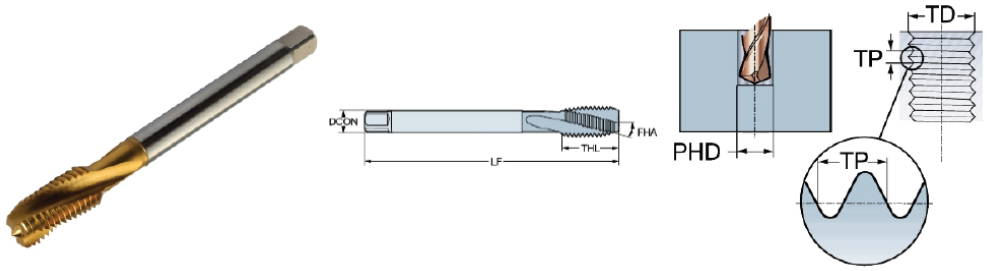
Hmotnost prvku (WT)
0,012 kg

Identifikace vydaného balíku (RELEASEPACK)
07.1

Příloha č. 24
Závitník strojní E263M36 [15]

E263M36

Řezací závitník CoroTap™ 300 se šroubovitými drážkami pro odvod třísek



Jedná se obecné znázornění, které by mělo sloužit pouze pro přiblížení vzhledu.

Údaje o produktu

Podoperace (SUBOP)
Thread Cutting with Tap

Stoupání závitu (TP)
4 mm

Průměr předobrobeného otvoru (PHD)
32 mm

Třída tolerance závitu (TCTR)
6H

Použitelná délka (LU)
131 mm

Třída (GRADE)
HSS-E PVD TiN

Povlak (COATING)
PVD TiN

Spojovací průměr (DCON)
28 mm

Funkční délka (LF)
200 mm

Počet drážek (NOF)
4

Délka závitu (THL)
55 mm

Typ závitovacího úkosu (THCHT)
C

Stav životnosti (LCS)
Nově v nabídce

Velikost průměru závitu (TDZ)
M 36

Průměr závitu (TD)
36 mm

Možnost funkce slepých otvorů (BHFP)
true

Základní standardní skupina (BSG)
DIN 376

Adaptivní rozhraní ve směru stroje (ADINTMS)
Tap shank DIN -metric: 28.00 x 22.00

Základní materiál (SUBSTRATE)
HSS-E

Kód provedení vstupu pro řeznou kapalinu (CNSC)
0: without coolant

Maximální přeostření (NORGMX)
0

Průměr krčku (DN)
27,7 mm

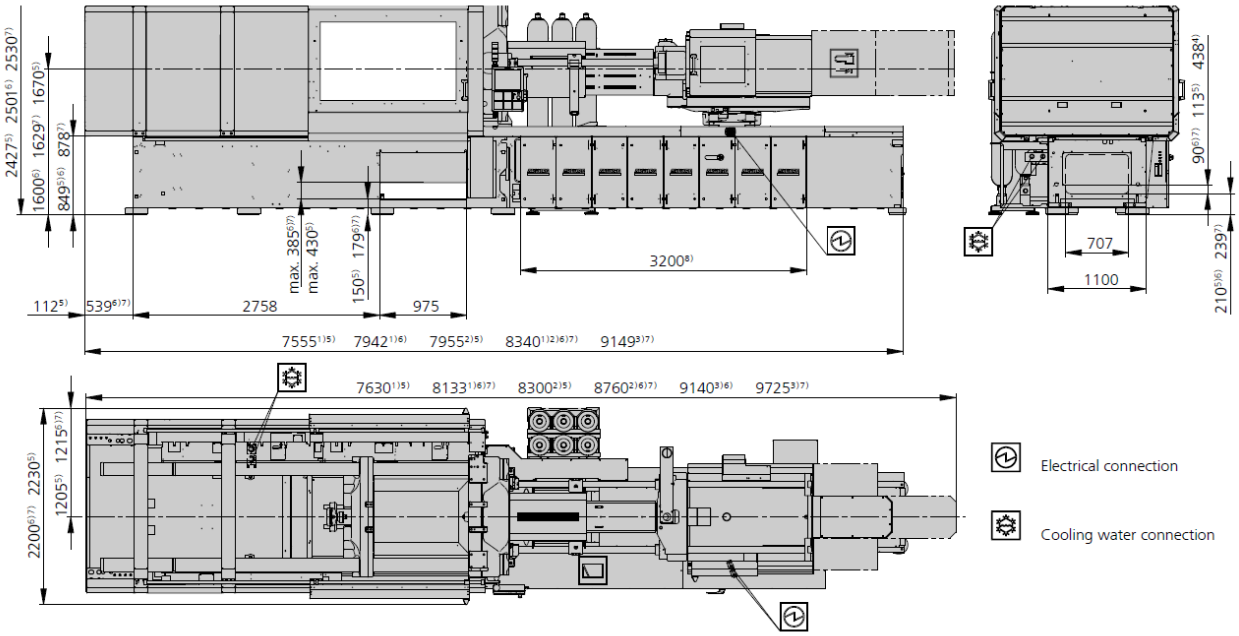
Úhel šroubovice drážky (FHA)
15 deg

Přítomnost zpětného úkosu závitu (THBTP)
false

Hmotnost prvku (WT)
0,925 kg

Identifikace vydaného balíku (RELEASEPACK)
11.2

Příloha č. 25
Vstřikovací stroj ARBURG ALLROUNDER 920 S [17]



Technical data

Clamping unit			920 S
with clamping force		max. kN	5000
Opening force | stroke		max. kN | mm	1000 | 900
Mould height, fixed | variable		min. mm	700 | 400
Platen daylight fixed | variable		max. mm	1600 | 1300-1950
Distance between tie bars (w x h)		mm	920 x 920
Mould mounting platens (w x h)		max. mm	1280 x 1280
Weight of movable mould half		max. kg	8000
Ejector force | stroke		max. kN | mm	100 | 250
Dry cycle time EUROMAP ²	1 pump	min. s - mm	6,0 - 644
	2 pumps	min. s - mm	4,5 - 644
	Accum.	min. s - mm	3,2 - 644

Injection unit			2100
with screw diameter		mm	60
Effective screw length		L/D	23
Screw stroke		max. mm	
Calculated stroke volume		max. cm³	792
Shot weight		max. g PS	723
Material throughput		max. kg/h PS	125
		max. kg/h PA6.6	62
Injection pressure		max. bar	2500
Holding pressure		max. bar	2500
Injection flow ²	1 pump	max. cm³/s	290
	2 pumps	max. cm³/s	290
	Accum.	max. cm³/s	1132
Screw circumferential	1 pump	max. m/min	51
speed ²	2 pumps	max. m/min	51
	Accum.	max. m/min	21
Screw torque		max. Nm	2140
Nozzle contact force | retraction stroke		max. kN | mm	110 | 60
Heating capacity | zones		kW	31,4 | 8

Injection units according to EUROMAP		2100
Screw diameter	mm	60
Polypropylene	max. g PP	576

Drive and connection			1 pump (servo)
with injection unit			2100
Net weight of machine		kg	24900
Oil filling		l	360
Drive power ²		max. kW	55
Electrical connection ³		kW	89
	Total	A	
	Machine	A	125
	Heating	A	50
Cooling water connection		max. °C	30
		min. Δp bar	1,5 | DN 25