VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

NÁVRH TECHNOLOGIE VÝROBY TVÁRNICE PRO VSTŘIKOVACÍ FORMU

A PROPOSAL OF BLOCK PRODUCTION TECHNOLOGY FOR AN INJECTION MOLD

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Marek Továrek

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Petra Sliwková, Ph.D.

BRNO 2022

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav strojírenské technologie
Student:	**Marek Továrek**
Studijní program:	Strojírenství
Studijní obor:	Strojírenská technologie
Vedoucí práce:	**Ing. Petra Sliwková, Ph.D.**
Akademický rok:	2021/22

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:

Návrh technologie výroby tvárnice pro vstřikovací formu

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Bakalářské práce se bude zabývat volbou materiálu, návrhem a zpracování technologického postupu pro tvárnici do vstřikovací formy. Součástí práce bude výkresová dokumentace.

Cíle bakalářské práce:

Rešerše zvolené problematiky.
Návrh technologie výroby tvárnice.
Volba nástrojového a strojního vybavení.
Zpracování technologického postupu.

Seznam doporučené literatury:

BILÍK, O. a M. VRABEC. Technologie obrábění s využitím CAD/CAM systémů. Ostrava: Vysoká škola báňská-Technická univ., 2002, 128 s. ISBN 80-248-0034-9.

FOREJT, M. a M. PÍŠKA. Teorie obrábění, tváření a nástroje. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006. 225 s. ISBN 80-214-2374-9.

HUMÁR, A. Materiály pro řezné nástroje. Praha: MM publishing, s.r.o., 2008. 235 s. ISBN 978-80-254-2250-2.

KAFKA, J. a M. VRABEC. Technologie obrábění. Praha: ČVUT, 2006. 120 s. ISBN ISBN 80-01-01355-3.

ŘEHULKA, Z. Konstrukce výlisků z plastů a forem pro zpracování plastů: polymery. 2. vydání. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o, 2015. ISBN 978-80-7204-919-6.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2021/22

V Brně, dne

L. S.

Ing. Jan Zouhar, Ph.D. ředitel ústavu	doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D. děkan fakulty

ABSTRAKT

Cílem bakalářské práce byla rešerše zvolené problematiky, zvolení nástrojového a strojního vybavení, návrh technologie výroby tvárnice, zpracování technologického postupu a výrobního výkresu. V první části je stručné seznámení s polymerními materiály a jejich rozdělení. Také jsou zde popsány technologie pro zpracování plastů, především se zaměřením na technologii vstřikování a s ní spojená vstřikovací forma a vstřikovací stroj. V druhé části je navrženo nástrojové a strojní vybavení, zvolený materiál tvárnice a návrh technologie výroby. Součásti práce je také výrobní výkres a technologický postup.

Klíčová slova

vstřikování, tvárnice, vstřikovací forma, návrh výroby, technologický postup

ABSTRACT

The aim of the bachelor's thesis was to search the selected issue, the choice of tool and machinery, design of block production technology, processing of the technological process and production drawing. The first part is a brief introduction to polymeric materials and their distribution. Technologies for plastics processing are also described here, especially with a focus on injection molding technology and the associated injection mold and injection molding machine. In the second part, tool and machinery equipment, selected block material and design of production technology are designed. Part of the thesis is also a production drawing and technological process.

Key words

injection, block, injection mold, proposal of production, technological process

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

TOVÁREK, Marek. *Návrh technologie výroby tvárnice pro vstřikovací formu* [online]. Brno, 2022 [cit. 2022-05-20]. Dostupné z: https://www.vut.cz/studenti/zav-prace/detail/140430. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojní inženýrství, Ústav strojírenské technologie. Vedoucí práce Petra Sliwková.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Návrh technologie výroby tvárnice pro vstřikovací formu vypracoval samostatně s využitím uvedené literatury a podkladů, na základě konzultací a pod vedením vedoucí práce.

Brno, 20.5.2022

místo, datum

Marek Továrek

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto své vedoucí, Ing. Petře Sliwkové, Ph.D., za cenné připomínky a rady, které mi poskytla při vypracování mé bakalářské práce. Také bych chtěl poděkovat firmě Techplast a.s. – výrobní provoz nástrojárna Moravská Třebová za poskytnutý software a strojní vybavení. V další řadě bych chtěl poděkovat rodině a přátelům za podporu během studia.

OBSAH

ÚVOD 10
1 ZPRACOVÁNÍ POLYMERNÍCH MATERIÁLŮ 11
1.1 Tvar makromolekul 11
1.2 Základní dělení polymerů 12
1.2.1 Plasty 12
1.2.2 Elastomery 12
1.3 Technologie pro zpracování plastů 13
1.3.1 Přípravné technologie 13
1.3.2 Hlavní technologie 13
1.3.3 Dokončovací technologie 14
1.4 Technologie vstřikování plastů 14
1.4.1 Průběh vstřikování 14
1.5 Vstřikovací stroj 16
1.5.1 Vstřikovací jednotka 17
1.5.2 Uzavíratelná jednotka 18
2 VSTŘIKOVACÍ FORMA 19
2.1 Násobnost vstřikovací formy 19
2.2 Odvzdušnění forem 20
2.3 Temperační systémy 20
2.4 Vyhazovací systémy 21
2.5 Vtokové systémy 23
2.6 Tvarová část vstřikovací formy 23
2.7 Ostatní prvky vstřikovací formy 24
2.8 Materiály používané pro výrobu forem 24
3 POUŽITÉ NÁSTROJOVÉ A STROJNÍ VYBAVENÍ 26
3.1 Nástroje pro hrubování a dokončování na CNC stroji 26
3.2 Pásová pila na kov PILOUS ARG 230 28
3.3 DECKEL MAHO DMU 60 T 28
3.4 Radiální vrtačka MAS KOVOSVIT VO 32 29
3.5 Závitořezná vrtačka Bernardo TM 16 E 29
3.6 Rovinná bruska BPH 20 30
3.7 MIKRON HSM 400 LP 30
4 NÁVRH VÝROBY TVÁRNICE 31
4.1 Volba materiálu a příprava polotovaru 31
4.2 Hrubování tvárnice 31
4.2.1 Hrubování ze strany trysky 31
4.2.2 Hrubování tvarové části tvárnice 35
4.3 Vrtání děr 39
4.4 Řezání závitů 39
4.5 Tepelné zpracování 40
4.6 Broušení 40
4.7 Dokončování tvárnice 40

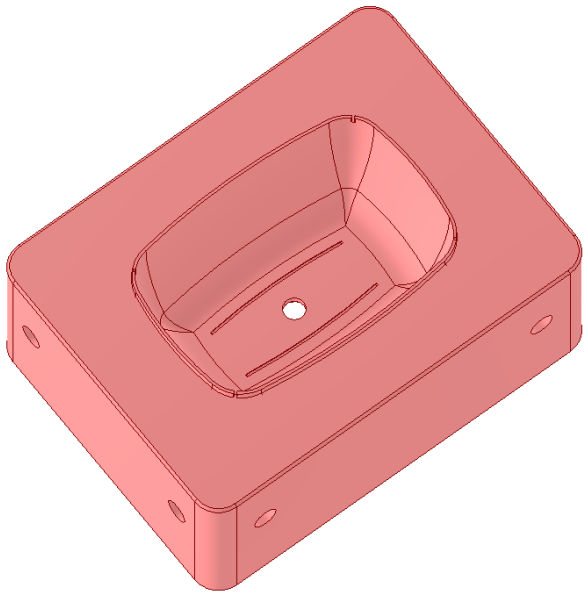
ZÁVĚR 44
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ 45
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK 48
SEZNAM PŘÍLOH 49

ÚVOD

Vstřikování plastů patří mezi nejrozšířenější metody zpracování, které jsou vhodné pro výrobu malých i velkých sérií. S výrobky, které jsou vyrobené touto technologií, se setkáváme v běžném životě velmi často. Jedná se například o velmi přesné komponenty do moderních automobilů, až po výrobky určené ke každodenní spotřebě.

K výrobě forem se používá celá řada technologií, včetně počítačové podpory, díky kterým se stále posouvají výrobní možnosti. Neuplatňují se pouze třískové metody obrábění jako frézování a soustružení, ale také ty beztřískové, například elektroerozivní a laserové obrábění. Tyto metody se používají v případech, kdy požadovaný tvar dutiny není možné vyrobit klasickým obráběním, nebo by jejich výroba byla příliš náročná. Počítačová podpora je nezbytnou součásti dnešní výroby, bez které bychom si ji jen těžko dokázali představit. Už v prvotní fázi, kdy dochází ke konstruování nástroje, se používají CAD systémy, mezi které patří například Catia, Pro/ENGINEER (Creo) a SolidWorks. Dalšími jsou CAM systémy, které slouží k programování výroby na CNC stroji. Mezi nejčastěji používané CAM softwary patří například Fusion 360, Autodesk PowerMill a FeatureCAM.

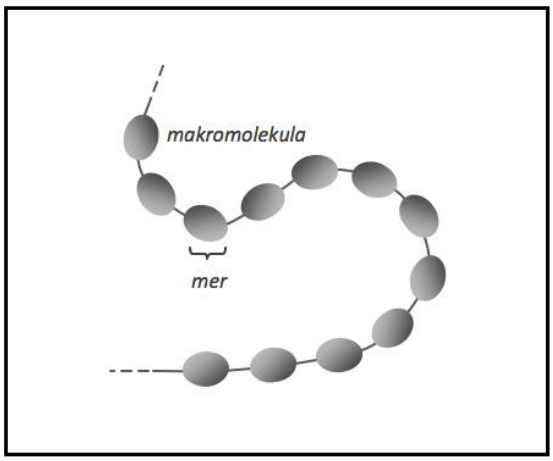
V této bakalářské práci bude popsáno zpracování polymerních materiálů, především technologie vstřikování a vstřikovací forma. V další části bude popsán návrh výroby tvárnice pro vstřikovací formu. Výrobkem vstřikovací formy je potravinová dóza.



Obr. 1 Tvárnice.

1 ZPRACOVÁNÍ POLYMERNÍCH MATERIÁLŮ

Polymerní materiály (dále polymery) se dělí podle původu na přírodní a syntetické. Přírodní polymery lze získat z rostlin, jsou to například přírodní kaučuky a pryskyřice. Syntetické polymery vznikají jednou ze tří polyreakcí. Jedná se o děj, při kterém se monomer přemění na základní jednotku zvanou mer. Tato základní jednotka se zřetězí v makromolekuly (obr. 2), ze kterých se tvoří polymery. [1, 2, 3, 4]

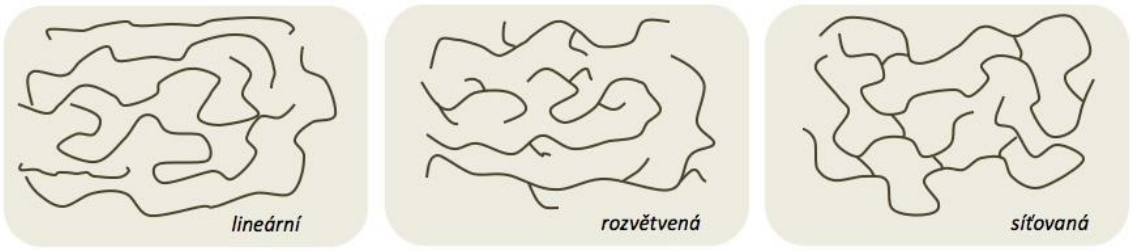


Obr. 2 Makromolekula [1].

1.1 Tvar makromolekul

Polymery se dále dělí podle tvaru makromolekul (obr. 3) na lineární, rozvětvené, a síťované [1, 4]:

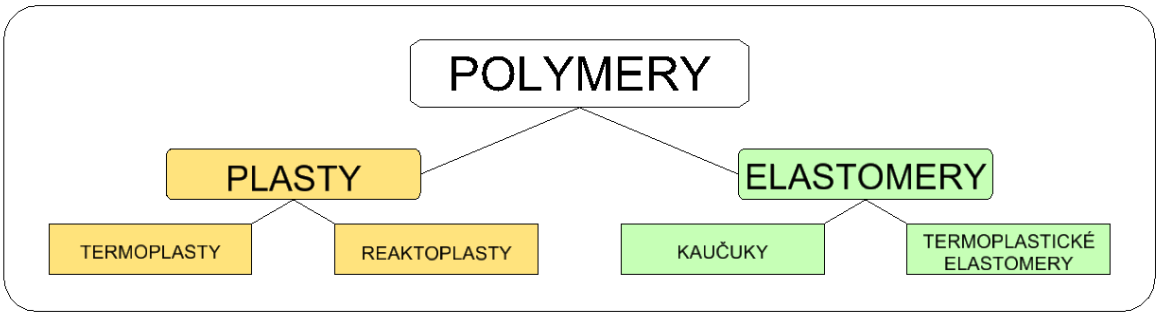
- Lineární makromolekuly jsou za sebou jdoucí mery, které vytváří jednoduché řetězce. Tento tvar makromolekul je dobře tavitelný a rozpustný. Častým typem pro toto uspořádání jsou termoplasty.
- Makromolekuly rozvětvené jsou tvořeny již zmíněnými řetězci. Tyto řetězce jsou po stranách rozvětveny a dochází k oddálení makromolekul. To má za následek zhoršení mechanické pevnosti, tvrdosti a dalších vlastností polymeru. Některé druhy termoplastů a elastomerů mají rozvětvené makromolekuly.
- Makromolekuly síťované tvoří trojrozměrnou síť. Makromolekuly mají omezenou pohyblivost, to má za následek snížení tavitelnosti a rozpustnosti těchto polymerů. Na druhou stranu jsou tyto polymery vysoce tvrdé a tuhé. Mezi polymery se síťovanými makromolekulami patří například reaktoplasty.



Obr. 3 Tvar makromolekul [1].

1.2 Základní dělení polymerů

Polymery se ze základního hlediska rozdělují na plasty a elastomery (obr. 4). Skupinu plastů vyplňují termoplasty a reaktoplasty. Do skupiny elastomerů řadíme kaučuky a termoplastické elastomery. [1, 5]



Obr. 4 Rozdělení polymerů [1].

1.2.1 Plasty

Plasty jsou v tuhém stavu pevné a v některých případech křehké. Dále se dělí do dvou skupin podle teplotního chování [1, 5, 6, 7]:

- Termoplasty – jsou materiály, které jsou teplem tvarovatelné. Během tavení nedochází ke změnám chemické struktury, a proto je možné termoplasty přivádět do plastického stavu opakovaně. Mezi termoplasty řadíme polypropylen (PP), polyethylen (PE) apod.
- Reaktoplasty – jsou teplem tvarovatelné pouze do určité doby po zahřátí. Takže nemohou být tvarovatelné jako termoplasty. Příčinou je chemická reakce, která vzniká při ohřívání. Během této reakce dochází k zasíťování struktury tedy k tzv. vytvrzování. Vytvrzené reaktoplasty nelze rozpustit a tvarovat.

1.2.2 Elastomery

Elastomery jsou elastické polymery, které se mohou za normálních podmínek namáhat malou silou a deformovat. Tato deformace je do určitého momentu vratná a nedochází k porušení daného polymeru. Dělí se na [1, 5, 6, 7]:

- Kaučuky – jsou základní surovinou pro výrobu pryží. Pryž neboli elastomer se z kaučuku vyrábí tzv. vulkanizací. Tyto vulkanizované elastomery lze tepelně tvarovat, ale není možné je tvarovat opakovaně. Jde o stejný případ jako u reaktoplastů.
- Termoplastické elastomery – vlastnostmi se podobají pryžím. Tyto materiály mohou být na rozdíl od pryží tvarovatelné stejně jako termoplasty. Je tedy možné termoplastické elastomery opakovaně přivádět do plastického stavu. Výhodou je možnost použít stejné stroje a technologie, které jsou určené pro zpracování termoplastů. Termoplastické elastomery nedosahují tak vysokých elastických vlastností jako pryže.

1.3 Technologie pro zpracování plastů

Technologické procesy pro zpracování plastů jsou velice obsáhlé, tvoří je několik zpracovatelských technologií a výrobních postupů. Správné použití závisí nejen na typu materiálu, ale také na tvarové složitosti, přesnosti a počtu vyráběných dílů. Je proto velmi důležité zhodnotit výhody a nevýhody jednotlivých technologií, abychom byli schopni splnit veškeré požadavky, které jsou kladené na vyráběnou součást. Správně zvolené technologie mají také vliv na výslednou cenu výrobku a produktivitu výroby. [4, 6, 8]

Začátkem výroby je příprava zpracovávané hmoty nebo polotovaru. Následně probíhá samotný proces zpracování, během kterého vzniká finální tvar součásti. Na závěr je součást dokončována, většinou se jedná o povrchové dokončení součásti. [6, 8]

1.3.1 Přípravné technologie

Před samotnou výrobou se do polymerních materiálů přidávají přísady (aditiva). Čisté polymery nejsou vhodné ke zpracování a používají se jen zřídka. Důvodem je zlepšení mechanických vlastností, ovlivnění zpracovatelnosti, ochrana před stárnutím, snížení ceny, … [1, 4, 6]

Proces, kterým se do výchozího materiálu přidávají přísady, se nazývá míchání a hnětení. Cílem této operace je smíchání základního polymeru s přísadami. Důležitým faktorem během míchání je rovnoměrné rozdělení a rozptýlení míchaných složek. [4, 6]

Nejčastěji používané přísady [1, 3, 7]:

- stabilizátory snižují degradační procesy materiálu,
- změkčovadla (plastifikátory) zlepšují elastické vlastnosti polymeru, snižují tvrdost a pevnost,
- barviva,
- maziva se používají pro zlepšení zpracovatelnosti materiálu, zvyšují jeho tekutost
- retardéry hoření zpomalují proces hoření.

Další přípravnou technologií je sušení granulátu, který obsahuje zbytkové množství vlhkosti. Granulát se suší na předepsaný stupeň vlhkosti, který je dán výrobcem. Vlhkost v granulátu zhoršuje kvalitu povrchu a snižuje mechanické vlastnosti. [4, 6]

Polymery jsou nejčastěji dodávané ve tvaru granulí. Tento tvar je vhodný pro další zpracování, většinou mají tvar válečků, kuliček a čoček. V některých případech je tento sypký materiál slisován do pevných tablet ve tvaru plochého válečku. Pevné tablety se používají kvůli jednoduché manipulaci a dávkování do lisovací formy při zpracování reaktoplastů. [4, 6]

1.3.2 Hlavní technologie

Během hlavní zpracovatelské technologie vzniká konečný tvar výrobku z předem připraveného materiálu. Zpracování plastů probíhá za doprovodu teploty a tlaku. Velikost teploty závisí na použité technologii a druhu materiálu. [4, 6, 8]

Hlavní technologie se rozdělují do dvou skupin [4, 6, 8]:

- Tvarovací technologie – u tvarovacích technologií nedochází k úplnému přemístění materiálu, ale pouze k jeho tvarování. Mění se hlavně jeho geometrie. Tvarování probíhá za vyšších teplot a tlaku. Mezi tvarovací technologie patři tvarování desek, výroba dutých těles, ohýbání trubek.
- Tvářecí technologie – během tvářecích technologií dochází k velkému přemísťování částic materiálu, a proto tyto technologie probíhají pod působením teploty, tlaku, nebo obou současně. Mezi tvářecí technologie řadíme vstřikování, vytlačování, lisování, válcování, odlévání.

1.3.3 Dokončovací technologie

Tyto technologie slouží k dokončení nebo opravení prvků, které nejsou vyrobitelné některou z hlavních technologií. Dalším důvodem je oprava součásti při nedodržení rozměrů, nedokončeném tvaru, špatné kvalitě povrchu. Konečný výrobek se proto upraví obráběním nebo úpravou jeho povrchu (nátěry, potiskování). [9]

1.4 Technologie vstřikování plastů

Technologie vstřikování je jednou z nejrozšířenějších metod pro zpracování všech druhů termoplastů a v některých případech i reaktoplastů. Velikost vyráběných součástí se liší a pohybuje v řádech milimetrů až po díly velké v jednotkách metrů. Možnost vyrábět velké díly závisí na velikosti formy a vstřikovacího stroje. Vstřikováním se vyrábí díly do různých průmyslových odvětví, jako například do automobilového, elektrotechnického, potravinářského průmyslu atd. [6, 8, 10]

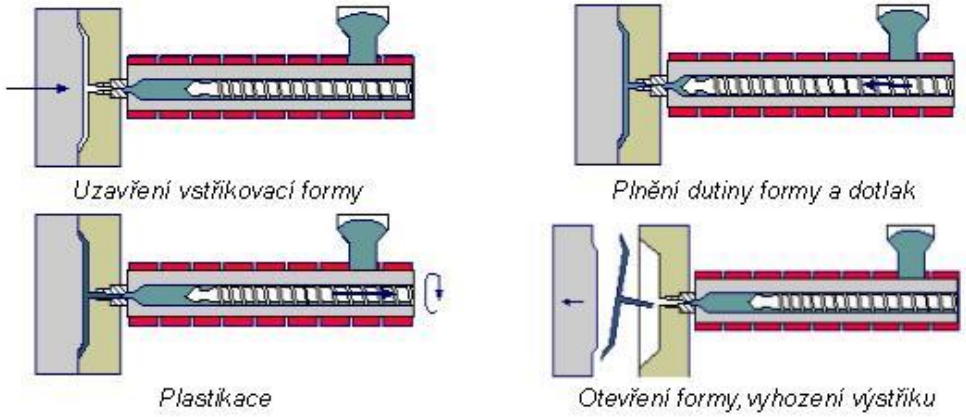
Výhodami vstřikování je výroba tvarově složitých dílů, přesnost rozměrů a dobrá kvalita povrchu. Metoda je vhodná díky svým krátkým výrobním cyklům pro velkosériovou a hromadnou výrobu. Nevýhodou je čas návrhu a výroby samotné vstřikovací formy, také její vysoká pořizovací cena, která je závislá na velikosti a složitosti nástroje. [6, 8, 10]

Klasické vstřikování se dále vyvíjí a vznikají nové modifikované technologie. Tyto technologie vychází ze základů vstřikování a jsou doplněny o technologické nebo konstrukční parametry. Modifikovaných technologií je celá řada. Jedním z příkladů je vícekomponentní vstřikování, kdy se vstřikují dva a více polymerních materiálů. [4, 10]

1.4.1 Průběh vstřikování

Vstřikování probíhá v cyklu, který se neustále opakuje a je tvořen jednotlivými úkony (obr. 5). Během vstřikování se základní materiál (v granulích) přivede do tekutého stavu v tavící komoře. Následně je tavenina pod tlakem vstřiknuta pomocí šneku do uzavřené vstřikovací formy. V dutině formy proběhne ochlazení výstřiku, které probíhá během fáze dotlaku. V momentě, kdy je materiál v dostatečně tuhém stavu, dojde k otevření formy a vyjmutí (vyhození) výstřiku. Po vyjmutí výstřiku se proces znovu opakuje. [6, 9, 10]

Vstřikování probíhá na vstřikovacím stroji. Do upínacího prostoru stroje se upne vstřikovací forma. Před začátkem vstřikování musí být forma vytemperována na provozní teplotu. K tomu slouží tepmerační systém formy, který ale nemá za úkol formu pouze vytemperovat před prvním vstřikováním, ale udržovat stálou teplotu formy i během vstřikování. [3, 8]



Obr. 5 Průběh vstřikování [11].

Popis vstřikovacího cyklu:

- Zavírání formy – vstřikovací cyklus začíná zavíráním vstřikovací formy, kdy se pohyblivá polovina formy přisune k pevné polovině a dojde k uzavření formy. Uzavírání formy by mělo probíhat v co nejkratším čase, většinou v řádech vteřin. Pouze při dosednutí pevné a pohyblivé poloviny dochází ke zpomalení, aby nedošlo k poškození vstřikovací formy. Během vstřikování působí na formu uzavírací síla. Tato síla musí být tak velká, aby nedošlo k otevření formy během vstřikování. [6, 8, 9, 10]

- Vstřikování (plnění dutiny) – před vstřikováním se vstřikovací jednotka, zakončená tryskou, přisune k uzavřené formě. V průběhu vstřikování je roztavený plast dopraven z tavicí komory vstřikovacího stroje přes vtokový systém až do dutiny formy. Vstřiknutí taveniny do formy proběhne za pomocí šneku, který v tomto případě koná pouze axiální pohyb a zaujímá roli pístu. [6, 8, 10, 13]

  V okamžiku, kdy je tavenina vstříknutá do dutiny, začne chladnout a zmenšuje se její tekutost. Proto je doba vstřikování co nejkratší a probíhá v řádech sekund. Doba vstřikování a tlak, pod kterým je tavenina vstřiknuta, má vliv na vlastnosti výsledného výstřiku. Při použití malé vstřikovací rychlosti a tlaku může dojít k brzkému zatuhnutí taveniny a dojít k neúplnému zaplnění dutiny. V případě, kdy je použita příliš vysoká rychlost a tlak, může dojít k přetečení materiálu. [4, 6, 10]

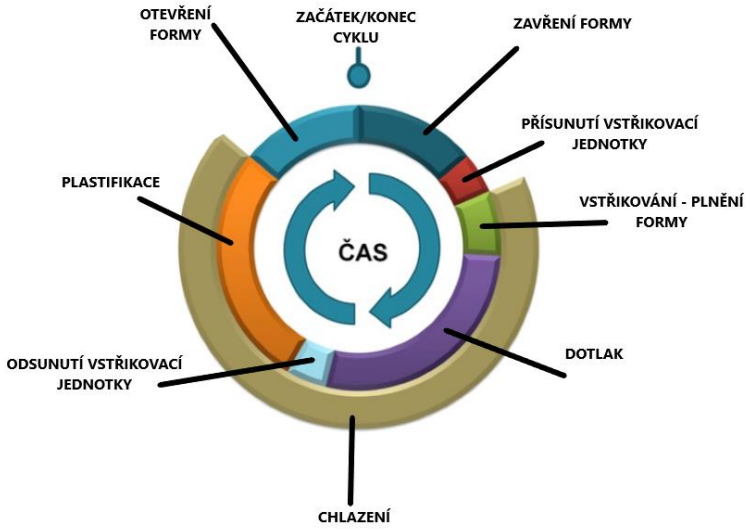
- Dotlak – během chladnutí taveniny dochází ke snížení objemu součásti (tzv. smrštění materiálu) v dutině formy. Tento úbytek taveniny musí být doplněn. K tomu slouží dotlaková fáze, která pokračuje za sníženého tlaku po vstřikování. Dotlak doplní taveninu a zmenší smrštění součásti. Doba dotlakové fáze je omezená zatuhnutím taveniny ve vtokovém systému. [4, 8, 9, 10]

- Plastifikace – během plastifikace dochází k přípravě nové dávky roztaveného plastu pro další cyklus vstřikování. Šnek svým otáčivým a zpětným pohybem posouvá granulovaný materiál před sebe. Při jeho pohybu probíhá tavení granulátu ve vyhřáté tavící komoře a třením mezi plochami šneku a tavící komory. Plastifikace může probíhat za odsunuté vstřikovací jednotky, a to v případě, že má uzavíratelnou trysku. Pokud touto tryskou vybavená není, její odsunutí proběhne až po plastifikaci. Doba plastifikace nemá vliv na celkový čas vstřikovacího cyklu, protože probíhá během chladnutí výstřiku. [6, 8, 10, 12]

- Chlazení – chlazení výstřiku trvá nejdéle ze všech fází vstřikování a začíná v okamžiku, kdy tavenina vstoupí do dutiny, pokračuje přes dotlakovou a plastifikační fázi (obr. 6). Délka chlazení závisí na tloušťce stěny, druhu materiálu, teplotě formy a taveniny. Chlazení se provádí chladícím médiem, které proudí v temperačním systému vstřikovací formy. Jedná se o vodu nebo olej. U tlustostěnných výstřiků se může stát, že doba chlazení trvá déle než plastifikace. [4, 10]

  Ochlazování musí trvat tak dlouho, aby bylo možné konečný výstřik bez problémů vyjmout ze vstřikovací formy. Při krátkém času chlazení se stane, že materiál nebude v dostatečně tuhém stavu. V tomto případě se vyhazovače mohou zabořit do výstřiku a tím dojde k jeho poškození. [4, 10]

- Otevírání formy a vyjmutí výstřiku – na konci vstřikovacího cyklu dojde k otevření vstřikovací formy a následně k vyjmutí výstřiku. Otevření formy by mělo proběhnout v co nejkratším čase, ale závisí to na posuvech vstřikovacího stroje a složitosti vstřikovací formy. Vyjmutí hotové součásti se provede pomocí vyhazovacích kolíků, stíracích desek nebo pneumaticky. [8, 10, 13]

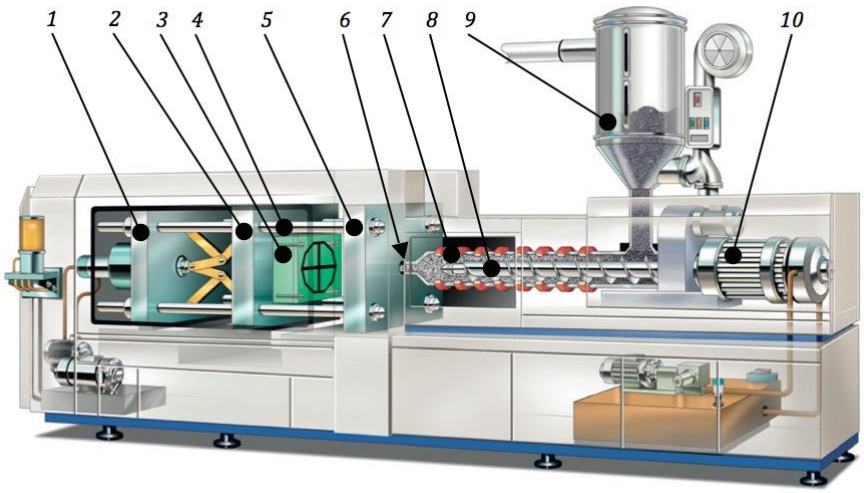


Obr. 6 Cyklus vstřikování [13].

1.5 Vstřikovací stroj

Nejčastěji používaný typ vstřikovacího stroje je znázorněn na obr. 7. Vstřikovací stroj se skládá ze vstřikovací a uzavíratelné jednotky. Každá jednotka je zvlášť poháněná hydraulickým, elektrickým nebo hybridním motorem. Vstřikovací stroje se rozšiřují o tzv. přídavná zařízení, která umožní automatizovat jejich výrobu. Jedná se například o dopravníky, manipulátory, temperační systémy a jeřáby určené k manipulaci se vstřikovací formou. [9, 12, 14]

V současné době se ve většině případů používají šnekové vstřikovací jednotky. Jejich předchůdcem byly vstřikovací jednotky s pístem, které vykonávají pouze axiální pohyb a dopravují materiál do tavící komory, kde dochází k roztavení plastu. Průběh tavení u tohoto typu je příliš zdlouhavý a nedochází u něj k dostatečnému promíchání taveniny. Aspoň k částečnému promíchání dochází za pomocí tzv. torpéda, které tavenina musí obtéct. Torpédo se nachází v tavící komoře mezi pístem a tryskou. Proto byly pístové vstřikovací jednotky nahrazené těmi šnekovými, které neohřívají taveninu pouze pomocí tavící komory, ale také otáčením šneku a dochází zde k dostatečnému promíšení taveniny. Pístové vstřikovací stroje se nyní používají pouze ve speciálních případech. [12, 15]



1. uzavírací jednotka, 2. pohyblivá upínací deska, 3. pohyblivá část vstřikovací formy, 4. vodící sloupky vstřikovacího lisu, 5. pevná upínací deska vstřikovacího lisu, 6. čelo špičky vstřikovacího lisu, 7. tavící komora, 8. šnek, 9. násypka pro plastový polotovar, 10. pohon šneku.

Obr. 7 Schéma vstřikovacího stroje [13].

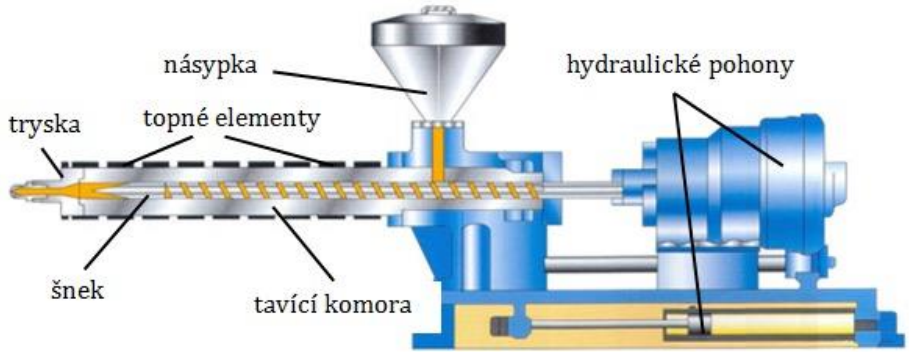
1.5.1 Vstřikovací jednotka

Úkolem vstřikovací jednotky je připravit požadované množství taveniny z granulátu, dopravit taveninu před čelo šneku a následně vstřiknout taveninu do vstřikovací formy přes trysku. Vstřikovací jednotka se skládá z násypky, tavící komory, šneku, topných zařízení a trysky, viz obr. 8. [9, 12]

Násypka se nachází na horní části vstřikovací jednotky. Jedná se o nerezovou nádobu, která musí mít takový tvar, aby materiál nezůstával v násypce. Některé násypky jsou doplněny o přídavné prvky, jako jsou například síta nebo magnety, které slouží k zachycení velkých částic (při výrobě z recyklátů) nebo kovových nečistot. [12, 15]

Do tavící komory se zpracovávaný materiál dostává z násypky. Tavící komora má tvar válce s dírou a na jejím vnějším obvodu se nachází topná zařízení, která slouží k ohřevu tavící komory. Šnek, který je umístěn v díře tavící komory se rozděluje do tří funkčních zón. První je zóna dopravní, která se nachází pod násypkou a slouží k odebírání a dopravení granulátu směrem ke špičce šneku. Hloubka závitu a jeho stoupání, ve kterém je tavenina posouvána, se postupně zmenšuje. Další částí je zóna kompresní, která taveninu více stlačuje a na jejím konci by měl být veškerý materiál roztaven. Poslední je zóna homogenizační, která taveninu promíchává a zajišťuje rovnoměrnou teplotu taveniny. Šnek je zakončen špičkou a zpětným uzávěrem, který zabraňuje zpětnému toku taveniny při fázi vstřikování. [12, 15]

Na konci tavící komory je umístěná tryska, která zajišťuje dopravení taveniny do vstřikovací formy. Během vstřikování nesmí docházet k tepelným ztrátám, a proto jsou trysky vyhřívané. Trysky se dělí na uzavíratelné a otevřené. [15]



Obr. 8 Schéma vstřikovací jednotky [12].

Vstřikovací jednotka je charakterizována parametry [12, 14, 15]:

- Vstřikovací kapacita udává maximální objem taveniny, který je stroj schopen připravit a vstřiknout na jeden zdvih. Značí se Q_v a udává se v cm^3. Tento údaj nám tedy dává informaci o maximálním objemu součásti, který můžeme na stroji vyrobit. Nesmíme ale zapomenout do výsledného objemu zahrnout nejen celkový objem součásti, ale také objem vtokového systému.
- Plastifikační kapacita (výkon) stroje nám udává hmotnost, kterou je daný stroj schopen roztavit za jednotku času. Nejčastěji se tato hodnota udává v kg za hodinu a značí se Q_p. Tato hodnota je u stroje spíše orientační a slouží k hrubému výpočtu času, který budeme potřebovat pro plastifikaci výrobní dávky plastu. Liší se totiž podle použitého typu zpracovávaného plastu, geometrie šneku a velikosti použitých otáček.

1.5.2 Uzavíratelná jednotka

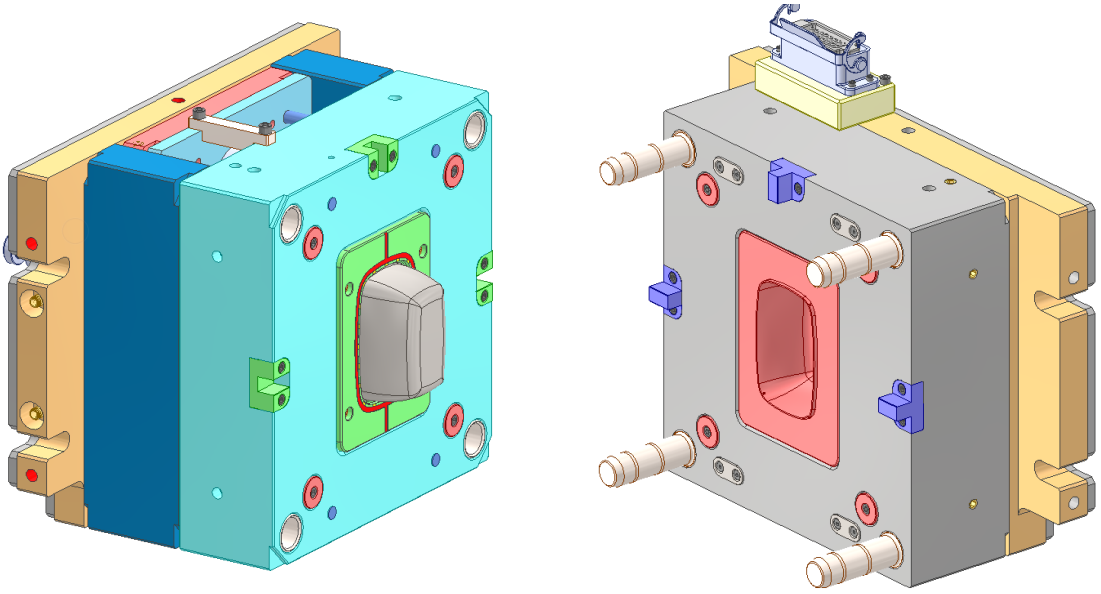
Uzavíratelná jednotka zajišťuje upnutí vstřikovací formy a ovládání jejího pohybu během vstřikování. Tyto jednotky se dělí podle použitého způsobu uzavíracího mechanismu [12, 15]:

- hydraulická uzavírací jednotka,
- kloubová uzavírací jednotka.

K upnutí vstřikovací formy slouží upínací desky, pevná a pohyblivá, které jsou vybavené upínacím systémem. U menších lisů probíhá upínání pomocí upínek a šroubů. Dalšími způsoby upínání jsou bajonetové systémy nebo upínání pomocí magnetických desek. Upínací desky jsou spojeny vodícími sloupky, které zajištují přesné vedení obou desek. Uzavírací mechanismus je zdrojem pohybu desek a je charakterizován maximální velikostí uzavírací síly, které může při zavření dosáhnout. [12, 15]

2 VSTŘIKOVACÍ FORMA

Vstřikovací forma je tvářecí nástroj, který musí splňovat velké množství požadavků na jeho správnou funkci během vstřikování. Vstřikování probíhá v opakujícím se časovém cyklu, za dané teploty a tlaku. Na vstřikovací formě tedy dochází k opotřebení některých prvků a je proto důležité správně zvolit druh materiálu pro jednotlivé díly a v některých případech i tepelné zpracování těchto materiálů pro delší životnost nástroje. Vstřikovací forma se skládá z pevné a pohyblivé poloviny (obr. 9). Tyto poloviny se skládají z jednotlivých dílů a systémů, které budou popsány níže. [6, 13]



Obr. 9 Pohyblivá a pevná polovina.

Rozdělení vstřikovacích forem podle [4, 6]:

- násobnosti (jednonásobné, vícenásobné),
- konstrukce (s posuvnými jádry, čelisťové, etážové),
- uspořádání (dvoudeskové, třídeskové),
- zpracovávaného materiálu (pro termoplasty nebo reaktoplasty).

2.1 Násobnost vstřikovací formy

Násobnost vstřikovací formy znamená počet výstřiků, které vstřikovací forma vyrobí během jednoho cyklu. Při volbě vhodné násobnosti vstřikovací formy je nutné posoudit výrobu z několika hledisek [9, 16, 17]:

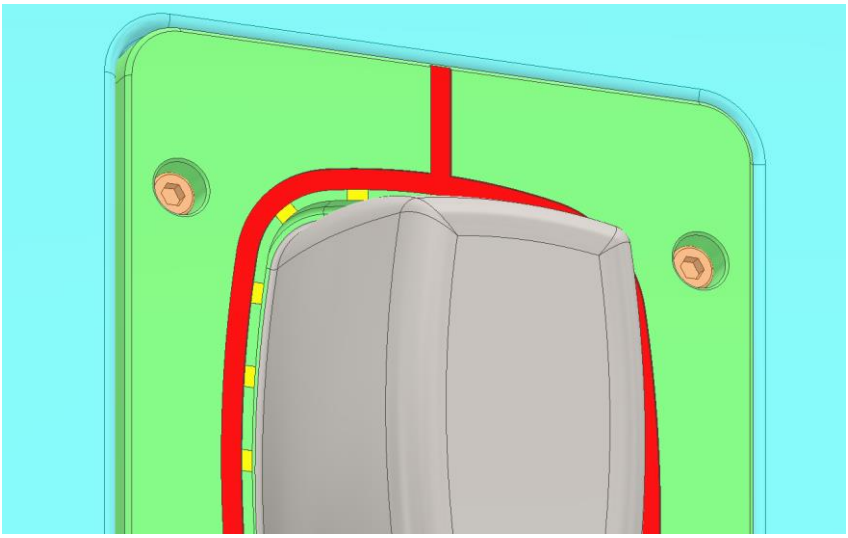
- množství vyráběných výstřiků,
- složitosti a přesnosti rozměrů výstřiku,
- ekonomiky výroby,
- typu použitého vstřikovacího stroje.

Jednonásobné formy se volí pro přesné, tvarově složité a velké výrobky. Vhodné použití jednonásobných forem je také pro malé nebo ověřovací série. Vícenásobné formy jsou používány především pro velké série a pro výrobu menších a méně přesných výstřiků. [9, 16, 17]

2.2 Odvzdušnění forem

V dutině formy se nachází vzduch, který musí být odveden z dutiny při jejím plnění. V případě nedostatečného odvzdušnění je vzduch stlačován v dutině a dochází k jeho hromadění. To má vliv na zhoršení kvality povrchu, mechanických vlastností, nebo také na vznik bublin v konečném výrobku. Odvod vzduchu závisí na rychlosti plnění dutiny a teplotě taveniny. Například při vysokých teplotách a velké rychlosti vstřikování může dojít ke spálení povrchu výstřiku (tzv. Dieslův efekt), kdy je vzduch tak silně stlačen, že dojde k jeho zažehnutí. [13, 16, 18]

Místo odvzdušnění určí konstruktér, většinou se nachází v místě, které je zaplňováno jako poslední a je nejvíce vzdálené od místa vtoku. Pokud je určení místa nejasné a příliš obtížné, dochází k němu až po odzkoušení formy, kdy na výstřiku zůstanou viditelné vady (nedotečený výstřik, spálené místo). Nejjednodušší umístění i vyrobení odvzdušnění je v dělící rovině. [13, 16, 18]



Obr. 10 Odvzdušnění.

Tvar odvzdušnění je obdélníkového průřezu (na obr.10 žlutě označené plochy), jeho hloubka se pohybuje od 0,01 až do 0,05 mm a závisí na použitém druhu plastu. Šířka drážky se pohybuje v milimetrech a upravuje se dle potřeby. Hloubka odvzdušnění musí být dostatečně velká, aby vzduch byl účinně odváděn. Ale nemůže být tak velká, aby docházelo k zatékání plastu. [13, 16, 18]

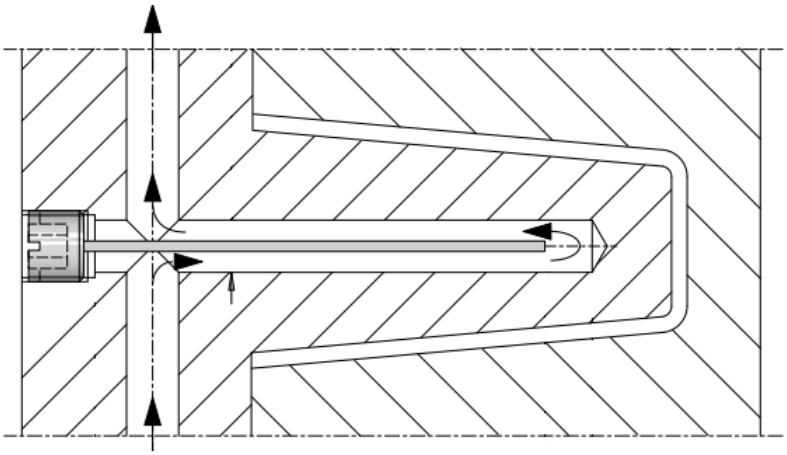
2.3 Temperační systémy

Temperační systém formy je uzavřený okruh kanálu kruhového průřezu, ve kterém proudí chladící médium (voda, olej, glykoly). Úkolem temperačního systému je při zahájení výroby předehřát vystřikovací formu na provozní teplotu. Dalším úkolem je odvedení tepla ze vstřikovací formy a udržení stálé teploty během vstřikování v celém nástroji tak, aby nedocházelo k velkým rozdílům teplot. Správné rozvržení systému má vliv na kvalitu vstřikovaného dílu, jeho deformace a délku chlazení výstřiku. [13, 18, 19]

Temperační okruhy jsou umístěné jak v pevné, tak pohyblivé polovině vstřikovací formy. Jejich rozmístění kolem dutiny formy je rovnoměrné a jejich vzdálenost by měla být dostatečná, tak aby nedocházelo ke snížení pevnosti a tuhosti dutiny a docházelo k odvodu tepla. Průměr temperačních kanálů se volí v závislosti na velikosti materiálu a tvárnice. Při návrhu temperačního systému by se mělo předcházet tzv. mrtvým místům, ve kterých může docházet k usazování nečistot a tím k ucpávání kanálu. [16, 18]

V některých případech, kde není možné použít standartní temperační okruh, se použije přepážkový systém (obr. 11), který je kolmý na temperační okruh. Většinou se jedná o temperace tvárníků při výrobě jednostranně dutých výstřiků. Existují různé druhy přepážek, liší se tvarem a průtokem tavícího média. Každá přepážka dosahuje jiného temperančního efektu. Přepážky jsou nakupovaným dílem vyrobeným z mosazi nebo nerezového materiálu. Upevnění se provádí pomocí závitu nebo bezzávitové zátky (aplikovatelné i do hloubky). Typické příklady přepážek [13, 18, 20]:

- ploché přepážky,
- spirálové přepážky,
- systém fontánek.



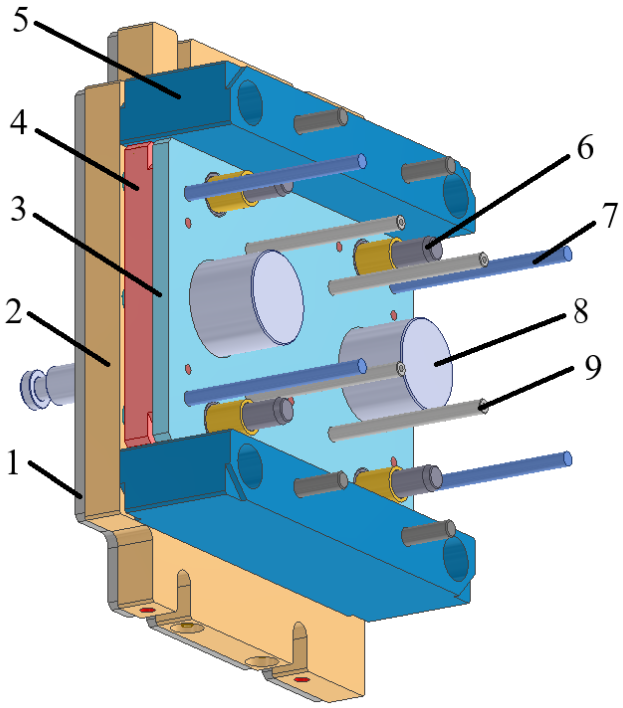
Obr. 11 Příklad ploché přepážky [21].

2.4 Vyhazovací systémy

Úkolem vyhazovacího systému je zajistit automatické vyjmutí (vyhození) výstřiku při otevření vstřikovací formy. Nejčastějším způsobem je mechanické vyhazování pomocí vyhazovačů, nebo stírací desky. Další možností je vyhazování pomocí stlačeného vzduchu. Vyhazovací systém by měl jednoduše vysunout vstřikovaný díl bez deformačního poškození a jeho vysouvání by mělo probíhat rovnoměrně tak, aby nedošlo ke vzpříčení dílu. [13, 18]

Vyhazovací systém koná dopředný pohyb pomocí pohybu stroje, kdy dochází k vyhazování výstřiku. Pohyb zpětný, při kterém se vyhazovací systém vrací do výchozí polohy, je obvykle proveden také pomocí pohybu stroje. V některých případech je zpětný pohyb realizován pomocí vratných (vracecích) kolíků (obr. 12 pozice 7), které se při zavírání opřou o druhou polovinu vstřikovací formy. Vratné kolíky jsou součástí skoro každé vstřikovací formy a používají se hlavně z bezpečnostního hlediska, aby v případě, kdy nedojde ke zpětnému pohybu vyhazovacího systému, nedošlo k poškození dutiny formy vyhazovači. [13, 18]

Vyhazování pomocí vyhazovačů patří mezi nejčastěji používané systémy. Vyhazovače musí být vhodně rozmístěny po ploše vyhazovaného dílu tak, aby docházelo k jeho snadnému vyhození. Vyhazovače jsou nejčastěji kruhového průřezu a jedná se o normalizované díly. Jsou pevně umístěny mezi opěrnou a kotevní deskou (obr. 12–13). Po vyhazovačích zůstávají na povrchu výstřiku stopy, proto by neměly být v místech, nebo na straně výstřiku, kde to z hlediska vzhledu není vhodné. [18, 22]

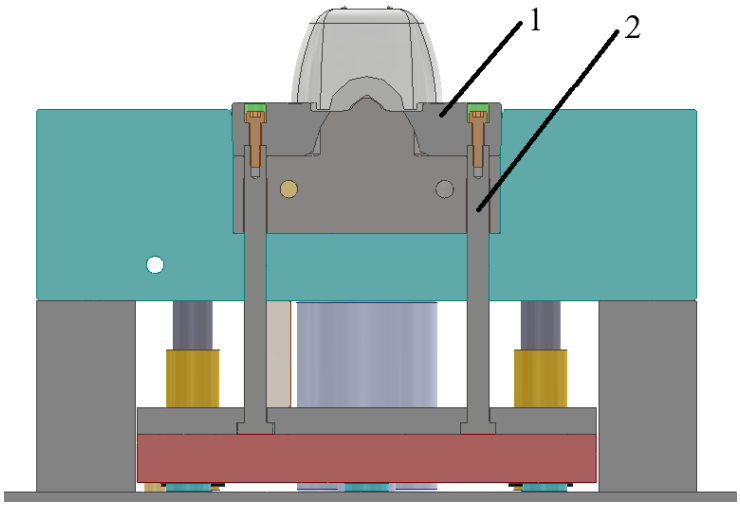


1. izolační deska, 2. upínací deska, 3. kotevní deska, 4. opěrná deska, 5. rozpěrná deska, 6. kuličkové vedení, 7. vratný kolík, 8. opěrný sloupek, 9. vyhazovací trn.

Obr. 12 Příklad vyhazovacího systému.

Stírací deska se používá u tenkostěnných výstřiků, kdy jeho vysunutí probíhá po celé ploše součásti, a na povrchu nezůstávají žádné stopy. Vyhazování pomocí stírací desky je doporučené pouze v případě, kdy výstřik dosedá na stírací desku v dělicí rovině. Příklad stírací desky je uveden na obr. 13. [18]

Dalšími díly ve vyhazovacím systému jsou rozpěrné desky (obr. 12 pozice 5), které slouží k určení potřebné výšky pro pohyb vyhazovacího systému. Opěrné sloupky (obr. 12 pozice 8) se používají u větších forem pro podepření tvárníku (rámové desky), aby nedocházelo k jeho deformaci (prohnutí). [22]

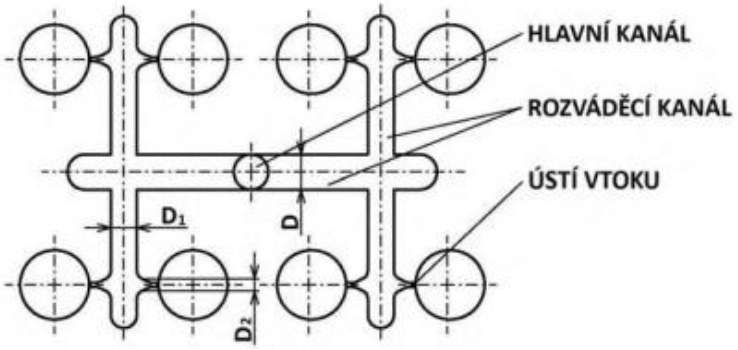


1. stírací deska, 2. vyhazovací trn.

Obr. 13 Stírací deska.

2.5 Vtokové systémy

Vtokový systém dopravuje taveninu do dutiny vstřikovací formy. V závislosti na násobnosti vstřikovací formy a složitosti výstřiku se liší provedení vtokového systému. V případě jednonásobné vstřikovací formy je tavenina dopravována tryskou nebo vtokovou vložkou přímo do dutiny formy. U vícenásobných forem, nebo výstřiků, které není možné vyrobit jedním vtokem, se tavenina dopraví pomocí rozváděcích kanálů. Tyto vtokové systémy mají dále různá provedení, v závislosti na použití studeného nebo vyhřívaného vtokového systému. [16, 18, 19]



Obr. 14 Příklad vtokového systému [16].

U studeného vtokového systému je vtoková část vždy vyhozena jako odpadový materiál s výstřikem. Příklad vtokového systému je na obr. 14, kde hlavní (vtokový) kanál dopravuje taveninu do dělící roviny a má tvar kuželu. V dělící rovině dopravuje taveninu rozváděcí kanál do jednotlivých dutin. Ideální tvar rozváděcího kanálu je kruhový, kdy do každé poloviny formy je vyroben půlkruh kanálu. Rozváděcí kanál je zakončen vtokovým ústím, které by mělo mít menší tloušťku, než je stěna vstřikovaného dílu a rozváděcího kanálu. Vtokové ústí má splňovat dvě základní funkce. První funkcí je zatuhnutí taveniny v místě vtoku, a tak zabránění zpětnému úniku taveniny zpátky do rozváděcího kanálu. Druhou funkcí je jednoduché oddělení hotového výstřiku od rozváděcího kanálu. [13, 18]

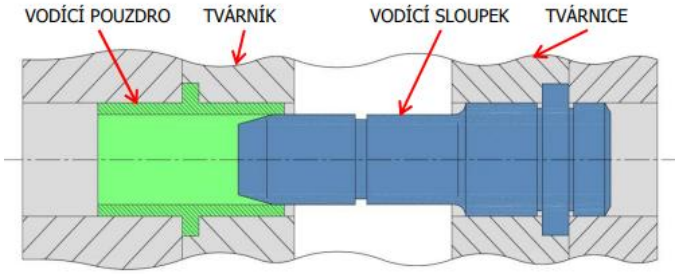
Hlavní výhodou vyhřívaného vtokového systému je úspora vstřikovaného materiálu a zkrácení chladicího času. Důvodem je, že tavenina ve vtokové soustavě zůstává v plastickém stavu a nevzniká odpadový materiál. Tyto vtokové systémy lze použít v případě třídeskových vstřikovacích forem. Vyhřívaný vtokový systém neboli rozvodný blok, je upnut ve vybrání desky, která je vložená mezi tvárnici a upínací desku. Vtokové systémy jsou zakončené vyhřívanou tryskou, která se nachází u každé dutiny. Vyhřívané systémy jsou na trh dodávané specializovanými firmami. [18, 19]

2.6 Tvarová část vstřikovací formy

Tvarovou část vstřikovací formy tvoří tvárník a tvárnice, ve kterých je vyroben negativ vyráběné součásti. Kromě vyrobeného negativu obsahují tvárník a tvárnice také ostatní prvky, jako jsou vstup a výstup do temperačního systému, otvory pro vodící sloupky, zahloubení pro dosedací podložky, otvory pro středicí zámky. Tvárník se nachází v pohyblivé polovině a tvárnice v pevné polovině vstřikovací formy. Tvarová část se při velkých rozměrech vyrábí jako tvarové vložky a ty jsou upevněny v rámové desce. Materiál, ze kterého je tvarová část vyrobená, závisí na použitém druhu plastu. Typickým materiálem je nástrojová ocel. [22]

2.7 Ostatní prvky vstřikovací formy

Vodící sloupky a pouzdra jsou normalizované díly, které zajišťují přesné vedení vstřikovací formy při jejím zavíraní a otevírání (obr. 15). Vodící sloupky se zpravidla umísťují na pevnou polovinu vstřikovací formy. [13, 22]

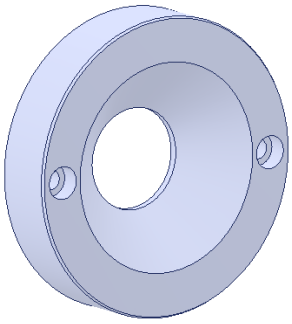


Obr. 15 Vodící sloupek a pouzdro [22].

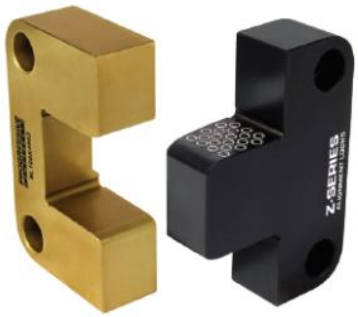
Izolační deska je připevněna pomocí zápustných šroubů k upínací desce (obr. 12). Obě desky jsou na pevné i pohyblivé části formy. Izolační desky se nachází na vnější části forem a používají se ke snížení tepelných ztrát mezi formou a vstřikovacím strojem. Upínací desky slouží k upnutí obou polovin formy do vstřikovacího stroje. [22, 23]

Středicí kroužek (obr. 16) se nachází na pevné i pohyblivé části formy. Slouží k přesnému upevnění formy na vstřikovacím stroji. Velikost kroužku se liší podle velikosti a výrobce vstřikovacího stroje. [18, 22]

Středicí zámky se nachází na vnější straně formy (obr. 9). Skládají se ze dvou částí (obr. 17), kdy jedna část je upevněná v pevné a druhá v pohyblivé polovině vstřikovací formy. Úkolem středicích zámků je přesné ustavení pevné a pohyblivé poloviny. [22]



Obr. 16 Středicí kroužek.



Obr. 17 Středicí zámek [20].

2.8 Materiály používané pro výrobu forem

Volba materiálů pro jednotlivé části forem má vliv na kvalitu vyráběného výstřiku, cenu a životnost vstřikovací formy. Každý díl ve vstřikovací formě plní jinou funkci a je jinak opotřebováván. Proto je důležité volit pro méně namáhané a opotřebovávané díly levnější materiál. A naopak pro části forem, které jsou během vstřikovacího cyklu vysoce namáhané a opotřebovávané, nebo u nich dochází ke styku s taveninou, musí být tyto části vyrobeny z materiálu s větší odolností a pevností. Ve většině případů jsou také tepelně upravovány. V tab. 1 jsou uvedeny příklady používaných materiálů pro jednotlivé části forem. [18, 19]

Tab. 1 Příklady materiálů používaných při výrobě vstřikovacích forem [13].

OZNAČENÍ MATERIÁLU	VLASTNOSTI MATERIÁLU	DOPORUČENÉ POUŽITÍ
1.0577	**základní konstrukční ocel** dobrá svařitelnost, nekalená	obyčejné díly formy bez požadavku na vyšší mechanické vlastnosti
1.1730	**nástrojová ocel**	netvrzené díly forem a přípravků, upínací desky forem, rozpěry
1.2083	**prokalitelná ocel** částečná korozivzdornost, legovaná vhodná k leštění	vložky dutiny forem, tvarové desky
1.2085	**nástrojová ocel** předtvrzená, korozivzdorná dobrá obrobitelnost, legovaná	korozně odolné díly forem - vložky apod.
1.2162	**ocel k lokálnímu kalení** legovaná	desky forem
1.2210	**za studena obráběná ocel** odolnost proti opotřebení	jádrové kolíky, malé soustružené díly
1.2311	**nástrojová ocel** legovaná a předtvrzená vhodná pro nitridování a leštění	desky forem, vložky a mechanicky namáhané díly
1.2312	**nástrojová ocel** legovaná a předtvrzená dobrá obrobitelnost, legovaná	desky a díly vysoce mechanicky namáhané
1.2316	**nástrojová ocel** předtvrzená, korozivzdorná vhodná pro leštění	díly forem pro korozní polymery
1.2738	**nástrojová ocel** předtvrzená ocel s rovnoměrnými mech. vlastnostmi	velké desky s hlubokými dutinami i např. pro formy na nárazníky či přístrojové desky
1.7131	**ocel k lokálnímu kalení** legovaná	vodící elementy a jádra
1.2379	**ocel k prokalení** rozměrová stálost vysoká tvrdost, odolnost proti opotřebení dobrá obrobitelnost	desky forem, vložky
1.2343	**nástrojová ocel** ocel s velmi dobrou prokalitelností, s malou rozměrovou deformací po tepelném zpracování, dobře obrobitelná, vhodná k leštění	vyhazovače a tvarové části vstřikovacích forem

3 POUŽITÉ NÁSTROJOVÉ A STROJNÍ VYBAVENÍ

Nástrojové a strojní vybavení bylo použito z firmy Techplast a.s. – výrobní provoz nástrojárna.

3.1 Nástroje pro hrubování a dokončování na CNC stroji

V tab. 2 jsou uvedeny nástroje pro hrubování na CNC stroji DECKEL MAHO DMU 60 T.

Tab. 2 Seznam nástrojů pro hrubování.

číslo nástroje	zobrazení	název	průměr nástroje D	označení nástroje
T1		Rychloposuvová hrubovací fréza	25 mm	D25R1,3L55 Fette
T2		Rychloposuvová hrubovací fréza	16 mm	D16R1L50 Innotool
T3		Fréza válcová čelní	16 mm	D16-R0-Bř
T4		Úhlová fréza	16 mm	16sr5x45 Innotool
T5		Vrták	13 mm	D13-GUHRING
T6		Vrták	8 mm	D8-GUHRING
T7		Vrták	6,7 mm	D6,7-GUHRING
T8		Rychloposuvová hrubovací fréza	8 mm	D8R0,8L40 2Feed HSC
T9		Rádiusová fréza	15 mm	D15R35L50 Pocolm
T10		Úhlová fréza	8 mm	D8sr4x45

Nástroje pro dokončování na CNC stroji Mikron jsou uvedeny v tab. 3.

Tab. 3 Seznam nástrojů pro dokončování.

číslo nástroje	zobrazení	název	průměr nástroje D	označení nástroje
T11		Rádiusová fréza	12 mm	D12/R02/L25 Innotool
T12		Dokončovací fréza s rovným čelem	8 mm	D8/R0/L30 68HRC
T13		Kulová fréza	10 mm	D10/R5 Kieninger
T14		Dokončovací fréza s rovným čelem	0,8 mm	D0,8/R0/L6 68HRC
T15		Kulová fréza	0,8 mm	D0,8/R0,4/L6 68HRC
T16		Dokončovací fréza s rovným čelem	5 mm	D5/R0/L16 68HRC
T17		Fréza válcová čelní	5 mm	D5/R0/L20-Bř

3.2 Pásová pila na kov PILOUS ARG 230

Pásová pila na kov (obr. 18) je vhodná pro dělení různých druhů materiálu. Má dva stupně řezných rychlostí 40 m/min a 80 m/min a možnost nastavení úhlu řezu 90°–45°. Rameno pily se zvedá ručně a pilový pás se do řezu přivádí vlastní vahou s regulovanou rychlostí pomocí škrtícího ventilu. Pilový pás o rozměrech 2465 x 27 x 0,9 mm je upnut mezi dvěma kotouči. První kotouč je hnaný motorem, udává pohyb pásu. Druhý kotouč je nastavitelný, pomocí něj dochází k napínání pilového listu. [24]

Obr. 18 Pásová pila na kov.

3.3 DECKEL MAHO DMU 60 T

CNC univerzální obráběcí centrum s tříosým řídicím systémem Heidenhain iTNC 530 (obr. 19). Stroj je vybavený výklopnou hlavou, která je ovládána ručně a lze ji vyklopit doprava o 91°, doleva o 12°. Ostatní technické parametry se nachází v příloze č. 1. [25]

- pracovní prostor (x/y/z) – 630/560/560 mm,
- velikost pracovního stolu – 1000 x 600,
- maximální otáčky vřetena – 18 000 min^{-1},
- počet míst v zásobníku – 20.

Obr. 19 DMU 60 T.

3.4 Radiální vrtačka MAS KOVOSVIT VO 32

Vhodná pro vrtání velkých a těžkých součástí, jako mohou být například desky vstřikovacích forem, kde je potřeba vyvrtat temperační otvory. Níže jsou uvedené technické parametry stroje [26, 27]:

- délka a šířka stolu – 1150 x 800 mm,
- otáčky vřetena 56–4500 min^{-1},
- maximální průměr vrtání – 32 mm,
- velikost stroje (d/š/v) – 2 600/1 100/2 200 mm.

Obr. 20 Radiální vrtačka VO 32.

3.5 Závitořezná vrtačka Bernardo TM 16 E

Závitořezná vrtačka je vybavena rychloupínacím sklíčidlem pro řezání závitů v oceli, hliníku a barevných kovech. Závitové řezání je možné v různých úhlech od 0° do 90° polohováním otočné jednotky motoru. Ostatní technické parametry jsou uvedené v příloze č. 2. [28]

- Pro závitové otvory M3–M16,
- Otáčky max. 120–325 min^{-1},
- Max. pracovní poloměr R 1 100 mm.

Obr. 21 Závitořezná vrtačka.

3.6 Rovinná bruska BPH 20

Rovinná bruska pro dokončování rovinných ploch. Upínací plocha stolu má rozměr 630 x 200 mm, s magnetickou upínací deskou. Další parametry stroje [29, 30]:

- maximální výška obrobku – 300 mm,
- maximální průměr kotouče – 130 mm,
- maximální délka a šířka broušení – 630 x 200 mm,
- rozměry stroje (d/š/v) – 2 460/1 350/1 480 mm,
- hmotnost stroje – 1 600 kg.

Obr. 22 Rovinná bruska.

3.7 MIKRON HSM 400 LP

Mikron HSM 400 LP je vysokorychlostní frézovací centrum. Jeho výhodou je vysoká přesnost, kvalita povrchu a možnost obrábění za vysokých otáček. Je vhodné pro výrobu grafitových elektrod nebo dokončení tvarových částí forem. Některé technické parametry jsou uvedené níže, list s technickými údaji je v příloze č. 3. [31]

- maximální otáčky vřetena – 42 000 min^{-1},
- pracovní prostor (x/y/z) – 500/450/360 mm,
- tříosý řídicí systém Heidenhain iTNC 530,
- počet míst v zásobníku – 68.

Obr. 23 MIKRON HSM 400 LP.

4 NÁVRH VÝROBY TVÁRNICE

V dalších kapitolách bude popsán návrh výroby tvárnice. Výkres vyráběné součásti je k dispozici v příloze 5. V první části bude zvolen druh materiálu pro vyráběnou tvárnici a následně příprava jeho polotovaru včetně přídavků na obrábění. V další části bude tvárnice vyhrubována na CNC stroji s přídavky na dokončení. Po vyhrubování se vyvrtají temperační otvory a vyřežou se závity. Následně se tvárnice tepelně upraví na požadovanou tvrdost. Po tepelné úpravě se budou brousit rovinné plochy a dokončí se tvar součásti na CNC stroji. Posledním krokem bude leštění tvarové dutiny na jakost povrchu Ra 0,1. Technologický postup je k dispozici v příloze 4.

4.1 Volba materiálu a příprava polotovaru

Materiál pro tvárnici byl zvolen 1.2343, jedná se o nástrojovou ocel. Tento materiál má dobrou houževnatost, odolnost proti opotřebení za tepla a v žíhaném stavu je dobře obrobitelný. Ocel je dobře kalitelná a její ochlazování probíhá v oleji nebo na vzduchu. Jeho chemické složení je uvedeno v tab. 4. [32, 33]

Dodávaný materiál je žíhaný naměkko s maximální tvrdostí 229 HB a je vhodný pro výrobu tvářecích nástrojů při práci za tepla, jako je výroba zápustek pro kování, střižné nástroje, průtlačníky a části vstřikovacích forem. Nástroje vyrobené z této oceli jsou vhodné k ochlazování vodou. [32, 33]

Tab. 4 Chemické složení pro materiálu 1.2343 [34].

	C	Mn	Si	Pmax.	Smax.	Cr	Mo	V
hm. %	0,33–0,41	0,25–0,5	0,8–1,2	0,03	0,02	4,8–5,5	1,1–1,5	0,3–0,5

Polotovar bude nařezán ze zvoleného materiálu 1.2343 na pásové pile PILOUS ARG 230 s přídavkem 5 mm na každý rozměr. To znamená, že velikost polotovaru bude 165 x 125 x 75 mm.

4.2 Hrubování tvárnice

Celé hrubování se provede na CNC stroji DECKEL MAHO DMU 60 T a bude rozděleno na dvě části. V první části se upne polotovar a bude se hrubovat část tvárnice, kde se nachází otvor trysky. V druhé části se polotovar upne za obrobenou část a bude hrubována tvarová část tvárnice.

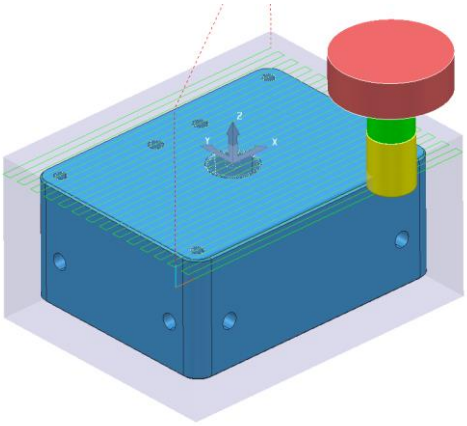
4.2.1 Hrubování ze strany trysky

Hrubování čela a obvodu (obr. 24-25)

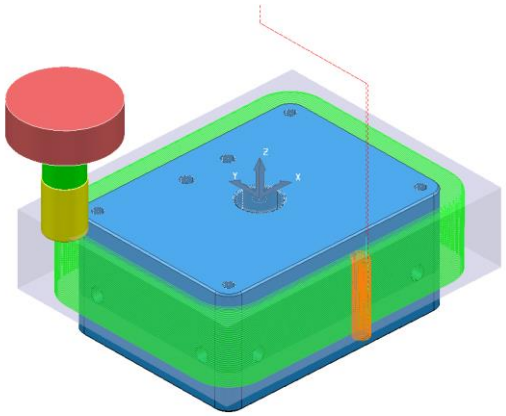
Prvním krokem výroby bude hranit polotovar s přídavkem na čelní i obvodové ploše o velikosti 0,4 mm. Pro tuto operaci bude použitá rychloposuvová hrubovací fréza s řeznými podmínkami uvedenými v tab. 5.

Tab. 5 Řezné podmínky pro hrubování čela a obvodu.

název operace	číslo nástroje	axiální hloubka řezu a_p [mm]	přídavek [mm]	řezná rychlost v_c [m/min]	otáčky vřetena n [min^{-1}]	řezný posuv v_f [mm/min]	posuv na zub f_z[mm]
hrubování čela a obvodu	T1	0,5	0,4	140	1 800	6 400	0,90



Obr. 24 Hrubování čela.



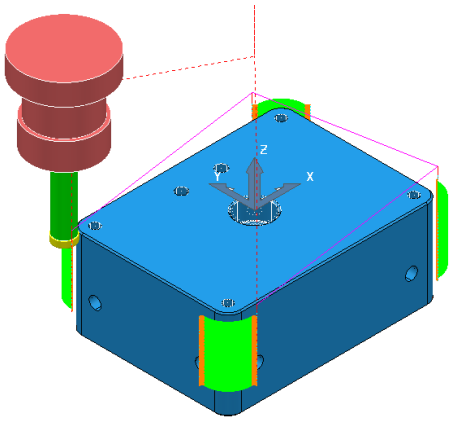
Obr. 25 Hrubování obvodu.

Dokončení rádiusů (obr. 26)

Rádiusy R10 se vyrobí hotově již před kalením, řezné podmínky jsou uvedené v tab. 6.

Tab. 6 Řezné podmínky pro dokončení rádiusů.

název operace	číslo nástroje	axiální hloubka řezu a_p [mm]	přídavek [mm]	řezná rychlost v_c [m/min]	otáčky vřetena n [min^{-1}]	řezný posuv v_f [mm/min]	posuv na zub f_z[mm]
dokončení rádiusů	T2	0,5	0	100	2 000	2 000	0,25



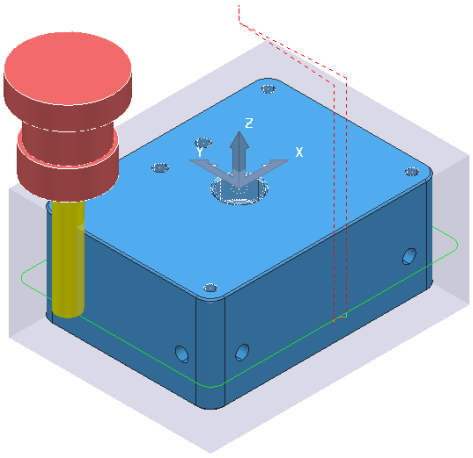
Obr. 26 Dokončení rádiusů.

Dohrubování čela a obvodu (obr. 27-28)

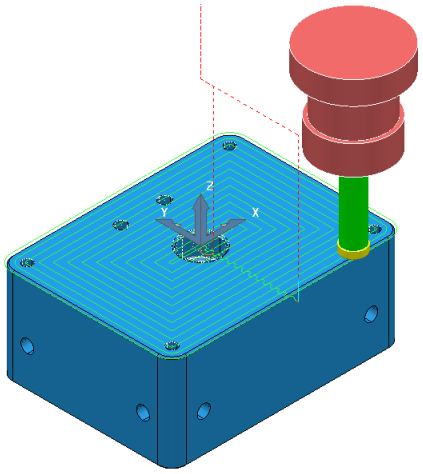
Po dohrubování čelní a obvodové stěny, zůstane přídavek 0,15 mm na stěnu, který se bude v dokončovací operaci po kalení brousit. Řezné podmínky pro dohrubování jsou uvedené v tab. 7.

Tab. 7 Řezné podmínky pro dohrubování čela a obvodu.

název operace	číslo nástroje	axiální hloubka řezu a_p [mm]	přídavek [mm]	řezná rychlost v_c [m/min]	otáčky vřetena n [min^{-1}]	řezný posuv v_f [mm/min]	posuv na zub f_z[mm]
dohrubování obvodu	T3	0	0,15	30	550	220	0,10
dohrubování čela	T2	0,25	0,15	100	2 000	2 000	0,30



Obr. 27 Dohrubování obvodu.



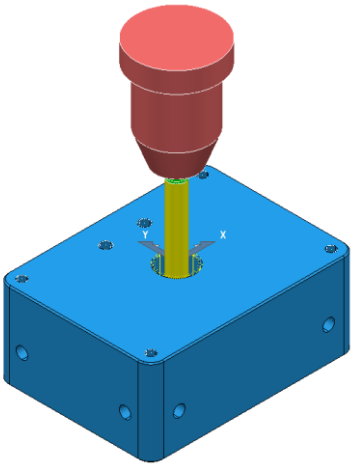
Obr. 28 Dohrubování čela.

Vrtání (obr. 29-31)

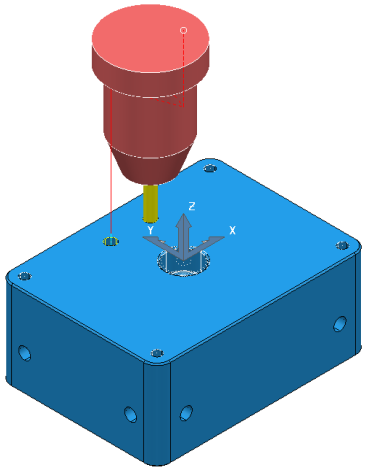
Vrtat se budou dva otvory pro temperační okruh, které mají průměr 8 mm. Tyto otvory budou vyráběny hotově. Dále předvrtáme otvor pro trysku vrtákem o průměru 13 mm a 6,7 mm. Otvor trysky se bude následně frézovat. Nakonec se vyvrtají čtyři díry pro závit M8, tyto závity slouží k upevnění tvarové vložky v pevné rámové desce. Řezné podmínky se nachází v tab. 8.

Tab. 8 Řezné podmínky pro vrtání.

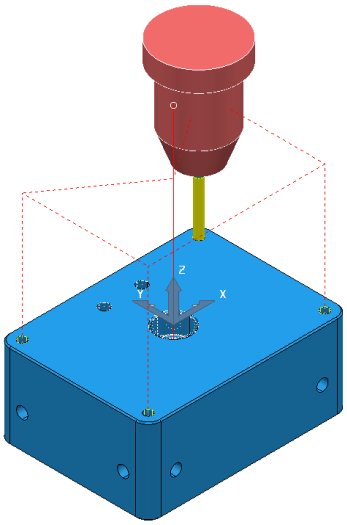
název operace	číslo nástroje	axiální hloubka řezu a_p [mm]	přídavek [mm]	řezná rychlost v_c [m/min]	otáčky vřetena n [min^{-1}]	řezný posuv v_f [mm/min]	posuv na zub f_z[mm]
vrtání díry Ø 13	T5	0	0	100	2 400	450	0,20
vrtání díry Ø 8	T6	0	0	100	3 900	600	0,15
vrtání díry Ø 6,7	T7	0	0	80	3 900	400	0,10



Obr. 29 Předvrtání otvoru trysky.



Obr. 30 Vrtání temperačních kanálů.



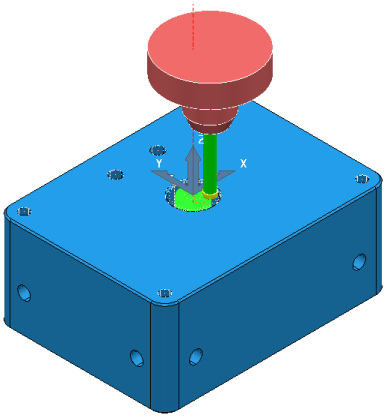
Obr. 31 Vrtání děr pro závit.

Dohrubování a dokončení otvoru trysky (obr. 32-33)

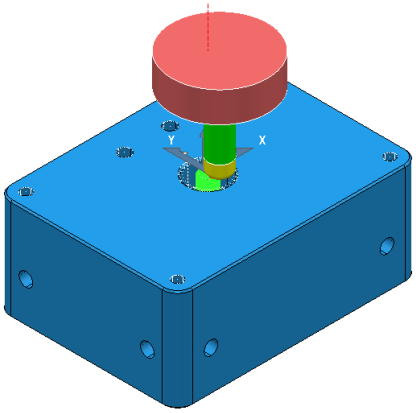
Otvor trysky o průměru 26 mm bude frézován hotově (tab. 9). Přesná část pro středění trysky, průměr 8H7, je předvrtán z předchozí operace a bude dokončen až po tepelné úpravě s dutinou tvárnice.

Tab. 9 Řezné podmínky pro hrubování a dokončení otvoru trysky.

název operace	číslo nástroje	axiální hloubka řezu a_p [mm]	přídavek [mm]	řezná rychlost v_c [m/min]	otáčky vřetena n [min^{-1}]	řezný posuv v_f [mm/min]	posuv na zub f_z[mm]
dohrubování otvoru trysky	T8	0,25	0,15	100	4 000	4 800	0,60
dokončení otvoru trysky	T9	0,25	0	140	3 000	2 400	0,30



Obr. 32 Dohrubování trysky.



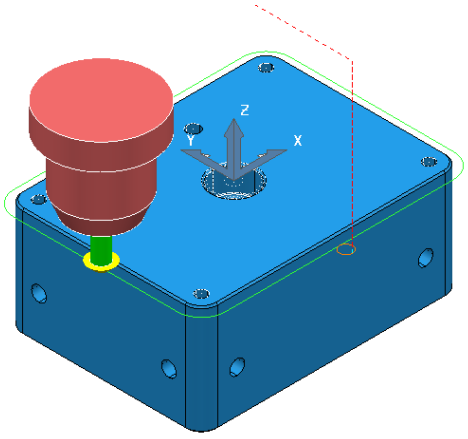
Obr. 33 Dokončení otvoru trysky.

Sražení hran (obr. 34-35)

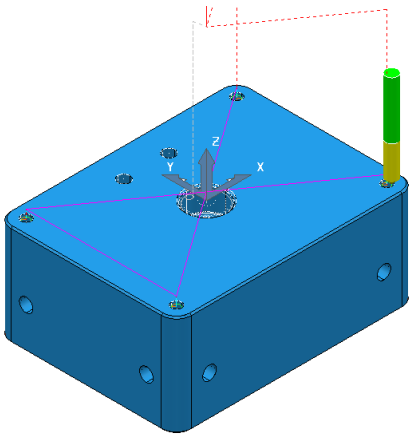
Posledním krokem bude sražení hran na všech otvorech a obvodu součásti dle výkresu. Řezné podmínky jsou uvedeny v tab. 10.

Tab. 10 Řezné podmínky pro sražení hran.

název operace	číslo nástroje	axiální hloubka řezu a_p [mm]	přídavek [mm]	řezná rychlost v_c [m/min]	otáčky vřetena n [min^{-1}]	řezný posuv v_f [mm/min]	posuv na zub f_z[mm]
sražení obvodové hrany	T4	0,5	0	115	2 300	450	0,05
sražení hran otvorů	T10	0,1	0	120	4 900	1 000	0,03



Obr. 34 Sražení obvodové hrany.



Obr. 35 Sražení hran otvoru.

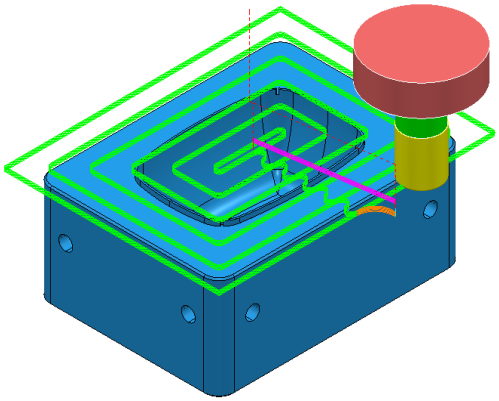
4.2.2 Hrubování tvarové části tvárnice

Hrubování čela a obvodu (obr. 36-37)

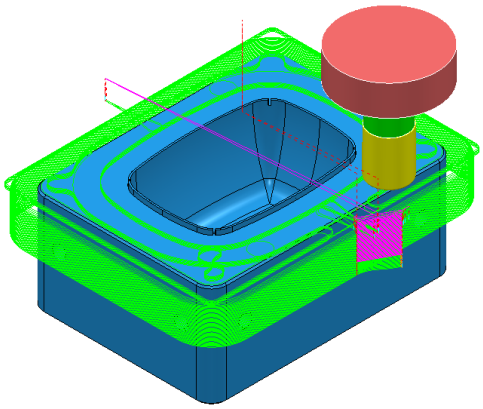
Při hrubování z druhé strany se odfrézuje materiál, za který byla součást upnuta. Na čele a obvodu bude ponechán přídavek 0,4 mm na stěnu (tab. 11).

Tab. 11 Řezné podmínky pro hrubování čela a obvodu.

název operace	číslo nástroje	axiální hloubka řezu a_p [mm]	přídavek [mm]	řezná rychlost v_c [m/min]	otáčky vřetena n [min^{-1}]	řezný posuv v_f [mm/min]	posuv na zub f_z[mm]
hrubování čela a obvodu	T1	0,5	0,4	140	1 800	6 400	0,90



Obr. 36 Hrubování čela.



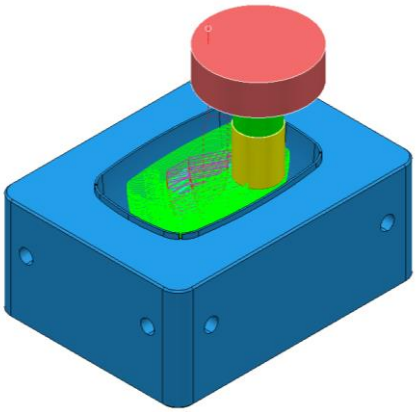
Obr. 37 Hrubování obvodu.

Hrubování tvaru (obr. 38-39)

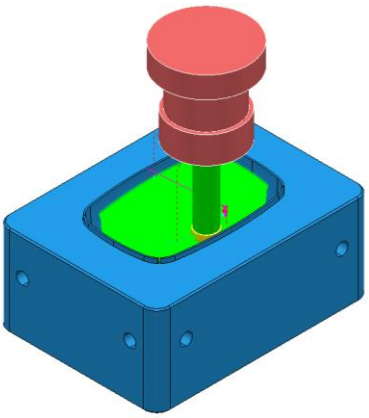
Dalším krokem bude hrubování vnitřní dutiny tvárnice. Dutina bude hrubována ve dvou krocích. V obou případech bude použita rychloposuvová hrubovací fréza o průměru 25 mm a 16 mm. Konečný přídavek na stěnu tvaru bude 0,25 mm (tab. 12).

Tab. 12 Řezné podmínky pro hrubování tvaru.

název operace	číslo nástroje	axiální hloubka řezu a_p [mm]	přídavek [mm]	řezná rychlost v_c [m/min]	otáčky vřetena n [min^{-1}]	řezný posuv v_f [mm/min]	posuv na zub f_z[mm]
hrubování tvaru č. 1	T1	0,5	0,4	140	1 800	6 400	0,90
hrubování tvaru č. 2	T2	0,3	0,25	100	2 000	2 000	0,25



Obr. 38 Hrubování tvaru č. 1.



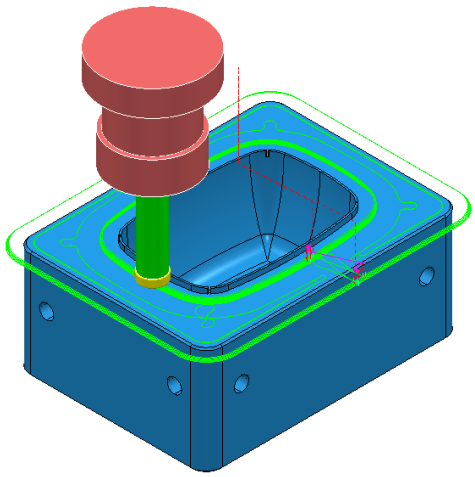
Obr. 39 Hrubování tvaru č. 2

Hrubování výstupku (obr. 40)

Hrubování vnější tvarové části tvárnice rychloposuvovou hrubovací frézou o průměru 16 mm s přídavkem na stěnu 0,25 mm.

Tab. 13 Řezné podmínky pro hrubování výstupku.

název operace	číslo nástroje	axiální hloubka řezu a_p [mm]	přídavek [mm]	řezná rychlost v_c [m/min]	otáčky vřetena n [min^{-1}]	řezný posuv v_f [mm/min]	posuv na zub f_z[mm]
hrubování výstupku	T2	0,3	0,25	100	2 000	2 000	0,25



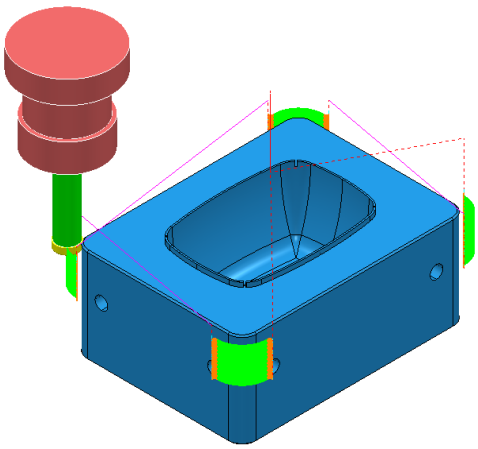
Obr. 40 Hrubování výstupku.

Dokončení rádiusů (obr. 41)

Stejně jako v první části budou rádiusy R10 frézovány hotově. Řezné podmínky jsou uvedeny v tab. 14.

Tab. 14 Řezné podmínky pro dokončení rádiusů.

název operace	číslo nástroje	axiální hloubka řezu a_p [mm]	přídavek [mm]	řezná rychlost v_c [m/min]	otáčky vřetena n [min^{-1}]	řezný posuv v_f [mm/min]	posuv na zub f_z[mm]
dokončení rádiusů	T2	0,5	0	100	2 000	2 000	0,25



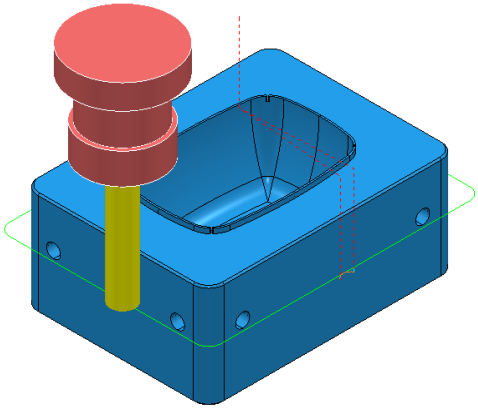
Obr. 41 Dokončení rádiusů.

Dohrubování čela a obvodu (obr. 42-43)

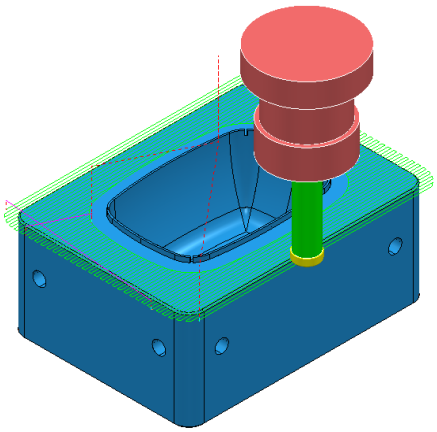
Dále bude obroben obvod a rovinnou plochu tvárnice s přídavkem 0,15 mm na stěnu, který se bude po tepelné úpravě brousit.

Tab. 15 Řezné podmínky pro dohrubování čela a obvodu.

název operace	číslo nástroje	axiální hloubka řezu a_p [mm]	přídavek [mm]	řezná rychlost v_c [m/min]	otáčky vřetena n [min^{-1}]	řezný posuv v_f [mm/min]	posuv na zub f_z[mm]
dohrubování obvodu	T3	0	0,15	30	550	220	0,10
dohrubování čela	T2	0,1	0,15	100	2 000	2 000	0,25



Obr. 42 Dohrubování obvodu.



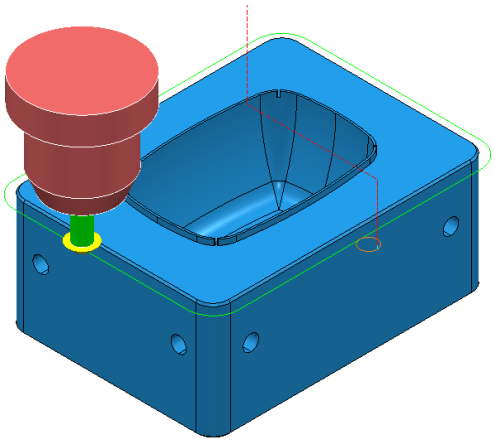
Obr. 43 Dohrubování čela.

Sražení obvodové hrany (obr. 44)

Posledním krokem bude sražení obvodové hrany tvárnice 1x45° úhlovou frézou. Řezné podmínky uvedené v tab. 16.

Tab. 16 Řezné podmínky pro sražení hrany.

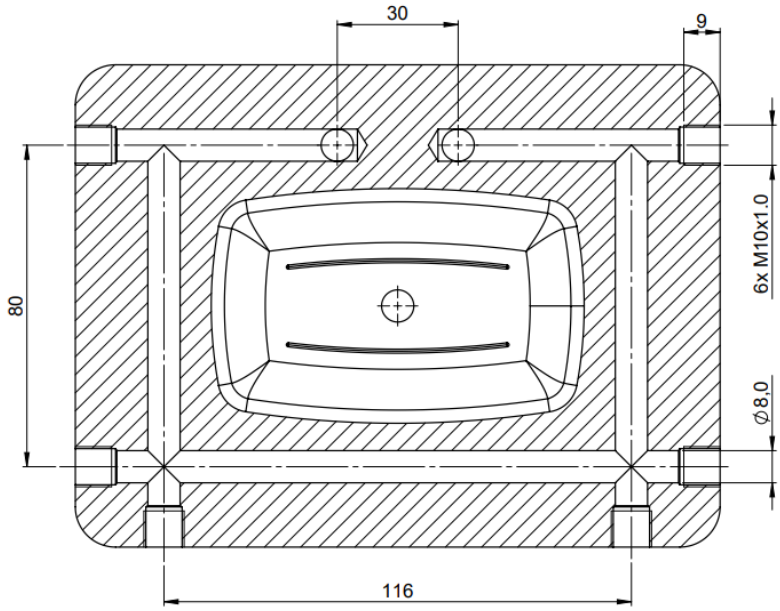
název operace	číslo nástroje	axiální hloubka řezu a_p [mm]	přídavek [mm]	řezná rychlost v_c [m/min]	otáčky vřetena n [min^{-1}]	řezný posuv v_f [mm/min]	posuv na zub f_z[mm]
sražení obvodové hrany	T4	0,5	0	115	2 300	450	0,05



Obr. 44 Sražení obvodové hrany.

4.3 Vrtání děr

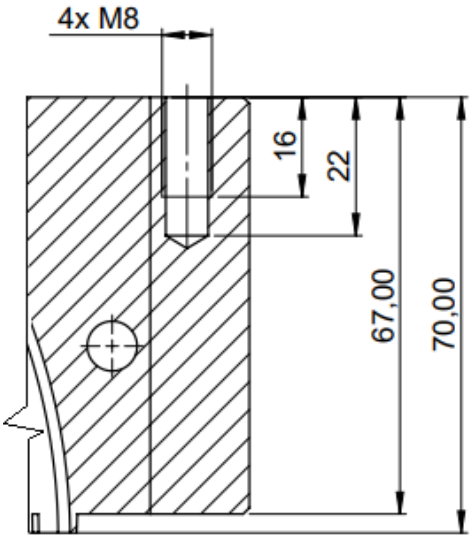
Vrtání bude provedeno na radiální vrtačce MAS KOVOSVIT VO 32, nejdříve se navrtají středicí otvory středícím vrtákem DIN338A 1,6 pro lepší vedení vrtáku. V dalším kroku se zhotoví díry pro závit M10x1.0 vrtákem Ø 9 mm OREN DIN 338 HSS do hloubky 12 mm. Nakonec se vyvrtají otvory pro temperační okruh vrtákem Ø 8 mm OREN DIN 1869 HSS, který má pracovní délku 165 mm.



Obr. 45 Řez temperačními otvory.

4.4 Řezání závitů

Závity na tvárnici budou vyřezány na závitořezné vrtačce TM 16 E. Vyřezány budou čtyři závity M8 (obr. 46) strojním závitníkem FANAR M8x1,5 HSSE DIN374 pro upnutí tvárnice v rámové desce vystřikovací formy. Šest závitů M10x1,0 (obr. 45) bude vyřezáno strojním závitníkem FANAR M10x1,0 HSSE DIN 371 pro umístění zátek, které uzavřou temperační okruh.



Obr. 46 Závit M8.

4.5 Tepelné zpracování

Po vyhrubovaní tvárnice bude následovat tepelné zpracování pro zvolený materiál 1.2343, které je nezbytné pro dodržení mechanických vlastností tvárnice. Tvárnice má předepsanou tvrdost 52 HRc.

Tvárnice bude kalena a popouštěna. Teplota kalení pro zvolený materiál je 1 000–1 030 °C a ochlazování může probíhat v oleji nebo na vzduchu. Následně se materiál bude popouštět za doporučené teploty 550 °C a bude ochlazován na vzduchu. [32, 33, 35]

4.6 Broušení

Broušení rovinných ploch bude provedeno na rovinné brusce BPH 20 brusným kotoučem TYROLYT T1 175x20x32 98A60K9V40. Kde se budou brousit všechny rovinné plochy dle výkresu.

4.7 Dokončování tvárnice

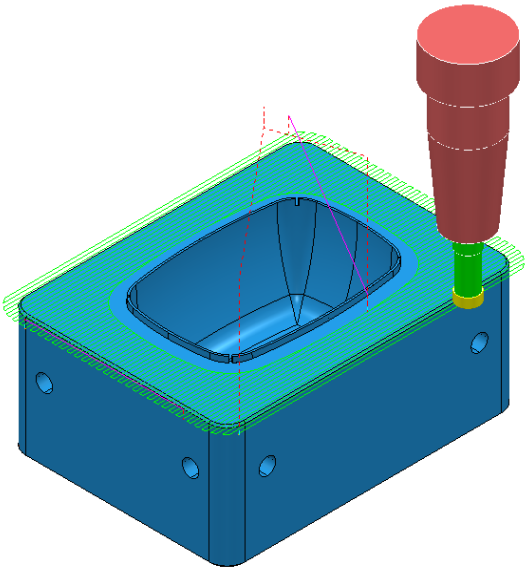
Dokončení tvárnice bude probíhat na CNC stroji Mikron HSM 400 LP. Kde bude dokončena tvarová dutina tvárnice.

Dokončení čelní plochy a výstupku

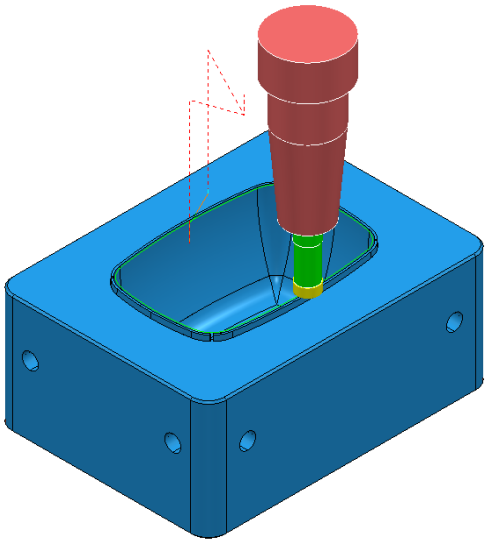
V prvním kroku bude dokončená čelní plocha tvárnice (obr. 47). Dále se dokončí čelo a obvod výstupku (obr. 48–49). A poté se budou frézovat drážky v dokončeném výstupku (obr. 50). Všechny řezné podmínky jsou uvedené v tab. 17.

Tab. 17 Řezné podmínky pro dokončení čelní plochy a výstupku.

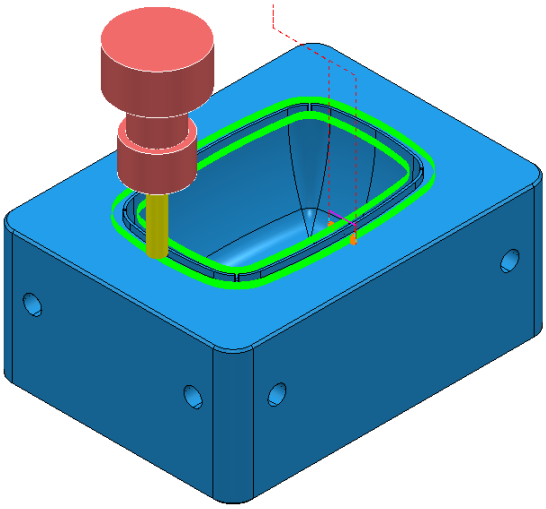
název operace	číslo nástroje	axiální hloubka řezu a_p [mm]	přídavek [mm]	řezná rychlost v_c [m/min]	otáčky vřetena n [min^{-1}]	řezný posuv v_f [mm/min]	posuv na zub f_z[mm]
dokončení čela	T11	0,10	0	105	2 800	600	0,10
dokončení čela výstupku	T11	0,10	0	105	2 800	600	0,10
dokončení obvodu výstupku	T12	0,02-0,15	0	120	4 800	650	0,07
frézování drážek	T14	0,01	0	100	40 000	400	0,005



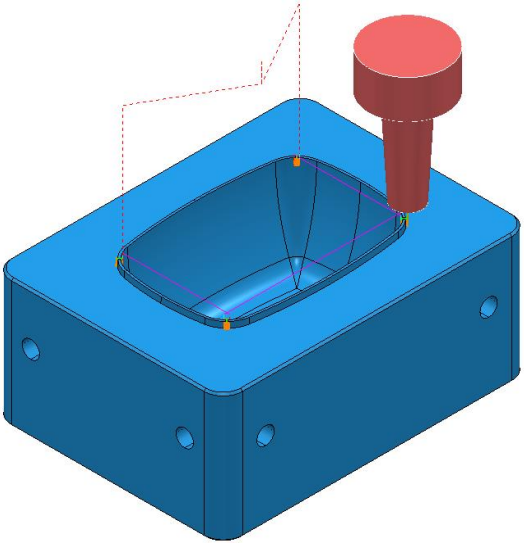
Obr. 47 Dokončení čela.



Obr. 48 Dokončení čela výstupku.



Obr. 49 Dokončení obvodu výstupku.



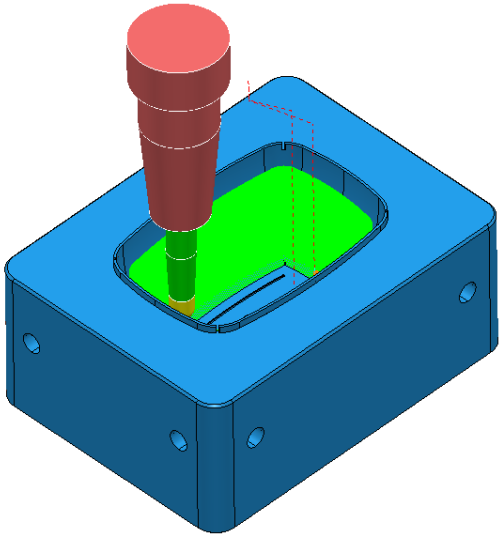
Obr. 50 Frézování drážek.

Dokončení tvaru

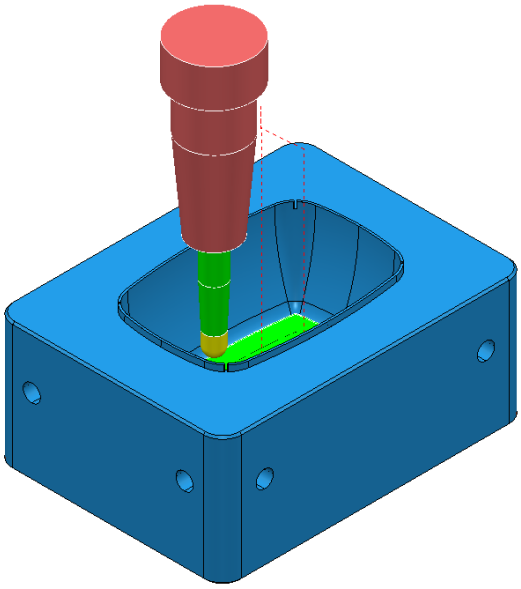
Další části bude dokončení tvarové dutiny (obr. 51–52). Kulovou frézou o průměru 10 mm a její řezné podmínky jsou uvedeny v tab. 18.

Tab. 18 Řezné podmínky pro dokončení tvaru.

název operace	číslo nástroje	axiální hloubka řezu a_p [mm]	přídavek [mm]	řezná rychlost v_c [m/min]	otáčky vřetena n [min^{-1}]	řezný posuv v_f [mm/min]	posuv na zub f_z[mm]
dokončení tvaru	T13	0,02-0,15	0	140	4 500	900	0,10



Obr. 51 Dokončení tvaru č. 1.



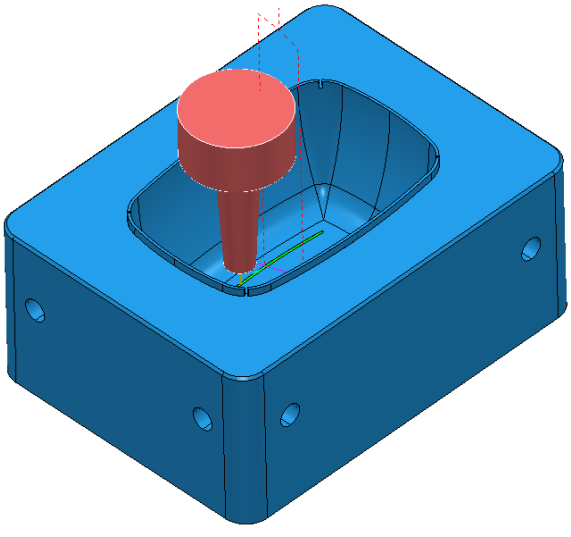
Obr. 52 Dokončení tvaru č. 2.

Frézování drážek

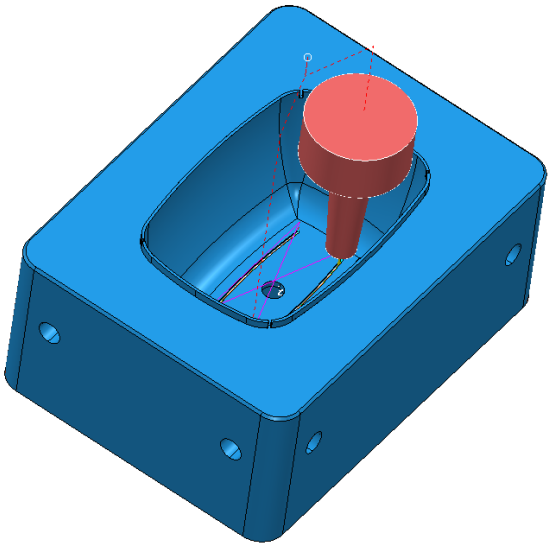
Po dokončení dutiny se budou frézovat drážky na dně dutiny (obr. 53–54). K frézování drážek bude použita kulová fréza o průměru 0,8 mm. Nejdříve se bude frézovat obvod drážek a poté její dno. Řezné podmínky pro kulovou frézu jsou uvedeny v tab. 19.

Tab. 19 Řezné podmínky pro frézování drážek.

název operace	číslo nástroje	axiální hloubka řezu a_p [mm]	přídavek [mm]	řezná rychlost v_c [m/min]	otáčky vřetena n [min^{-1}]	řezný posuv v_f [mm/min]	posuv na zub f_z[mm]
frezování obvodu drážky	T15	0,01	0	100	40 000	500	0,01
frezování dna drážky	T15	0,01	0	100	40 000	500	0,01



Obr. 53 Frézování obvodu drážky.



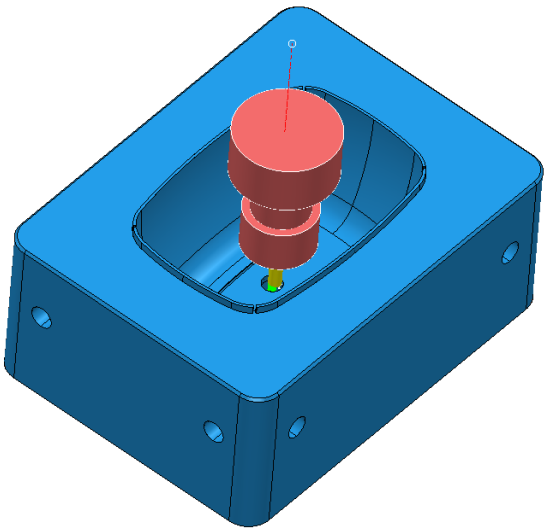
Obr. 54 Frézování dna drážky.

Dokončení otvoru trysky

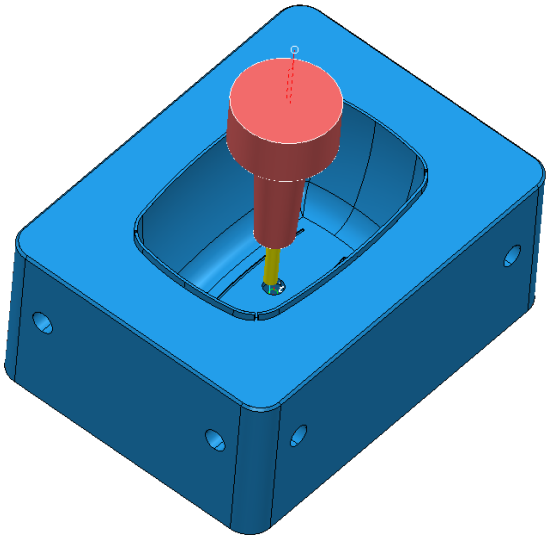
Posledním krokem (obr. 55–56) bude dokončení přesného otvoru 8H7 pro středění trysky. Řezné podmínky jsou uvedené v tab. 20.

Tab. 20 Řezné podmínky pro dokončení otvoru trysky.

název operace	číslo nástroje	axiální hloubka řezu a_p [mm]	přídavek [mm]	řezná rychlost v_c [m/min]	otáčky vřetena n [min^{-1}]	řezný posuv v_f [mm/min]	posuv na zub f_z[mm]
dohrubování otvoru trysky	T16	0,10	0,1	120	7 500	650	0,04
dokončení otvoru trysky	T17	0,00	0	25	1 500	150	0,07



Obr. 55 Dohrubování otvoru trysky.



Ob. 56 Dokončení otvoru trysky.

ZÁVĚR

Tato bakalářská práce se zabývala návrhem výroby tvárnice pro vstřikovací formu. Byly popsány polymerní materiály, jejich základní rozdělení a seznámení se zpracovatelskými vlastnostmi. Dále byly obecně popsány jednotlivé technologie zpracování a jejich rozdělení na přípravné, hlavní a dokončovací. Velká část pozornosti byla v bakalářské práci věnována právě technologii vstřikování, ve které byl popsán vstřikovací stroj s jeho parametry a částmi, ze kterých se skládá. Dále byl popsán průběh vstřikování od jeho začátku, kdy se vstřikovací forma zavírá, až po jeho konec, kdy dochází k vyhození výstřiku. Důležitou a poslední kapitolou byl popis vstřikovací formy, kde byly zmíněny jednotlivé systémy vstřikovacích forem a díly, ze kterých se skládají.

V praktické části bakalářské práce byl popsán samotný návrh výroby tvárnice pro vstřikovací formu. Pro jeho návrh bylo použito počítačové podpory. K návrhu a vytvoření výkresu tvárnice byl použit CAD software SolidWorks. K vytvoření programu pro hrubování a dokončení tvárnice na CNC stroji byl použit CAM software PowerMill. Dále bylo v bakalářské práci uvedeno nástrojové a strojní vybavení. Jednotlivé stroje byly doplněny o základní technické parametry. V poslední části je popsán samotný návrh výroby tvárnice s volbou materiálu, který je doplněn o výrobní výkres a výrobní postup součástí.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. BĚHÁLEK, Luboš. *Polymery* [online]. publi.cz, 2015 [cit. 2022-04-25]. ISBN 978-80-88058-68-7. Dostupné z: https://publi.cz/books/180/Cover.html
2. ELUC. *Makromolekulární látky = POLYMERY* [online]. [cit. 2022-04-25]. Dostupné z: https://eluc.ikap.cz/verejne/lekce/2535
3. ZEMAN, Lubomír. *Vstřikování plastů: úvod do vstřikování termoplastů*. Praha: BEN - technická literatura, 2009, 246 s. ISBN 978-80-7300-250-3.
4. ZEMAN, Lubomír. *Vstřikování plastů 2: simulace, analýzy, odstraňování vad, 3D tisk*. Praha: Grada Publishing, 2021, 447 s. ISBN 978-80-271-1294-4.
5. ŠVORČÍK, Václav. *Struktura a vlastnosti polymerů.* [online]. [cit. 2022-04-25]. Dostupné z: http://users.fs.cvut.cz/libor.benes/vyuka/polymvsauto/Struktura%20a%20vlastnosti%20polymeru%20-%20strucne_Svorcik.pdf
6. LENFELD, Petr. *Technologie II*. 2. část, (Zpracování plastů). 3. vyd. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2016. ISBN 978-80-7494-305-8.
7. ZEMAN, Lubomír. *Vstřikování plastů: teorie a praxe*. Praha: Grada Publishing, 2018, 455 s. ISBN 978-80-271-0614-1.
8. AUSPERGER, Aleš. *Technologie zpracování plastů* [online]. publi.cz, 2015 [cit. 2022-04-29]. ISBN 978-80-88058-77-9. Dostupné z: https://publi.cz/books/183/Cover.html
9. BOBČÍK, Ladislav. *Formy pro zpracování plastů*. 1. díl, Vstřikování termoplastů. 2. vydání. Brno: Uniplast Brno, 1999, 133 s.
10. LENFELD, Petr. *Technologie vstřikování* [online]. publi.cz, 2015 [cit. 2022-04-29]. ISBN 978-80-88058-74-8. Dostupné z: https://publi.cz/books/184/Cover.html
11. Lenfeld, Petr. *Část 2. – Zpracování plastů* [online]. [cit. 2022-05-05], Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/obsah_plasty.htm
12. SEIDL, Martin. *Stroje pro zpracování polymerních materiálů* [online]. publi.cz, 2015 [cit. 2022-05-05]. ISBN 978-80-88058-71-7. Dostupné z: https://publi.cz/books/181/Cover.html
13. BOBEK, Jiří. *Vstřikovací formy pro zpracování termoplastů* [online]. publi.cz, 2015 [cit. 2022-05-05]. ISBN 978-80-88058-65-6. Dostupné z: https://publi.cz/books/179/Cover.html
14. BĚHÁLEK, Luboš, Pavel BRDLÍK, Martin BORŮVKA a Irena LENFELDOVÁ. *Úvod do technologií zpracování plastů.* Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2019. ISBN 978-80-7494-460-4.
15. BĚHÁLEK, Luboš a Jiří HABR. *Moderní plasty a vláknové kompozity.* Díl 1., Vstřikování plastů: materiály a technologie. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2019. ISBN 978-80-7494-458-1.
16. ŽÁK, Ladislav. *Vstřikovací formy* [online]. [cit. 2022-05-08]. Dostupné z: https://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/img/cviceni/htn__tvareci_nastroje_vstrikovaci_formy__zak.pdf
17. NOVOTNÝ, Karel a Strojní fakulta. *Nástroje a přípravky, Část 1: Tváření.* Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1985. s. 176. Dostupné také z: https://ndk.cz/uuid/uuid:07b25550-3761-11e3-b62e-005056825209

18. BOBČÍK, Ladislav. *Formy pro zpracování plastů.* 2. díl, Vstřikování termoplastů. Brno: Uniplast Brno, 1999, 214 s.

19. ŘEHULKA, Zdeněk. *Konstrukce výlisků z plastů a forem pro zpracování plastů: polymery*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2013, 230 s. ISBN 978-80-7204-833-5

20. SVOBODA. [online]. 2022 [cit. 2022-05-12]. Dostupné z: https://www.jansvoboda.cz/

21. Meusburger. *Umlenkblech gerade mit Gevinde* [online]. [cit. 2022-05-12]. Dostupné z: https://ecom.meusburger.com/files/pdf/e/e21010.pdf

22. HYNEK, Martin a kolektiv. *RÁMY VSTŘIKOVACÍCH FOREM* [online]. Západočeská univerzita v Plzni, 2013 [cit. 2022-05-12]. Dostupné z: https://kks.zcu.cz/export/sites/kks/projekty-ver-fin/OPVK_PU/KA_05_publikace/KA05_Ramy_vstrikovacich_forem.pdf

23. ICOSA s.r.o. *Glastherm – tepelná izolace pro potřeby izolace forem* [online]. [cit. 2022-05-12]. Dostupné z: https://www.plasticportal.cz/cs/glastherm-tepelna-izolace-pro-potreby-izolace-forem/c/773/

24. KARAS pily s.r.o. *PILOUS pásová pila na kov ARG 230* [online]. 2022 [cit. 2022-05-12]. Dostupné z: https://www.karas.cz/catalog/pasove-pily-na-kov/pouzite-pasove-pily-na-kov/pilous-pasova-pila-na-kov-arg-230-starsi-pouzita arg_230_po14?view=default&sort=5&limit=12&price%5Bmin%5D=0&price%5Bmax%5D=11864050#

25. KISTNER. *DECKEL MAHO DMU 60 T* [online]. [cit. 2022-05-12]. Dostupné z: https://www.maschinen-kistner.de/files/Produkte/Bearbeitungszentren/DECKEL_MAHO_DMU_60T%20(Zech-2019)/PDF_Englisch/DECKEL_MAHO_DMU_60_T_EN_2019.pdf

26. SOVEX, s.r.o. *VRTAČKA RADIÁLNÍ VO 32* [online]. 2022 [cit. 2022-05-12]. Dostupné z: https://www.sovex.cz/component/mtree/vrtacky/radialni/vrtacka-radialni-vo-32

27. EXAPRO. *Radiální vrtačka MAS VO 32* [online]. 2022 [cit. 2022-05-12]. Dostupné z: https://www.exapro.cz/mas-kovosvit-vo-32-p90731074/

28. BERNARDO. *Elektrické závitořezné vrtačky* [online]. 2022 [cit. 2022-05-12]. Dostupné z: https://www.boukal.cz/pdf-files/0/4/04_zavitorezne_vrtacky.pdf

29. FERMAT CZ s.r.o. *Bruska rovinná BPH 20* [online]. 2022 [cit. 2022-05-12]. Dostupné z: https://www.fermatmachinery.com/pouzite-stroje/bruska/rovinna/bph-20-cs-202054/

30. VEGA. *Bruska na plocho BPH 20 NA* [online]. 2007–2022 [cit. 2022-05-12]. Dostupné z: http://www.bazar-stroju.cz/nabidka/3304-bruska-na-plocho-bph-20-na.htm

31. GF Machining Solutions. *Mikron HSM 400 LP* [online]. [cit. 2022-05-12]. Dostupné z: http://galika.ru/wp-content/uploads/2013/04/HSM_400_400U_500_600_600U_800LP__data_en.pdf

32. JKZ Bučovice, a.s. *Nástrojové oceli W. NR. 1.2343 ESU* [online]. [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: https://www.jkz.cz/cs/produkty/nastrojove-oceli/na-vyrobu-forem/w-nr-12343-esu/

33. BOHLER. *Nástrojové oceli pro práci za tepla* [online]. 2021 [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: https://www.bohler.cz/app/uploads/sites/92/2021/12/productdb/api/w300-isodisc_cs.pdf

34. BOGNER. *Materiálový list 1.2343* [online]. [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: https://www.bogner.cz/files/lists/1-2343.pdf

35. HLUCHÝ, Miroslav, Rudolf PAŇÁK a Oldřich MODRÁČEK. *Strojírenská technologie 1. 2. díl Metalografie a tepelné zpracování.* 3., přepracované vydání Praha: Scientia, 2002, 173 s. ISBN 80-7183-265-0.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Symboly

Označení	Legenda	Jednotka
D	průměr nástroje	[mm]
Q_p	plastifikační kapacita	[kg/hod]
Q_v	vstřikovací kapacita	[cm^3]
a_p	axiální hloubka řezu	[mm]
f_z	posuv na zub	[mm]
n	otáčky vřetena	[min^{-1}]
v_c	řezná rychlost	[m/min]
v_f	řezný posuv	[mm/min]

Zkratky

Označení	Legenda
CAD	počítačem podporované projektování (Computer aided design)
CAM	počítačová podpora výroby (Computer aided manufacturing)
DIN	Německá průmyslová norma (Deutsche Industre Norm)
HB	tvrdost dle Brinella
HRc	tvrdost dle Rockwella
PE	polyethylen
PP	polypropylen

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 DECKEL MAHO DMU 60 T
Příloha 2 Závitořezná vrtačka Bernardo TM 16 E
Příloha 3 MIKRON HSM 400 LP
Příloha 4 Technologický postup
Příloha 5 Výkres součásti

KISTNER MACHINE TOOLS

DECKEL MAHO
DMU 60 T

CNC universal machining center

Manufacturer	DECKEL MAHO
Model	DMU 60 T
Manufacture year	2001
Control	3D MillPlus
Machine number	1112 000286 3
Travels	X – 630 mm / Y – 560 mm / Z - 560 mm
with B-axis	*-91° to +12°*

KISTNER MACHINE TOOLS

TECHNICAL DATA

Working area	
X x Y x Z-axis	630 x 560 x 560 mm
Feed drive	
AC servo motors in digital technic	for axes X, Y, Z
Feed speed, stepless	X-, Y-, Z axes 20 – 10.000 mm/min
Rapid traverse X-, Y-axis	26 m/min
Rapid traverse Z-axis	20 m/min
Set-up operation	X-, Y-, Z-axis 20 – 2.000 mm/min
Measuring system	
Resolution X-, Y-, Z-axis	0,001 mm
Input resolution X-, Y-, Z-axis	0,001 mm
Working spindle 18.000 rpm	
Tool holder	Short taper cone SK40 DIN 69871 A
Tool clamping	hydraulic/mechanic
Pull studs	DIN 69 872, Form A or ISO/DIS 7388/2, Typ B
Tool changer	
Magazine places	20 pieces
Max. tool-Ø with occupancy of all places	80 mm
Max. tool-Ø with free adjacent places	130 mm
Max. tool length from spindle nose	315 mm
Max. tool weight	with automatic tool change: 8 kg
Max. tool total weight in magazine	100 kg
Required compressed air	approx. 5,5 – 8,0 bar
Rigid table	
Clamping surface	1.000 x 600 mm
Distance / Number / Size of the T-grooves	63 mm / 9 / 14H7
Permissible loading	400 kg

Příloha 2
Závitořezná vrtačka Bernardo TM 16 E [28]

Závitořezné vrtačky

Elektrické závitořezné vrtačky

TM-E Serie

- Včetně rychloupínacího sklíčidla k používání závitníků pro průchozí a slepé otvory
- Otočná jednotka motoru k řezání závitů ve všech požadovaných úhlech mezi 0° a 90°
- Větší přesnost v porovnání s manuálním řezáním závitů, závit je zaručeně pravoúhlý (90°)
- Vysoká produktivita, značná úspora času oproti manuálnímu řezání závitů
- Rychloupínací sklíčidlo s integrovanou kluznou spojkou brání zlomení závitníku
- Volitelně dodávaná magnetická noha pro přímé použití u velkých a těžkých obrobků
- Včetně otočného ramena s velkým poloměrem pro snadné polohování závitníku na obrobku
- Vysoká hospodárnost díky nízkým investičním nákladům a nákladům na údržbu
- K řezání závitů v oceli, ušlechtilé oceli, hliníku a barevných kovech

Závitové řezání možné ve všech požadovaných úhlech mezi 0° a 90°

Komfortní práce:
Nastavení velikosti závitu, stoupání, počtu otáček a hloubky vrtání přímo přes integrovanou dotykovou obrazovkou

Top Cena

BERNARDO PROFESSIONAL

Rozsah dodávky:

- Obsluha pomocí dotykové obrazovky
- Digitální zobrazení hloubky vrtání
- Rychloupínací hlava
- Rychloupínací sklíčidlo podle DIN
- Elektromotor
- 90° nastavení úhlu
- Montážní příruba

Technická data	TM 12 E / R 1100	TM 16 E / R 1100
Závitové otvory*	M3 - M12	M3 - M16
Otáčky max.	150 - 600 ot/min	120 - 325 ot/min
Nastavitelný úhel	0° - 90°	0° - 90°
Max. pracovní poloměr	R 1100 mm	R 1100 mm
Rychloupínací sklíčidlo	DIN 371: M3 / M4 / M5-6 / M8 / M10	DIN 371: M3 / M4 / M5-6 / M8 / M10
	DIN 376: M12	DIN 376: M12 / M14 / M16
Výkon motoru	600 W	600 W
Napětí	230 V	230 V
Hmotnost oca	25 kg	25 kg
Obj. č.	01-1417	01-1418

* Odolnost materiálu 400 N/mm²

BERNARDO®
www.bernardo.at

Pokud máte nějaké dotazy, neváhejte se na nás obrátit na čísle našeho servisního centra +420 476 111 051

+GF+ AgieCharmilles

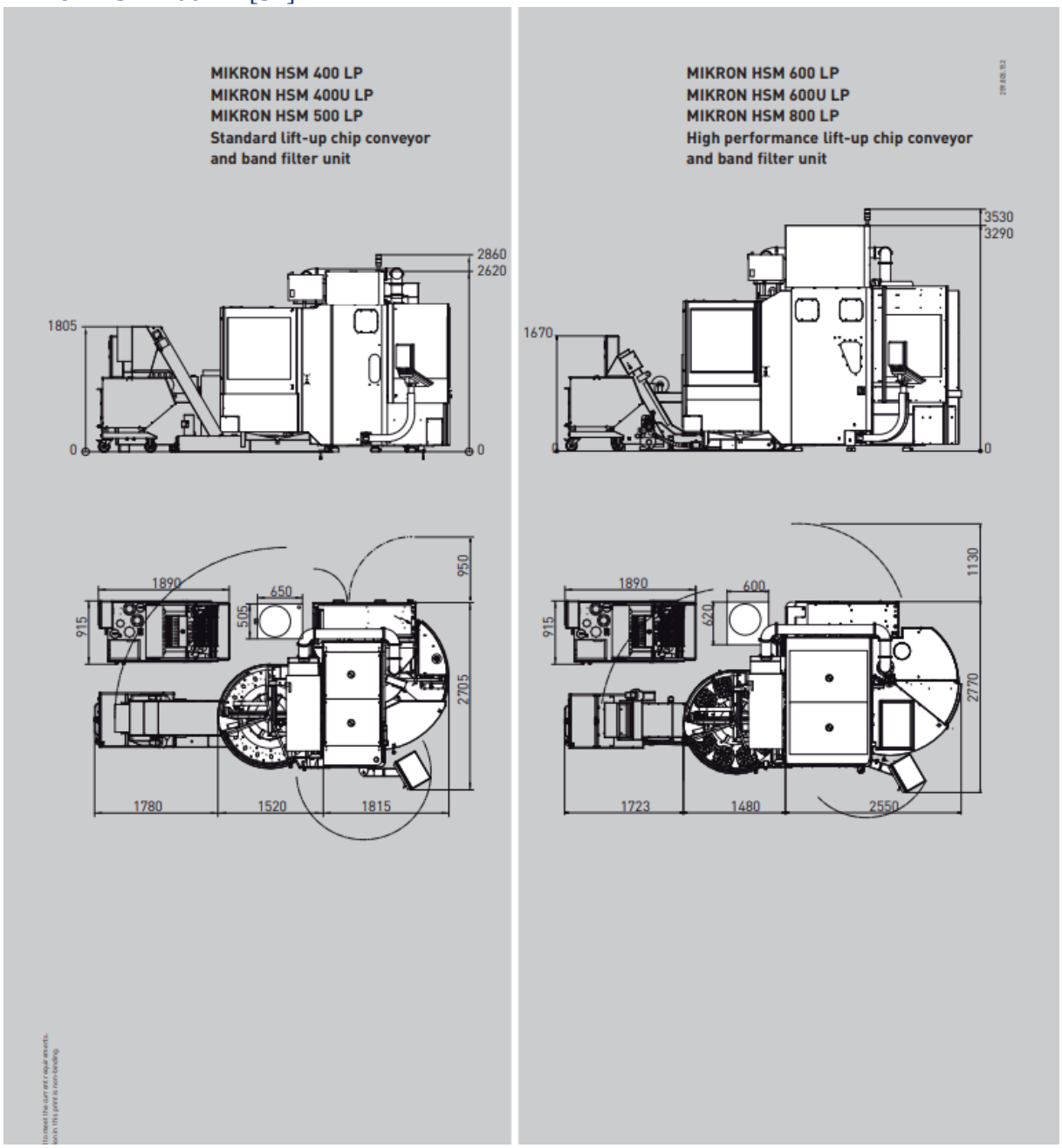
Technical data
MIKRON HSM 400 LP
MIKRON HSM 400U LP
MIKRON HSM 500 LP
MIKRON HSM 600 LP
MIKRON HSM 600U LP
MIKRON HSM 800 LP

Linear Performance

			MIKRON HSM 400 LP	MIKRON HSM 400U LP	MIKRON HSM 500 LP	MIKRON HSM 600 LP	MIKRON HSM 600U LP	MIKRON HSM 800 LP
Workarea								
Longitudinal	X	mm	500	500	500	600	800	800
Lateral	Y	mm	450	240	450	600	600	600
Vertical	Z	mm	360	360	360	500	500	500
Swivelling axis		°	-	+110/-110	-	-	+ 30/-110°	-
Tilting axis		°	-	n x 360	-	-	n x 360°	-
Feed rate								
Rapid traverse	X, Y	m / min	60	60	60	60	60	60
Rapid traverse	Z	m / min	60	60	60	60	60	60
Rapid traverse (Swivelling)		rpm	-	165	-	-	60	-
Rapid traverse (Turning)		rpm	-	250	-	-	150	-
Working spindle (40% ED, S6)								
54'000 rpm, HSK-E32		kW / Nm	8.5/ 3.5	8.5/ 3.5	8.5/ 3.5	-	-	-
42'000 rpm, HSK-E40		kW / Nm	13.5/ 8.8	13.5/ 8.8	13.5/ 8.8	13.5/ 8.8	13.5/ 8.8	13.5/ 8.8
36'000 rpm, HSK-E50		kW / Nm	-	-	-	32 /20	32 /20	32 /20
30'000 rpm, HSK-E40		kW / Nm	13.5/ 8.8	13.5/ 8.8	13.5/ 8.8	13.5/ 8.8	13.5/ 8.8	13.5/ 8.8
Work table								
Clamping surface		mm	in acc. Pallet	in acc. Pallet	550 x 450	800 x 600	in acc. Pallet	800 x 600
Max table load		kg	120	25	200	500	120	1000
Tool magazine								
HSK-E32		piece	20/40	20/40	20/40	-	-	-
HSK-E40		piece	18/36/68/168/308	18/36/68/168/308	18/36/68	18/36/68/168/308	18/36/68/168/308	18/36/68/168/308
HSK-E50		piece	-	-	-	15/30/60/120/170/220	15/30/60/120/170/220	15/30/60/120/170/220
Automation								
Pallet size / Number		- / piece	UPC/Dynafix / 7x	M.M. 156/18x	-	600 x 600/4x	UPC/Dynafix / 7x	800 x 600/4x
Pallet size / Number		- / piece	GPS 240/10x	ITS 148/20x	-	-	GPS 240/10x	-
Max. load		kg	80	25	-	500	80	800
Weight								
Machine		kg	6'800	7'000	6'800	9'800	10'000	9'800
Pallet magazine		kg	1'200	1'200	-	1'800	1'200	1'800
Control unit								
		Heidenhain	iTNC 530	iTNC 530	iTNC 530	iTNC 530	iTNC 530	iTNC 530

smart machine www.gfac.com

Mikron HSM 400 LP [31]



Příloha 4
Technologický postup

VUT FSI ÚST BRNO	VÝROBNÍ POSTUP	Název součásti: **TVÁRNICE**	Číslo výkresu: **01/A1/2022**
Dne: **10.05.2022**	Vyhotovil: **Továrek Marek**	Polotovar: **165x125x75**	OTK:

Číslo op. pořadové:	Název, označení stroje:	Dílna:	**Popis práce v operaci:**	Výrobní nástroje:
1/1	Pásová pila ARG 230	Sklad	Upnout blok materiálu do svěráku	Pilový pás PILOUS ARG 230 2465x27x0,9
			Řezat materiál na rozměr 165x125x75	
2/2	CNC stroj DECKEL MAHO DMU 60T	Hala č. 1	Upnout polotovar do svěráku dle pozice v programu č. 1	T1–T10
			Hrubovat polotovar dle programu hrub_p1.h	
			Upnout do svěráku za obrobenou část dle pozice v programu č. 2	
			Hrubovat polotovar dle programu hrub_p2.h	
3/3	Radiální vrtačka MAS KOVOSVIT VO 32	Hala č. 1	Upnout součást do svěráku	Středící vrták OREN DIN 333A 1,6 mm
			Navrtat 6x středící otvor	
			Vrtat 6x díru Ø9 mm do hloubky 12 mm	Vrták Ø9 mm OREN DIN 338 HSS
			Vrtat 6x díru Ø8 mm dle výkresu	Vrták Ø8 mm OREN DIN 1869 HSS (extra dlouhý)
4/4	Závitořez Bernardo TM 16 E	Hala č. 1	Upnout součást do svěráku	Závitník strojní FANAR M10x1,0 HSSE DIN371
			Řezat 6x závit M10x1,0 dle výkresu	
			Řezat 4x závit M8 dle výkresu	Závitník strojní FANAR M8x1,5 HSSE DIN374
5/5	Tepelné zpracování	Kooperace	-	-
6/6	Bruska rovinná BPH 20	Hala č. 1	Upnout na magnetickou desku	Brusný kotouč TYROLYT T1 175x20x32 98A60K9V40
			Všechny plochy brousit na Ra 0,4	
			Brousit rozměr 160h6	
			Brousit rozměr 120h6	
			Brousit rozměr 67,00	
7/7	CNC stroj Mikron HSM 400 LP	Hala č. 1	Upnout polotovar do svěráku dle pozice v programu č. 3	T11-T17
			Hrubovat polotovar dle programu hrub_p2.h	