

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta strojního inženýrství
Ústav strojírenské technologie

Ing. Tomáš Drga

Technologické řešení vstřikovacích nástrojů s orientací na polymerní materiály

Technological Solution of Injection Molds with Concentration on
Polymeric Materials

Zkrácená verze Ph.D. Thesis

Obor: Strojírenská technologie
Školitel: Doc. Ing. Miroslav Maňas, CSc.
Oponenti: Prof. Ing. Alexander Janáč, CSc.
Prof. Ing. Karel Kocman, DrSc.
Doc. Ing. Imrich Lukovics, CSc.

Datum obhajoby: 27. 6. 2007

Klíčová slova:

vstřikování, vstřikovací forma, drsnost povrchu, polymerní materiály

Key words:

injection molding, injection mold, surface roughness, polymeric materials

Místo uložení práce:

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie, Technická 2896/2, 616 69 Brno

Všechna práva vyhrazena. Žádná z částí této práce nesmí být použita bez písemného souhlasu autora. Dílo je chráněno jako dílo dle autorského zákona v platném znění.

OBSAH

ÚVOD.....	5
1 TEORETICKÁ ČÁST.....	6
1.1 Vstřikování	6
1.2 Vstřikovací stroj	7
1.2.1 Uzavírací jednotka	8
1.2.2 Vstřikovací jednotka	8
1.2.3 Řídící jednotka	8
1.3 Vstřikovací forma.....	9
1.4 Polymerní materiály	10
1.4.1 Termoplasty.....	10
1.4.2 Termoplastické elastomery	10
1.4.3 Elastomery.....	10
1.5 Obrábění dutiny formy	11
1.6 Struktura povrchu	11
2 STANOVENÍ CÍLŮ DISERTAČNÍ PRÁCE	12
3 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	13
3.1 Vstřikovací formy.....	13
3.1.1 Vstřikovací forma pro termoplasty	13
3.1.2 Vstřikovací forma pro elastomery.....	13
3.2 Vstřikované materiály	14
3.3 Stanovení hmotnostního indexu toku taveniny (MFR).....	15
3.4 Vstřikování zkušebních tělísek.....	15
4 VÝSLEDKY MĚŘENÍ	17
4.1 Vstřikování termoplastů	17
4.2 Vstřikování termoplastických elastomerů.....	18
4.3 Vstřikování elastomerů.....	20
5 STATISTICKÉ VYHODNOCENÍ NAMĚŘENÝCH DAT	22
6 DISKUSE VÝSLEDKŮ.....	24
ZÁVĚR.....	26
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	27
CURICULUM VITAE	30
ABSTRAKT	31
ABSTRACT	31

ÚVOD

Velký rozvoj vývoje a výroby polymerů započal ve čtyřicátých letech minulého století a akceleruje dodnes. Během několika dalších desítek let a zejména v posledním čtvrtstoletí zaznamenaly plasty a jejich zpracování nebývalý rozvoj. V dnešní době jsou plasty součástí našeho každodenního života a v některých aplikacích jsou již nezastupitelné.

Neobyčejně rychlé a všestranné rozšíření výroby a zpracování polymerů má řadu důvodů. Mezi hlavní patří snaha o nahrazení klasických materiálů (kovy, keramika, sklo, dřevo aj.) právě polymery, které mají specifické vlastnosti umožňující jejich využití ke zcela novým aplikacím. Polymerní materiály jsou především 7–8krát lehčí než oceli, mají nižší zpracovatelské teploty, ale i nižší tepelnou odolnost a menší pevnost.

V současné době jsou polymery zpracovávány řadou různých technologií. Mezi nejdynamičtěji se rozvíjející technologie zpracování polymerů patří vstřikování. Počátky vstřikování spadají do konce 20. století. Vstřikování umožňuje výrobu součástí, které většinou mají finální tvar a rozměry a není nutno je již dále opracovávat. V jedné operaci se mění polymer ve zcela hotový výrobek. Ve většině případů je možno odeslat jej přímo spotřebiteli. Vstřikovací cyklus je relativně rychlý a lze jej zautomatizovat.

Vstřikovací cyklus začíná vstříknutím taveniny polymeru do vstřikovací formy. Při zpracování termoplastů je vstřikovací forma chlazena, v případě vstřikování kaučukových směsí je vyhřívána. Vstřikovací forma je v prvním případě po ztuhnutí taveniny, ve druhém případě po zvulkanizování kaučukové směsi otevřena, výstřik vyjmut a stroj připraven k dalšímu cyklu.

Během posledního desetiletí, se výrazně zvýšily požadavky na kvalitu výrobků. Od vstřikovaných výrobků je vyžadována především vysoká rozměrová přesnost. Tento požadavek může být splněn pouze při dodržení optimálních zpracovatelských parametrů, které jsou závislé především na zpracovávaném materiálu.

1 TEORETICKÁ ČÁST

1.1 VSTŘIKOVÁNÍ

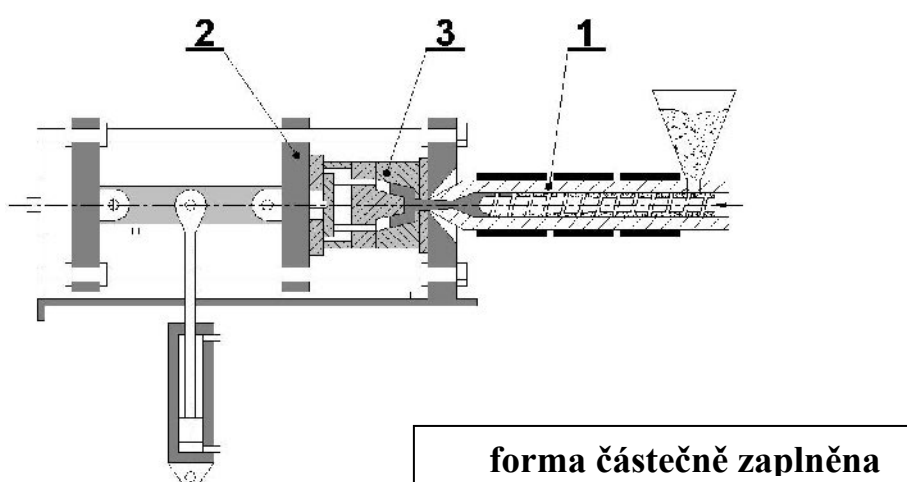
Technologie vstřikování je nejrozšířenějším způsobem výroby dílů z polymerů. Vyznačuje se poměrně složitým fyzikálním procesem, na kterém se podílí polymer, vstřikovací stroj a forma. [4]

Vstřikováním se zpracovávají plasty i kaučukové směsi. Technologie vstřikování umožňuje vyrábět výrobky velmi složitých tvarů pro aplikace v automobilovém, leteckém a kosmickém průmyslu, v elektrotechnice a optice, ve zdravotnictví, v přístrojích pro domácnost, sport a volný čas. [7]

Vstřikovací cyklus je založen na vstříknutí taveniny polymeru do formy, chlazené při zpracování termoplastů a vyhřívané při zpracování kaučukových směsí. Forma je po ztuhnutí taveniny, resp. po zvlukanizování kaučukové směsi otevřena, výstřik vyjmut a stroj připraven k dalšímu cyklu. [22]

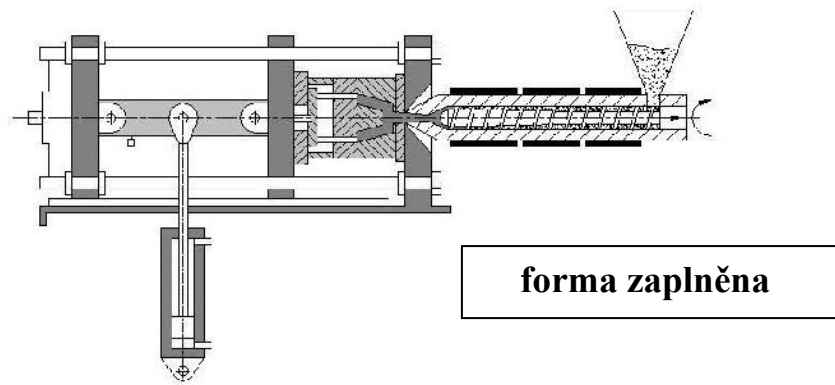
Vstřikovacím cyklem nazýváme sled operací souvisejících s výrobou výstřiku. Vstřikovací cyklus začíná uzavřením formy. Ve vstřikovací jednotce dochází k plastikaci. Poté je vstřikovací jednotka přisunuta k formě a po dosednutí vstřikovací trysky nastává vstřikování taveniny. Po naplnění dutiny formy taveninou dochází k postupnému tuhnutí, což je provázeno objemovými změnami. Aby byl zachován dokonalý tvar a rozměry budoucího výrobku, je nutné doplnit další polymer, což se děje ve fázi nazývané dotlak. Po zatuhnutí vtokového systému dochází k dalšímu tuhnutí ve formě. Následuje odsun vstřikovací jednotky a po ztuhnutí taveniny se forma otevírá a výrobek je vyhozen. Ve vstřikovací jednotce mezitím probíhá příprava taveniny a celý cyklus se opakuje.

Přesné dodržování jednotlivých sekvencí pracovního cyklu je nutným předpokladem dokonalého výrobku [7]. Průběh vstřikovacího cyklu je naznačen na obr. 1 – 3.

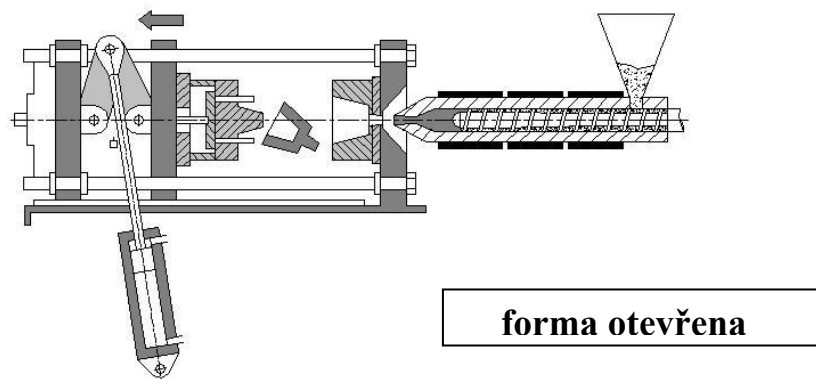


Obr. 1. Vstříknutí taveniny do dutiny formy [3]

1 – vstřikovací jednotka, 2 – uzavírací jednotka, 3 – vstřikovací forma



Obr. 2. Dotlak a plastikace [3]



Obr. 3. Vyhození výstřiku [3]

Při vstřikování elastomerních směsí, na rozdíl od termoplastů, dochází uvnitř dutiny formy k vulkanizaci. Vulkanizací je označován proces, při kterém dochází v důsledku vytvoření chemických vazeb mezi polymerními řetězci (kaučuku) ke změně plastických vlastností směsi na elastické vlastnosti finálního výrobku. Dutina formy je proto temperována na vulkanizační teplotu, která je závislá na druhu vstřikované elastomerní směsi.

Během vstřikování jsou elastomerní směsi namáhány vyšší teplotou, tlakem a smykovým napětím než při lisování nebo přetlačování. Nejvyšší produktivity je dosahováno, když je směs vstřikována při teplotě blízké vulkanizační do formy s mírně vyšší teplotou, neboť tyto podmínky minimalizují vstřikovací i vulkanizační čas. [16]

1.2 VSTŘIKOVACÍ STROJ

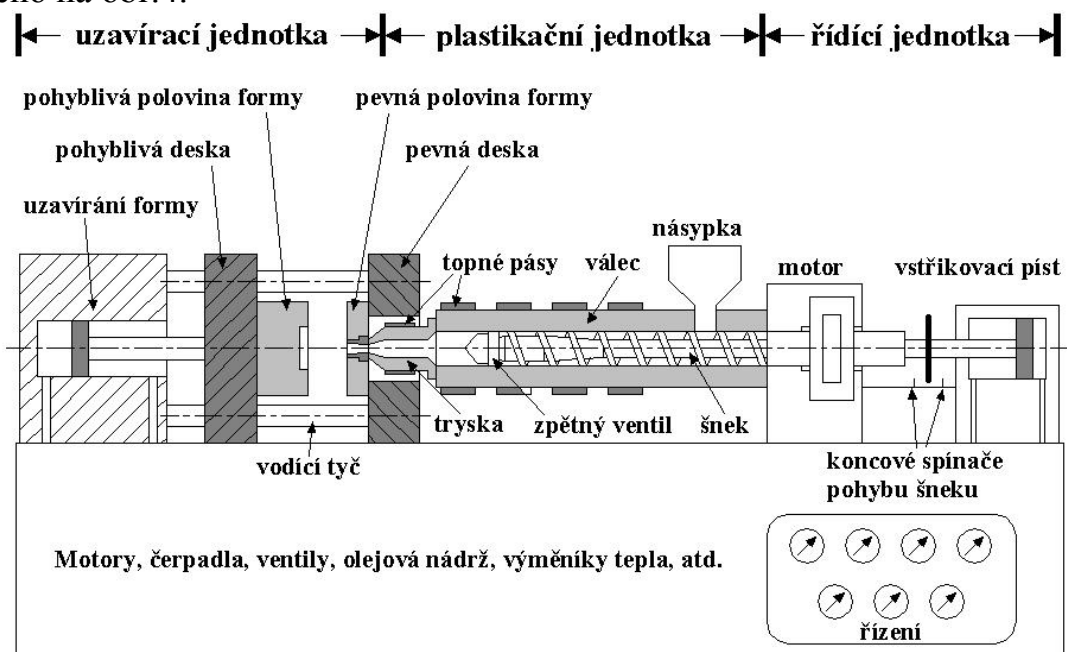
V současné době existuje velký počet různých konstrukcí strojů, které se od sebe liší svým provedením, stupněm řízení, stálostí a reprodukovatelností jednotlivých parametrů, rychlostí výroby, uživatelským komfortem i cenou. [4]

Vstřikovací stroj slouží k výrobě plastových popřípadě pryžových dílů. Převádí materiál ve formě granulí nebo tablet, u gumárenských směsí ve formě pásků nebo drtě na taveninu, kterou poté vstřikuje do dutiny formy. Po zafixování tvaru je

hotový výrobek vyhozen z formy. Aby byl vstříkací stroj schopen vykonat všechny zmíněné operace, musí obsahovat následující části:

- uzavírací jednotku
- vstříkací jednotku
- řídicí jednotku

Konstrukční uspořádání vstříkacího stroje, včetně jeho popisu, je schematicky naznačeno na obr.4.



Obr. 4. Vstříkací stroj [1]

1.2.1 Uzavírací jednotka

Otevření a bezpečné uzavření formy zajišťuje uzavírací ústrojí. Potřebná uzavírací síla je závislá na velikosti stroje, resp. na velikosti plochy průřezu výstřiku v dělicí rovině a na velikosti vstříkacího tlaku. Uspořádání uzavírací jednotky a tuhost uzavíracího mechanismu má rozhodující vliv na těsnost formy. [17]

Podle druhu pohonu lze rozdělit uzavírací jednotku na hydraulickou, hydraulicko-mechanickou a elektromechanickou.

1.2.2 Vstříkací jednotka

Vstříkací jednotka, resp. vstříkací a plastikační jednotka převádí tuhý materiál do formy taveniny, kterou následně vstříkuje do formy. [1]

Vstříkací jednotka musí zajistit dokonalou plastikaci a homogenizaci taveniny a dostatečně vysoký vstříkací tlak. [17]

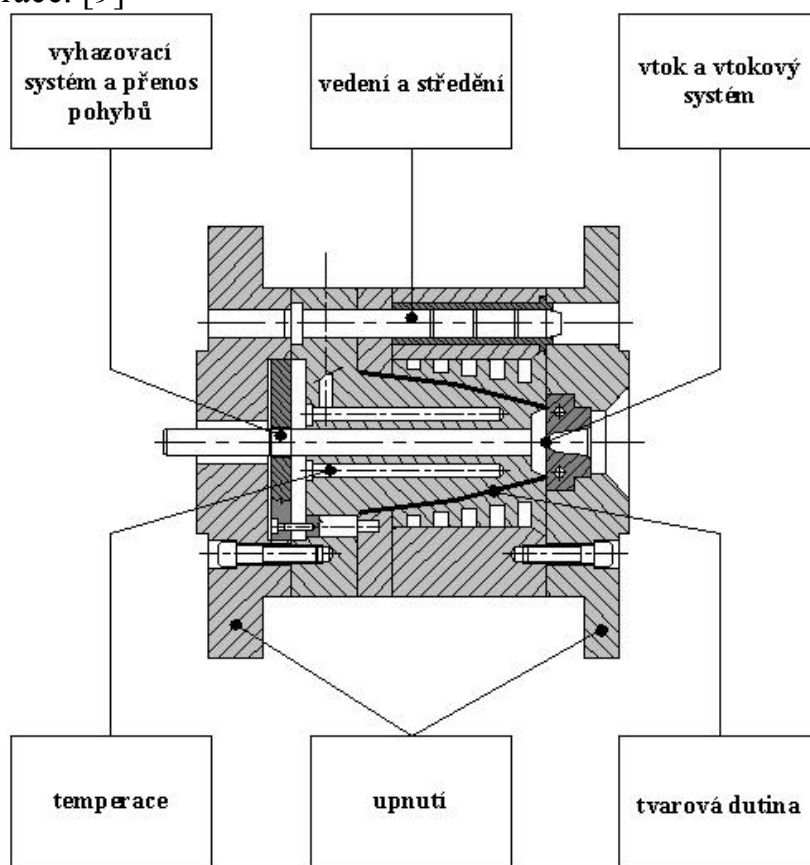
1.2.3 Řídicí jednotka

Řízení a regulaci je nutno považovat za neoddělitelnou součást funkce vstříkacího stroje. Pod pojmem řízení a regulace se rozumí snímání a sledování stroj-

ních a technologických parametrů spolu s jejich následnou regulací tehdy, překročili naměřené hodnoty přípustnou toleranci. Regulace vstřikovacího procesu umožňuje využít naměřených hodnot pro korekci případných odchylek od nastavených hodnot. Snahou je omezit lidský faktor v procesu vstřikování na nejmenší míru. U běžných vstřikovacích strojů je zajištěn automatický sled jednotlivých operací, tj. plastikace, uzavření formy, vstřik, dotlak, chlazení výstřiku, otevření formy, vyhození výstřiku. [17]

1.3 VSTŘIKOVACÍ FORMA

Vstřikovacích forem se používá při zpracování termoplastů, reaktoplastů i kaučukových směsí. Řešení vstřikovací formy vychází z technologického projektu příslušného výstřiku. V podstatě se musí respektovat jak vlastnosti zpracovávaných materiálů, tak také možnosti výrobních zařízení i požadavky na kvalitu výrobku a produktivitu práce. [9]



Obr. 5. Vstřikovací forma [3]

Na obr. 5 jsou naznačeny hlavní funkční celky vstřikovací formy, bez kterých by forma nebyla schopna plnit uvedené požadavky. Uspořádání funkčních celků závisí především na tvaru, velikosti a počtu vstřikovaných součástí.

Vstřikovací forma je nástroj, který je naplňován v průběhu vstřikování roztaveným plastem. Upíná se na vstřikovací stroj, který dopraví taveninu do jeho dutiny. Forma je složená z jednotlivých částí, z nichž každá plní požadovanou

funkci. Použitý plast, zaformovaný výstřik i vstřikovací stroj značně ovlivňují výrobní technologii.

K rozhodujícím funkčním systémům se řadí vyhazování výstřiku, temperace formy a odvzdušnění. Neméně důležité jsou vhodné a dostatečně tuhé rámy forem. Ve speciálních případech formu doplňují posuvné boční čelisti, způsob vyhazování výstřiků se závitů, ostříhování vtokových zbytků apod. [18]

1.4 POLYMERNÍ MATERIÁLY

Slovo polymer pochází z řečtiny a znamená mnoho (poly) částic (mer). Polymery jsou chemické látky obsahující ve svých obrovských molekulách většinou atomy uhlíku, vodíku a kyslíku, ale i dusíku, chlóru a jiných prvků. Za normálních teplot jsou v tuhém stavu. Za zvýšené teploty přechází do stavu taveniny schopné téci, což umožňuje udělit polymerní tavenině tvar budoucího výrobku. [7]

1.4.1 Termoplasty

Z jednotlivých skupin plastů jsou nejrozšířenější termoplasty. Termoplasty mají polymerní řetězce přímé (lineární polymery) nebo polymerní řetězce s bočními větvemi (rozvětvené polymery). Při ohřevu se uvolní soudržnost řetězců a hmota je viskózní. V tomto stavu se může tvářet. Po ochlazení se dostanou řetězce opět do původního pevného stavu. [4]

1.4.2 Termoplastické elastomery

Termoplastické elastomery (TPE) jsou polymery, které mají při běžných teplotách vlastnosti podobné pryži. Při zvýšených teplotách se však stávají plastickými jako termoplasty. Odtud pramení jejich název. Ve srovnání s pryží odpadá vulkanizace při zachování analogických užitečných vlastností. V podstatě jde o polymerní materiál, který obsahuje tvrdé i měkké domény, charakterizované různými teplotami zesklnění T_g nebo tání T_m . [14]

1.4.3 Elastomery

Elastomery (přírodní a syntetický kaučuk) jsou amorfní polymery, které spolu s různými přísadami vytváří tzv. směs. Po ohřátí a následné vulkanizaci se z této směsi stává pryž. Tento proces je nevratný, tzn. pryž nelze znovu roztavit. [28]

Elastomer, který může být vulkanizací převeden na pryž, neboli vulkanizovatelný elastomer se nazývá kaučuk. [14]

Základní složkou kaučukové směsi je kaučuk. Kaučuková směs vzniká přidáním takových přísad, které umožňují vulkanizaci a dávají výrobku žádané vlastnosti. Přísady se do kaučuku dávají tak, že se jejich množství přepočítává na určité množství kaučuku. Vžil se označení dsk, které znamená počet hmotnostních dílů přísady přidávané na sto hmotnostních dílů kaučuku. Celková hmotnost kaučukové směsi je proto závislá na celkovém obsahu přísad v kaučukové směsi. [23]

Mezi přísady můžeme zařadit antidegradanty, plniva, vulkanizační přísady (vulkanizační činidlo, urychlovače, aktivátory vulkanizace, inhibitory navulkanizace) změkčovadla a zvláštní přísady.

1.5 OBRÁBĚNÍ DUTINY FORMY

Při obrábění dutin vstřikovacích forem vč. rozvodných kanálů je využívána celá řada technologií. Volba technologie závisí především na požadované kvalitě povrchu těchto ploch, který může být buď matný, lesklý popř. dezénovaný. Finální povrch dutiny formy je dán především požadavky zákazníka, musí se však brát ohled na ostatní kritéria související s kvalitou povrchu, především možností odformování daného výrobku.

Dutina formy je určena především tvarem s příslušnými rozměry, ale také jakostí jejího povrchu. Zhotoví se podle požadavku na povrch vyráběné součásti, protože její povrch je obrazem povrchu dutiny formy. [4]

Mezi nejpoužívanější technologie sloužící k obrábění a dokončování povrchu vstřikovacích forem můžeme zařadit: leštění, broušení, frézování a elektroerozivní obrábění.

1.6 STRUKTURA POVRCHU

Struktura povrchu jsou opakované nebo náhodné úchytky od geometrického povrchu, které tvoří trojrozměrnou topografii povrchu. Struktura povrchu se člení na složky podle velikosti a rozteče příslušných nerovností. Složka s nejmenší roztečí nerovností tvoří drsnost povrchu, další složka se nazývá vlnitost povrchu a složka s největší roztečí nerovností je určena základním profilem.

Pro účely měření a vyhodnocování struktury povrchu byla zvolena profilová metoda hodnocení, kdy profil povrchu vzniká jako průsečnice nerovností skutečného povrchu s rovinou vedenou kolmo k tomuto povrchu. Profil povrchu je základním zdrojem informací pro posuzování struktury povrchu. [15]

Profil drsnosti je základem pro hodnocení parametrů profilu drsnosti povrchu (složka s nejmenší roztečí nerovností), tzv. R – parametrů. Pro současnou praxi je rozhodující technicky známý a výrobou ověřený parametr drsnosti Ra. [15]

Popisem profilové metody hodnocení drsnosti povrchu se zabývá norma ČSN EN ISO 4287, v níž jsou popsány jednotlivé termíny, definice a parametry struktury povrchu.

K měření drsnosti povrchu jsou používány optické a mechanické přístroje, které reprodukuje mikrogeometrické nerovnosti povrchu zvětšeným obrazem křivky profilu. Novější profilometry udávají většinou přímo i číselné hodnoty určitých veličin, které jsou stanoveny normami jako ukazatele průměrné drsnosti. [11]

2 STANOVENÍ CÍLŮ DISERTAČNÍ PRÁCE

Disertační práce má za cíl zhodnotit vliv povrchu dutiny formy na zatékavost polymerní taveniny. Pro uskutečnění daného cíle navrhuji následující postup:

- Rekonstrukce stávající vstřikovací formy na termoplasty a její adaptace pro nový vstřikovací stroj ARBURG 420C Allrounder.
- Návrh a konstrukce vstřikovací formy pomocí systému CATIA V5 pro vstřikování elastomerních směsí na vstřikovacím stroji REP V27/Y125. Vypracování kompletní dokumentace a výroba formy.
- Změření drsnosti povrchu zkušebních desek obou vstřikovacích forem.
- Návrh vhodných typů polymerů.
- Příprava zkušebních tělísek na vstřikovacím stroji ARBURG 420C Allrounder a REP V27/Y125 při použití desek s rozdílnou drsností povrchu a při různých technologických podmínkách.
- Zpracování výsledků experimentů a statistické vyhodnocení naměřených dat.

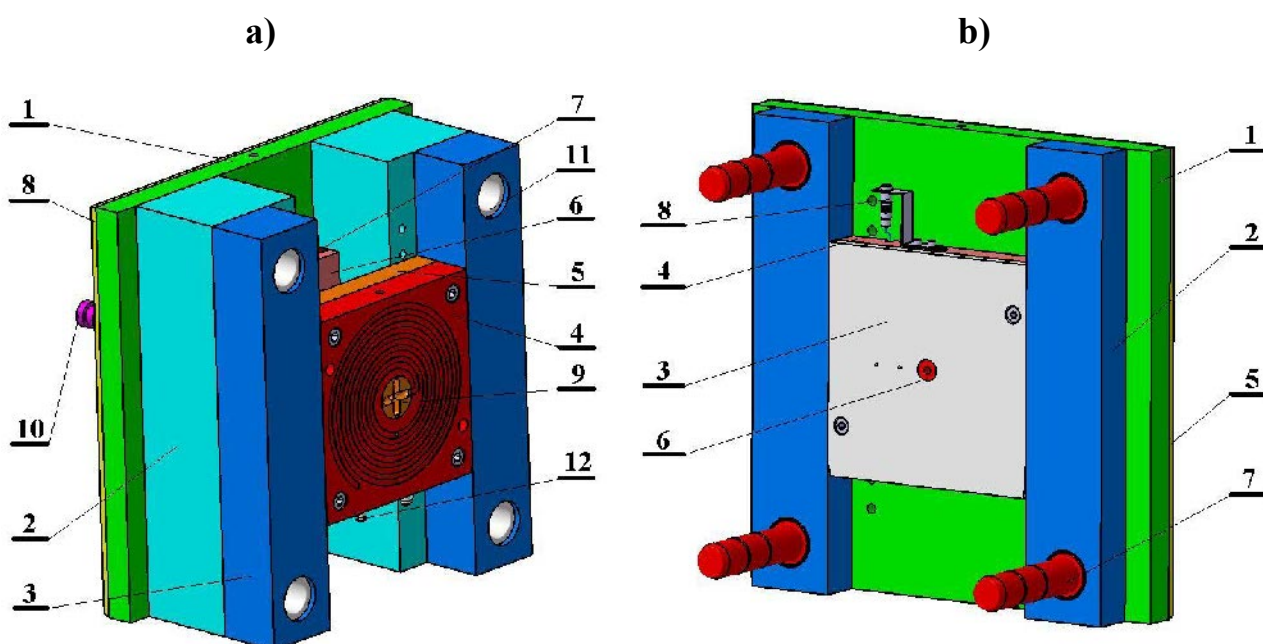
3 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

3.1 VSTŘIKOVACÍ FORMY

Pro vstřikování zkušebních tělísek z plastů a elastomerních směsí byly navrženy a vyrobeny formy umožňující snadnou změnu povrchu dutiny formy pomocí výměnných zkušebních desek.

3.1.1 Vstřikovací forma pro termoplasty

Vstřikovací forma pro termoplasty byla navržena s ohledem na co nejsnazší manipulaci, jak s formou samotnou, tak během vstřikování s výměnou zkušebních desek, změnou velikosti ústí vtoku apod.

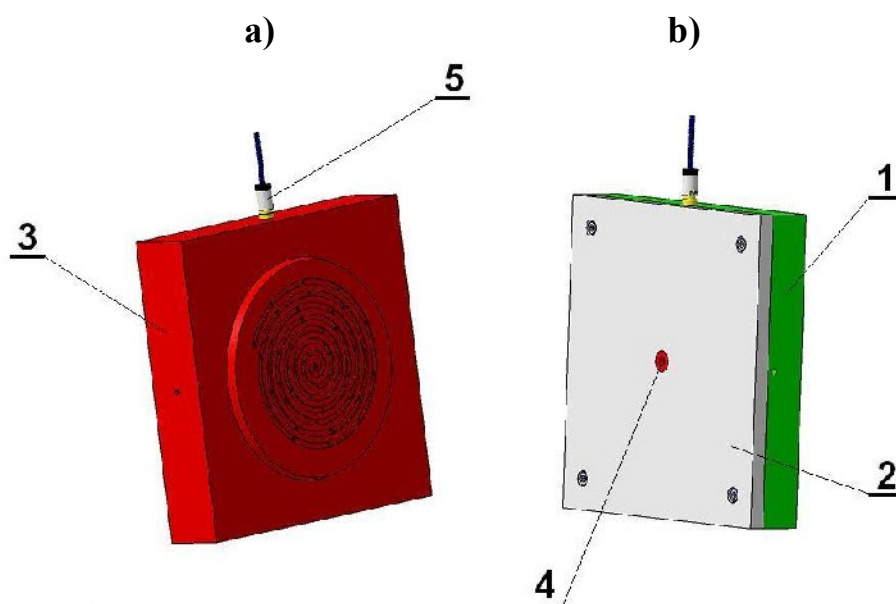


Obr. 6. Vstřikovací forma pro termoplasty

- a) levá strana: 1 – upínací deska, 2, 3 – rozpěrky, 4 – tvarová deska, 5 – opěrná deska, 6 – kotevní deska, 7 – vyhazovací deska, 8 – izolační deska, 9 – vytrhávač vtoku, 10 – táhlo vyhazovačů, 11 – vodící pouzdro, 12 – koncovka chlazení
- b) pravá strana: 1 – upínací deska, 2 – rozpěrka, 3 – zkušební deska, 4 – opěrná deska, 5 – izolační deska, 6 – vtoková vložka, 7 – vodící čep, 8 – tlakové čidlo

3.1.2 Vstřikovací forma pro elastomery

Forma je složena z pravé a levé strany jenž jsou upnuty na pevnou a pohyblivou etáž vstřikovacího stroje.



Obr. 7. Vstřikovací forma pro elastomery

a) levá strana, b) pravá strana

1 – upínací deska, 2 – zkušební deska, 3 – tvarová deska,

4 – vtoková vložka, 5 – teplotní čidlo

Každá ze vstřikovacích forem má k dispozici pět výměnných zkušebních desek s různou drsností povrchu. Povrch jednotlivých desek byl obroběn čtyřmi různými technologiemi, které jsou nejčastěji využívány při obrábění dutin forem a rozvodných kanálů. Mezi tyto technologie bylo zařazeno leštění, broušení, frézování a elektroerozivní obrábění. Zkušební desky slouží ke změně povrchu dutiny formy.

Drsnost povrchu zkušebních desek byla měřena pomocí profilometru Mitutoyo SurfTest SJ-301.

Tab. 1. Výsledné hodnoty parametru drsnosti povrchu Ra

Typ desky	Vstřikovací forma pro termoplasty	Vstřikovací forma pro elastomery
	Ra [μm]	
leštěná	0,10±0,01	0,03±0,01
broušená	0,17±0,03	0,37±0,02
s jemným dezénem	4,06±0,18	3,52±0,21
frézovaná	4,50±0,40	9,37±0,39
s hrubým dezénem	9,57±0,26	17,39±0,81

3.2 VSTŘIKOVANÉ MATERIÁLY

Pro experiment byli vybráni zástupci termoplastů, termoplastických elastomerů a elastomerů. Snahou bylo vybrat materiály především s odlišnými tokovými vlastnostmi, aby bylo možno posuzovat vliv těchto materiálů na délku zatečení do

dutiny vstřikovací formy. Dalším kritériem, které bylo vzato v úvahu při výběru materiálů, bylo pokrytí téměř celého spektra materiálů, které jsou běžně v technické praxi zpracovávány vstřikováním.

Ze skupiny termoplastů bylo vybráno pět materiálů: LDPE Bralen VA 20-60, ABS Polylac PA 757, PP Mosten GB 003, PP plněný 10 % mastku Keltan TP 7603, PP plněný 20 % mastku Taboren PH 89 T20.

Pro účely měření byly použity termoplastické polyuretany TPU s označením Desmopan od firmy Bayer s různými vlastnostmi. Konkrétně se jednalo o Desmopan DP 1485A, Desmopan DP 8060SGN a Desmopan 372 vyznačující se především odlišnou tvrdostí.

Ke vstřikování zkušebních vzorků z elastomerů bylo použito 7 kaučukových směsí s různými vlastnostmi. Jedná se o reálné směsi používané pro technické výrobky z pryže. Směsi byly dodány ve formě pásků tak, aby bylo možno materiál dávkovat do vstřikovacího stroje.

3.3 STANOVENÍ HMOTNOSTNÍHO INDEXU TOKU TAVENINY (MFR)

Stanovení hmotnostního indexu toku taveniny (MFR) bylo provedeno podle normy ČSN EN ISO 1133 Plasty – Stanovení hmotnostního (MFR) a objemového (MVR) indexu toku taveniny termoplastů. Tato norma specifikuje metodu pro stanovení hmotnostního indexu toku taveniny (MFR) a objemového indexu toku taveniny (MVR) za specifikovaných hodnot teploty a zatížení. Zkušební podmínky pro měření indexu toku taveniny jsou obvykle specifikovány v normě pro daný materiál spolu s uvedením odkazu na tuto normu. [30]

Zkušebním zařízením je výtlačný plastometr pracující při konstantní teplotě. Materiál ve svislém válci je vytlačován tryskou pomocí pístu zatíženého závažím [30]. Měří se vytlačené množství polymerní taveniny za určitý čas.

Pro stanovení hmotnostního indexu toku taveniny jednotlivých materiálů byl použit výtlačný plastometr Dynisco Kayeness LMI 4003.

Ke stanovení hmotnostního indexu toku (MFR) bylo použito zkušební metody A dle ČSN EN ISO 1133.

Tab. 2. Výsledné hodnoty indexu toku taveniny

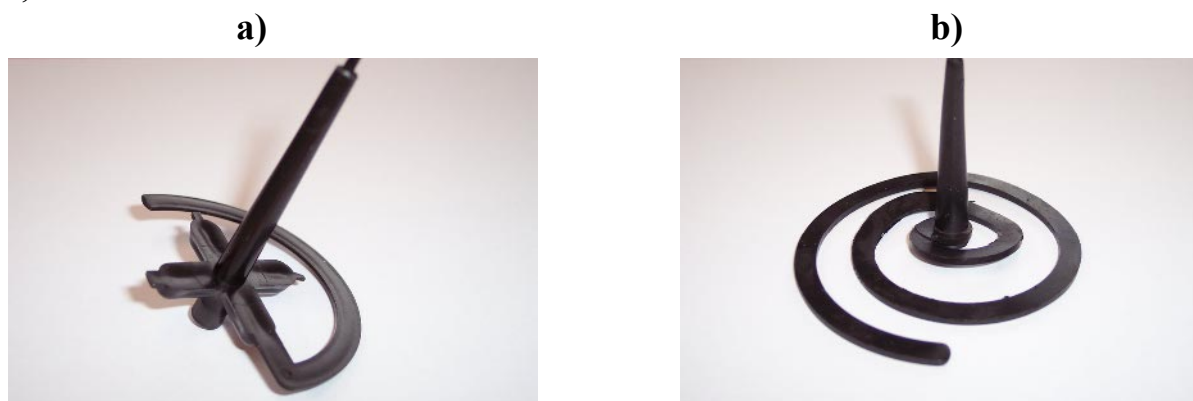
Desmopan DP 1485A	MFR(190°C/2,16 kg) = 2,1 g.10min ⁻¹
Desmopan DP 8060SGN	MFR(190°C/2,16 kg) = 25,1 g.10min ⁻¹
Desmopan 372	MFR(230°C/2,16 kg) = 13,2 g.10min ⁻¹

3.4 VSTŘIKOVÁNÍ ZKUŠEBNÍCH TĚLÍSEK

Zkušební tělíska byla vstřikována ze tří hlavních skupin materiálů: termoplasty, termoplastické elastomery a elastomery. Během vstřikování tělísek byly měněny podmínky vstřikování a to především vstřikovací tlak a povrch zkušebních desek.

Zkušební tělíska mají tvar spirály, jejíž délka může dosahovat až 2000 mm. Po vyhození tělíska z formy, byla změřena jeho délka. Pro dané podmínky bylo vždy

připraveno deset tělísek, u kterých byla změřena a zapsána jejich délka. Naměřená data byla poté statisticky vyhodnocena. Podmínky experimentů jsou uvedeny v Tab. 3, 4, 5.



Obr. 8. Zkušební tělíska
a) z termoplastu, b) z elastomeru

Ke vstřikování termoplastů byl využit vstřikovací stroj DEMAG ERGOtech 50-200, pro termoplastické elastomery vstřikovací stroj ARBURG Allrounder 420C a pro elastomery vstřikovací stroj REP V27/Y125.

Tab. 3. Parametry při vstřikování termoplastů

Vstřikovací tlak	4 MPa, 6 MPa, 8 MPa, 10 MPa, 12 MPa
Vstřikovací rychlost	30 mm.s ⁻¹ , 60 mm.s ⁻¹ , 90 mm.s ⁻¹
Ústí vtoku	2 mm, 4 mm, 6 mm
Povrch zkušební desky	leštěný, broušený, jemný dezén, frézovaný, hrubý dezén

Tab. 4. Parametry při vstřikování termoplastických elastomerů

Vstřikovací tlak	4 MPa, 6 MPa, 8 MPa, 10 MPa, 12 MPa, 14 MPa, 16 MPa
Vstřikovací rychlost	30 mm.s ⁻¹ , 60 mm.s ⁻¹ , 90 mm.s ⁻¹
Ústí vtoku	2 mm, 4 mm, 6 mm
Povrch zkušební desky	leštěný, broušený, jemný dezén, frézovaný, hrubý dezén

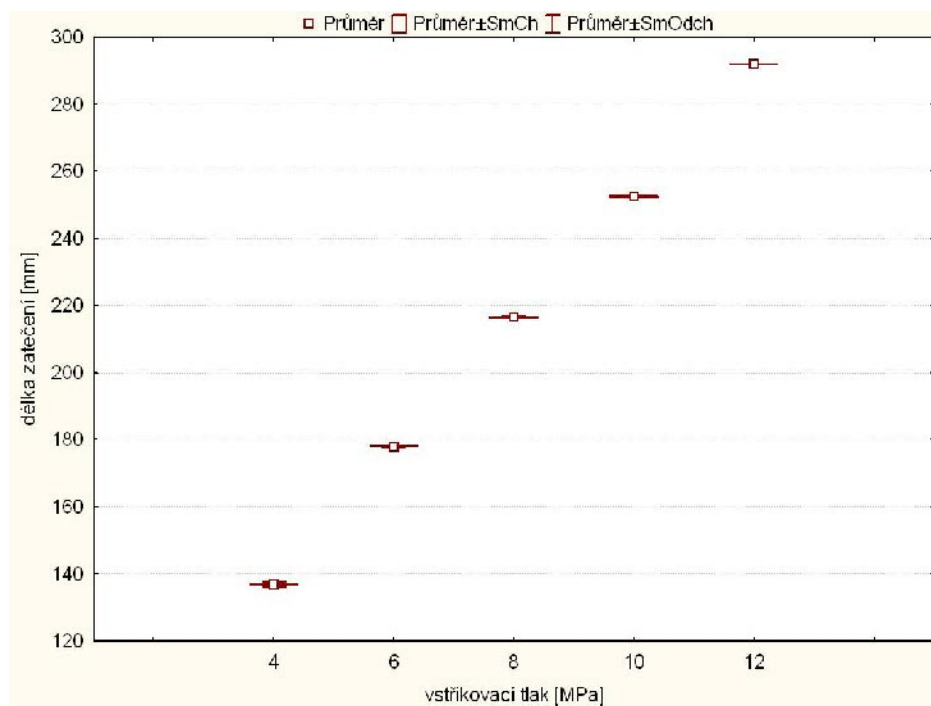
Tab. 5. Parametry při vstřikování elastomerů

Vstřikovací tlak	8 MPa, 12 MPa, 16 MPa, 20 MPa, 24 MPa
Povrch zkušební desky	leštěný, broušený, jemný dezén, frézovaný, hrubý dezén

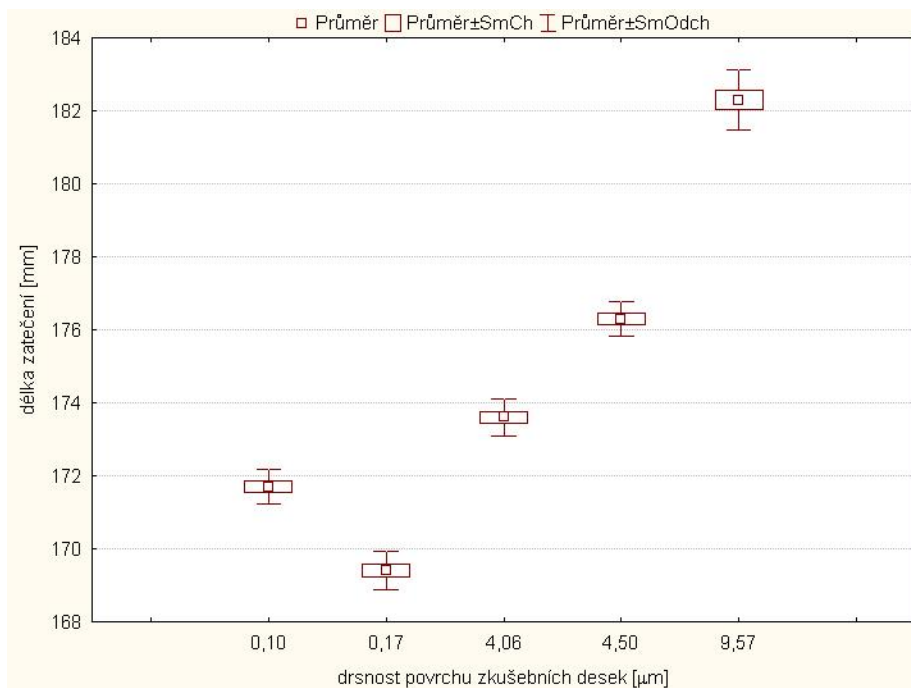
4 VÝSLEDKY MĚŘENÍ

U každé skupiny materiálů byla provedena jednotlivá měření a v rámci skupin byly materiály porovnány v závislosti na dosažených výsledcích.

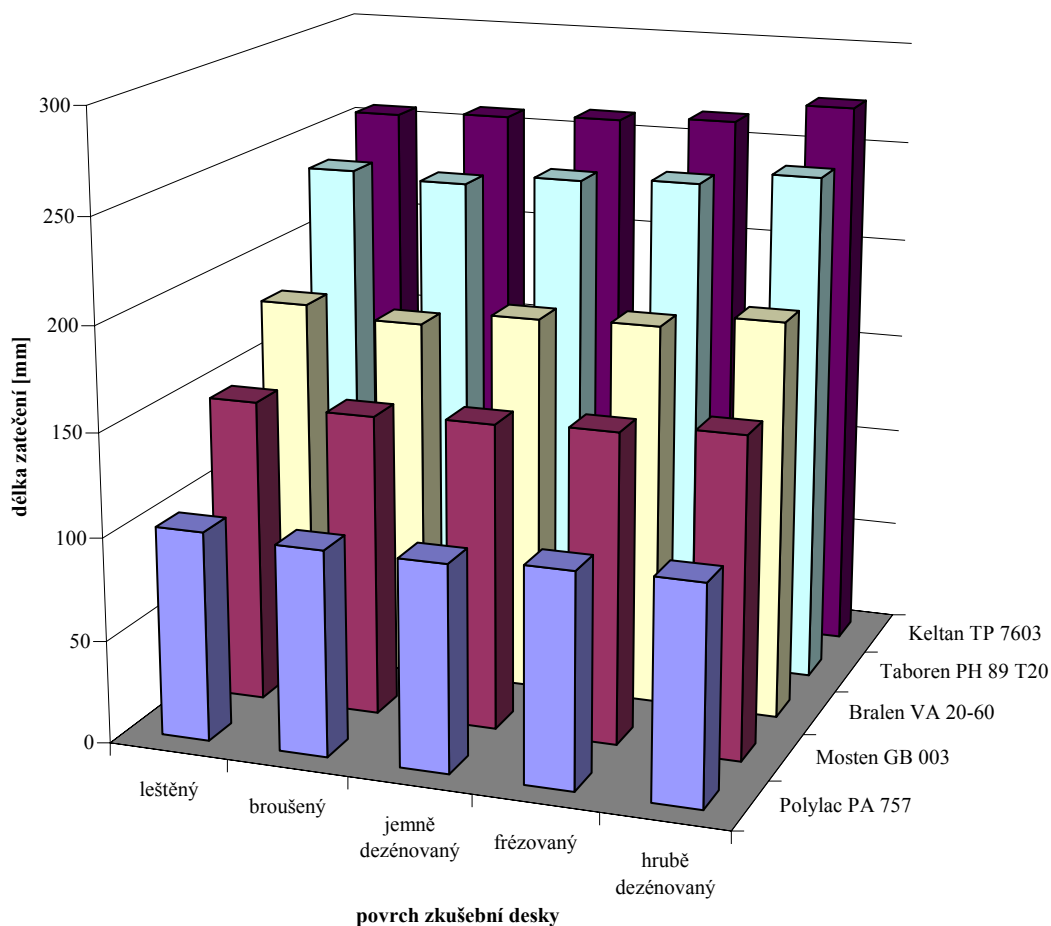
4.1 VSTŘIKOVÁNÍ TERMOPLASTŮ



Obr. 9. Závislost délky zatečení na vstřikovacím tlaku (Keltan TP 7603, vstřikovací rychlost $30 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$, velikost ústí vtoku 2 mm, deska s jemným dezénem)

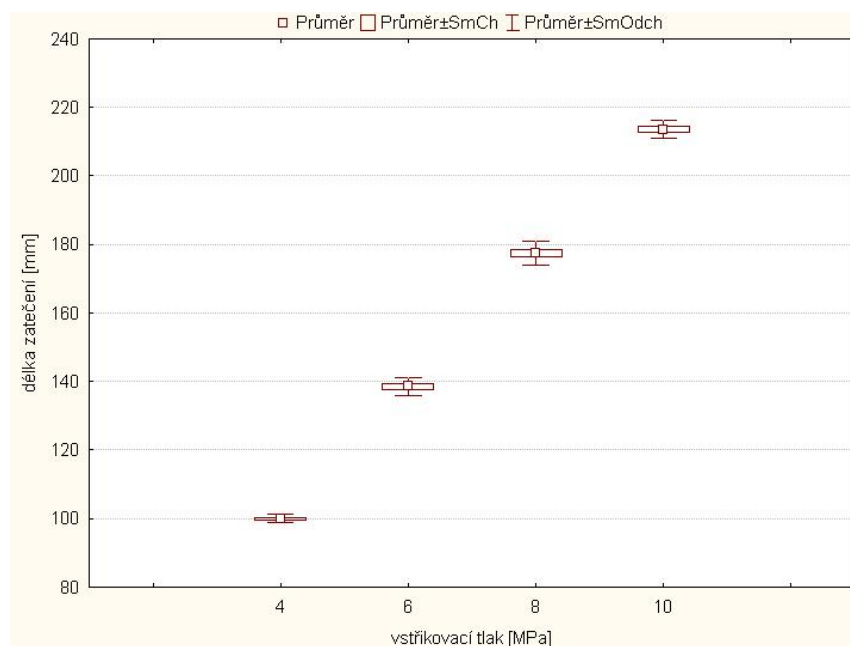


Obr. 10. Závislost délky zatečení na drsnosti povrchu zkušebních desek (Mosten GB 003, vstřikovací rychlost $30 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$, vstřikovací tlak 10 MPa, ústí vtoku 6 mm)

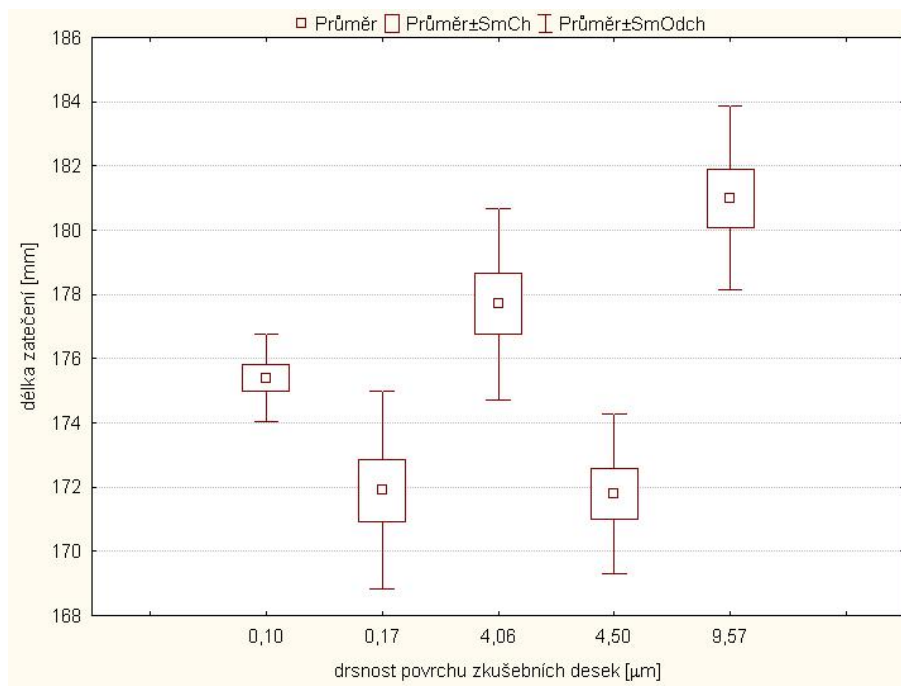


Obr. 11. Závislost délky zatečení na vstřikovaném materiálu (termoplasty, vstřikovací rychlost $60 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$, vstřikovací tlak 8 MPa , velikost ústí vtoku 6 mm)

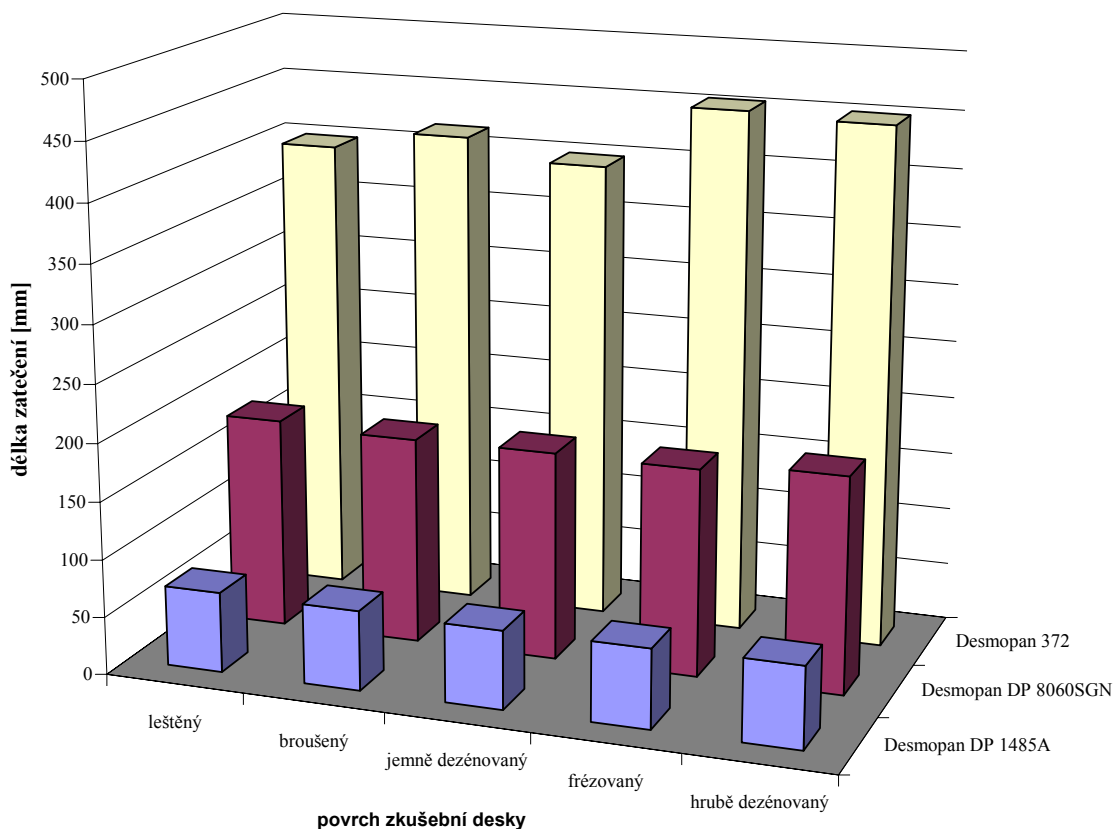
4.2 VSTŘIKOVÁNÍ TERMOPLASTICKÝCH ELASTOMERŮ



Obr. 12. Závislost délky zatečení na vstřikovacím tlaku (Desmopan DP 8060SGN, vstřikovací rychlost $30 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$, velikost ústí vtoku 4 mm , leštěná deska)

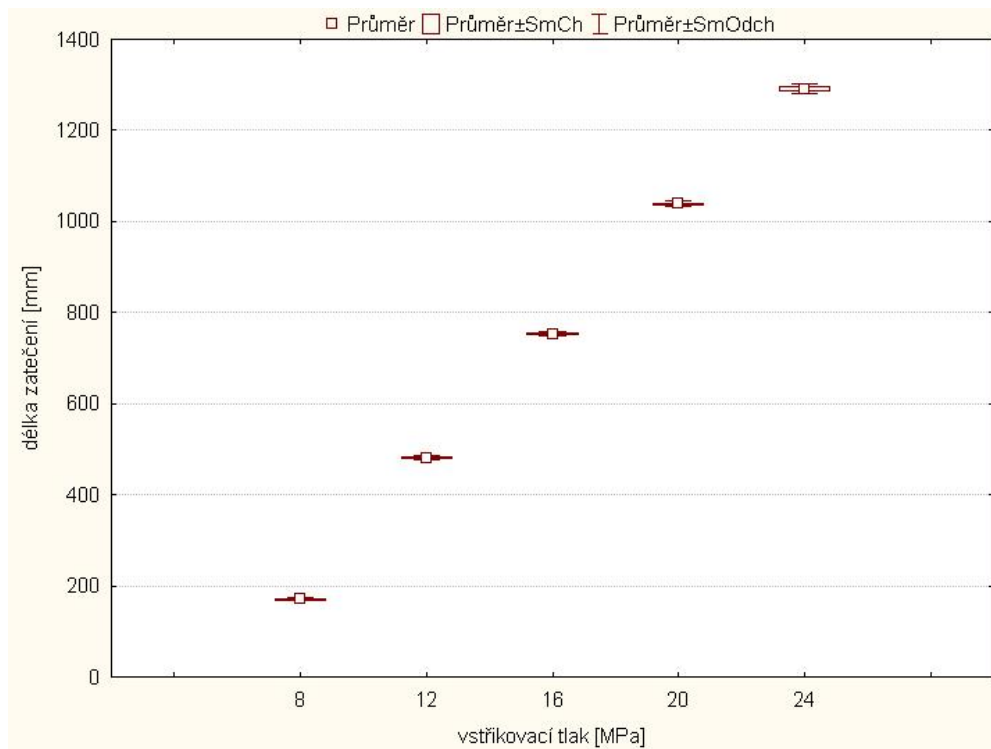


Obr. 13. Závislost délky zatečení na drsnosti povrchu zkušebních desek (Desmopan DP 8060SGN, vstřikovací rychlost $30 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$, vstřikovací tlak 8 MPa, velikost ústí vtoku 6 mm)

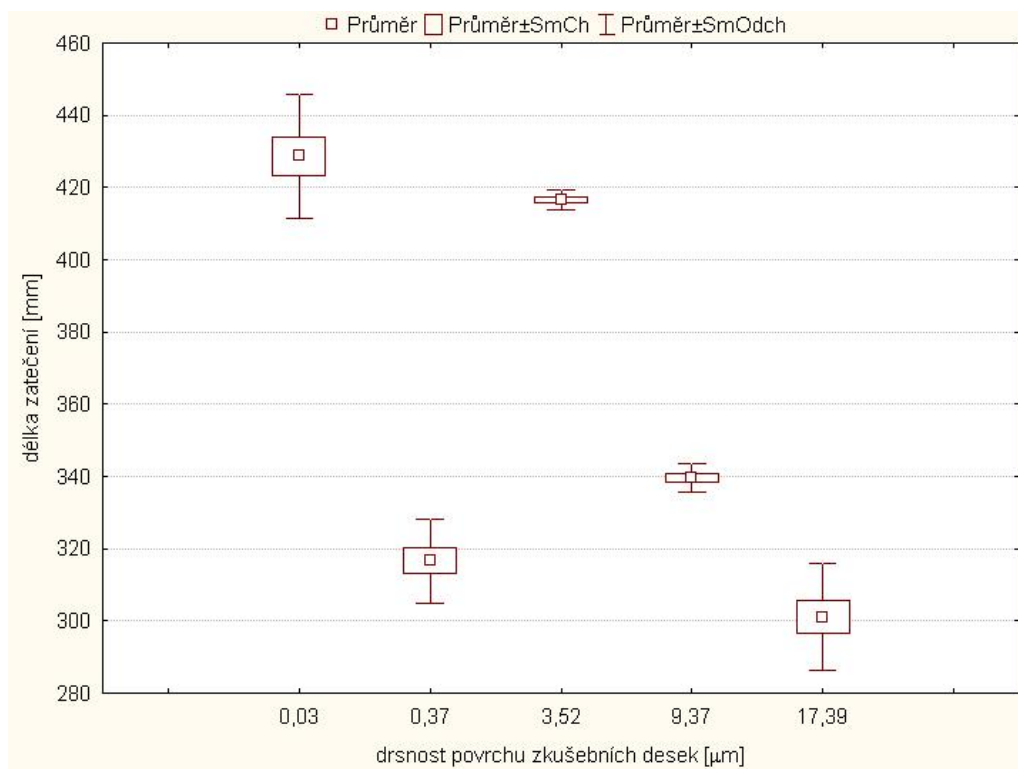


Obr. 14. Závislost délky zatečení na vstřikovaném materiálu (termoplastické elastomery, vstřikovací rychlost $60 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$, vstřikovací tlak 8 MPa, ústí vtoku 6 mm)

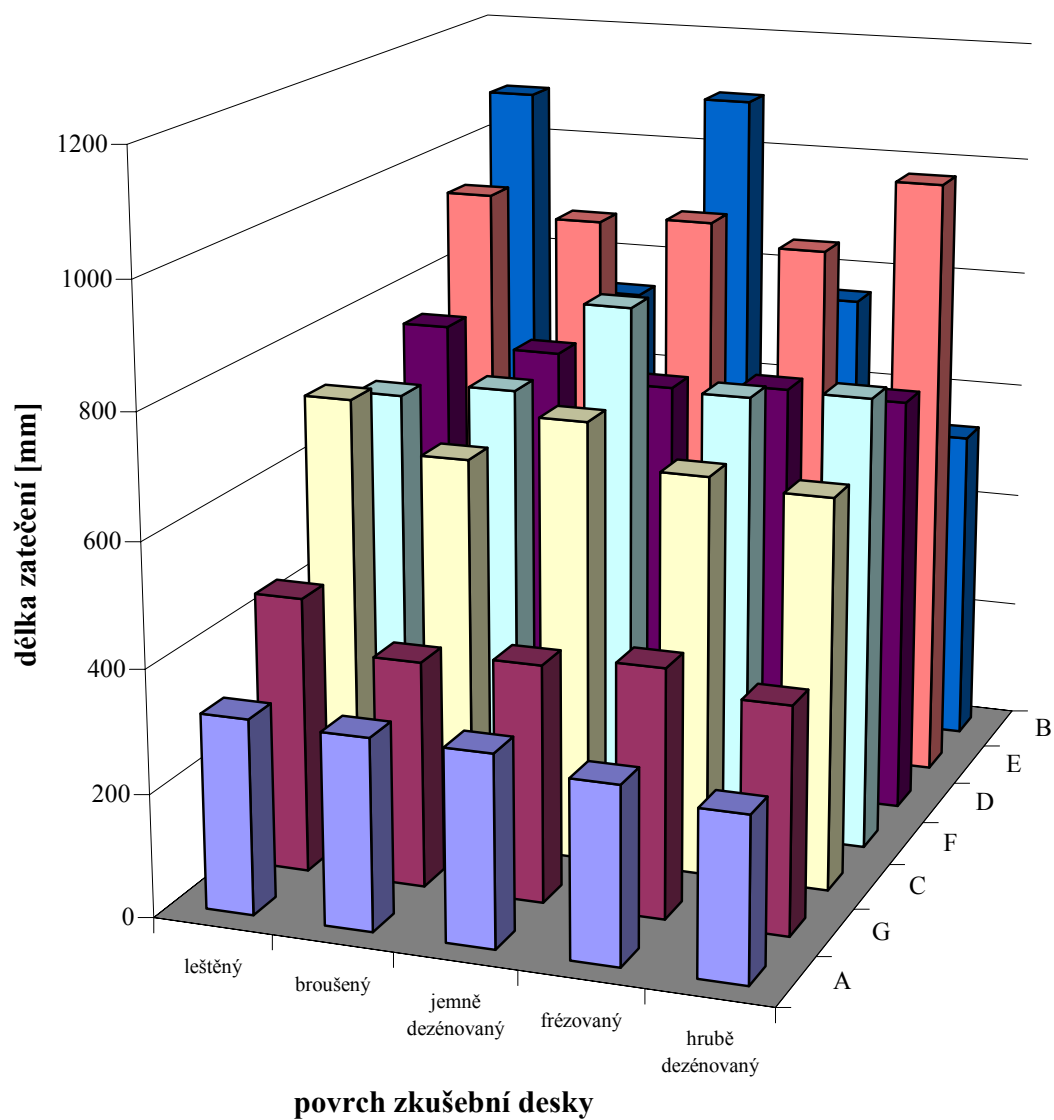
4.3 VSTŘIKOVÁNÍ ELASTOMERŮ



Obr. 15. Závislost délky zatečení na vstřikovacím tlaku (D, leštěná deska)



Obr. 16. Závislost délky zatečení na drsnosti povrchu zkušebních desek (C, vstřikovací tlak 8 MPa)



Obr. 17. Závislost délky zatečení na vstřikovaném materiálu (elastomery, vstřikovací tlak 16 MPa)

5 STATISTICKÉ VYHODNOCENÍ NAMĚŘENÝCH DAT

Výsledné statistické zpracování naměřených dat bylo provedeno pomocí programu STATISTICA 7. Cílem statistického vyhodnocení naměřených dat bylo zjištění vlivu jednotlivých parametrů na plnění dutiny formy u všech tří skupin materiálů. Z důvodu působení více činitelů (několik nezávisle proměnných) na změnu sledovaného znaku (závislé proměnné) byla pro popis tohoto případu zvolena vícenásobná regrese. Výsledkem regresní analýzy je regresní rovnice (model), pomocí níž můžeme predikovat hodnotu závislé proměnné při určité hodnotě nezávislé proměnné.

U všech tří skupin materiálů je stejná závislá proměnná a tou je délka zatečení. V případě termoplastů a termoplastických elastomerů sledujeme působení pěti nezávislých proměnných (vstřikovací tlak, vstřikovací rychlost, velikost ústí vtoku, drsnost povrchu zkušebních desek a index toku taveniny jednotlivých materiálů) na délku zatečení. U elastomerů působí na délku zatečení tři nezávislé proměnné (vstřikovací tlak, drsnost povrchu zkušebních desek a viskozita Mooney jednotlivých elastomerních směsí).

Ke zjištění míry vlivu jednotlivých faktorů na délku zatečení byla provedena analýza rozptylu. Analýza byla provedena pro každou skupinu materiálů zvlášť (termoplasty, termoplastické elastomery a elastomery). Výsledné p-hodnoty jednotlivých faktorů jsou naznačeny v Tab. 6. Hodnoty pohybující se pod hranicí $p < 0,05$ jsou statisticky významné.

Tab. 6. P-hodnoty sledovaných faktorů

faktor	p-hodnota
termoplasty	
vstřikovací rychlost	0,000001
vstřikovací tlak	0,000000
velikost ústí vtoku	0,000000
drsnost povrchu zkušební desky	0,291675
index toku taveniny	0,000000
termoplastické elastomery	
vstřikovací rychlost	0,000000
vstřikovací tlak	0,000000
velikost ústí vtoku	0,001600
drsnost povrchu zkušební desky	0,000002
index toku taveniny	0,000000
elastomery	
vstřikovací tlak	0,000000
drsnost povrchu zkušební desky	0,002512
viskozita Mooney	0,000000

Pomocí vícenásobné regrese byly zjištěny následující regresní modely pro jednotlivé skupiny materiálů.

termoplasty ($R^2 = 0,943915$)

$$y_t = 0,025286X_1 + 0,692656X_2 - 0,041169X_3 - 0,003387X_4 + 0,351107X_5 + \varepsilon_i \quad (1)$$

kde: y_t – délka zatečení
 X_1 – vstřikovací rychlost
 X_2 – vstřikovací tlak
 X_3 – velikost ústí vtoku
 X_4 – drsnost povrchu zkušební desky
 X_5 – index toku taveniny
 ε_i – náhodné veličiny

termoplastické elastomery ($R^2 = 0,683649$)

$$y_t = 0,113544X_1 + 0,319672X_2 + 0,050156X_3 + 0,045847X_4 + 0,407340X_5 + \varepsilon_i \quad (2)$$

kde: y_t – délka zatečení
 X_1 – vstřikovací rychlost
 X_2 – vstřikovací tlak
 X_3 – velikost ústí vtoku
 X_4 – drsnost povrchu zkušební desky
 X_5 – index toku taveniny
 ε_i – náhodné veličiny

elastomery ($R^2 = 0,923412$)

$$y_t = 1,389486X_1 + 0,028275X_2 - 0,535256X_3 + \varepsilon_i \quad (3)$$

kde: y_t – délka zatečení
 X_1 – vstřikovací rychlost
 X_2 – drsnost povrchu zkušební desky
 X_3 – viskozita Mooney
 ε_i – náhodné veličiny

6 DISKUSE VÝSLEDKŮ

Na základě provedených měření a statistického zpracování obdržených dat byly zjištěny následující skutečnosti:

1. Vstřikovací tlak má jednoznačný vliv na délku zatečení (plnění dutiny vstřikovací formy). Tento jev byl prokázán u všech tří skupin materiálů. S rostoucím vstřikovacím tlakem dochází k nárůstu délky zatečení (Obr. 9, 12, 15). Tuto tendenci také potvrzují p-hodnoty provedené analýzy rozptylu pro jednotlivé skupiny materiálů (termoplasty $p = 0,000000$, termoplastické elastomery $p = 0,000000$, elastomery $p = 0,000000$).
2. Vstřikovací rychlost má obdobně jako vstřikovací tlak vliv na délku zatečení, tzn. s rostoucí vstřikovací rychlostí, dochází k nárůstu délky zatečení. Toto tvrzení je podpořeno i jednotlivými p-hodnotami (termoplasty $p = 0,000001$, termoplastické elastomery $p = 0,000000$).
3. Velikost ústí vtoku pozitivně ovlivňuje délku zatečení, tzn. větší vtokové ústí, umožňuje lepší zaplnění dutiny vstřikovací formy. Tato zjištění jsou podložena p-hodnotami (termoplasty $p = 0,000000$, termoplastické elastomery $p = 0,001600$).
4. Drsnost povrchu zkušebních desek nemá v případě termoplastů podstatný vliv na délku zatečení, což potvrzuje p-hodnota ($p = 0,291675$). U termoplastických elastomerů je závislost délky zatečení na drsnosti povrchu zkušebních desek vyšší oproti termoplastům ($p = 0,000002$), avšak není možné jednoznačně určit, zda dochází k nárůstu nebo poklesu délky zatečení s rostoucí drsností povrchu (Obr. 13). Elastomery vykazují obdobně jako termoplastické elastomery také závislost délky zatečení na drsnosti povrchu zkušebních desek ($p = 0,002512$). Podobně jako v případě termoplastických elastomerů však není možné jednoznačně určit charakter této závislosti (Obr. 16). Tato zjištění vedou k závěru, že při vstřikování polymerů do dutiny formy s lepší drsností povrchu nebo s horší drsností povrchu dochází přibližně ke stejnému zaplnění.
5. Vstřikovaný materiál a jeho tokové vlastnosti mají vliv na délku zatečení. Tento vliv byl prokázán u všech tří skupin materiálů. U termoplastů a termoplastických elastomerů vyjadřuje tokové vlastnosti ITT (index toku taveniny). Materiály s vyšším ITT vykazují vyšší délku zatečení a naopak (Obr. 11, 14). Tuto závislost také potvrzují p - hodnoty (termoplasty $p = 0,000000$, termoplastické elastomery $p = 0,000000$). ITT je však pouze jeden bod na tokové křivce, tzn. nemusí vždy přesně vypovídat o chování materiálu během vstřikování. V případě elastomerů jsou jejich tokové vlastnosti popsány tzv. viskozitou Mooney ($p = 0,000000$). Materiály s vyšší hodnotou viskozity Mooney vykazují nižší zatékavost (Obr. 17), neboť viskozita udává míru odporu proti toku.

V bodech 1 – 5 jsou popsány jednotlivé parametry a především jejich vliv na výslednou délku zatečení. U všech sledovaných parametrů byl prokázán vliv na plnění dutiny vstříkovací formy. K číselnému popisu vlivu všech těchto parametrů na celkovou délku zatečení byly, pro každou skupinu materiálů zvlášť, vytvořeny regresní modely. Pomocí těchto modelů je možné predikovat výslednou délku zatečení při určitých hodnotách jednotlivých parametrů. V případě termoplastů a elastomerů jsou hodnoty koeficientů determinace jenž vyjadřují míru vysvětlené variability, poměrně vysoké (termoplasty $R^2 = 0,943915$, elastomery $R^2 = 0,923412$). U termoplastických elastomerů je tato hodnota nižší ($R^2 = 0,683649$). Pro další verifikaci těchto modelů je nutné provést další sadu měření, která budou sledovat vliv dalších parametrů (teplota, složení směsi, tloušťka stěny atd.) na délku zatečení. U termoplastů byl již model odzkoušen a první měření naznačují, že rozdíly mezi skutečnou a vypočtenou délkou zatečení se pohybují v rozmezí 5 %.

ZÁVĚR

Disertační práce se zabývala studiem vlivu technologických parametrů na plnění dutiny vstřikovací formy, resp. délku zatečení. Mezi parametry, které byly během experimentů sledovány patřil vstřikovací tlak, vstřikovací rychlost, velikost ústí vtoku, drsnost povrchu zkušebních desek a vstřikovaný materiál.

Všechny zmiňované parametry vykazovaly značný vliv na délku zatečení u všech tří skupin materiálů, především vstřikovací tlak a vstřikovací rychlost. Drsnost povrchu zkušebních desek a její vliv na délku zatečení se u jednotlivých skupin materiálů projevoval různě. V případě termoplastů nedocházelo téměř k žádnému ovlivnění délky zatečení, tzn. výsledné délky zatečení pro desky s nejnižší drsností povrchu a nejvyšší drsností povrchu byly téměř shodné. U termoplastických elastomerů a elastomerů byly rozdíly v délkách zatečení pro jednotlivé drsnosti povrchu větší, avšak není možné jednoznačně určit, zda se jedná o rostoucí nebo klesající tendenci v závislosti na drsnosti povrchu.

Provedená měření naznačují, že vliv drsnosti povrchu dutiny vstřikovací formy nebo rozvodných kanálů na výslednou délku zatečení není značný, tzn. není nutné leštit dutinu formy popř. rozvodné kanály z důvodu zlepšení vyplnění tvarové dutiny polymerem. Toto zjištění by se dalo využít při opravování rozvodných kanálů, kdy by již nebylo nutné tyto kanály leštit popř. brousit, neboť to jsou operace finančně i časově náročné.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] RAUWENDAAL, CH.: *SPC Statistical Process Control in Injection Molding and Extrusion*. Munich: Hanser, 2000. ISBN 3-446-18814-2
- [2] TOMIS, F.: *Gumárenská a plastikářská technologie, zpracovatelské procesy*, Brno, VUT 1987, ISBN 55-552-87
- [3] MENGES, G., MICHAELI, W., MOHREN, P.: *How to Make Injection Molds*. 3rd ed. Munich: Hanser, 2000. ISBN 3-446-21256-6
- [4] BOBČÍK, L. a kol.: *Formy pro zpracování plastů I. díl – Vstřikování termoplastů*, Brno, UNIPLAST 1999
- [5] KOLOUCH, J.: *Strojírenské výrobky z plastů vyráběné vstřikováním*, Praha, SNTL 1986, ISBN 04-247-86
- [6] ŠTĚPEK, J., ZELINGER J., KUTA A.: *Technologie zpracování a vlastnosti plastů*, Praha, SNTL 1989
- [7] MAŇAS, M., VLČEK J.: *Aplikovaná reologie*, Zlín, UTB – Academia centrum Zlín 2001, ISBN 80-7318-039-1
- [8] BEAUMONT, J. P.: *Runner and Gating Design Handbook*. 1st ed. Munich: Hanser, 2004, ISBN 3-446-22672-9
- [9] TOMIS, F., HELŠTÝN, J., KAŇOVSKÝ, J.: *Formy a přípravky*, Brno, VUT 1979, ISBN 55-635-79
- [10] KOCMAN, K., PROKOP, J.: *Technologie obrábění*, Brno, Akademické nakladatelství CERM 2001, ISBN 80-214-1996-2
- [11] LUKOVICS, I.: *Konstrukční materiály a technologie*, Brno, VUT 1992, ISBN 80-214-0399-3
- [12] SANDVIK COROMANT: *Příručka obrábění – Kniha pro praktiky*, přeložil Kudela Miroslav, Praha, Scientia 1997, ISBN 91-97 22 99-4-6
- [13] LIPTÁK, O. a kol.: *Technológia výroby obrabanie*, Bratislava, ALFA 1979, ISBN 63-565-79
- [14] DUCHÁČEK, V.: *Přírodní a syntetické kaučuky, termoplastické elastomery*, Zlín, ČS VTS 2006, ISBN 80-02-01784-6
- [15] SVOBODA, P., BRANDEJS, J., PROKEŠ, F.: *Základy konstruování*, Brno, Akademické nakladatelství CERM 2003, ISBN 80-7204-306-4
- [16] JOHNSON, P. S.: *Rubber Processing*. 1st ed. Munich: Hanser, 2001, ISBN 3-446-21578-6
- [17] MAŇAS, M., HELŠTÝN, J.: *Výrobní stroje a zařízení - Gumárenské a plastikářské stroje II*, Brno, VUT 1990, ISBN 80-214-0213-X
- [18] BOBČÍK, L. a kol.: *Formy pro zpracování plastů II. díl – Vstřikování termoplastů*, Brno, UNIPLAST 1999
- [19] MAŇKOVÁ, I.: *Progresívne technológie*, Košice, Vienala 2000, ISBN 80-7099-430-4
- [20] BEŇO, J.: *Teória rezania kovov*, Košice, Vienala 1999, ISBN 80-7099-429-0
- [21] BEŇO, J., MAŇKOVÁ, I.: *Technologické a materiálové činitele obrábania*, Košice, Vienala 2004, ISBN 80-7099-701-X

- [22] DUCHÁČEK, V.: *Polymery*, Praha, VŠCHT 1995, ISBN 80-7080-241-3
- [23] DUCHÁČEK, V., KUTA, A.: *Základy gumárenské technologie*, Praha, Mitas 1999, ISBN 80-238-4329-X
- [24] DICK, J. S.: *How to Improve Rubber Compounds*. 1st ed. Munich: Hanser, 2004, ISBN 3-446-22004-6
- [25] RYBNIKÁŘ, F.: *Makromolekulární chemie*, Brno, FT 2000, ISBN 80-214-1556-8
- [26] KOČMAN, K.: *Speciální technologie obrábění*, Brno, Akademické nakladatelství CERM 2004, ISBN 80-214-2562-8
- [27] PERNIKÁŘ, J., TYKAL, M., VAČKÁŘ, J.: *Jakost a metrologie*, Brno, Akademické nakladatelství CERM 2001, ISBN 80-214-1997-0
- [28] GENT, A. N.: *Engineering with Rubber: How to Design Rubber Components*. 2nd ed. Munich: Hanser, 2001, ISBN 3-446-21403-8
- [29] MLEZIVA, J., ŠŇUPÁREK, J.: *Polymery - výroba, struktura, vlastnosti a použití*, Praha, Sobotáles 2000, ISBN 80-85920-72-7
- [30] ČSN EN ISO 1133: *Plasty – Stanovení hmotnostního (MFR) a objemového (MVR) indexu toku taveniny termoplastů*, 2000
- [31] LEINVEBER, J., ŘASA, J., VÁVRA, P.: *Strojnické tabulky*, Praha, Scientia 1999, ISBN 80-7183-164-6
- [32] PREKOP, Š., VÁRKOLY, L., KUČMA, A., ĎURIŠ, Š., FEDOROVÁ, E., MATUŠČINOVÁ, A., MICHÁLEK, J.: *Gumárska technológia I*, Žilina, EDIS 1998, ISBN 80-7100-483-9
- [33] ČSN EN ISO 4287: *Geometrické požadavky na výrobky (GPS) – Struktura povrchu: Profilová metoda – Termíny, definice a parametry struktury povrchu*, 1999
- [34] HOLDEN, G., KRIECHELDORF, H. R., QUIRK, R. P.: *Thermoplastic Elastomers*. 3rd ed, Munich: Hanser 2004, ISBN 3-446-22375-4
- [35] MARCÍN, J., ZÍTEK, P.: *Gumárenské výroby I – Pneumatiky*, Praha, SNTL 1985, ISBN 04-626-85
- [36] CYHELSKÝ, L., KAŇOKOVÁ, J., NOVÁK, I.: *Teorie statistiky*, Praha, SNTL 1986, ISBN 04-331-86
- [37] RAO, R. C.: *Lineární metody statistické indukce a jejich aplikace*, Praha, Academia 1978, ISBN 21-027-78
- [38] MELOUN, M., MILITKÝ, J.: *Statistická analýza experimentálních dat*, Praha, Academia 2004, ISBN 80-200-1254-0
- [39] ARBURG - ALLROUNDER C - *Spritzgießmaschinen, injection moulding machines, Spritzgießmaschine*, [online]. [cit. 2006-12-06]. URL: <http://www.arburg.com/com/COM/en/products/machines/standard/allrounder_c/index.jsp>.
- [40] *Slovnaft - LDPE Nízkohustotný polyetylén* [online]. 2006 [cit. 2007-01-29]. URL: <http://www.slovnaft.sk/sk/obchodni_partneri/petchem/vyrobky/tvk-ldpe/>.

- [41] *Chi Mei Corporation - Product Category* [online]. 2003 [cit. 2007-01-29]. URL: <http://www.chimeicorp.com/en/products/productcategory.asp?cat1id=%7BFFE5D357-D9F4-4203-9B46-7FB30CE732C3%7D>>.
- [42] *Chemopetro l* [online]. 2003 [cit.2007-01-29]. URL: <http://www.chemopetrol.cz/html/index.php?s1=1&s2=7&s3=7&s4=2&s5=0&s6=0&limit=7&m=1&typ=pp&lng=2&user_url=&menu_id=1&recid_cl=379>.
- [43] *SABIC Europe, European producer and supplier of plastics and chemicals* [online]. 2006 [cit.2007-01-29]. URL: <http://plastics.sabic.eu/datasheets/product_data_sheets/_en/index.pl#SABIC%20PPcompound>.
- [44] *Silon s.r.o. - Kompaundy* [online]. [cit. 2007-01-29]. URL:<<http://www.silon.eu/cz/co-product.php?product=1>>.
- [45] *TPU - Datasheets Desmopan - TPU* [online]. 1999-2006 [cit. 2007-02-09]. URL: <<http://tpe-u.com/tpu/emea/en/datasheet/desmopan/index.jsp>>.
- [46] *REP: world leader in rubber injection and moulding presses.* [online]. [cit. 2007-02-28]. URL: <<http://www.rep.tm.fr/uk/index.htm>>.

CURRICULUM VITAE

Osobní údaje

Jméno a příjmení, titul: Tomáš Drga, Ing.
Datum a místo narození: 27. dubna 1980, Zlín
Bydliště: Hvozdná 286, 763 11, Zlín
Státní příslušnost: ČR
Rodinný stav: svobodný

Školní vzdělání

2004 – 2007 VUT v Brně, Fakulta strojního inženýrství *obor: 23-07-9*
Strojírenská technologie (doktorské studium)
2001 – 2004 UTB ve Zlíně, Fakulta technologická
magisterský studijní program: 2808 T Chemie a technologie
materiálů
studijní obor: Technologie kůže, plastů a pryže
1998 – 2001 VUT v Brně, Fakulta technologická ve Zlíně
bakalářský studijní program: 32-13-7 Technologická zařízení
1994 – 1998 Střední průmyslová škola strojní, Zlín

Zahraniční stáže

2005 (květen) Höskolan Kristianstad, Technical Institute, Sweden

Odborné zkoušky

2004 *Státní inženýrská zkouška: Plastikářská technologie, Výrobní*
stroje a zařízení, Části strojů a mechanismy
Diplomová práce: Vliv technologických parametrů a kvality
povrchu na plnění dutiny formy
2001 *Státní bakalářská zkouška: Nauka o materiálu, Části strojů,*
Technologie
Bakalářská práce: Hodnocení rezných odporů při obrábění
polymerů

Pedagogická činnost

Navrhování prvků a uzlů, Výrobní stroje a zařízení, Konstrukce forem, Technické kreslení

ABSTRAKT

Předložená práce podává výsledky studia vlivu jakosti povrchu rozvodných kanálů a vliv dalších technologických parametrů na tok polymerní taveniny. Výsledky experimentů provedených s vybranými druhy termoplastů, termoplastických elastomerů a elastomerů prokázaly minimální vliv drsnosti povrchu tokových cest na tok polymerní taveniny. To především umožňuje odstoupit od dosavadních představ o vlivu drsnosti povrchu na tokové vlastnosti a vyloučit (pokud to podmínky dovolují) z technologického procesu velmi náročné a nákladné dokončovací operace.

Regresní modely vytvořené na základě výsledků experimentů umožňují poměrně přesně predikovat tokové chování polymerů s ohledem na jakost povrchu a parametry vlastního procesu vstřikování.

Využití výsledků měření může mít značný vliv na výrobu tvarových částí vstřikovacích forem zejména ve změně doposud používaných postupů a jejich nahrazením výrobními postupy méně nákladnějšími, např. se může při správném uplatnění projevit na zvýšení konkurenceschopnosti výrobce nástrojů a zkrácení doby od návrhu k realizaci výrobku.

ABSTRACT

This doctoral thesis presents the results obtained from examination of the influence of runner surface quality and other technological parameters on the polymer melt flow. The results of experiments that were carried out with selected kinds of thermoplastics, thermoplastic elastomers and elastomers proved that the roughness of flow path surface has only minimal influence on the flow of the polymer melt. Therefore it is possible, firstly, to abandon the existing concept that the roughness of surface exerts a major influence on flow properties of polymer melts and secondly, it is possible to eliminate very demanding and cost-consuming finishing operations from the technological process (if conditions allow).

Regression models that were developed on the basis of the experimental results provide rather an accurate prediction of flow behavior of the polymer melt with respect to the surface quality and parameters of the particular injection molding process.

Utilizing the measurement results might have a great impact on the production of molding parts. It could bring about changes in the existing procedures used today and it could result in replacing them by less cost-demanding methods. Last but not least, when applied properly, this might obviously lead to an increase in competitiveness of the tool producer and reduce the product cycle times.