

# **ŠKODA AUTO VYSOKÁ ŠKOLA, O.P.S.**

Studijní program: B6208 Ekonomika a management

Studijní obor: 6208R088 Podniková ekonomika a management provozu

## **NÁVRH ČASOVÉ OPTIMALIZACE UVOLŇOVÁNÍ VSTŘIKOVANÝCH DÍLŮ DO SÉRIOVÉ PRODUKCE**

**David BRANCUZSKÝ**

Vedoucí práce: Ing. Josef Bradáč, Ph.D.

*Tento list vyjměte a nahradte zadáním bakalářské práce*

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury pod odborným vedením vedoucího práce.

Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná a v práci jsem neporušil autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

V Mladé Boleslavi dne 24. 4. 2016

Děkuji Ing. Josefu Bradáčovi, Ph.D., Ing. Zdeňku Řezáčovi a Žanetě Čadílkové za odborné vedení bakalářské práce, poskytování rad a informačních podkladů.

## Obsah

1. Charakteristika a rozdělení plastů.....	9
1.1. Dělení termoplastů – významné druhy polymerních materiálů.....	10
1.1.1. Polyethylen (PE).....	10
1.1.2. Polypropylen (PP).....	11
1.1.3. Polyvinylchlorid (PVC).....	11
1.1.4. Polystyren (PS).....	12
1.1.5. Akrylonitril-butadien-styren (ABS).....	12
1.1.6. Polyethylentereftalát (PET).....	13
1.1.7. Polykarbonát (PC).....	13
1.2. Příprava polymerů.....	14
2. Technologie zpracování plastů.....	15
2.1. Technologie vstřikování plastů.....	15
2.1.1. Vstřikovací stroj.....	16
2.1.2. Fáze vstřikovacího cyklu.....	20
2.1.3. Pomocná zařízení.....	22
2.1.4. Vliv jednotlivých fází procesu na jakost a smrštění výstřiků.....	24
3. Využití plastů v automobilovém průmyslu.....	29
4. Představení společnosti.....	30
5. Analýza křivek smrštění.....	34
5.1. Časový plán.....	34
5.2. Analýza současného stavu uvolňování výroby v závodě Libáň.....	37
5.2.1. Definice odpovědností pro uvolnění v sériové produkci.....	38
5.2.2. Postup uvolnění a ověření sériové výroby.....	39
5.2.3. Uvolnění sériové výroby.....	40
5.2.4. Časový harmonogram uvolnění sériové výroby.....	40
6. Navrhované řešení optimalizace uvolnění do sériové výroby.....	44
6.1. Sběr dat - definování nových tolerancí (dělení podle materiálu).....	45
6.1.1. Sabc 7705 Carbon black.....	46
6.1.2. PP Hostacom EKC 330 N.....	47
6.1.3. Sabc PP CX 02.....	48
6.1.4. PC/ABS Bayblend T65XF.....	49
6.1.5. Sabc PPC 9110-13200 Satin schwarz.....	50
6.1.6. ABS Magnum 3416 SC natur.....	51

6.1.7. PA6 Grilon BG 25 S.....	52
6.1.8. Daplen PP TC FSC 65 T30 .....	53
Závěr .....	54
Seznam literatury .....	55
Seznam obrázků a tabulek.....	56

## Seznam použitých zkratk a symbolů

A.S.	Akciová společnost
ABS	Akrylonitril-butadien-styren
ESVD	Elektronický sběr výrobních dat
JIS	Just in sequence
JIT	Just in time
OS	Operátor seřizovač
OV	Operátor výroby
PA	Polyamid
PBT	Polybutylen-tereftalát
PC	Polykarbonát
PE	Polyethylen
PET	Polyethylen-tereftalát
PKM	Plán kontrolního měření
PKŘ	Plán kontroly a řízení
PP	Polypropylen
PPS	Polyfenylensulfid
PS	Polystyren
PSU	Polysulfon
PVC	Polyvinylchlorid
RA	Referent analýz
S.R.O.	Společnost s ručením omezeným
SPC	Statistická kontrola procesu
UV	Ultrafialové záření
VVT	Vedoucí výrobního týmu

## Úvod

Technologie vstřikování plastů prodělala za posledních několik desetiletí až do dnešní doby velmi dynamický rozvoj a vývoj, a to zejména v druhé polovině minulého století. Vstřikování plastů je v současné době jedno z nejčastěji používaných metod pro výrobu nejen jednotlivých částí automobilu. V dnešní době můžeme konstatovat, že žijeme v době plastové. U automobilů se můžeme setkat například s plastovými nárazníky, zpětnými zrcátky či světlomety. V interiéru jsou jednotlivé části vyrobeny převážně z těchto polymerních látek – od sedadel, přístrojové desky, střešních panelů až po výplně dveří. Vstřikování plastů představuje komplexní soubor provázaných částí a technologií, které spolu úzce souvisí, spolupracují a na sebe vzájemně navazují.

Tématu vstřikování plastů a s tím souvisejících technologických postupů se věnuje má bakalářská práce.

Teoretická část této práce je rozdělena do třech kapitol. První část se zaměřuje na charakteristiku a rozdělení termoplastů. V druhé kapitole jsou definovány tři metody zpracování plastů, kterými jsou tvářecí, tvarovací a doplňkové technologie. V této kapitole se budu detailněji zaměřovat na zpracování plastů vstřikovací metodou, ve které jsou detailněji popsány jednotlivé části této technologie výroby, které jsou nezbytné pro hladký průběh procesu a dosažení té nejvyšší kvality, nízkých provozních nákladů a maximální efektivity práce. Ve třetí, tedy poslední kapitole teoretické části, se budu detailněji zaměřovat na vlivy jednotlivých fází procesu, které mohou mít vliv na jakost a smrštění výrobků.

V praktické části je nejdříve představena společnost Magna Exteriors & Interiors (Bohemia), s.r.o., ve které jsem v rámci semestrální povinné praxe působil na oddělení kvality, kde jsem měl za úkol definovat, změřit a vyhodnotit současně vyráběné díly v závodě Libáň u Jičína. V této části práce je definován časový plán, analýza současného stavu uvolňování výroby v závodě Libáň, postup uvolnění a ověření sériové výroby.

V závěru práce bude navrhnutá optimalizace pro uvolňování vstřikovaných dílů do sériové produkce.



## 1 Charakteristika a rozdělení plastů

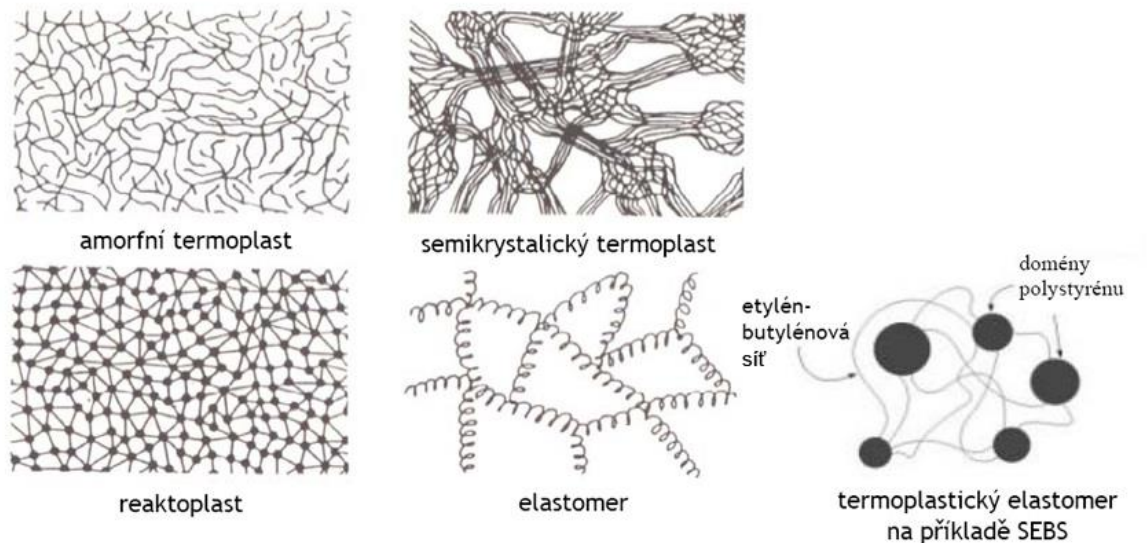
Lidská společnost se setkává s makromolekulárními látkami již odnepaměti. Zpočátku se jednalo čistě o přírodní polymery, později nastal zlom a umělé hmoty byly poprvé vyvinuty v 19. století a dnes se s nimi můžeme setkat prakticky všude.

Plastem se označuje takový materiál, jehož základní složkou je polymer, neboli organická makromolekulární látka. Mezi další přísady či aditiva tohoto levného, lehkého, izolačního, trvanlivého materiálu odolného vůči korozi patří přísady, které napomáhají k úpravě jeho vlastností. Jedná se zejména o různé plniva (vystužující, částicová, nanoplňiva či pro kompozitní materiály), stabilizátory (termooxidační pro zvýšení hranice teploty během zpracování, UV pro zvýšení odolnosti k atmosférickému stárnutí), změkčovadla a barviva pro udání přesného barevného odstínu a kryvosti.

V současné době lze říci, že žijeme v době plastové. Produkce tohoto poměrně levného materiálu vzrostla o tisíce procent a v současné době nahrazují tradiční přírodní materiály, jakými jsou například dřevo, kov, kůže, papír či sklo.

Plasty lze rozdělit do dvou základních skupin, a to na termoplasty, které lze recyklovat a opětovně zpracovávat ohřevem do stavu taveniny či viskózního toku (následným ochlazením dochází k jeho tuhnutí). Druhým případem jsou reaktoplasty, které jsou pomocí tepla, záření či katalyzátoru zpracovány a převedeny do znovu neroztavitelného a nerozpustného stavu. Při tomto procesu vznikají kovalentní příčné vazby mezi jednotlivými makromolekulami polymeru, kdy vzniká struktura prostorové sítě. Proces síťování reaktoplastů se nazývá vytvrzování. (Vojtěch, 2010)

Kaučuky, elastomery a pryže jsou polymerní látky, které lze po omezenou dobu zahřívat a tvářet. Poté dochází k tzv. vulkanizaci, neboli prostorovému zesíťování struktury polymeru. U elastomerů v podobě termoplastů nedochází k razantním změnám chemické struktury, lze tedy proces měknutí a tuhnutí provádět opakovaně bez omezení. Nadmolekulární strukturu polymerů je možné vidět na obrázku číslo 1.



Zdroj: ksp.tul.cz

**Obr. 1 Nadmolekulární struktura polymerů**

## 1.1. Dělení termoplastů – významné druhy polymerních materiálů

### 1.1.1. Polyethylen (PE)

Polyethylen, zkráceně PE, je jeden z neznámějších a nejvýznamnějších polymerních materiálů. Podle podmínek polymerace se tento materiál vyrábí různým způsobem a rozdílnou hustotou větvení molekul. Jedná se o průsvitný materiál, který je odolný vůči působení chemikálií za běžných teplot a má velice dobrou tažnost. Polyethylen s nízkou hustotou mezi  $915$  až  $925 \text{ kg.m}^{-3}$  se skládá z bohatě rozvětvených polymerních řetězců. Polyethylen s vysokou hustotou mezi  $950$  až  $970 \text{ kg.m}^{-3}$  se skládá z lineárních řetězců s malým množstvím krátkých větví. Tento plast se nejčastěji využívá pro výrobu trubek, izolací kabelů, sáčků, fólií a barelů. Plastový parel vyrobený z polyethylenu můžeme vidět na obrázku číslo 2. (Ptáček a kolektiv, 2002)



Zdroj: partnermarket.cz

**Obr. 2 Barel vyrobený z polyethylenu**

### 1.1.2. Polypropylen (PP)

Polypropylen, zkráceně PP, je velice podobný polyethylen. Jedná se však o materiál pevnější s nižší hustotou. V praxi se nejčastěji setkáme s izostatickým polypropylenem, který má krystalickou strukturu, vyšší teplotu tání a mnohem lepší mechanické vlastnosti. Při teplotách nižších než 0°C je však mnohem křehčí a méně odolný vůči atmosférickému stárnutí než polyethylen. Polypropylen se nejčastěji používá jako konstrukční plast, pro výrobu bazénů, v automobilovém průmyslu pro výrobu exteriérových a interiérových dílů, jako například můžeme uvést přístrojové desky, dveřní výplně, středové konzole. Dále slouží pro výrobu obalů, hraček, potrubí či nádrží. Na obrázku číslo 3 lze vidět nárazník vyrobený z polypropylenu. (Vojtěch, 2010)



Zdroj: nasedily.cz

**Obr. 3 Nárazník vyrobený z polypropylenu**

### 1.1.3. Polyvinylchlorid (PVC)

Polyvinylchlorid, zkráceně PVC, je neměkčený polyvinylchlorid, který se vyrábí polymerací vinylchloridu, má velmi dobrou mechanickou odolnost proti otěru a také tvrdost. V porovnání s polyethylenem či polypropylenem se hůře zpracovává díky tomu, že má malou tepelnou stabilitu a nevýhodnou tokovou vlastnost taveniny. Po přidání různých změkčovadel dochází ke snižování potřebné teploty během zpracování. S polyvinylchloridem se nejčastěji setkáme při výrobě podlahových krytin, koženek, hraček, rukavic a fólií. Na čtvrtém obrázku jsou zobrazeny stavební trubky vyrobené z polyvinylchloridu. (Macek, Zuna a kolektiv, 1999)



Zdroj: abwplastics.co.uk

**Obr. 4 Trubky vyrobené z polyvinylchloridu**

#### 1.1.4. Polystyren (PS)

Polystyren, zkráceně PS, se vyrábí polymerací styrenu. Jedná se o materiál křehký, tvrdý a lehký. Nejčastěji se můžeme setkat s pěnovým polystyrenem, který má velký podíl pórů. Jeho hustota se pohybuje mezi 15 – 50 kg.m<sup>-3</sup> a je hojně využíván ve stavebnictví jako izolace pro zateplení budov. Velmi dobře odolává vibracím, je tedy vhodný také pro výrobu obalů. Na pátém obrázku můžeme vidět polystyren určený k zateplení budov. (Macek, Zuna a kolektiv, 1999)

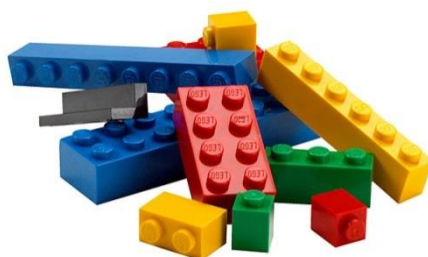


Zdroj: tradix.cz

**Obr. 5 Polystyren, stavební materiál**

#### 1.1.5. Akrylonitril-butadien-styren (ABS)

Akrylonitril-butadien-styren, zkráceně ABS, je materiál spojený fází kopolymeru styrenu a akrylonitrilu, kde jsou malé částice polybutadienového kaučuku. Materiál se vyznačuje velmi dobrou tvrdostí, houževnatostí a tuhostí. Jeho povrch je lesklý a dobře se zpracovává. Hlavní předností tohoto plastu je možnost galvanického pokovení, čímž se stává atraktivním materiálem pro použití nejen v automobilovém průmyslu, kde se hojně využívá. Z akrylonitrilu-butadienu-styrenu se vyrábí například nosiče přístrojových desek, plastové kryty v motorovém prostoru, dveřní kliky, které se dále pokovují, hračky, domácí spotřebiče a sportovní potřeby. Na šestém obrázku jsou zobrazeny kostičky stavebnice Lego, které jsou vyrobeny z materiálu ABS. (Vojtěch, 2010)



Zdroj: accents.mssu.edu

**Obr. 6 Stavebnice LEGO vyráběná z materiálu ABS**

### 1.1.6. Polyethylentereftalát (PET)

Polyethylentereftalát, zkráceně PET, vzniká polykondenzací kyseliny tereftalové a ethylenglykolu. Jedná se o materiál s velice dobrou chemickou odolností, rozměrovou stálostí, pevností, nepropustností pro plyny a kluzností. Tento materiál se nejvíce používá na výrobu nápojových lahví, textilních vláken, fólií a jako konstrukční termoplast. Na obrázku číslo sedm jsou plastové obaly určené pro nápoje vyrobené z polyethylentereftalátu. (Ptáček a kolektiv, 2002)



Zdroj: i.lidovky.cz

**Obr. 7** *Plastové obaly na nápoje vyrobení z polyethylentereftalátu*

### 1.1.7. Polykarbonát (PC)

Polykarbonát, zkráceně PC, je polyester kyseliny uhličitě, který se řadí do skupiny organických skel. Jedná se o transparentní materiál s velkým indexem světelného lomu, velkou propustností světla, odolností vůči UV záření a oxidací. Nejčastěji se využívá k zasklívání oken a reflektorů, dále také jako elektroizolační materiál. Na obrázku číslo 8 můžeme vidět krycí sklo předního reflektoru. (Ptáček a kolektiv, 2002)



Zdroj: bmwmarket.cz

**Obr. 8** *Kryt předního světlometu z polykarbonátu*

## 1.2. Příprava polymerů

Syntetické makromolekulární látky - polymery vznikají jednoduchou chemickou reakcí, která se mnohokrát opakuje.

Polymerace má tři základní stádia. První je iniciace, neboli zahájení, při kterém dochází ke vzniku radikálů a rozštěpení dvojně, eventuálně vícenásobné vazby pomocí světla či tepla. Výsledkem je radikál – útvar se dvěma volnými elektrony.

Druhou etapou je propagace, při kterém narůstá řetězec, radikál reaguje s dalším monomerem. Jedná se o exotermický děj.

Třetím a posledním stádiem je terminace, při kterém vzniká finální polymer. Na devátém obrázku je zobrazen termoplastický barevný granulát.



Zdroj: ua.all.biz

***Obr. 9 Granulát termoplastického polypropylenu v různých barevných odstínech určený pro další zpracování***

## **2. Technologie zpracování plastů**

Pro zpracování plastů lze použít celou řadu technologií. Výběr konkrétní technologie je závislý na zpracovatelském materiálu, jeho vlastnostech, ale také na tvaru, funkci a vlastnostech konečného výrobku. Jednotlivé technologie zpracování se mohou navzájem doplňovat a prolínat. Tyto technologie lze rozdělit na 3 základní typy, a to tvářecí (vstřikování, odlévání, vytlačování, lisování, válcování, laminování, vypěňování), tvarovací (tvarování desek, obrábění plastů) a doplňkové (hnětení, míchání, granulace, recyklace).

### **2.1. Technologie vstřikování plastů**

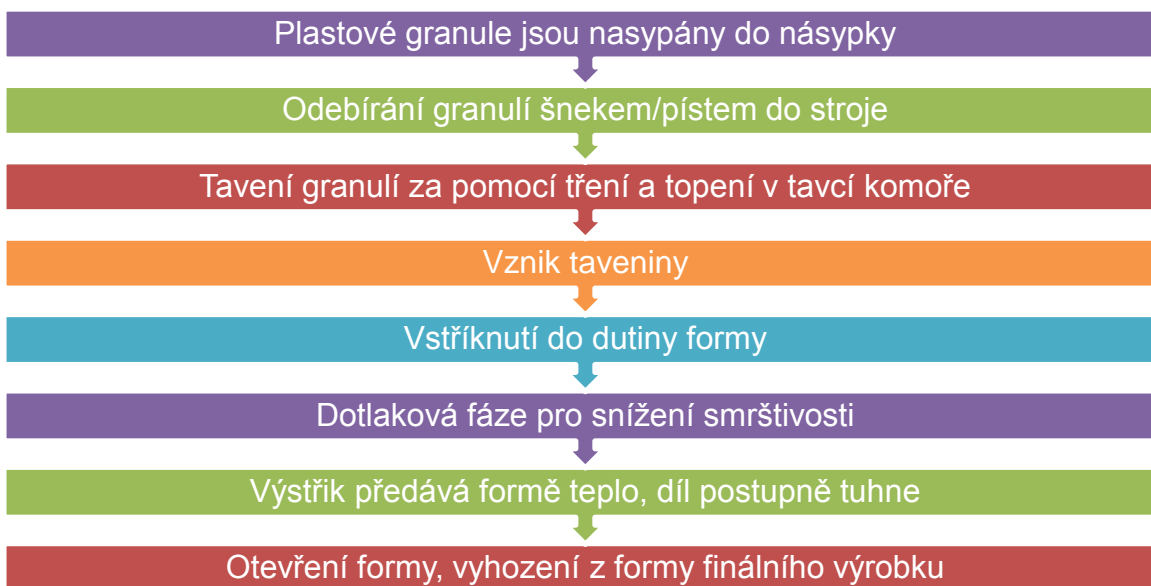
„Vstřikováním se rozumí způsob tváření, při kterém je dávka roztaveného plastu z pomocné tlakové komory vstříknuta velkou rychlostí do uzavřené dutiny kovové formy, kde ztuhne ve finální výrobek“ (Krebs, 2006, str. 135).

Vstřikování plastů je jedno z nejčastěji využívaných procesů ke zpracování plastů. Tímto typem výroby lze zpracovat většinu termoplastů i kaučuků. Nespornou výhodou vstřikování plastů je rozměrová přesnost, reprodukovatelnost a možnost automatizované výroby bez nutnosti zapojení velkého počtu operátorů na lince.

Nevýhodou této metody zpracování plastů jsou počáteční investice do strojů a veškerých podpůrných zařízení nezbytných k hladkému procesu výroby, velikost vstřikovacího zařízení neúměrného k velikosti vyráběného dílu. Další investicí jsou samozřejmě přesně tvarované formy, jejichž cena a doba výroby je závislá na tvaru výrobku, počtu dutin a požadavků na vzhled. Tím je myšleno, jestli se v dané formě budou vyrábět nevzhledové díly, jako například nosiče přístrojové desky, které jsou dále potaženy koženkou a není tedy nutné hlídat vzhledovou kvalitu, nebo díly vzhledové, jako například krycí skla reflektorů. Povrch ve formě je v tomto případě leštěn do vysokého lesku. Nesmíme také opomenout častější údržbu forem pro tyto vzhledové díly. (Zeman, 2009)

Pro dosažení vysoké kvality výrobků a uspokojení potřeb zákazníka je důležité mít stabilní proces a zajistit tak identický průběh výroby při každém zahájení vstřikování.

Vzhledem k nemalým počátečním nákladům je vhodné vstřikování využít spíše pro velkosériovou hromadnou výrobu. Na 10. Obrázku je zobrazeno grafické znázornění procesu vstřikování plastů.



Zdroj: vlastní tvorba

**Obr. 10 Grafické znázornění procesu vstřikování plastů**

### 2.1.1. Vstřikovací stroj

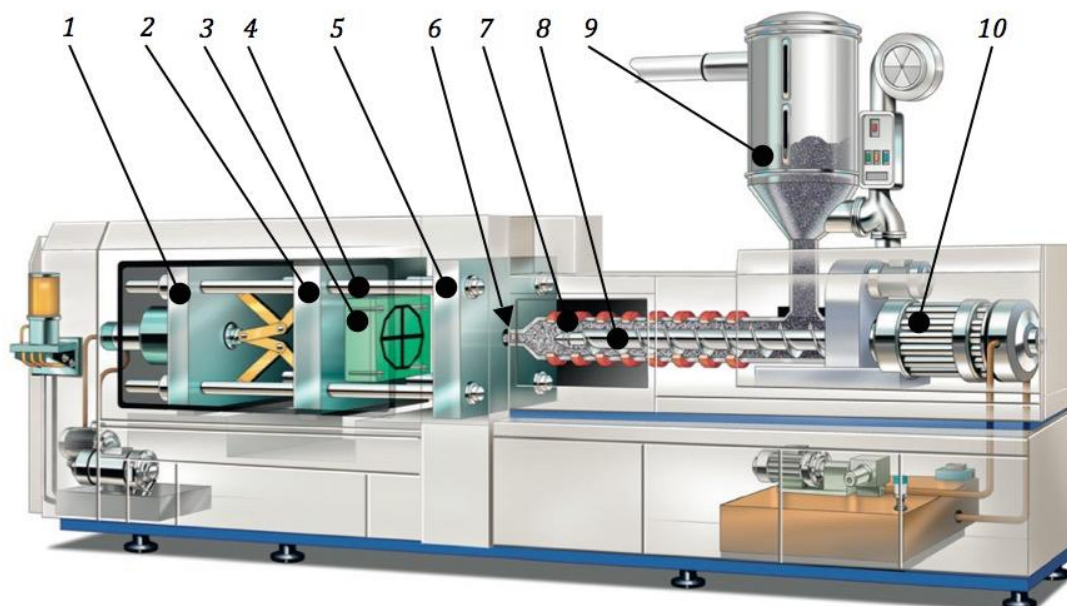
Jeden z nejstarších lisů na plasty vznikl kolem roku 1947, jejímž výrobcem byla firma, která je v dnešní době velmi dobře známá a ročně dodá tisíce kusů těchto propracovaných zařízení do téměř všech odvětví.

První skutečný vstřikolis vznikl v roce 1952 společností Engel, která se dnes řadí mezi jednoho z největších dodavatelů těchto strojů po celém světě. Velká změna nastala kolem roku 1998, kdy vznikl plně elektrický vstřikolis. Od té doby se toto zařízení příliš nezměnilo, základ zůstal téměř beze změn, avšak se neustále snižuje spotřeba elektrické energie, maximální velikost uzavírací síly, možnost výroby jednoho i více komponentních plastů a zejména možnost řízení počítačem.

Základem každého vstřikovacího stroje je vstřikovací, uzavírací a řídicí jednotka. Dle vybavenosti stroje jsou ke vstřikovacímu zařízení připojeny další podpůrná doplňková periferní zařízení, mezi které řadíme například temperační zařízení, dopravníky, sušárny granulátu, mlýny a robotické manipulátory. (Zeman, 2009)



Vstříkovací stroje lze rozdělit do 3 základních kategorií, a to na hydraulické, elektrické a kombinované. Na jedenáctém obrázku je zobrazen náčrt vstříkovacího stroje společně s popisky.



1 – uzavírací jednotka, 2 – pohyblivá upínací deska vstříkolisu, 3 – pohyblivá část vstříkovací formy, 4 – vodící sloupky vstříkolisu, 5 – pevná upínací deska vstříkolisu, 6 – čelo špičky, 7 – tavící komora, 8 – šnek, 9 – násypka pro plastový granulát, 10 – pohonná jednotka šneku

Zdroj: publi.cz

**Obr. 11 Grafické znázornění jednotlivých částí vstříkolisu**

Aby byl vstříkolis plně funkční a schopen vyrábět produkty v požadované kvalitě definované zákazníkem, je třeba provádět pravidelnou údržbu a předcházet včas případným problémům.

Mezi základní typy údržby patří výměna olejové náplně, čistota stroje, promazání důležitých komponent, správné seřízení atd.

Pro práci se vstříkovacími formami je nutné kromě reprodukovatelnosti parametrů také zajistit správný výběr stroje, kde je třeba zohlednit uzavírací sílu, uzávěru v plastikačním a vstříkovacím šneku a kapacitu plastikační jednotky.

## **Vstřikovací jednotka**

Vstřikovací jednotka má dvě základní funkce. Jako první lze uvést proces přeměnění plastového granulátu, neboli vstupního materiálu, na homogenní taveninu o určité viskozitě za co nejkratší dobu při určité teplotě. Tu posléze pod tlakem a vysokou rychlostí dopraví – vstříkne do dutiny formy. U pístových vstřikovacích jednotek je pohyb plastu do komory zajišťován pístem, u šnekových typů šnekem. V současné době se převážně využívá šnekový typ vstřikovací jednotky, který již zcela nahradil starší pístový typ.

Mezi hlavní přednosti šnekových strojů patří zejména zajištění dostatečné plastikace a homogenizaci materiálu, vysoký plastikační výkon, zabránění přehřátí materiálu v tavící komoře, nižší ztráty tlaku během pohybu hmoty v jednotce a celkově vyšší účinnost a energetická náročnost.

Postup materiálu – od samotného granulátu až po taveninu je následující: při plastikaci se šnek otáčí ve směru hodinových ručiček a postupně odebírá z násypky plastové granule, která postupně stlačuje a dopravuje do předem vyhřáté tavící komory. Zde materiál postupně taje a hromadí se před čelem šneku.

Pro samotné vstříknutí taveniny do formy se šnek bez otáčení pohybuje směrem dopředu k formě a tím vytlačuje taveninu do dutiny formy. Na konci šneku je zpětný uzávěr, který zajistí, aby se vstříknutý materiál nedostal zpět do vstřikovací jednotky. (Lenfeld, 2006)

## **Uzavírací jednotka**

Hlavním úkolem uzavírací jednotky je otevírat a zavírat formu takovou silou, aby se při tlaku během vstříknutí materiálu do dutiny forma opět neotevřela a nedošlo tím k vytečení taveniny z formy.

Uzavírací jednotka se skládá z opěrné desky, která je pevně spojena se strojem, pohyblivé desky - na kterou je upevněna pohyblivá část formy, upínací desky s otvorem pro trysku vstřikolisu a nepohyblivá část formy. Dále z vedení pro pohyblivé desky, uzavíracího a přidržovacího mechanismu.

Uzavírací jednotka je konstruována a přizpůsobována ke konkrétnímu typu výroby. Nejčastěji se však můžeme setkat s hydraulickým, elektrickým či mechanickým systémem uzavírání.

## Vstřikovací formy

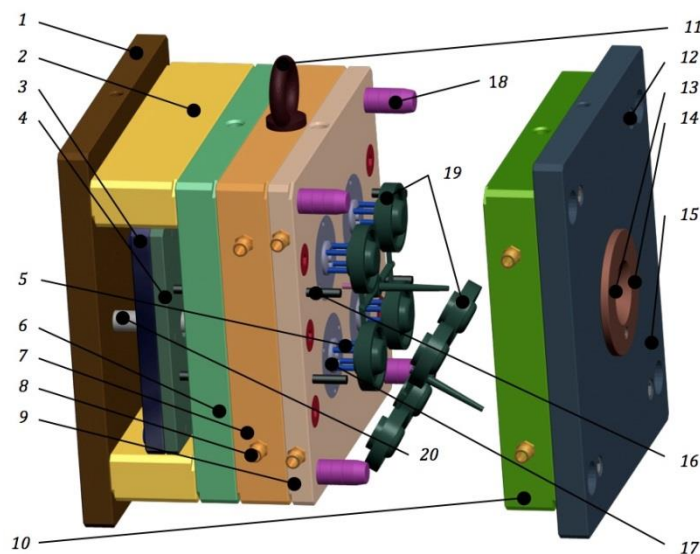
Forma pro vstřikování plastů je nástroj, který se upíná na vstřikovací stroj a je svým způsobem originálem. Jedná se o komplexní systém, který zaručuje a plní několik požadavků naráz, které vychází z celého procesu vstřikování plastů.

Vstřikovací forma musí plnit 3 základní předpoklady, mezi které patří ideální doprava taveniny přímo do dutiny formy. Tvar finálního dílu musí odpovídat vnitřního tvaru formy. Další nezbytnou funkcí je efektivní odvod tepla, které bylo přivedeno taveninou. Nedílnou součástí je také zajistit rychlé a bezpečné vyjmutí výstřiku z formy a celková reprodukovatelnost výroby. (Lenfeld, 2006)

Je zřejmé, že na formu během celého procesu vstřikování působí nemalé síly, které mohou vést k jejímu otevření a k následnému výtoku taveniny.

V rámci náběhu nových projektů a výroby prvních prototypových kusů lze rozlišit formy na dočasné (hliníkové nebo silikonové) a trvalé (kovové).

Každá forma musí během své životnosti plnit základní požadavky, mezi které patří zejména odolávat vysokým tlakům, schopnost snadného vyjmutí výstřiku z formy, dodržení rozměrové, vzhledové a funkční stálosti, snadná obsluha a údržba. Dvanáctý obrázek detailně zobrazuje jednotlivé části vstřikovací formy. (Zeman, 2009)



1 – upínací deska pohyblivé části vstřikovací formy, 2 – rozpěra, 3 – hlavní vyhadzovací deska, 4 – přidržovací vyhadzovací deska, 5 – vyhadzovač, 6 – podpěrná deska, 7 – deska A, 8 – připojení chlazení, 9 – deska B, 10 – deska C, 11 – manipulační oko, 12 – hlavní montážní šrouby, 13 – vtoková vložka,

14 – středící kroužek pevné části vstřikovací formy, 15 – upínací deska pevné části vstřikovací formy, 16 – vracecí kolíky, 17 – pevné jádro, 18 – vodící sloupky. 19 – výstřik, 20 – podpěrné válce

Zdroj: publi.cz

**Obr. 12 Vstřikovací forma v detailu včetně popisu jednotlivých částí**

## **2.1.2. Fáze vstřikovacího cyklu**

### **Plastikační fáze**

Aby dutina formy byla správně a celistvě vyplněna taveninou a nevznikaly tím nedoteklá místa, je nezbytné správně nastavit jednotlivé fáze tavení granulátu a teploty na všech topných částech plastikačního válce, dále maximální otáčky šneku a jeho odpor. V případě nesprávného nastavení těchto parametrů může docházet ke špatné vzhledové, funkční a rozměrové kvalitě hotového výrobku, mezi které nejčastěji patří studené spoje, příliš lesklý (spálený) povrch dílu a vnitřní pnutí. Teplota a užití vstupního materiálu má vliv na následné smrštění a dosmrštění, v případě více krystalických materiálu jsou tyto změny rozměru menší, než u ostatních termoplastů.

### **Vstřikovací fáze**

Jedná se o proces naplnění dutiny formy taveninou. V případě složitějších dílů je nutné počítat s delším časem vyplnění dutiny formy, na druhé straně pro jednodušší díly platí přesný opak. Na dobu vstřiku má vliv také počet vtokových kanálků a výkon celého zařízení, které mohou případně tuto dobu ještě zkrátit a zamezit tak případným kvalitativním problémům. S tímto je třeba počítat ještě ve fázi designu formy.

### **Rychlost vstřikování**

Rychlost vstřikování je doba, po kterou je plněna dutina formy taveninou. To má opět vliv nejen na kvalitu finálního výrobku, ale také na kvantitu. Tuto dobu společně se vstřikovací fází je třeba vypočítat tak, aby nedocházelo k příliš vysokému smykovému napětí v dutině formy. Při velmi pomalém plnění dutiny může docházet k rychlejšímu chladnutí taveniny a tím na nedoteklý materiál na určitých místech, dále mohou vznikat studené spoje či bude viditelný směr vtoku. S tím je ale spojena vyšší houževnatost a klesá povrchový lesk.

## **Přepnutí**

Přepnutí znamená změnu fáze ze vstřikovací fáze na dotlak. Aby byla zaručená výsledná kvalita na co nejvyšší úrovni a s tím spojené smrštění a dosmrštění, nesmí dojít ke snížení či zvýšení křivky tlaku do formy. Křivka přechodu mezi vstřikovací fází a dotlakem musí nejprve intenzivně stoupat na předepsané maximum, poté pozvolně klesat. Tím se eliminuje případné vnitřní pnutí v dílech.

## **Dotlaková fáze**

Dotlaková fáze se předem vypočítá tak, aby nedocházelo k případným deformacím a aby díl odpovídal předepsaným rozměrům, hmotnosti a vzhledu. Tato fáze nám zaručí přesné kopírování tvaru formy a jejího povrchu – dezénu, sníží smrštění a případný vznik deformací. Polštář, neboli zbytkový ztuhlý materiál z ústí vtoku pevně spojený s výstřikem, vypovídá o tom, jestli je vstřikovací proces reprodukovatelný.

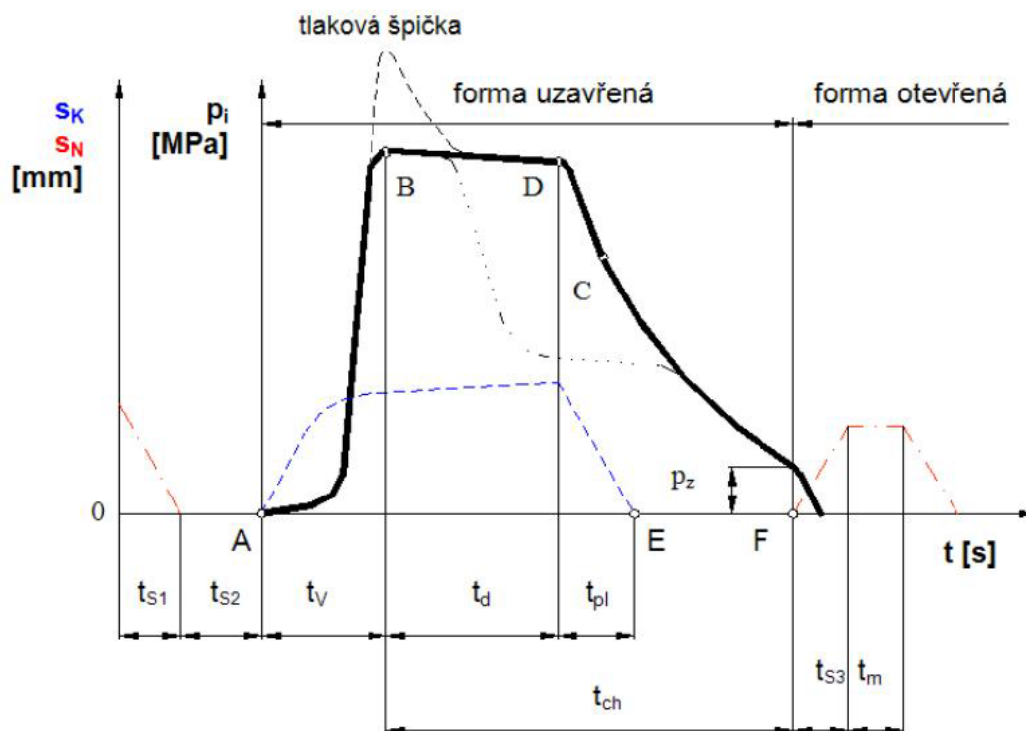
## **Ochlazovací fáze**

K chladnutí materiálu v dutině formy začíná okamžitě po jejím vstříknutí a dále pokračuje i během dotlakové fáze. Forma během ochlazovací fáze zůstává stál uzavřená po celou tuto dobu proto, aby byl zachován přesný požadovaný tvar a nedocházelo tak k případným deformacím. Doba chlazení závisí na tloušťce stěn finálního výrobku, teplotě taveniny a formy. Dotlaková fáze nám zajišťuje ideální předání tepla do stěn formy a tím rychlejší chlazení. Doba chlazení má také zásadní vliv na ekonomiku a náklady výroby. Z hlediska kvality by měla být ochlazovací fáze co nejdelší pro dosažení té nejvyšší kvality.

## **Otevření formy a vyhození výstřiku**

Po ochlazovací fázi dojde k otevření formy a vyhozovací mechanismu vyhodí výrobek ven z dutiny formy, ten je následně odebrán (roboticky či mechanicky).

Na třináctém obrázku je zakreslen průběh vnitřního tlaku v dutině formy během vstřikování plastu.



Zdroj: prezentace ŠKODA AUTO VYSOKÁ ŠKOLA, o.p.s.

**Obr. 13 Průběh vnitřního tlaku v dutině formy během vstřikování plastu**

### 2.1.3. Pomocná zařízení

K výrobě kvalitních plastových vylisků jsou také potřeba periferní zařízení, mezi které patří zejména zařízení pro sušení granulátu, temperační zařízení vstřikovacích forem, zařízení pro dopravu granulátu, roboti pro manipulaci s vylisky, dopravníky a kontrolní zařízení.

#### Zařízení pro sušení granulátu

Vlhkost se může vyskytovat na povrchu všech druhů plastů, některé typy však mají schopnost vodu z ovzduší absorbovat – nejčastěji v podobě páry z ovzduší, poté se jedná o navlhavé plasty. Pokud není materiál dostatečně vysušen, může dojít ke zhoršení vlastností výstřiku, a to nejčastěji snížení hustoty, pevnosti, tuhosti, zvýšení houževnatosti, viskozity a zhoršení tepelných vlastností.

Sušárny lze rozdělit dle následujících předpokladů:

- Podle uspořádání procesu – s přetržitým/nepřetržitým provozem (např. válcová sušárna s vytápěnými válci)
- Podle tlaku, při kterém se suší – atmosférické/vakuové

- Podle vzájemného pohybu sušeného materiálu a média – souproudé/protiproudé/se zkříženými proudy
- Podle oběhového systému – uzavřený oběh/otevřený oběh/s nuceným oběhem/s přirozeným oběhem

### **Temperační zařízení vstřikovacích forem**

Samotná příprava formy před nasazením do vstřikolisu je velice důležitá. Abychom dosáhli rychlého náběhu výroby s minimálními prostoji a minimální prvotní zmetkovostí, je třeba formu předem temperovat na určitou teplotu. Při výrobě vstřikovaných dílů, kdy bude předtemperována forma, může dojít ke snížení zmetkovosti až o 24% a tím zvýšení ziskovosti až o 20%. Nejčastěji se používají tři druhy těchto temperačních zařízení:

- Vodní – s maximální pracovní teplotou 95<sup>0</sup>C
- Vodní přetlakové – s maximální pracovní teplotou 200<sup>0</sup>C
- Olejové – s přímým/nepřímým chlazením

Na obrázku číslo 14 je zobrazeno vodní temperovací zařízení.



Zdroj: usinenouvelle.com

**Obr. 14 Vodní temperovací přístroj do 90<sup>0</sup> C Reglopas 90S švýcarské výroby**

### **Zařízení pro dopravu granulátu**

Materiál může být buď ve formě granulí (PE,PP,PS atd.) nebo prášku (PVC, plniva, saze atd.)

Do jednotlivých výrobních závodů se tento vstupní materiál dodává buď v pytlích o hmotnosti 25 – 500kg, nebo v případě většího odběru je dodávka prováděna

speciálními cisternami do sil o objemu kolem 25t. Toto zařízení je vybavenou kontrolou množství materiálu, aby bylo možné zavčas objednat další dodávku s materiálem.

Vzhledem k tomu, že každý vstřikolis je specifický na výrobu různých typů výrobků, je ke každému stroji vedeno individuální potrubí. Nejčastěji se setkáme s pneumatickým typem dopravy – vakuové/tlakové systémy nebo jejich kombinace. Potrubí má zpravidla průměr 100mm a trubky jsou vyrobeny z oceli nebo slitin hliníku. Tento systém dopravy je možné využít do vzdálenosti 100m od sušárny, zatímco přetlakový systém pracující s mnohem větším tlakem vzduchu lze použít ve vzdálenosti až do 200m. Nutno je ale zohlednit větší tlak v potrubí, který může deformovat granulát a může docházet k většímu opotřebení potrubí. Vstupní materiál se poté ukládá v malém zásobníku umístěném většinou ve vrchním čele stroje, odkud je dále odebírán přímo do stroje ke zpracování.

### **Robot pro manipulaci s výlisky**

Využívání moderních robotických technologií patří mezi fenomén dnešní doby a můžeme říci, že v budoucnu budou mít téměř nepostradatelný charakter napříč odvětvími. Robotická manipulace s hotovými výlisky nejen celkově urychluje, zdokonaluje a ulehčuje práci s výstřiky, ale také dokáže zásadním způsobem omezit například deformace. Jelikož roboti pro manipulaci s těmito výlisky jsou předem přesně nastaveny, dá se očekávat stále stejné umístění na dopravníky, ořezky a ostříhy vtokových zbytků. Jelikož jsou výlisky po otevření formy horké, je vhodnější nasadit právě roboty, aby nedocházelo k případným spáleninám a zraněním.

#### **2.1.4. Vliv jednotlivých fází procesu na jakost a smrštění výstřiků**

Smrštění je proces, který probíhá u všech plastů.

Během vstřikování termoplastů ( ABS, PSU, PS, SAN, SBS atd.) nebo částečně krystalických plastů (PP, PA, PBT, PPS atd.) platí, že po vyjmutí výstřiku z formy jsou rozměry rozdílné od rozměrů naměřených po určité době od jeho produkce. Hlavním důvodem je tak zvané smrštění či deformace. Jedná se o zcela odlišné pojmy:



- Smrštění – objemová změna při tuhnutí polymerních tavenin. Hlavní příčinou je tepelná rozpínavost, stlačitelnost a kontrakce plastů, u částečně krystalických plastů mají dále vliv ještě krystalizační změny.
- Deformace – změna tvaru při zachování konstantního objemu výstřiku

Mezi další faktory, které mohou ovlivnit smrštění, patří navlhavost a nasákavost materiálu. Pro přípravu kvalitního a správně vysušeného granulátu slouží sušárny. Dalším podstatným parametrem je správný rozměr formy, do které je tavenina vstříknuta. Obecně lze říci, že čím větší díl., tím větší musí být tolerance v rozměrech. Je třeba také zohlednit materiál, ze kterých se bude daný díl vyrábět, jelikož každý z nich má jiné procento smrštění pro daný rozměr.

Na smrštění dále působí následující vlivy:

- Procesní parametry – časy, tlaky, teploty
- Typ materiálu
- Konstrukce formy – zejména tloušťka jejích stěn

### **Objemové a lineární smrštění**

V praxi se nejčastěji setkáváme s objemovým výrobním smrštěním, které se značí  $S_V$ . Objemová změna nastává při chlazením bez tlaku a mimo formu po výhozu.

#### **Vzorec pro výpočet objemového smrštění:**

$$S_{VV} = \frac{V_F - V_V}{V_F}$$

$V_F$  = objem tvarové dutiny při teplotě okolí 23°C

$V_V$  = objem výstřiku při stejné teplotě 23°C

#### **Vzorec pro výpočet délkového smrštění:**

$$S_{VV} = 1 - (1 - S_D)(1 - S_S)(1 - S_{TL})$$

$S_D$  = smrštění ve směru délky

$S_S$  = smrštění ve směru šířky

$S_{TL}$  = smrštění tloušťky stěny

ISO 294-4 Plasty – Vstřikování zkušebních těles z termoplastů. Jedná se o normu, kde jsou uvedeny mezinárodně uznávané standardy pro metodiku vypočítání smrštění podle příslušných vstřikovacích granulátů – konkrétně v části 4.

Dále je třeba definovat vzorec pro výpočet výrobního smrštění, neboli rozdíl mezi rozměrem z formy při 23°C a rozměrem výstřiku z téže formy měřením nejdříve po 16 hodinách a následně po 24 hodinách po vyhození z formy. Důležité je pro přesnost měření skladovat dílce v suchém prostředí při 23°C.

$$S = \frac{L_F - L_V}{L_F} \cdot 100$$

$L_F$  = rozměr formy při teplotě 23°C

$L_V$  = rozměr výstřiku při teplotě 23°C měření v rozmezí 16 až 24 hodin

### **Způsoby stanovení smrštění plastových dílů**

Obecně se dá říci, že smrštění jednotlivých druhů plastů je ovlivněno celou řadou faktorů – nejčastěji se setkáváme s ovlivněním ze strany vstupujících činitelů, mezi které nejčastěji patří vstupní materiál, teplota a rozměry formy, nastavení základních technologických parametrů stroje a tak dále. Některé faktory se mohou navzájem ovlivňovat, jelikož jsou velice komplexní. Jedná se především o problém již při samotném návrhu vtoku, který může mít negativní vliv na správnou funkci dotlaku ve vstřikovacím stroji.

Dalším problémem, který může během vstřikovacího procesu nastat, je nesprávná teplota prostředí výrobního procesu a špatná teplota formy. Tím může nastat vnitřní pnutí, krystalizace a tak dále.

Pro správné dodržení rozměrů, vzhledu a někdy také váhy, kdy tyto parametry jsou předem definované zákazníkem, je třeba dodržet výrobní specifikaci.

### **Plastikace**

Technologické parametry, které ovlivňují plastikaci, je zpětný odpor na šneku. Ten má zásadní vliv na teplotu taveniny. Dále sem patří teplota taveniny a rychlost otáček šneku, který může mít za následek příliš nízkou či vysokou teplotu taveniny.

### ***Vliv jednotlivých technologických parametrů na výstřik***

Čím vyšší je teplota taveniny, tím se zvyšuje celková pevnost studených spojů, snižuje se vnitřní pnutí, výrobní smrštění je sice větší, ale finální dosmrštění je nižší. Teplota vstupní taveniny, která prošla šnekem, má vliv na orientaci makromolekul při plnění do dutiny formy.

### **Plnění tvarových dutin formy**

Technologické parametry, které ovlivňují plnění formy, jsou teplota formy a taveniny, rychlost vstřikování, vstřikovací tlak, viskozita taveniny a průběh přepnutí vstřikovacího tlaku na dotlak.

### ***Vliv jednotlivých technologických parametrů na výstřik***

Tepelné vlastnosti (viskozita) – v dávce taveniny a tokové odpory ve formě ovlivňují orientaci makromolekul, především v povrchové vrstvě. Vstřikovací rychlost, která je ovlivněna teplotou taveniny a formy – má zásadní vliv na kvalitu finálního výrobku – zejména na tu povrchovou (mohou se vyskytovat vtokové čáry, mlžiny apod.). Čím nižší vtokové napětí, tím kvalitnější výstřik. Kombinace vstřikovací rychlosti a tlaku má vliv na úplnost vyplnění dutiny formy taveninou. Dutina by měla být vždy celistvě vyplněna bez přetoků a nedolitků před samotným dotlakem.

### **Přepnutí ze vstřikovacího tlaku na dotlak**

Jedná se o změnu regulace průtoku – neboli rychlosti na regulaci tlaku. Lze rozlišit 3 způsoby přepnutí. Tlakové přepnutí pro dosažení zvolené hodnoty tlaku. Rychlost na regulaci tlaku – jedná se o změnu regulace průtoku taveniny. Dráhové přepnutí pro dosažení zvoleného bodu na dráze pohybu šneku vpřed při plnění dutiny.

### **Dotlaková fáze**

Technologické parametry, které ovlivňují dotlakovou fázi, jsou doba dotlaku, teplota taveniny a formy, rychlost dotlaku a tlakový průběh během vstřikování.

### ***Vliv jednotlivých technologických parametrů na výstřik***

Dotlak a délka doby jeho působení, kterou ovlivňuje teplota formy, má zásadní vliv na rozměry, tvary a případné deformace výstřiku. Ovlivňuje výskyt propadlin,

orientaci makromolekul, a to zejména v oblasti vtoků. Společně s konstrukcí formy může mít dotlaková fáze vliv také na přetoky v dělicích rovinách formy a vyšší nepřesnost rozměrů.

### **Fáze chlazení výstřiku ve formě**

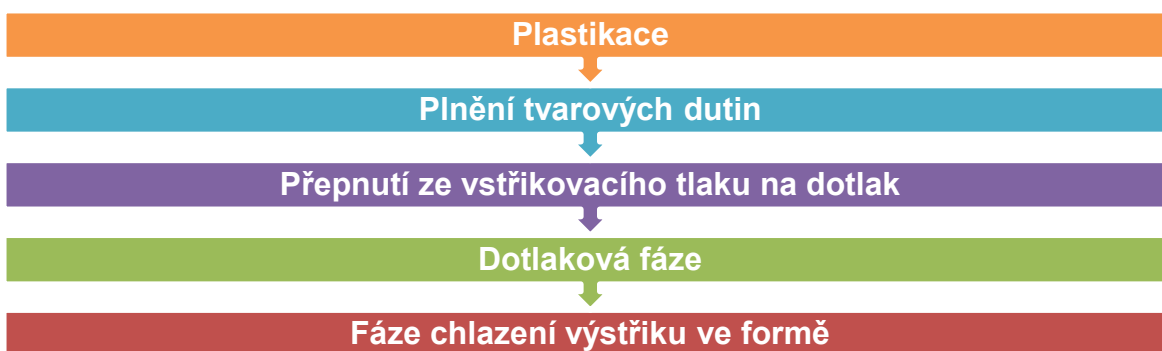
Během procesu vstřikování plastů a následném chlazení rozlišujeme 2 základní pojmy:

- Ochlazování – jedná se o proces, který zahrnuje dobu od úplného zaplnění dutiny formy až po vyhození výstřiku ven z formy. Zahrnuje tedy dobu dotlaku a chlazení.
- Chlazení - doba od ukončení dotlaku po vyhození výstřiku z formy.

### **Vliv jednotlivých technologických parametrů na výstřik**

Teplota formy – čím je ochlazování výstřiků ve formě pomalejší, tím větší je u krystalických polymerů obsah krystalického podílu a velikost sféloritů. Teplota formy u termoplastů ovlivňuje povrchový lesk, to znamená, čím je vyšší teplota formy, tím je výstřik lesklejší.

Na patnáctém obrázku jsou graficky znázorněny vlivy jednotlivých fází procesu, které mají primární vliv na jakost a smrštění výstřiků.



Zdroj: vlastní tvorba

**Obr. 15 Grafické znázornění vlivu jednotlivých fází procesu na jakost a smrštění výstřiků**

### **3. Využití plastů v automobilovém průmyslu**

Na celém světě je v současné době více jak 850 miliónů automobilů a jednotlivé prognózy mluví o dalším zvýšení a růstu až na 2 miliardy do roku 2030. Tento prostý výhled činí automobilový průmysl mezi jeden z nejperspektivnějších průmyslových odvětví pro nejbližších 14 let.

Plasty jsou hojně využívány v automobilovém průmyslu zejména pro jejich dobré vlastnosti. Jednoduše se dá říci, že tvoří podstatnou část vozu.

V exteriéru jsou plastové především nárazníky, blatníky, zpětná zrcátka, podběhy a další menší díly. V interiéru je výskyt plastových dílu podstatně vyšší – od přístrojové desky, výplní dveří, středové konzoly až po části sedadel.

Význam plastů vyplývá z jejich dobých vlastností, a to především odolnost proti korozi, nízká váha, poměrně vysoká pevnost, pružnost a dobré zvukové, izolační a především tepelné vlastnosti. V současné době plastové díly nahradily tradiční kovové či dřevěné.

## 4. Představení společnosti

Společnost Magna patří k největším dodavatelům plastových dílů do automobilového průmyslu a má zastoupení na všech kontinentech. Nejvíce výrobních závodů se nachází v Severní Americe s celkovým počtem 62 625 zaměstnanců. Hlavní sídlo společnosti se nachází v Torontu v Kanadě.

Na obrázku číslo 16 můžeme vidět mapu s umístěním jednotlivých závodů s počty pracovníků.



Zdroj: interní příručka pro vstupní školení

### **Obr. 16 Mapa pokrytí výrobními závody po celém světě s počty pracovníků**

Zakladatelem společnosti je Frank Stronach, který společnost Magna založil v 60. letech minulého století. V 90. letech se společnost dále rozšířila do Evropy a v roce 2009 odkoupily již existující výrobní závody stejně zaměřené.

Společnost se skládá celkem ze 7 divizí:

- Magna Seating
- Magna Exteriors
- Magna Interiors
- Magna Mirrors & Magna Closures
- Cosma International
- Magna Powertrain & Magna Electronics

- Magna Steyr

Magna Exteriors & Interiors (Bohemia), s.r.o. je tvořena celkem čtyřmi výrobními závody v České republice (Liberec Head Quarters, Liberec Nástrojárna Libáň u Jičína a Nymburk), 3 výrobními závody v Rusku (Sankt Petersburg, Kaluga, Nižnij Novgorod), jedním v Maďarsku (Estergom) a jedním v Německu (Meerane).

Na sedmnáctém obrázku je zobrazeno logo společnosti Magna Exteriors & Interiors (Bohemia), s.r.o.



Zdroj: ceauto.co.hu

**Obr. 17 Logo společnosti Magna Exteriors & Interiors (Bohemia), s.r.o.**

V celkem 9 výrobních závodech společnost Magna Exteriors & Interiors (Bohemia), s.r.o se nachází více než 140 vstřikovacích strojů od několika výrobců, nejčastěji se však vyskytuje od výrobce Engel. V závodech Nymburk a Liberec se také nachází linky pro lakování nárazníků a vybraných interiérových dílů.

Dodávky k zákazníkům či mezi jednotlivými závody probíhají systémem JIS (Just In Sequence) nebo prostřednictvím meziskladů – poskytovatelů skladovacích služeb – například mladoboleslavské SAPE či společnost SAS Autosystemtechnik, s.r.o., která kompletuje přístrojové desky pro výrobní závod ŠKODA AUTO a.s. v Mladé Boleslavi, do které libáňský závod dodává vrchní část přístrojové desky pro model Fabia. Uvnitř závodu pracuje logistika na systému KANBAN.

Obrovskou výhodou oproti konkurenčním výrobcům plastových komponentů jsou vlastní vývojová centra a nástrojárna pro výrobu a případné opravy vstřikovacích forem.

### **Závod Liberec**

Závod Magna Liberec zaměstnává v současné době celkem 1 500 pracovníků a mezi její největší zákazníky patří společnosti ŠKODA AUTO, Volkswagen, Audi, TPCA, Mercedes-Benz, BMW, Mitsubishi a Man.

V libereckém závodě se využívají technologie vstřikování (jedno i více komponentní), lakování nárazníků a dalších exteriérových a interiérových dílů, ultrazvukové a vibrační svařování a také montážními linkami.

Mezi hlavní výrobky patří lakované nárazníky, mřížky chladiče, obložení přístrojové desky, odkladací schránky, středové konzole, loketní opěry a přístrojové desky.

### **Závod Nymburk**

Závod Nymburk zaměstnává 520 pracovníků a největšími odběrateli jsou ŠKODA AUTO, TPCA, Opel, Volkswagen a Audi.

V nymburském závodě se využívají technologie vstřikování a lakování plastů, infračervené, ultrazvukové a vibrační svařování, montáže a pění přístrojových desek a loketních opěr.

### **Závod Libáň u Jičína**

V libáňském závodě v současné době pracuje více než 650 zaměstnanců a jejich zákazníci jsou zejména ŠKODA AUTO, Audi, BMW-MINI, Opel, Seat, Citroën a Volkswagen.

Technologie využívané v tomto závodě jsou vstřikování velkých plastových dílů pomocí super family forem a dusíku, zastřikování látky a fólie, vakuové a tlakové kaširování, ultrazvukové a vibrační svařování, svařování horkými nýty, technologie pění a slush a ořez laserem.

Jejich výrobky jsou nejčastěji přístrojové desky, dveřní výplně, PVC folie, schránky u spolujezdce, středové loketní opěry a obložení zavazadlového prostoru.

### **Systém řízení kvality**

Společnost Magna Exteriors & Interiors (Bohemia), s.r.o byla poprvé certifikovaná pro oblast řízení kvality v roce 1995 a recertifikací prošla v letech 1999, 2001, 2004, 2007 a v roce 2013, kdy obhájila požadavky normy ISO/TS 16949:2002 společností Bureau Veritas.

Plnění této normy je nezbytnou podmínkou pro aktivní účast firmy v celém dodavatelském řetězci automobilového průmyslu.



V souladu s dalšími požadavky této normy jsou napříč společnostmi popsány procesy, které vzájemně navazují na zájmy uspokojení zákazníka.

Hlavní procesy ve vztahu k externím zákazníkům je například vývoj výrobku, výrobních procesů, nakupování dílců od externích dodavatelů a mnoho dalšího.

Velice důležitým faktorem je přijímání a realizace opatření k nápravě a prevenci, nebo také realizace a přijímání nápravných opatření a proces neustálého zlepšování napříč společnostmi z důvodu produktivity, systematičnosti, analýzy chyb a přijímání opatření k zamezení opakování chyb. Přehled tohoto procesu je zobrazen v Mapě procesů a v dalších podnikových prepisech.

## 5. Analýza křivek smrštění

V rámci praktické části bakalářské práce bude provedena analýza křivek smrštění plastových dílů ve společnosti Magna Exteriors & Interiors (Bohemia), s.r.o.

Cílem této analýzy je provést časovou optimalizaci uvolňování dílů do sériové produkce. Výsledky jednotlivých analýz a sběrů dat poslouží při zpracování návrhů na tuto časovou optimalizaci v sériové výrobě.

Analýza byla prováděna v rámci pracovní doby vlastními silami v období od 2. 9. 2014 až do 31. 1. 2015 na jednotlivých výrobních úsecích v závodě Libáň. Na tuto aktivitu nebyly vyčleněny žádné speciální rozpočty.

Od celé analýzy návrhu optimalizace uvolnění vstřikovaných dílů do sériové výroby se očekává zmapování současného stavu uvolnění vstřikovaných dílů do sériové výroby, provedení měření v daných časech a při určitém množství dle předem vytvořeného časového plánu a rozdělení dle jednotlivých projektů, vyhotovení protokolů k jednotlivým dílům, které zahrnují nejen základní informace o dílu a tabulkou s náměry, ale také informace o nastavení základních technologických parametrech v době měření včetně předepsaných hodnot, dále také průměrnou teplotu během měření.

### 5.1. Časový plán

Časový plán, také označovaný jako harmonogram, je seznam a rozpis kroků, které je třeba provést při realizaci určitých méně či více rozsáhlých činností. Používá se tehdy, když je potřeba naplánovat a zkoordinovat v delším časovém úseku činnosti většího množství subjektů.

Časový plán prováděné analýzy byl předem pečlivě sestaven tak, aby jednotlivé činnosti na sebe navazovaly a nepřekrývaly se.

Vytvořený harmonogram začíná datum 1. 9. 2014, neboli prvním dnem ve společnosti Magna v závodě Libáň u Jičína, kdy od ranních hodin probíhalo vstupní školení, které se skládalo ze školení o bezpečnosti práce, firemní kultuře a jednotlivých oddělení. Po ukončení tohoto školení jsem se seznámil s mými budoucími kolegy z oddělení kvality – nejprve s manažerem kvality, poté jsem byl představen ostatním kolegům, se kterými jsem později komunikoval, radil se a spolupracoval.

Druhý den, 2. 9. 2014, jsem byl detailněji obeznámen s mým projektem, který jsem samostatně vedl. Proškolení na tuto problematiku provedl vedoucí provozní kontroly, který byl také mým mentorem po celých pět měsíců ve společnosti a byl mi oporou v případě jakýchkoliv dotazů či doporučení. Společně jsme stanovili jasný účel a cíl projektu, které jsme si společně odsouhlasili.

Ve třetí části harmonogramu, konkrétně v období 3. 9. – 5. 9. 2014 jsem seskupil všechny potřebné dokumenty o jednotlivých projektech, pro které se v rámci závodu vstříkují plastové díly. Rozdělení probíhalo také podle hal, ve kterých se vyrábí dané díly (areál má 2 vstříkovny – dolní vstříkovnu, kde se vyrábí menší díly a horní, těžkou vstříkovnu, kde se vyrábí největší díly v celé fabrice – ze superfamily forem, které obsahují například všechny čtyři dveřní panely v jedné formě).

Po sběru dat, který se týkal rozdělení projektů a jednotlivých dílů, jsem sestavil krátkodobý týdenní a dlouhodobý měsíční časový harmonogram pro měření dle plánu výroby.

Aby byly všechny osoby, které byly analýzou jakkoliv dotčeny – ať samotní operátoři výroby, vedoucí výrobních týmů, mistrové či seřizovači, seznámil jsem je detailně s celým projektem a cílem, ke kterému musím dospět.

Hlavním milníkem byla středa 10. 9. 2014, kdy bylo zahájeno první měření dílů pomocí předepsaných měřících zařízení – posuvných měřidel, které byly kalibrovány, certifikovány a schválené pro měření plastových dílů. Vzhledem k tomu, že rozměrová různorodost dílů je opravdu široká, při měření jsem používal celkem pět různých typů posuvných měřidel. Ke každému výrobku existuje Plán kontroly a řízení, ve kterém je přesně definováno, jaký typ posuvného měřidla musí být použito pro relevantnost daného výsledku měření. Po ukončení sběru dat a náměrů veškerých předem definovaných dílů určených pro analýzu bylo ukončeno měření, konkrétně 19. 12. 2014.

Během měsíce ledna roku 2015 byly vyhodnoceny veškeré náměry a ke každému dílu byl vyhotoven protokol, který obsahuje označení zákazníka a přesného názvu dílu, číslo dílu v SAP, datum a čas měření, výrobní takt dle interní normy, definovaný nástroj pro měření, číslo a název stroje, na kterém se daný díl vyrábí, název haly, typ použitého materiálu. Další nedílnou součástí tohoto protokolu je

část rozměrů dle Plánu kontroly a řízení, který obsahuje nominální hodnotu včetně horní a dolní meze. Pod touto částí protokolu je již samotná tabulka naměřených hodnot v jednotlivých časových intervalech – 0, 10, 30, 60, 120 minut a 24 hodin vždy na celkem 20 dílech. Na konci každého sloupce je vypočtena průměrná hodnota v daný moment.

Na druhé straně tohoto protokolu je vypočteno průměrné smrštění v různých časových intervalech, které se shodují s tabulkou náměrů. Vypovídající grafickou hodnotu má pro nás graf křivky smrštění, který je vygenerován z průměrných hodnot naměřených v daném čase a graficky znázorňuje smrštitivost.

V poslední části tohoto protokolu jsou informace k nastavení základních technologických parametrů stroje v době měření včetně průměrné teploty na hale. Sledovány jsou hodnoty v sekundách – jedná se o vstřík, chlazení, cyklus a dotlak, dále také v milimetrech – polštář a plastikace. Teplota je vždy uvedena ve stupních celsia.

Výsledky analýzy byly prezentovány manažeru kvality, vedoucímu provozní kontroly a manažerce personálního oddělení.

Po ukončení tohoto projektu byl zároveň ukončen pracovní kontrakt ve společnosti Magna Exteriors & Interiors (Bohemia), s.r.o., závod Libáň u Jičína.

Na obrázku číslo 18 je tabulka zobrazující harmonogram průběhu projektu.

1. 9. 2014	<ul style="list-style-type: none"> <li>• celodenní nástupní školení, seznámení se závodem a oddělením kvality</li> </ul>
2. 9. 2014	<ul style="list-style-type: none"> <li>• seznámení se s projektem</li> <li>• stanovení účelu analýzy</li> <li>• stanovení cílů analýzy</li> </ul>
3. 9. - 5. 9. 2014	<ul style="list-style-type: none"> <li>• seskupení všech potřebných dat (aktuální projekty a jednotlivé díly)</li> </ul>
8. 9. 2014	<ul style="list-style-type: none"> <li>• tvorba časového plánu měření</li> </ul>
9. 9. 2014	<ul style="list-style-type: none"> <li>• seznámení nominovaných zaměstnanců s připravovanou analýzou</li> </ul>
10. 9. 2014	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zahájení měření dle časového plánu</li> </ul>
19. 12. 2014	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ukončení měření dle časového plánu</li> </ul>
5. 1. - 29. 1. 2015	<ul style="list-style-type: none"> <li>• vyhodnocení náměrů a sběru dat, vyhotovení protokolů</li> </ul>
30. 1. 2015	<ul style="list-style-type: none"> <li>• prezentace výsledků analýzy vedení oddělení kvality</li> </ul>

Zdroj: vlastní tvorba

**Obr. 18** Tabulka graficky zobrazující harmonogram projektu

## 5.2. Analýza současného stavu uvolňování výroby v závodě Libáň

Základním dokumentem pro uvolňování dílů v sériové výrobě je řízený dokument Uvolňování výroby v závodě Libáň a MC Lipovka s označením BLN-2600-005, který byl schválen a uvolněn dne 10.8.2014.

Hlavním účelem tohoto předpisu je definovat činnosti, které je nutné provádět pro uvolnění linky a výrobku v sériové výrobě a stanovit jednotlivé odpovědnosti pro tyto činnosti.

## 5.2.1. Definice odpovědností pro uvolnění v sériové produkci

Tab. 1 Definice odpovědností

č.	Krok procesu - činnost	Odpovědnost	Funkce - pozice
<b>Uvolnění procesu</b>			
1.	Příprava výrobního pracoviště (linky) k sériové výrobě	provádí	Operátor výroby
2.	Kontrola kvalifikace osob a výrobní dokumentace	provádí	Operátor výroby
3a.	Ověření funkčnosti a kompletnosti zařízení	provádí	Seřizovač / OV seřizovač
3b.	Nasazení výrobního nástroje na stroj a jeho seřízení		
3c.	Kontrola kontrolních a zkušebních zařízení		
4.	Náprava v případě zjištění nehody	zajišťuje	vedoucí výrobního týmu
5.	Náprava v případě zjištění neřešených problémů na stroji/nástroji	zajišťuje	Směnový technolog
6.	Záznam o zpracovávané šarži	provádí	vedoucí výrobního týmu /přípravář
<b>Uvolnění výrobku</b>			
7.	Kontrola vzhledu výrobku, provedení měření délky, hmotnosti	provádí	Seřizovač / OV seřizovač
8.	Provedení měření odstínu, lesku, zástavba na kubinku	provádí	Referent analýz
9.	Provedení kontroly značení na výrobku	provádí	Operátor výroby
10.	Vystavení dílenského vzorku	provádí	Seřizovač / OV seřizovač
11.	Uvolnění 1. stupně v ESVD nebo vyplnění záznamu	provádí	Seřizovač / OV seřizovač
12.	Kontrolní činnost a uvolnění 2. stupněm	provádí	Vedoucí výrobního týmu
13.	Namátková kontrolní činnost uvolnění výroby (včetně nastavení strojů)	provádí	Referent analýz

### **5.2.2. Postup uvolnění a ověření sériové výroby**

Proces uvolňování výroby je přesně definovaný řízený dokument, který detailně zobrazuje jednotlivé kroky odpovědných osob, jak musí postupovat při uvolnění, při nalezení neshod, při nenadálých kolizích a problémech ve výrobě.

Při zahájení je nejprve provedena příprava a kontrola pracoviště, kterou provádí operátor výroby. Ten se po provedení všech náležitých úkolů přihlásí do Elektronického sběru výrobních dat (dále jen ESVD). Dohlízejícím orgánem nad touto činností je Vedoucí výrobního týmu, který je přímým nadřízeným operátora výroby.

Druhým krokem je kontrola samotného stroje, nastavení parametrů dle dokumentace Nastavení základních technologických parametrů stroje a Plánu kontroly a řízení, dále ověření vizuální kontrolou první kus – jeho rozměr, vizuální vady a hmotnost. Tuto činnost provádí Seřizovač nebo OV Seřizovač. Nastavené hodnoty jsou zapsány do Karty sledování výrobních parametrů a sběr informací o kontrole prvního kusu do karty Záznamu o provedené kontrole. Kontrolní činnost provádí Vedoucí výrobního týmu.

Dále dojde k přeměření Referentem analýz prvního kusu, který byl odebrán v druhém kroku Seřizovačem nebo OV Seřizovačem. Provádí se kontrola lesku, barevného odstínu a také zástavba na kubinku. Všechny výše zmíněné kontroly jsou přímo definovány v řízeném dokumentu Plán kontroly a řízení ke každému výrobku, jelikož ne u všech se provádí veškeré tyto činnosti kontroly. Výsledné náměry se zapisují do karty Záznam o provedené kontrole.

Pokud jsou náměry nevyhovující a je možno sjednat nápravu formou seřízení stroje či přenastavením parametrů, postup se opakuje zahájením ověření prvního dobrého kusu. Pokud není možné sjednat nápravu ani krátkodobé odchylky, je informován Směnový vedoucí logistiky, který zastaví výrobu.

Pokud jsou veškeré požadavky na kontrolu prvního kusu splněny, je vyplněna Kontrolní soupiska k uvolnění sériové výroby Seřizovačem či OV Seřizovačem, dále je vystaven dílenský vzorek a sériová výroba je uvolněna vyplněním Záznamu o uvolnění sériové výroby. Vedoucí výrobního týmu na základě prováděných kontrolních činností stvrdí svým podpisem do archu Záznam

o uvolnění sériové výroby, že je vše v pořádku a v souladu s předpisem a požadavky zákazníka.

Z veškerých obalových jednotek s již vyrobenými díly je sejmuto označení „Před uvolněním“ a díly jsou dále zpracovávány či prodány zákazníkovi.

### **5.2.3. Uvolnění sériové výroby**

Podle charakteru výroby se provádí uvolnění do sériové výroby ve dvou odlišných variantách:

- Uvolnění procesu/linky/stroje se provádí kontrolou připravenosti všech procesů nutných pro výrobu daného výrobku. Jedná se o uvolnění vstřikolisu, montážních pracovišť, svařování, laserování a kaširování.
- Uvolnění výrobku probíhá kontrolou prvního dobrého kusu z výroby jednak z pohledu vzhledové kvality, tak z pohledu funkčnosti a rozměrů. Dále může být nařízena ve specifikaci PKŘ kontrola lesku, barevného odstínu či kontrola formou zástavby do kubinku.

### **5.2.4. Časový harmonogram uvolnění sériové výroby**

Uvolnění výroby je prováděno seřizovačem nebo OV seřizovačem za těchto předpokladů:

- Zahájení výroby na začátku týdne nebo při opětovném zahájení stejné výroby po přerušení, které je delší než jedna pracovní směna. Pokud byl změněn nástroj (změna formy, tvarové vložky či robotického chapadla), vystavuje se nový Dílenský vzorek.
- Při změně materiálu (neplatí pro změnu odstínu master batche u nevzhledových dílů, změně barvy insertů, pokud barva zůstává stejná). Prodloužení Dílenského vzorku provedeme vypsáním zeleného štítku. Při způsobu zasílání JIT a JIS se „Dílenský vzorek“ vystavuje na začátku týdne.
- Při změně šarže vstupujících surovin se provádí uvolňování výroby na vstřikovacích lisech u těch strojů, které odebírají materiál z centrální pseudopravy. V okamžiku, kdy materiálový přípravář vpustí novou šarži



granulátu do pseudopravy, je povinen informovat seřizovače konkrétních dotčených strojů, do kterých granulát nové šarže teče o čase vpuštění nové šarže. Uvolnění se pak zahajuje 60 – 80 minut po vpuštění do pseudopravy, po úplném vyčištění potrubí.

- Pokud vstříkovací stroje odebírají materiál přímo ze sušiček, tak v okamžiku, kdy přípravař vpustí novou šarži granulátu do sušičky informuje seřizovače stroje o čase vpuštění nové šarže. Uvolnění podle sloupce 3 se pak zahajuje 60 - 80 minut po vpuštění do sušičky, po úplné výměně materiálu v sušičce.

Platnost dílenského vzorku prodloužíme zeleným štítkem s datem. Opětovné zahájení téže výroby po krátkodobém přerušení výroby z důvodu vzniku neshody, která zapříčinila zablokování nebo zastavení výroby, výskyt parametrů mimo toleranční pole, platnost dílenského vzorku prodloužíme zeleným štítkem.

### **Popis postupu uvolnění seřizovačem**

Za uvolnění výroby nese odpovědnost výrobní úsek. V této činnosti jej podporují a kontrolují orgány útvaru Závodové kvality.

### **Uvolnění procesu a produktu**

Součástí tohoto uvolnění je uvolnění procesu a ověření shody 1. kusu podle plánu kontroly a řízení a referenčního vzorku. V rámci tohoto uvolnění musí být splněny všechny požadavky definované v dokumentu.

Kontrolní soupiska k uvolnění sériové výroby, včetně měření na měřících přípravcích (kubinkách), měření barevného odstínu a lesku, pokud tak předepisuje PKŘ, provedených kvalifikovanými příslušníky útvaru závodové kvality (referenti analýz). Potvrzením o provedeném měření je záznam a podpis referenta analýz do formuláře Záznam o provedené kontrole.

Naměřené hodnoty zaznamená do Záznamu o provedené kontrole. Za přípravu pracoviště je v rámci uvolnění procesu odpovědný operátor výroby. Splnění předepsaných úkonů stvrzuje svým přihlášením k ESVD nebo záznamem v dokumentu Záznam o uvolnění sériové výroby. Ověřený díl je označen štítkem Dílenský vzorek.

Tento díl je uložen na místo určené pro dílenský vzorek, kde je až do skončení výrobní dávky, nebo do konce týdne. Následně je díl zkontrolován dle PKŘ a v případě vyhovujícího výsledku expedován jako poslední kus výrobní dávky. V případě nevyhovujícího výsledku je nutné díl interně odepsat. V případě požadavku zákazníka může být poslední díl odsouhlasen zákazníkem k použití. U JIS/JIT vychystávání může být díl použit v rámci následné odvolávky.

Záznam o uvolnění procesu a produktu je proveden buď pomocí ESVD, kde se za vyplnění formuláře považuje přihlášení se (čipem) do aplikace Uvolnění 1. stupněm, pracovníkem výroby (seřizovač, OV-seřizovač).

Až do dokončení uvolnění procesu a produktu je nutné značit výrobky nebo obalové jednotky fialovou páskou nebo fialovým terčíkem „Před uvolněním“.

Po uvolnění procesu a produktu zajistí seřizovač / OV seřizovač (vedoucí výrobního týmu) odstranění pásky nebo terčíku.

### **Ověření a uvolnění výroby operátorem výroby - popis postupu**

Ověření a uvolnění výroby operátorem je prováděno po převzetí směny, pokud směna pokračuje ve výrobě identického dílu. Jeho cílem je posouzení shody procesu a produktu po výměně operátorů. Operátor provede požadované úkony dle sloupce převzetí směny a v případě, že na všechny požadované otázky odpoví ano, popřípadě je vystavena odchylka, která mu kladné odpovědi umožňuje, stvrdí toto uvolnění přihlášením se k ESVD.

### **Ověření uvolnění výroby - popis postupu**

Ověření uvolnění výroby je proces, který potvrzuje kontrolu uvolnění procesu a produktu vedoucím týmu. Ten má povinnost provést ověření uvolnění výroby v rozsahu, který uzná za vhodné. Ověřením uvolnění vedoucí týmu stvrzuje, že všechny úkony předepsané pro jednotlivé případy uvolnění byly provedeny, díly jsou v odpovídající vzhledové a rozměrové kvalitě (rozměr a hmotnost) a stroje pracují v rámci předepsaných parametrů.

Záznam o ověření je proveden buď pomocí elektronického systému ESVD, kde se za vyplnění formuláře považuje přihlášení se (čipem) do aplikace Uvolnění 2. stupněm vedoucím týmu nebo záznamem do daného formuláře.

## **Ověření a uvolnění výroby - popis postupu v případě neshody**

V případě zjištění neshody při uvolnění je nutno tuto okamžitě odstranit, díly vyrobené do doby zjištění neshody je třeba zkontrolovat a případné vadné díly vyzmetkovat dle interního předpisu. Při neshodě, kterou nelze okamžitě odstranit se postupuje následovně. Jedná-li se o neshodu, která umožňuje uvolnit linku nebo díly podmíněně, je nutno podat žádost o schválení krátkodobé odchylky na zjištěnou neshodu. Za řízení procesu vydání krátkodobé odchylky je odpovědný směnový technolog, který přebírá odpovědnost vedoucího změnové komise, administrátora a technického ředitele v souladu se zmíněnou směrnicí. Po vystavení a schválení krátkodobé odchylky probíhá uvolnění dle standardního postupu.

### **Stanovení priorit**

Základní prioritou je zabezpečení plynulého plnění plánu výroby. Pokud dojde k zásadní kolizi s tímto požadavkem a schopností seřizovače / OV seřizovače uvolnit výrobu (rozjezd výroby na jiném stroji, problémy na stroji atd.), může vedoucí výrobního týmu rozhodnout o tom, které kroky uvolnění procesu a produktu provede sám. Uvolnění produktu a procesu vedoucím výrobního týmu jej nezbavuje povinnosti provést ověření uvolnění.

### **Parametry procesu a jejich měření / monitorování**

Parametrem procesu je uvolnění nebo neuvolnění výroby, případně podmíněné uvolnění.

### **Výstupy**

Výstupem procesu je uvolnění výroby potvrzené vyplněným řádkem ve formuláři nebo záznamem v ESVD a vystavený dílenský vzorek.

## 6. Navrhované řešení optimalizace uvolnění do sériové výroby

Aby byl zajištěn plynulý a nejjednodušší postup pro uvolnění vstřikovaných dílů do sériové produkce, je třeba navrhnout jednotný časový horizont pro všechny vstřikované díly najednou. V případě, že by byly stanoveny různé časy pro různé výrobky, celý proces uvolnění by to značně zkomplikovalo a mohlo by tak dojít k pochybení ze strany seřizovačů, vedoucích výrobních týmů či kontrolorů výrobní kvality, kteří by museli vést v evidenci několik časových plánů.

Najít optimální jednotný bod pro všechny vyráběné díly v různých rozměrových a materiálových specifikacích nebylo jednoduché. Po dlouhodobé konzultaci s odborníky v daném odvětví, rozsáhlých zkoušek a finálním ověření tímto navrhuji zkrátit čas pro uvolnění výroby o 90 minut z původních 2 hodin na 30 minut od odebrání prvního dobrého kusu. K tomuto závěru jsem došel po vyhodnocení celkového sběru dat naměřených hodnot, zohlednění časových plánů jednotlivých kompetentních pracovníků a také po důkladné analýze celkového procesu uvolnění vstřikovaných dílů do sériové produkce.

Proto, aby tato optimalizace mohla být úspěšně zavedena do praxe, je třeba upravit veškeré touto optimalizací dotčené směrnice, řízenou dokumentaci a plány kontroly a řízení pro všechny aktuálně či v budoucnu vyráběné díly. Nedílnou součástí tohoto návrhu je také detailní seznámení s danou problematikou všech zaměstnanců závodu, kterých se tato změna jakkoliv týká.

Tato optimalizace přinese nejen vyšší efektivitu podniku, ale také značné finanční úspory, jelikož bude možné změřit daný díl dříve, než je tomu nyní, a odhalit tak případné abnormality či problémy, které mohly způsobit nižší kvalitu, než která je požadována a určit tak díly mimo specifikaci o celých 75% času dříve. Nalézt tak kořenovou příčinu dílů, které jsou mimo rozměrovou specifikaci, bude o to rychlejší a efektivnější a díky tomu bude ušetřeno zbylých 75% nákladů na vyráběné kusy, pokud by nebyla provedena tato optimalizace uvolnění.

Aby bylo možné provést aktualizaci veškerých dokumentů a určit tak nové nominální hodnoty včetně horních a dolních mezí konkrétních výrobků, k tomu nám poslouží zdroj dat, který je uveden dle rozměrových a materiálových specifikací níže. Nutno podotknout, že rozměrová rozpětí nejsou smyšlené

rozptily hodnot, ale konkrétní předdefinované hodnoty přímo z výkresové dokumentace. Tabulka těchto rozměrových rozpětí je definována na každém výkresu stejně.

### **6.1. Sběr dat - definování nových tolerancí (dělení podle materiálu)**

Měření jednotlivých dílů a sběr dat probíhalo systematicky dle předem sestaveného časového plánu. Vzhledem k tomu, že na jednotlivých vstřikolisech se vyrábí několik druhů dílů pro různé zákazníky, tak plánovači výroby musí reagovat na aktuální odvolávky ze strany zákazníků, aby pokryli jejich výrobní plány. Analýza se tedy u většiny strojů několikrát opakovala s tím rozdílem, že pokaždé byly odebírány a měřeny různé typy výstřiků.

Pro hladký a bezproblémový průběh sběru dat byly předem informováni vedoucí výrobních týmů a samozřejmě operátoři daných vstřikolisů. Před samotným měřením byla provedena kontrola nastavení Základních technologických parametrů stroje a hodnoty byly zaevidovány do protokolu. Následně byly odebírány díly pro měření vždy po deseti kusech a ve dvou výrobních dávkách, tedy celkem bylo analyzováno od každého výrobku dvacet kusů. V tabulce s náměry můžeme v prvním řádku vidět jednotlivé intervaly měření, tedy 0 minut, 10 minut, 30 minut, 1 hodina, 2 hodiny a 24 hodin. Tyto hodnoty byly předdefinovány podle interních směrnic a odsouhlaseny s projektovým týmem. Čas 0 minut znamená moment, ve který byly odebírány dané díly ze vstřikolisu a poté ihned změřeny. Díly byly poté přemístěny na pracoviště SPC, kde byly v daných časových intervalech opět přeměřovány.

Ve druhém řádku je vypočteno průměrné smrštění, které je uvedeno v procentech.

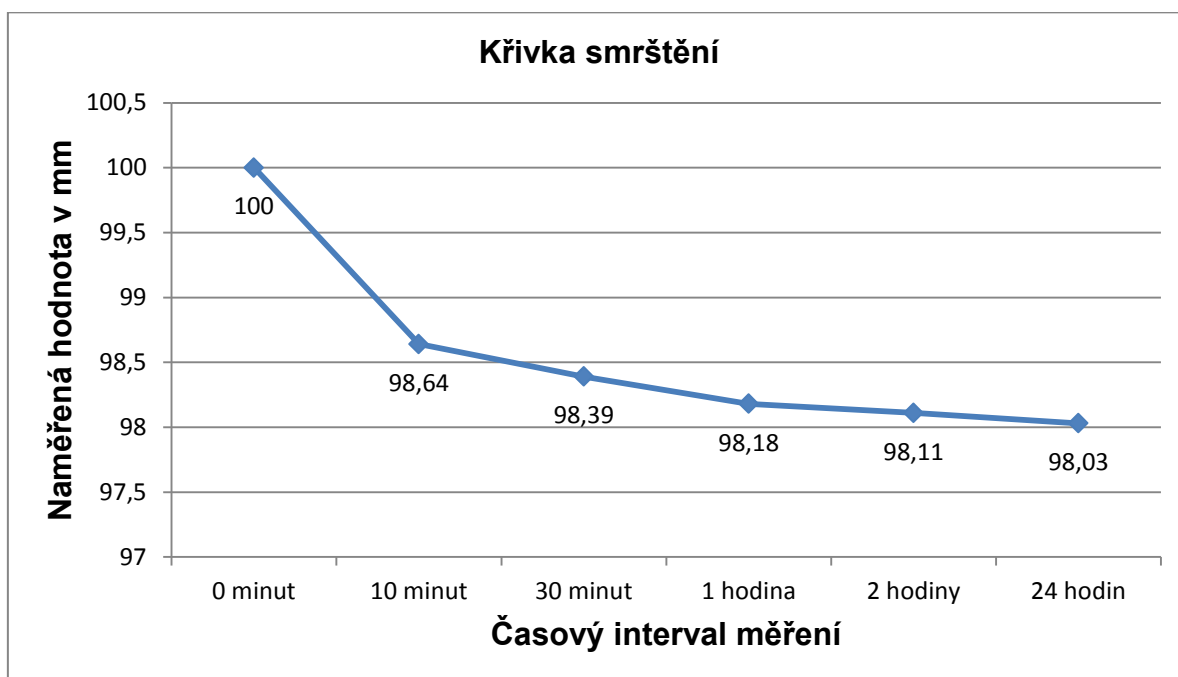
Ve sběru dat pro definování nových tolerancí nalezneme jednotlivé rozdělení podle materiálu. V tabulce jsou uvedeny časy náměrů včetně průměrných hodnot smrštivosti v procentech za působení běžných teplot. Tučně vyznačená hodnota ve sloupci 30 minut znamená novou směrodatnou hodnotu pro úpravu PKŘ pro zavedení optimalizace uvolnění do sériové výroby.

Abychom sjednotili grafické znázornění smrštivosti, vycházejme z tabulkových údajů jednotlivých materiálů a dílu o rozměru 100 milimetrů.

### 6.1.1. Sabic 7705 Carbon black

Tab. 2 - tabulka s náměry pro materiál Sabic 7705 Carbon black

Interval měření	0 minut	10 minut	30 minut	1 hodina	2 hodiny	24 hodin
Průměrné smrštění	0,00 %	1,36 %	<b>1,61 %</b>	1,82 %	1,89 %	1,97 %



Obr. 19 Křivka smrštění pro materiál Sabic 7705 Carbon black

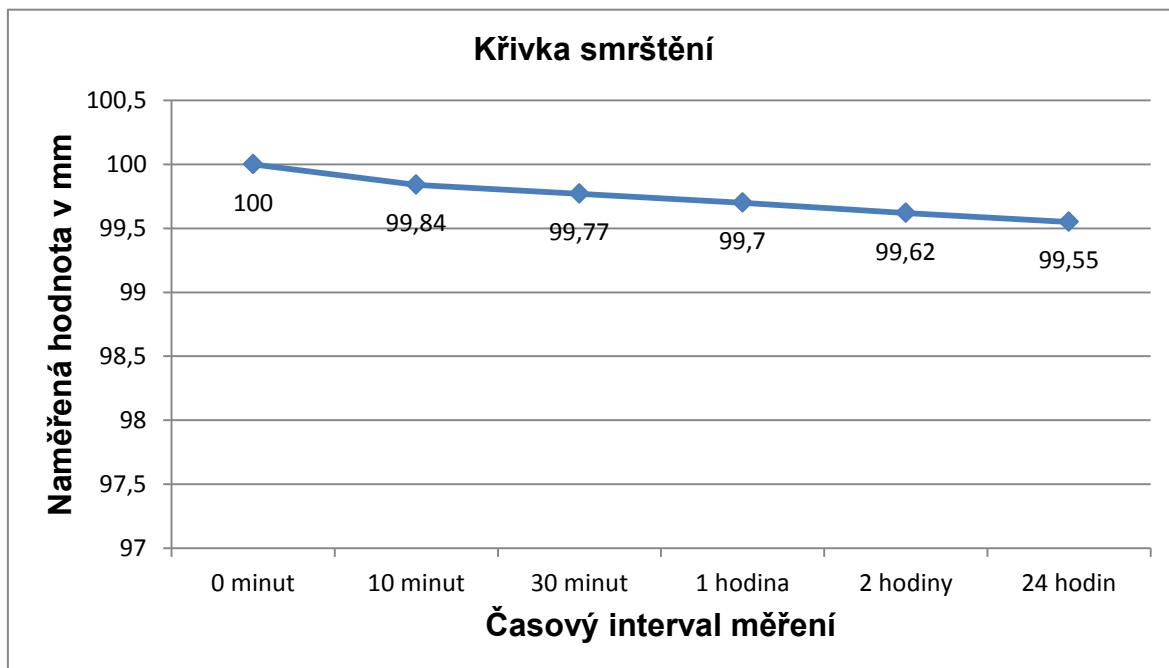
Pro materiál Sabic 7705 Carbon black byly vypočteny průměrné hodnoty smrštění v daných časových intervalech. Ve druhém sloupci, tedy v 0 minut, vycházejme z rozměru 100 milimetrů, po 10 minutách je smrštivost 1,36 %, po 30 minutách 1,61 % - tato hodnota je tučně zvýrazněna a pro nás směrodatná proto, jelikož v tento moment je navržnuta optimalizace uvolňování vstřikovaných dílů do sériové produkce. Další hodnoty nám ukazují smrštění po jedné hodině, dvou hodinách a 24 hodinách.

Pod touto tabulkou je graficky znázorněna křivka smrštění s hodnotami pro daný časový interval.

## 6.1.2. PP Hostacom EKC 330 N

Tab. 3 - tabulka s náměry pro materiál PP Hostacom EKC 330 N

Interval měření	0 minut	10 minut	30 minut	1 hodina	2 hodiny	24 hodin
Průměrné smrštění	0,00 %	0,16 %	<b>0,23 %</b>	0,30 %	0,38 %	0,45 %



Obr. 20 Křivka smrštění pro materiál PP Hostacom EKC 330 N

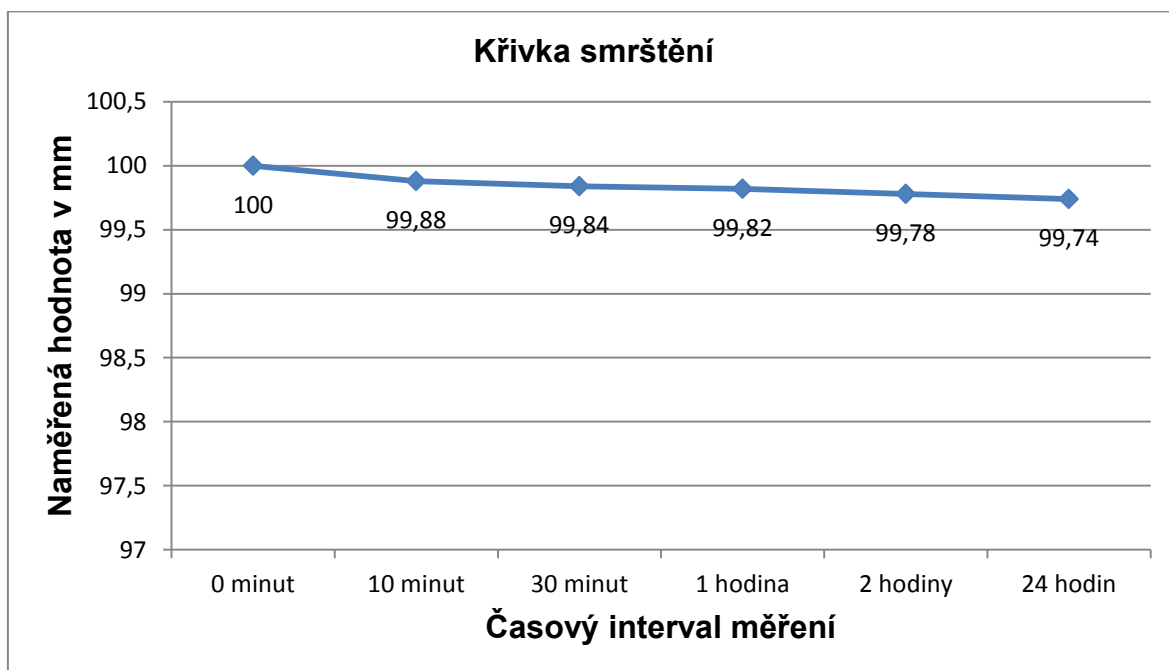
Pro materiál PP Hostacom EKC 330 N byly vypočteny průměrné hodnoty smrštění v daných časových intervalech. Ve druhém sloupci, tedy v 0 minut, vycházejme z rozměru 100 milimetrů, po 10 minutách je smrštivost 0,16 %, po 30 minutách 0,23 %. Další hodnoty nám ukazují smrštění po jedné hodině, dvou hodinách a 24 hodinách.

Pod touto tabulkou je opět graficky znázorněna křivka smrštění s hodnotami pro daný časový interval.

### 6.1.3. Sabic PP CX 02

Tab. 4 - tabulka s náměry pro materiál Sabc PP CX 02

Interval měření	0 minut	10 minut	30 minut	1 hodina	2 hodiny	24 hodin
Průměrné smrštění	0,00 %	0,12 %	<b>0,16 %</b>	0,18 %	0,22 %	0,26 %



Obr. 21 Křivka smrštění pro materiál Sabc PP CX 02

Pro materiál Sabc PP CX 02 byly také vypočteny průměrné hodnoty smrštění v daných časových intervalech. Ve druhém sloupci, tedy v 0 minut, vycházíme z rozměru 100 milimetrů, po 10 minutách je smrštivost 0,12 %, po 30 minutách 0,16 %. Další hodnoty nám ukazují smrštění po jedné hodině, dvou hodinách a 24 hodinách.

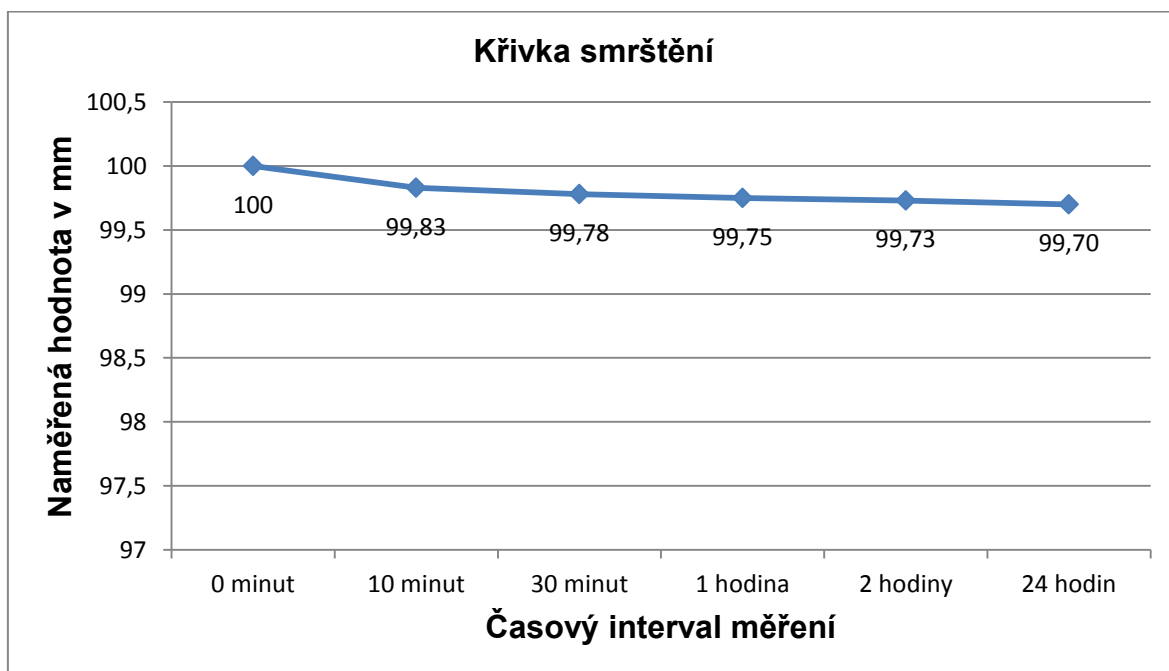
Pod touto tabulkou je graficky znázorněna křivka smrštění s hodnotami pro daný časový interval.



#### 6.1.4. PC/ABS Bayblend T65XF

Tab. 5 - tabulka s náměry pro materiál PC/ABS Bayblend T65XF

Interval měření	0 minut	10 minut	30 minut	1 hodina	2 hodiny	24 hodin
Průměrné smrštění	0,00 %	0,17 %	<b>0,22 %</b>	0,25 %	0,27 %	0,30 %



Obr. 22 Křivka smrštění pro materiál PC/ABS Bayblend T65XF

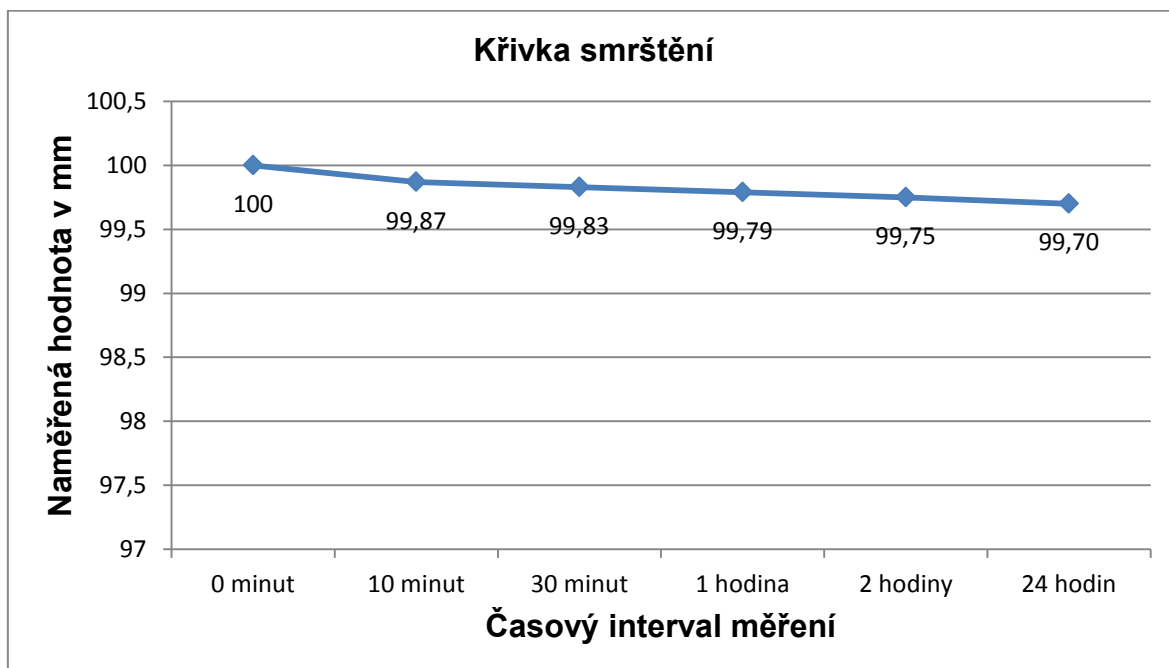
Pro materiál PC/ABS Bayblend T65XF byly vypočteny průměrné hodnoty smrštění v daných časových intervalech. Ve druhém sloupci, tedy v době odebrání od stroje, vycházejme z rozměru 100 milimetrů, po 10 minutách je smrštivost 0,17 %, po 30 minutách 0,22 %. Další hodnoty nám ukazují smrštění po jedné hodině, dvou hodinách a 24 hodinách.

Pod touto tabulkou je opět graficky znázorněna křivka smrštění s hodnotami pro daný časový interval.

### 6.1.5. Sabic PPC 9110-13200 Satin schwarz

Tab. 6 - tabulka s náměry pro materiál Sabic PPC 9110-13200 Satin schwarz

Interval měření	0 minut	10 minut	30 minut	1 hodina	2 hodiny	24 hodin
Průměrné smrštění	0,00 %	0,13 %	<b>0,17 %</b>	0,21 %	0,25 %	0,30 %



Obr. 23 Křivka smrštění pro materiál Sabic PPC 9110-13200 Satin schwarz

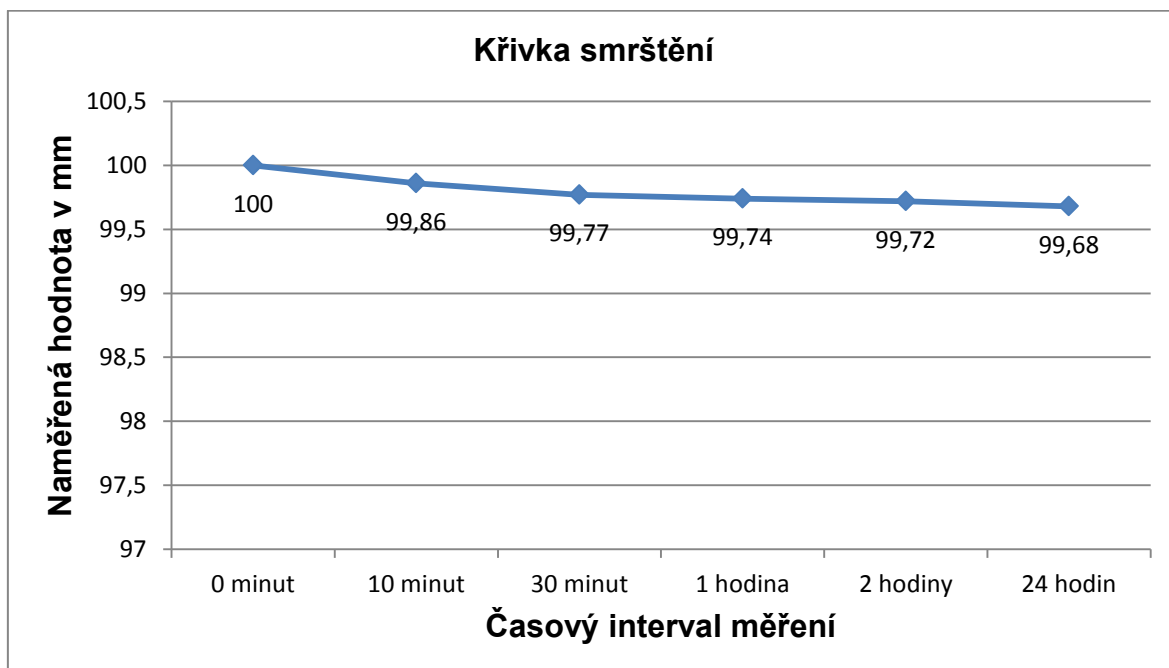
Pro materiál Sabic PPC 9110-13200 Satin schwarz byly vypočteny průměrné hodnoty smrštění v daných časových intervalech. Ve druhém sloupci, tedy v 0 minut, vycházejme z rozměru 100 milimetrů, po 10 minutách je smrštivost 0,16 %, po 30 minutách 0,23 %. Další hodnoty nám ukazují smrštění po jedné hodině, dvou hodinách a 24 hodinách.

Pod touto tabulkou je opět graficky znázorněna křivka smrštění s hodnotami pro daný časový interval.

## 6.1.6. ABS Magnum 3416 SC natur

Tab. 7 - tabulka s náměry pro materiál ABS Magnum 3416 SC natur

Interval měření	0 minut	10 minut	30 minut	1 hodina	2 hodiny	24 hodin
Průměrné smrštění	0,00 %	0,14 %	<b>0,23 %</b>	0,26 %	0,28 %	0,32 %



Obr. 24 Křivka smrštění pro materiál ABS Magnum 3416 SC natur

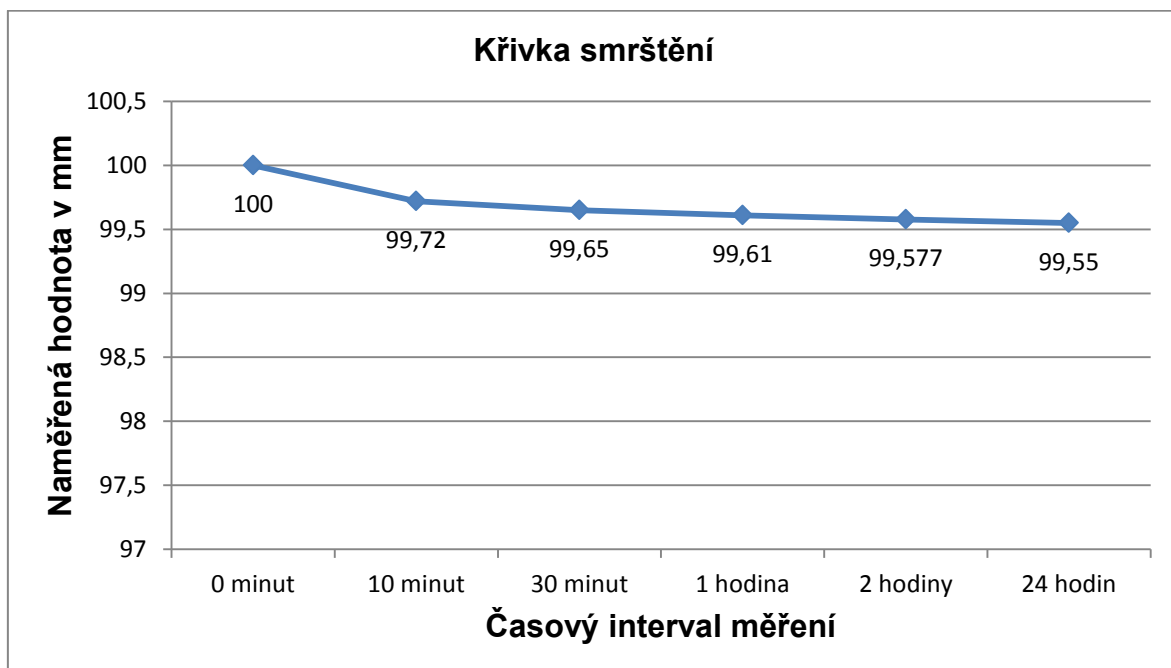
Pro materiál ABS Magnum 3416 SC natur byly vypočteny průměrné hodnoty smrštění v daných časových intervalech. Ve druhém sloupci, tedy v moment odebrání od stroje, vycházejme z rozměru 100 milimetrů, po 10 minutách je smrštivost 0,14 %, po 30 minutách 0,23 %. Další hodnoty nám ukazují smrštění po jedné hodině, dvou hodinách a 24 hodinách.

Pod touto tabulkou je graficky znázorněna křivka smrštění s hodnotami pro daný časový interval.

### 6.1.7. PA6 Grilon BG 25 S

Tab. 8 - tabulka s náměry pro materiál PA6 Grilon BG 25 S

Interval měření	0 minut	10 minut	30 minut	1 hodina	2 hodiny	24 hodin
Průměrné smrštění	0,00 %	0,28 %	<b>0,35 %</b>	0,39 %	0,42 %	0,45 %



Obr. 25 Křivka smrštění pro materiál PA6 Grilon BG 25 S

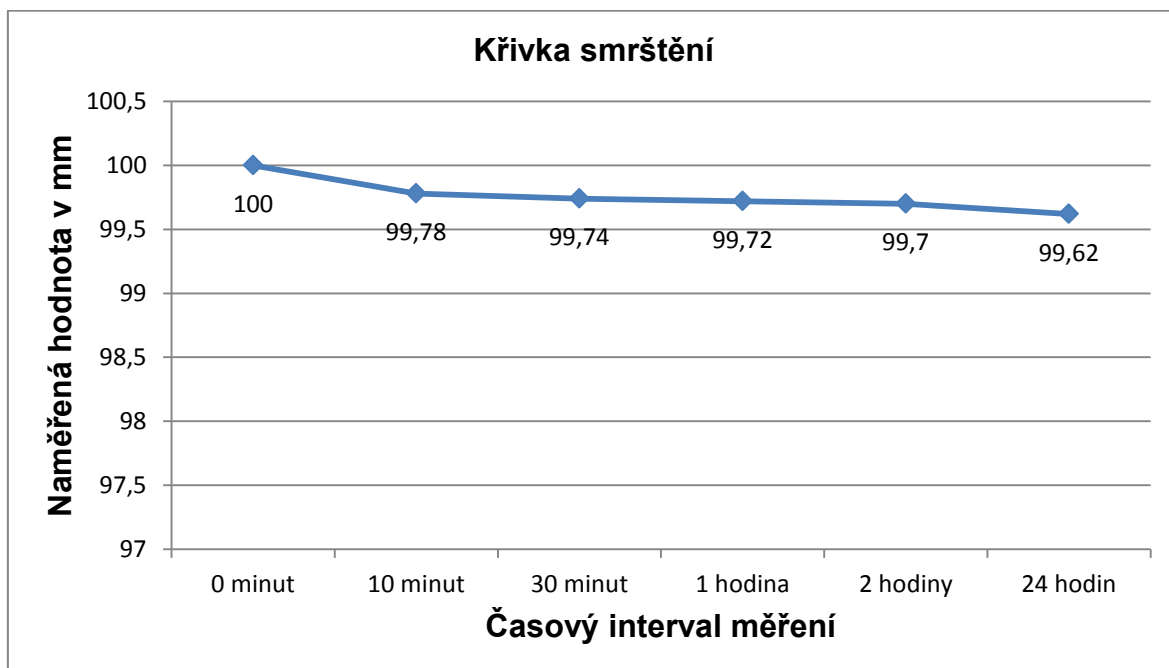
Pro polymer PA6 Grilon BG 25S jsou průměrné hodnoty smrštění v daných časových intervalech definovány následovně: po 10 minutách je smrštitost 0,28 %, po 30 minutách 0,35 %. Další hodnoty nám ukazují smrštění po jedné hodině, dvou hodinách a 24 hodinách. Vycházíme opět z rozměru 100 milimetrů.

Pod touto tabulkou je graficky znázorněna křivka smrštění s hodnotami pro daný časový interval.

### 6.1.8. Daplen PP TC FSC 65 T30

Tab. 9 - tabulka s náměry pro materiál Daplen PP TC FSC 65 T30

Interval měření	0 minut	10 minut	30 minut	1 hodina	2 hodiny	24 hodin
Průměrné smrštění	0,00 %	0,22 %	<b>0,26 %</b>	0,28 %	0,30 %	0,38 %



Obr. 26 Křivka smrštění pro materiál Daplen PP TC FSC 65 T30

Pro materiál Daplen PP TC FSC 65 T30 byly vypočteny průměrné hodnoty smrštění v daných časových intervalech. Ve druhém sloupci, tedy v moment odebrání od stroje, vycházejme z rozměru 100 milimetrů, po 10 minutách je smrštivost 0,22 %, po 30 minutách 0,26 %. Další hodnoty nám ukazují smrštění po jedné hodině, dvou hodinách a 24 hodinách.

Pod touto tabulkou je graficky znázorněna křivka smrštění s hodnotami pro daný časový interval.

## Závěr

Vstřikování plastů je v dnešní době jedno z nejčastěji využívaných technologií pro zpracování těchto polymerních látek.

Tématem a cílem této závěrečné práce bylo navrhnout časovou optimalizaci uvolňování vstřikovaných dílů do sériové produkce ve společnosti Magna Exteriors & Interiors (Bohemia), s.r.o., závod Libáň u Jičína.

Teoretická část byla rozdělena na tři kapitoly. První kapitola byla zaměřena na charakteristiku a rozdělení nejčastěji využívaných termoplastů v závodě Libáň. Druhá kapitola teoretické části byla věnována hlavním metodám zpracování plastických hmot a detailněji byla tato kapitola zaměřena na samotné vstřikování plastů. V poslední části teoretické části jsem se věnoval jednotlivým fázím procesu vstřikování, které mají vliv na smrštivost finálních výrobků.

V praktické části byla nejprve představena společnost Magna Exteriors & Interiors (Bohemia), s.r.o., ve které jsem v rámci semestrální 5 měsíční praxe vedl a zpracovával tento projekt. Hlavním cílem bylo definovat časový plán pro provádění analýzy současného stavu uvolňování dílů do sériové výroby v závodě Libáň, dále zanalyzovat postup uvolnění a ověření sériové výroby. V závěru praktické části byla vyhodnocena naměřená data a dále zpracována na základě rozdělení podle typu materiálu. V tabulce u každého materiálu byla vypracována tabulka s procentní smrštivostí v daných časových intervalech včetně grafického znázornění křivky smrštění pro jednotlivé materiály.

V závěru práce bylo navrženo nové a především rychlejší uvolňování vstřikovaných dílů do sériové produkce, které bylo nově stanoveno z předchozích 2 hodin na 30 minut, které přispěje k vyšší efektivitě a úsporám nákladů na případný šrot oproti současnému způsobu uvolňování výroby až o 75 %, s tím souvisí velice důležitý faktor, a to je lepší konkurenceschopnost.

## Seznam literatury

VOJTĚCH, Dalibor. *Materiály a jejich mezní stavy*, 1. vydání, Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2010, 204 s., ISBN 978-80-7080-741-5

MACEK, Karel, ZUNA, Petr a kolektiv. *Nauka o materiálu*, 1. vydání, Praha: Vydavatelství ČVUT 1999, 209 s., ISBN 80-01-01507-6

ZEMAN, Lubomír. *Vstřikování plastů*, 1. vydání, Praha: BEN – technická literatura, 2009, 248 s., ISBN 978-80-7300-250-3

PTÁČEK, Luděk a kolektiv. *Nauka o materiálu II.*, 2. Vydání, Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2002, 385 s., ISBN 80-7204-248-3

LENFELD, Petr. *Technologie II. – 2. Část (zpracování plastů)*. 1. Vydání, Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2006, 139 s., ISBN 80-7372-037-1

KSP TUL: Plasty a jejich makromolekulární struktura [online]. 2016e. [cit. 20.3.2016]. Dostupný z URL: <[http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta\\_tkp/sekce\\_plasty/01-plasty%20uvod/11-struktura.jpg](http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/01-plasty%20uvod/11-struktura.jpg)>

ABW PLASTICS: Plastové trubky [online]. 2016e. [cit. 20.3.2016]. Dostupný z URL: <<http://www.abwplastics.co.uk/ekmps/shops/abwplastics/images/pvc-u-pipe-pn16-5-metre-lengths-3464-p.jpg>>

TRADIX: Polystyren šedý [online]. 2016e. [cit. 11.3.2016]. Dostupný z URL: <[http://www.tradix.cz/share/Product/f18-images-max-polystyren\\_sedy.jpg](http://www.tradix.cz/share/Product/f18-images-max-polystyren_sedy.jpg)>

ACCENT MSSU: Stavebnice Lego [online]. 2016e. [cit. 11.3.2016]. Dostupný z URL: <<http://accents.mssu.edu/wp-content/uploads/2015/11/lego-bricks.jpg>>

LIDOVKY CZ: Plastové lahve [online]. 2016e. [cit. 15.3.2016]. Dostupný z URL: <[http://i.lidovky.cz/12/042/Inorg/GLU426983\\_shutterstock\\_42112633.jpg](http://i.lidovky.cz/12/042/Inorg/GLU426983_shutterstock_42112633.jpg)>

BMW Market: Krycí sklo světlometu [online]. 2016e. [cit. 13.3.2016]. Dostupný z URL: <[http://www.bmwmarket.cz/fotky52545/fotos/\\_vyrn\\_64Kryci-sklo-svetlometu-e39-facelift-2700Kc-kus.jpg](http://www.bmwmarket.cz/fotky52545/fotos/_vyrn_64Kryci-sklo-svetlometu-e39-facelift-2700Kc-kus.jpg)>

CE AUTO, logo společnosti MAGNA [online]. 2016e. [cit. 13.4.2016]. Dostupný z URL: <<http://ceauto.co.hu/sites/default/files/images/logo/magna-exteriors-interiors-systems-poland-sp-z-oo.gif?1301465619>>

## Seznam obrázků a tabulek

### Seznam obrázků

<i>Obr. 1 Nadmolekulární struktura polymerů</i> .....	10
<i>Obr. 2 Barel vyrobený z polyethylenu</i> .....	10
<i>Obr. 3 Nárazník vyrobený z polypropylenu</i> .....	11
<i>Obr. 4 Trubky vyrobené z polyvinylchloridu</i> .....	11
<i>Obr. 5 Polystyren, stavební materiál</i> .....	12
<i>Obr. 6 Stavebnice LEGO vyráběná z materiálu ABS</i> .....	12
<i>Obr. 7 Plastové obaly na nápoje vyrobení z polyethylentereftalátu</i> .....	13
<i>Obr. 8 Kryt předního světlometu z polykarbonátu</i> .....	13
<i>Obr. 9 Granulát termoplastického polypropylenu v různých barevných odstínech určený pro další zpracování</i> .....	14
<i>Obr. 10 Grafické znázornění procesu vstřikování plastů</i> .....	16
<i>Obr. 11 Grafické znázornění jednotlivých částí vstřikolisu</i> .....	17
<i>Obr. 12 Vstřikovací forma v detailu včetně popisu jednotlivých částí</i> .....	20
<i>Obr. 13 Průběh vnitřního tlaku v dutině formy během vstřikování plastu</i> .....	22
<i>Obr. 14 Vodní temperovací přístroj do 90 °C Reglopas 90S švýcarské výroby</i> .....	23
<i>Obr. 15 Grafické znázornění vlivu jednotlivých fází procesu na jakost a smrštění výstřiků</i> .....	28
<i>Obr. 16 Mapa pokrytí výrobními závody po celém světě s počty pracovníků</i> .....	30
<i>Obr. 17 Logo společnosti Magna Exteriors &amp; Interiors (Bohemia), s.r.o.</i> .....	31
<i>Obr. 18 Tabulka graficky zobrazující harmonogram projektu</i> .....	37
<i>Obr. 19 Křivka smrštění pro materiál Sabic 7705 Carbon black</i> .....	46
<i>Obr. 20 Křivka smrštění pro materiál PP Hostacom EKC 330 N</i> .....	47
<i>Obr. 21 Křivka smrštění pro materiál Sabic PP CX 02</i> .....	48
<i>Obr. 22 Křivka smrštění pro materiál PC/ABS Bayblend T65XF</i> .....	49
<i>Obr. 23 Křivka smrštění pro materiál Sabic PPC 9110-13200 Satin schwarz</i> .....	50
<i>Obr. 24 Křivka smrštění pro materiál ABS Magnum 3416 SC natur</i> .....	51
<i>Obr. 25 Křivka smrštění pro materiál PA6 Grilon BG 25 S</i> .....	52
<i>Obr. 26 Křivka smrštění pro materiál Daplen PP TC FSC 65 T30</i> .....	53



## Seznam tabulek

<i>Tab. 1 Definice odpovědností.....</i>	<i>38</i>
<i>Tab. 2 - tabulka s náměry pro materiál Sabic 7705 Carbon black.....</i>	<i>46</i>
<i>Tab. 3 - tabulka s náměry pro materiál PP Hostacom EKC 330 N.....</i>	<i>47</i>
<i>Tab. 4 - tabulka s náměry pro materiál Sabic PP CX 02.....</i>	<i>48</i>
<i>Tab. 5 - tabulka s náměry pro materiál PC/ABS Bayblend T65XF.....</i>	<i>49</i>
<i>Tab. 6 - tabulka s náměry pro materiál Sabic PPC 9110-13200 Satin schwarz ...</i>	<i>50</i>
<i>Tab. 7 - tabulka s náměry pro materiál ABS Magnum 3416 SC natur.....</i>	<i>51</i>
<i>Tab. 8 - tabulka s náměry pro materiál PA6 Grilon BG 25 S.....</i>	<i>52</i>
<i>Tab. 9 - tabulka s náměry pro materiál Daplen PP TC FSC 65 T30.....</i>	<i>53</i>

## ANOTAČNÍ ZÁZNAM

<b>AUTOR</b>	David Brancuzský		
<b>STUDIJNÍ OBOR</b>	6208R088 Podniková ekonomika a management provozu		
<b>NÁZEV PRÁCE</b>	Návrh časové optimalizace uvolňování vstřikovaných dílů do sériové produkce		
<b>VEDOUCÍ PRÁCE</b>	Ing. Josef Bradáč, Ph.D		
<b>KATEDRA</b>	KAT - Katedra automobilové techniky	<b>ROK ODEVZDÁNÍ</b>	2015
<b>POČET STRAN</b>	57		
<b>POČET OBRÁZKŮ</b>	26		
<b>POČET TABULEK</b>	9		
<b>POČET PŘÍLOH</b>	0		
<b>STRUČNÝ POPIS</b>	<p>Tématem této bakalářské práce je návrh časové optimalizace uvolňování vstřikovaných dílů do sériové produkce.</p> <p>Cílem závěrečné práce je zanalyzovat získaná data a navrhnout uvolňování dílů do sériové produkce tak, aby tento proces byl efektivnější, rychlejší a finančně úspornější. Nedílnou součástí je být více konkurenceschopný.</p> <p>V teoretické části je rozdělení a charakteristika plastů včetně různých způsobů jejich zpracování se zaměřením na vstřikování. Dále jsou definovány možné vlivy na smrštění výrobků včetně definování jednotlivých fází procesu vstřikování, které hrají zásadní roli pro jakost výrobku,.</p> <p>V praktické části je popsána analýza křivek smrštění vstřikovaných dílů, časový plán a současné uvolnění do sériové výroby.</p> <p>V závěru této práce je vyhodnocení a návrh zavedení časové optimalizace uvolňování vstřikovaných dílů do sériové produkce.</p>		
<b>KLÍČOVÁ SLOVA</b>	Analýza, vstřikování, plast, měření, smrštění, vstřikolis, optimalizace		
<b>PRÁCE OBSAHUJE UTAJENÉ ČÁSTI: Ne</b>			

## ANNOTATION

<b>AUTHOR</b>	David Brancuzský		
<b>FIELD</b>	6208R088 Business Management and Production		
<b>THESIS TITLE</b>	A time optimazition of production release of injected parts into the serial production		
<b>SUPERVISOR</b>	Ing. Josef Bradáč, Ph.D		
<b>DEPARTMENT</b>	KAT - Department of Automotive Technology	<b>YEAR</b>	2015
<b>NUMBER OF PAGES</b>			
	57		
<b>NUMBER OF PICTURES</b>			
	26		
<b>NUMBER OF TABLES</b>			
	9		
<b>NUMBER OF APPENDICES</b>			
	0		
<b>SUMMARY</b>	<p>The topic of this bachelor thesis is the time optimization of production release of injected parts into the serial production.</p> <p>The goal of this final thesis is to analyse gained data and to propose a new time of production release to make the process more effective, fast and also cost effective. Last but not least to be more competitive.</p> <p>In the theoretical part you can find a characteristics of plastic material with a lot of types of their processing with preoccupation for injection. Afterwards, possible impacts of shrinking of products are defined and includes the definition of the single phases of the process of injection which determinates a product quality.</p> <p>In the practical part is described the analysis of shrinking curves of the injected parts, time schedule and current production release into the serial production.</p> <p>In the end of this thesis is the evaluation and proposal of time optimization of release of injected parts into the serial production.</p>		
<b>KEY WORDS</b>	Analysis, injection, plastic, measuring, shrinking, plastics-moulding machines, optimization		
<b>THIS IS INCLUDES UNDISCLOSED PARTS: No</b>			