

Optimalizace procesu vstřikování elektromagnetických cívek.

Ing. Ľubomír Hutlas

Diplomová práce
2015

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Dipl. Ing. Lubomír Hutlas**
Osobní číslo: **T13617**
Studijní program: **N3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Výrobní inženýrství**
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Optimalizace procesu vstřikování
elektromagnetických cívek.**

Zásady pro vypracování:

1. Hodnoťte teorii a technologii vstřikování plastů.
2. Uveďte vliv technologických podmínek na výstupní parametry technologického procesu.
3. Hodnoťte materiály použité pro výrobu elektromagnetických cívek.
4. Určete smrštění polymerů.
5. Provedte optimalizaci vstřikovacího procesu.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. **Josef Hendrich, Antonín Weber, Jaroslav Doležal, Standartizace ráků a součástí forem pro vstřikování termoplastů, Praha 1986**
2. **Mleziva, Snuparek., Polymery, výroba, výroba, struktura a použití, Sobotáles, Praha 2000**
3. **Ragan, E, Ružbarský Juraj, Maňas Miroslav akol., Vstrekovanie a spracovanie plastických hmôt, Prešov 2008**
4. **Stepek, Zelinger, Kuta, Technologie zpracování a vlastnosti plastů, SNTL/Alfa Praha 1989**
5. **Vasilko K., Mádl J., Teórie obrábění, FVTM, UJEP 2012**

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Alice Tesaříková Svobodova

Ústav inženýrství polymerů

Datum zadání diplomové práce:

30. ledna 2015

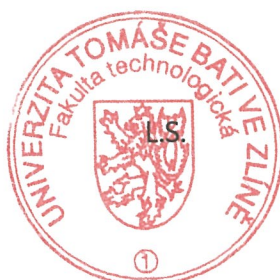
Termín odevzdání diplomové práce:

13. května 2015

Ve Zlíně dne 30. ledna 2015

doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.

děkan



prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D.

ředitel ústavu

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 30.4.2015



.....

¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevdělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

²⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užíje-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacího zařízení (školní dílo).

³⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užit či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

HUTLAS, Lubomír, Ing.: Optimalizace procesu vstřikování elektromagnetických cívek. [Diplomová práce]. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Fakulta technologická, Ústav výrobního inženýrství. Vedúci diplomovej práce: Ing. Alice Tesaříková Svobodová.

Témou diplomovej práce je Optimalizácia procesu vstrekovania elektromagnetických cievok. Diplomová práca sa zameriava na hodnotenie teórie a technológie vstrekovania plastov. Na základe predvolených technologických podmienok stanovuje mieru vplyvu týchto podmienok na výstupné parametre technologického procesu. Práca hodnotí materiály použité pre výrobu elektromagnetických cievok, ktoré sú porovnávané medzi sebou ako aj s materiálovými listami zvolených výrobcov za predvolených spracovateľských teplôt. Cieľom práce je nájsť najvhodnejší materiál na základe porovnania ich mechanických vlastností, určiť jeho zmrštenie a na základe získaných poznatkov previesť optimalizáciu procesu u elektromagnetickej cievky. Diplomová práca analyzuje a interpretuje jednotlivé výsledky skúšok, stanovuje závery a odporúčania.

Kľúčové slová: Termoplasty, proces vstrekovania, cievky.

ABSTRACT

The topic of diploma thesis is the optimization of injection molding process at the solenoid coils. Diploma thesis focuses on the evaluation of theory and technology of injection molding. Based on preselected technological conditions, determines measurement of the impact of these conditions on the output parameters of the technological process. Thesis evaluate materials used for the production of solenoid coils, which are compared with each other as well as with datasheets selected manufacturers within default processing temperatures. The aim of the thesis is to find the most suitable material based on the comparison of their mechanical properties, determine its shrinkage and on the basis of acquired knowledge convert process optimization at the solenoid coil. Diploma thesis analyses and interprets the individual results of the tests, provides conclusions and recommendations.

Keywords: thermoplastics, the injection molding process, coils.

Touto cestou by som sa rád poďakoval mojej vedúcej diplomovej práce pani Ing. Alici Tesaříkovej Svobodovej a zároveň pani doc. Ing. Dagmare Měřínskej, Ph. D. za ich cenné rady pri vypracovávaní diplomové práce a za spoluprácu v laboratóriu.

Ďalej by som rád poďakoval riaditeľovi firmy HYDAC Electronic pánovi Ing. Rudolfovi Fukasovi, ktorý mi poskytol materiály, cenné rady z prostredia firmy a priestor pre vypracovanie diplomovej práce.

Prehlasujem, že na diplomovej práci som pracoval samostatne a použitú literatúru som citoval.

Prehlasujem, že odovzdaná verzia diplomovej práce a verzia elektronická nahratá do IS/STAG sú totožné.

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČASŤ	11
1 VSTREKOVANIE	12
1.1 HISTÓRIA VSTREKOVANIA PLASTOV	12
1.2 TECHNOLOGIA VSTREKOVANIA PLASTOV	12
1.2.1 Princíp vstrekovania plastov	13
1.3 VSTREKOVACIE STROJE	13
1.3.1 Typy vstrekovacích strojov	13
1.3.2 Hlavné časti vstrekovacieho stroja.....	15
1.3.2.1 Vstrekovacia jednotka.....	15
1.3.2.2 Uzatváracia jednotka.....	17
1.3.2.3 Riadiaca jednotka.....	18
1.3.3 Vstrekovací cyklus	18
1.3.3.1 Tlakový diagram	20
1.3.3.2 Časové rozvrhnutie cyklu	21
1.3.3.3 PVT-diagram	22
1.4 VSTREKOVACIE FORMY	23
1.4.1 Technologickosť konštrukcie.....	23
1.4.2 Hlavné časti formy	23
1.4.3 Rozdelenie vstrekovacích foriem	24
1.5 PLASTY	25
1.5.1 Rozdelenie plastov	25
1.5.2 Plasty pre vstrekovanie – Termoplasty	27
1.5.3 Prísady formulujúce spracovateľnosť	28
1.5.4 Fyzikálne vlastnosti plastov	29
1.5.4.1 Tepelné vlastnosti plastov.....	29
1.5.4.2 Z hľadiska horľavosti rozlišujeme plasty:	30
1.5.4.3 Elektrické vlastnosti plastov	30
1.5.4.4 Optické vlastnosti plastov;.....	30
1.5.4.5 Magnetické vlastnosti plastov.....	31
1.5.5 Chemické vlastnosti plastov.....	31
1.5.6 Mechanické vlastnosti plastov	31
1.5.6.1 Skúšanie plastov	31
1.5.6.2 Statická skúška ťahom	32
1.5.6.3 Dynamická rázová skúška	33
1.6 ELEKTROMAGNETY	33
1.6.1 Princíp elektromagnetov	33
1.6.2 Rozdelenie elektromagnetov	34
1.6.3 Prevádzkové podmienky:	34
2 TECHNOLOGICKÉ PODMIENKY	35
2.1.1 Vplyv technologických podmienok na vlastnosti výlisku	35
2.1.2 Vplyv teploty taveniny	35
2.1.3 Vplyv teploty formy	35
2.1.4 Vplyv vstrekovacieho tlaku.....	35
2.1.5 Vplyv dotlaku.....	36

2.1.6	Vplyv vtokovej sústavy.....	37
2.2	JAVY OVPLYVŇUJÚCE PROCES VSTREKOVANIA	37
2.2.1	Orientácia makromolekúl a vlákňitého plniva	37
2.2.2	Zmršťovanie materiálu	39
2.2.3	Kryštalizácia (heterogénna morfológická štruktúra).....	39
2.2.4	Poznatky a zhodnotenie.....	40
II	PRAKTICKÁ ČASŤ	41
3	MATERIÁLY POUŽITÉ PRE VÝROBU ELEKTROMAGNETICKÝCH CIEVOK.....	42
3.1	VÝVOJ ELEKTROMAGNETOV.....	42
3.2	POLYAMIDY	45
3.3	PRÍPRAVA VZORIEK	47
3.3.1	Sušenie materiálov	47
3.3.2	Nastavenie vstrekovacieho procesu pre výrobu vzoriek.....	49
3.4	SKÚŠKY MECHANICKÝCH VLASTNOSTÍ.....	54
3.4.1	Statická skúška ťahom	54
3.4.2	Grafické znázornenia priebehov u nameraných vzoriek.....	56
3.4.3	Dynamická rázová skúška.....	65
3.4.4	Grafické znázornenia priebehov u nameraných vzoriek.....	67
4	URČENIE ZMRAŠTENIA	72
5	OPTIMALIZÁCIA VSTREKOVANIA.....	74
	ZÁVER	82
	ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY	83
	ZOZNAM POUŽITÝCH SYMBOLOV A SKRATIEK.....	85
	ZOZNAM OBRÁZKOV	86
	ZOZNAM TABULIEK	89
	ZOZNAM PRÍLOH.....	90

ÚVOD

Od druhej polovice minulého storočia sme zaznamenali prudký rozvoj technológií spracovania plastických hmôt, medzi inými aj technológiu vstrekovania. Majú to za následok práve výhodné vlastnosti plastických hmôt, nízke investičné náklady na zavedenie výroby ako aj lacný a produktívny spôsob spracovania. Prudký rozvoj technológie spracovania plastov v celosvetovom merítku kladie vysoké nároky na zvyšovanie vedomostí a skúseností odborníkov z danej oblasti, ktorí vedia správne aplikovať plasty a technológie ich spracovania. Z tohto dôvodu sme pre spracovanie diplomovej práce zvolili tému optimalizácie procesu vstrekovania elektromagnetických cievok.

Cieľom diplomovej práce je samotná optimalizácia procesu vstrekovania elektromagnetických cievok v podmienkach spoločnosti HYDAC Electronic s.r.o..

Pre vypracovanie diplomovej práce bude použitá metóda analýzy, prostredníctvom ktorej zanalyzujeme teóriu a technológiu vstrekovania plastov. Na základe predvolených technologických podmienok budeme skúmať mieru vplyvu týchto podmienok na výstupné parametre technologického procesu.

V následnej časti práce prostredníctvom metódy syntézy budú zhrnuté zanalyzované poznatky, ktoré boli vymedzené v teoretickej časti práce. Pre účely tejto práce sa pokúsime zhodnotiť materiály použité pre výrobu elektromagnetických cievok, ktoré sú porovnávané medzi sebou ako aj s materiálými listami zvolených výrobcov za predurčených spracovateľských teplôt. Pomocou metódy dedukcie prejdeme od všeobecného rozboru k jednotlivým zvoleným polyamidom PA 6.6 v rámci praktického využitia v prostredí spoločnosti HYDAC Electronic s.r.o.. Pokúsime sa navrhnúť nové východiská, ktoré by v reálnom prostredí tejto spoločnosti znamenali určitý ekonomický prínos.

V praktickej časti diplomovej práce bude zmapované využívanie jednotlivých materiálov, predovšetkým PA6.6, ich konečné porovnanie z hľadiska výhod, nevýhod, efektivity využitia, ale aj nákladov spojených s ich samotným obstaraním.

V závere tejto diplomovej práce sa zameriame na potvrdenie, prípadne vyvrátenie hypotézy, zakladajúcej reálnosť optimalizácie vstrekovacieho procesu na konkrétnom výrobku spoločnosti HYDAC Electronic s.r.o., vzhľadom na využitie zvoleného granulátu prípadne možnosť využitia inej alternatívy. Domnievame sa, že takáto informácia by pre túto spoločnosť mohla predstavovať pozitívny prínos.

I. TEORETICKÁ ČASŤ

1 VSTREKOVANIE

1.1 História vstrekovania plastov

Princípy plastikárskej technológie sú omnoho staršie, než sa domnievame. Už v dvanástom storočí bol v Anglicku založený cech spracovateľov rohoviny. Jej spracovanie bolo založené na poznatku, že rohovina pri teplote nad 125 °C mäkne a dá sa následne tvarovať. Pojem plasty bol odvodený z gréckeho „plastein“, čo v preklade znamená „tvarovať“. [1]

Explozívny nárast vývoja plastov možno pozorovať od 19. storočia, kedy boli objavené plasty na základe chemicky modifikovaných prírodných polymérov. Toto obdobie je úzko spojené s menom John Wesley Hyatt, ktorý spolu s bratom v roku 1870 v USA patentoval materiál, z ktorého neskôr vznikol celulooid, vrátane zariadenia pre jeho vstrekovanie. Vstrekovanie plastov sa ako výrobný odbor začal rozvíjať po prvej svetovej vojne. V roku 1921 páni A. Eichengruen a H. Bucholz vyvíjali v Nemecku ako prví na svete komerčný, piestový, ručný, vertikálny, vstrekovací stroj. Na území Československa je pre technológiu vstrekovania plastov dôležitým míľnikom rok 1929 kedy bola v Rakovníku zahájená prvá výroba piestových vstrekovacích strojov Ing. Vltavským. [1, 2]

1.2 Technológia vstrekovania plastov

Technológia vstrekovania plastov prešla od svojich začiatkov po dnešnú dobu dlhú a úspešnú cestu. V súčasnej dobe sa vstrekaním spracováva značné množstvo polymérov a význam tejto technológie stále narastá. Vďaka stále sa rozvíjajúcim možnostiam ich využitia hlavne v automobilovom, stavebnom, elektrotechnickom priemysle a iných odvetviach je táto technológia aj naďalej perspektívna. [1]

Technológie spracovania plastov patria k dynamicky sa rozvíjajúcim a progresívnym technológiám. Mechanické vlastnosti druhov plastov vo väčšine aplikácií vysoko prevyšujú vlastnosti konvenčných materiálov. Pri plastoch sa využíva ich výborná chemická odolnosť, vynikajúce elektroizolačné a tepelné vlastnosti. V niektorých prípadoch ich optické vlastnosti a nízky koeficient trenia. Výborná tvarovateľnosť a spracovateľnosť plastov umožňuje výrobu súčiastok s komplikovanými tvarmi v niekoľkých operáciách a dáva možnosť veľkosériovej a automatizovanej výroby. Vďaka tomu, technológia vstrekovania umožňuje ekonomicky produkovať. V jednej operácii sa mení polymérna zmes (prášok, aglomerát, granulát, pelety) na úplne hotový výrobok. [5]

Plastové súčiastky často nevyžadujú dokončovacie operácie, materiálový odpad je malý, nie je potrebné robiť drahé povrchové úpravy a náklady na ich údržbu sú nulové. Plasty môžu byť tiež recyklované a spätne použité. Technológiou vstrekovania sa spracováva objemovo asi 40% plastov. Základným procesom tejto technológie je tlakový laminárny tok taveniny plastu, ktorý začína vo vyhrievanom vstrekovacom valci a postupuje do prázdnej dutiny vo vstrekovacej forme. [4]

1.2.1 Princíp vstrekovania plastov

Vstrekovanie patrí k cyklickým tvárniacim procesom, ktoré sa vyznačujú tým, že spracovávaný materiál sa v plastickom stave vstrekuje vysokou rýchlosťou do uzatvorenej, temperovanej dutiny formy a následným chladením taveniny vo forme. Potom sa forma v deliacej rovine otvorí a vyberie sa výlisok. Celý proces sa po zavretí formy opakuje. Vstrekovanie je jednou z najrozšírenejších a najdôležitejších technológií spracovania termoplastov. Touto technológiou vieme spracovať takmer všetky termoplasty. Výrobky zhotovené vstrekaním sa vyznačujú veľmi dobrou tvarovou, rozmerovou presnosťou. [6]

1.3 Vstrekovacie stroje

Čím zložitejšou a komplexnejšou sa stáva výroba vstrekovacích dielov, tým vyššie sú nároky na vstrekovací stroj, robotické a riadiace systémy. Pri správnom výbere stroja musíme vedieť okrem reprodukovateľnosti parametrov, aké sú rozmery vstrekovacej formy, aká je kapacita plastifikačnej jednotky a aká je uzatváracia sila. [1, 4]

1.3.1 Typy vstrekovacích strojov

Stroje pre vstrekovanie plastických hmôt rozoznávame:

Podľa uloženia formy:

- Horizontálne - väčšinou pre plne automatickú výrobu.



Obr. 1. Horizontálny vstrekovací stroj Arburg [7]

- Vertikálne - väčšinou pre poloautomatickú výrobu s obsluhou.



Obr. 2. Vertikálny vstrekovací stroj Arburg [8]

Podľa princípu zatváracej jednotky:

- Stroje s priamym hydraulickým posuvom dosky.
- Stroje s posuvom dosky sprostredkovaným kľukovým mechanizmom.

Podľa počtu vstrekovacích jednotiek:

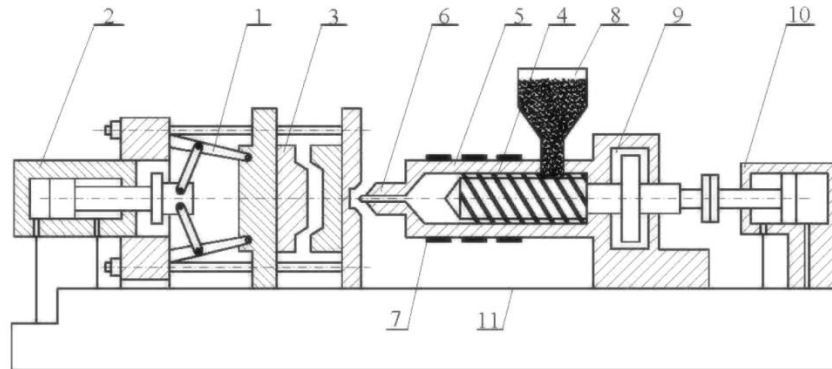
- Jednokomponentný - jedna jednotka, do formy možno vstrekať jeden druhu plastu.
- Viackomponentný - viac jednotiek, do formy možno vstrekať niekoľko druhov plastu.

Podľa princípu pohonu sa delia vstrekovacie stroje na:

- Hydraulicky poháňané - vysoká spotreba, hlučnosť a ekologická záťaž.

- Plne elektrické stroje - nízka spotreba, vysoká presnosť, nízka ekologická záťaž.
- Kombinácia hydrauliky a elektrických pohonov. [3]

1.3.2 Hlavné časti vstrekovacieho stroja



Obr. 3. Schéma závitovkového stroja s kĺbovým uzáverom [4]

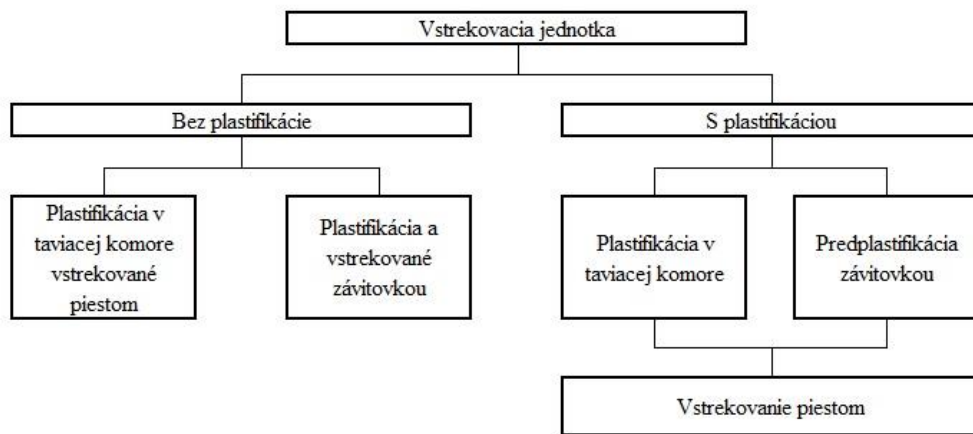
1 - kĺbový uzáver, 2 - hydraulický valec s piestom uzáveru, 3 - forma, 4 - závitovka, 5 - tavná komora, 6 - dýza, 7 - odporové vytápanie, 8 - násypka, 9 - hydraulický motor, 10 - hydraulický valec s piestom pre posuv závitovky, 11 - rám stroja

Vstrekovací stroj môžeme rozdeliť na tri časti:

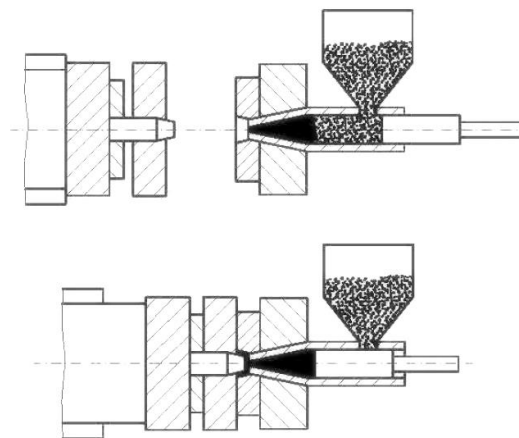
- vstrekovacia jednotka,
- uzatváracia jednotka,
- riadiaca jednotka. [3]

1.3.2.1 Vstrekovacia jednotka

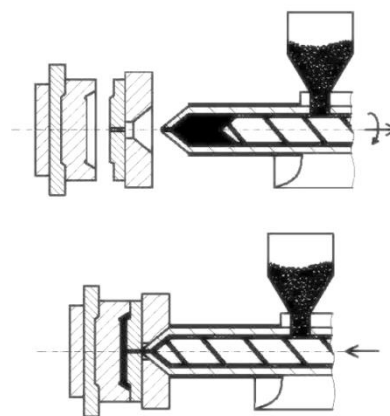
Aby sa mohol materiál vstrekať, tak nám vstrekovacia jednotka musí zabezpečiť dokonalú plastifikáciu a homogenizáciu taveniny a dostatočne vysoký vstrekovací tlak. Podľa spôsobu plastifikácie sa vstrekovacie jednotky obvykle delia vid' (Obr.4).



Obr. 4. Rozdelenie vstrekovacej jednotky [4]



Obr. 5. Princíp piestového vstrekovacieho stroja [4]

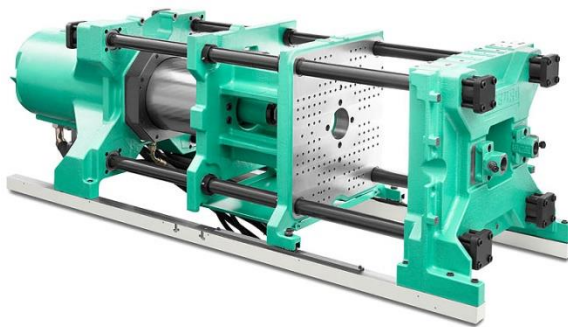


Obr. 6. Princíp závitovkového vstrekovacieho stroja [4]

Existuje mnoho konštrukčných prevedení vstrekovacích jednotiek, avšak každá z nich má predpísanú kapacitu objemu. Pri vstrekovacích objemoch homogenizovanej taveniny do formy, by maximálne množstvo vstreknutého objemu nemalo prekročiť 90 %, z dôvodu doplnenia pri úbytku hmoty zmraštením. Optimálne množstvo je teda 80 % z každej jednotky. Pri vstrekovaní plnených termoplastov musia byť závitovka a valec zhotovené z materiálov, ktoré odolávajú zvýšenou odolnosťou voči oteru. Preto je dôležité, aby materiály obsahujúce plnivá ako sú sklené vlákna a azbestové vlákna, boli plastifikované pri malých otáčkach závitovky s malým krútiacim momentom. [4, 6, 9]

1.3.2.2 Uzatváracia jednotka

Úlohou uzatváraciej jednotky je bezpečné zatváranie, otváranie formy a pridržiavať uzatvorenú formu silou väčšou, ako je sila vyvolaná tlakom taveniny na steny dutiny formy. Veľkosť uzatváraciej sily je daná veľkosťou stroja. Spravidla je dané, že uzatváracia sila býva menšia než prídržná sila. Usporiadanie uzatváraciej jednotky a tuhosť uzatváracieho mechanizmu má rozhodujúci vplyv na tesnosť formy, rýchlosť otvárania a zatvárania formy. Vstrekovacie stroje majú nosnú konštrukciu obvykle stĺpovú. Menšie stroje majú konštrukciu dvojstĺpovú, väčšie štvorstĺpovou. [4, 9]



Obr. 7. Schéma uzatváraciej jednotky [7]

Hlavné časti uzatváraciej jednotky sú:

- upínacia doska pevná,
- upínacia doska pohyblivá,
- vodiace tyče,
- hydraulický valec,
- vodiace lôžko stroja. [3, 4, 9]

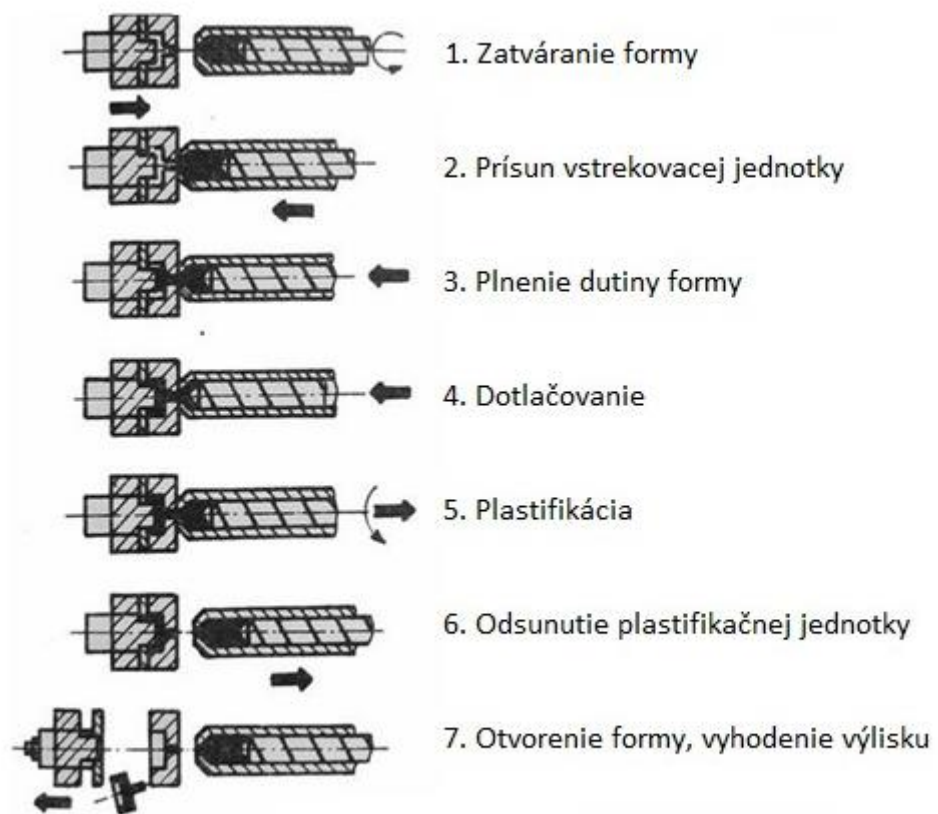
1.3.2.3 Riadiaca jednotka

Všetky súčasné vstrekovacie stroje sú riadené riadiacimi systémami rôznych výrobcov a typov. Riadenie a reguláciu je nutné považovať za neoddeliteľnú súčasť funkcie vstrekovacieho stroja. Vo veľkej miere sa sprehl'adňuje riadenie procesu a jeho nastavenie. Súčasným trendom sú jednotky s dotykovým displejom, ktoré pracujú na platforme s operačným systémom Microsoft Windows. Uľahčil sa taktiež prenos dát zo stroja do stroja, ukladanie a nahrávanie programov foriem, výtlačkov obrazoviek a rôznych štatistických a iných dát na externé pamäťové jednotky. [3, 4, 9]

1.3.3 Vstrekovací cyklus

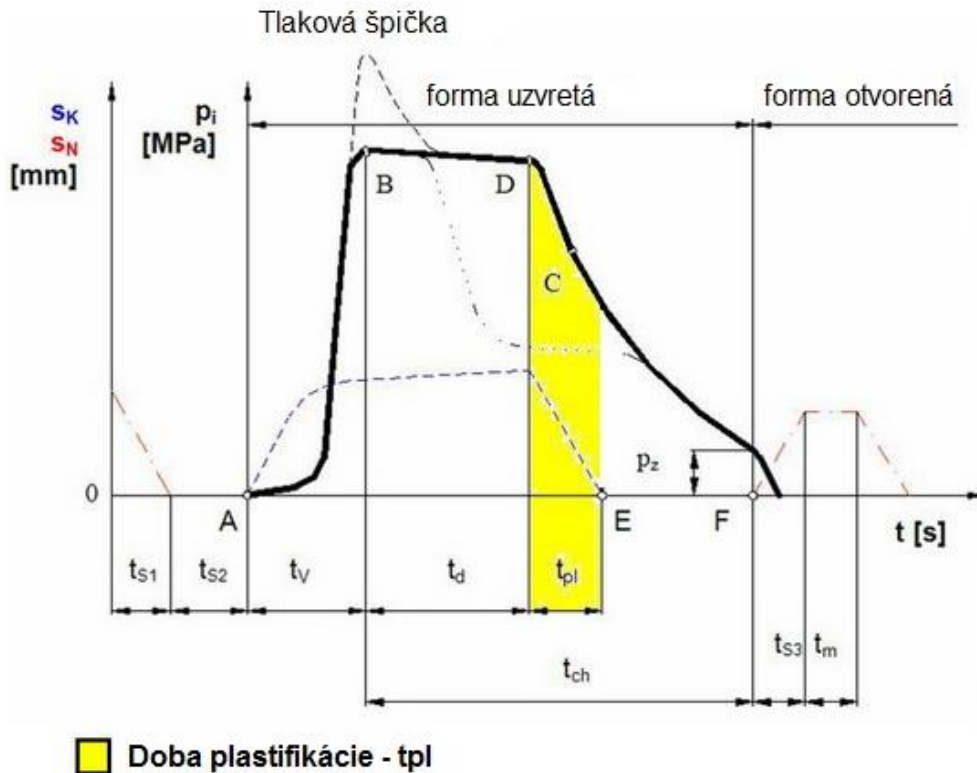
Tavenina sa pripraví v taviacej komore vstrekovacej jednotky a je vstriechnutá do formy, kde zatuhne. Vstrekovací cyklus je znázornený na (Obr. 8).

Z násypky vstrekovacieho stroja sa granulovaný materiál dávkuje do plastifikačného valca, kde sa roztaví. Následne sa tavenina pod tlakom dopraví systémom vtokov do formy, kde tuhne a pri tuhnutí sa zmrašťuje. V priebehu zmrašťovania sa dutina formy doplňuje novou taveninou zo vstrekovacieho valca. Túto fázu doplňovania nazývame fázou dotlaku. Prívod taveniny do formy sa vo valci preruší, až keď prerušíme tlak pôsobiaci na taveninu vo valci, alebo ak tavenina stuhne vo vtokovej sústave formy a vytvorí tak prirodzený uzáver. Forma zostáva vzhľadom na chladenie výlisku určitý čas uzavretá. Po stuhnutí výlisku sa forma otvorí a výlisok spolu s celou vtokovou sústavou sa vyberá automaticky pomocou vyhadzovačov. Vstrekovací stroj je pripravený k ďalšiemu pracovnému cyklu a celý postup sa opakuje. [4]



Obr. 8. Vstrekovací cyklus [6]

1.3.3.1 Tlakový diagram



Obr. 9. Diagram priebehu tlaku počas vstrekovacieho cyklu [6]

A – začiatok vstrekovania

B – koniec plnenia formy

C – začiatok dotlaku

D – koniec dotlaku

E – koniec plastifikácie (pohyb šneku)

F – začiatok pohybu formy

 S_K – pohyb závitovky; S_N – pohyb nástroja (formy) t_{s1} – doba uzavierania formy t_{s2} – doba prísunu vstrekovacej jednotky t_{s3} – doba otvárania formy t_v – doba vstrekovania t_d – doba dotlaku

t_{pl} – doba plastifikácie

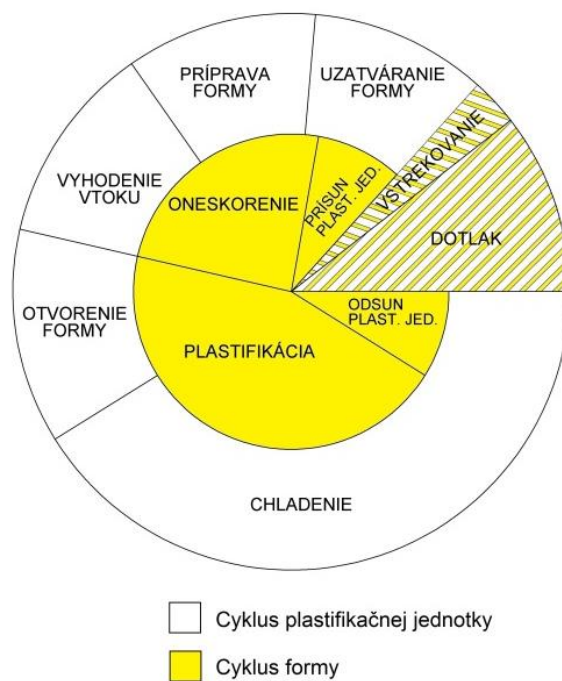
t_{ch} – doba chladenia

t_m – doba prípravy formy

p_i – vnútorný tlak

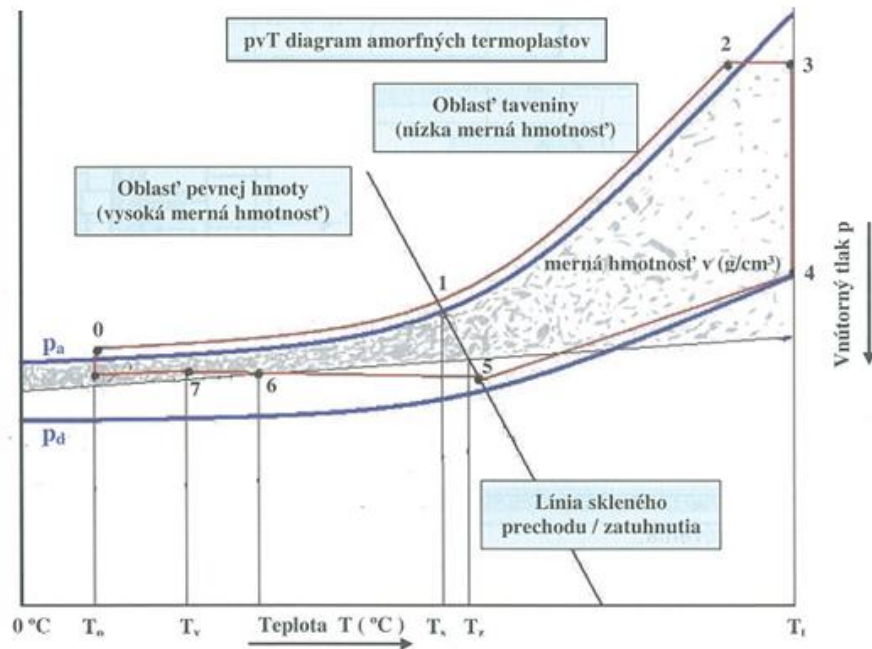
p_z – zostatkový tlak

1.3.3.2 Časové rozvrhnutie cyklu



Obr. 10. Vstrekovací cyklus – kruhový graf [4]

1.3.3.3 PVT-diagram



Obr. 11. Priebeh plastifikácie, vstrekovania, dotlaku a chladnutia [3]

p_a – izobara atmosférického tlaku. Izobara = v každom bode krivky je rovnaký tlak, tu atmosférický

p_d – izobara dotlaku = tavenina pod konštantným špecifickým tlakom závitovky

0 – štart plastifikácie, granulát padá z násypky do otáčajúcej sa závitovky za T_o = teplota okolia

1 – granulát je závitovkou dopravovaný na začiatok kompresnej zóny a začína sa taviť – T_s teplota skleného prechodu.

2 – tlak taveniny opúšťa atmosférickú izobaru – tlak taveniny sa v komore pred špičkou závitovky sa zvýši kompresiou v kompresnej zóne závitovky a spätným odporom plastifikácie.

3 – 4 – v bode 3 za teploty tečenia T_t taveniny na ideálnej mernej hmotnosti (tekutosti) je začaté vstrekovanie za prudkého nárastu tlaku.

4 – 5 – v bode 4 prepnutie na dotlak a priebeh izobarického – udržiavanie taveniny pod konštantným tlakom a tým dopĺňovanie tavenín do objemovo sa zmršťujúceho výlisku. Prebieha za chladnutia taveniny a zvyšovania jej merného objemu – tuhnutie výlisku.

5 – 6 – v bode 5 dosiahnutá teplota zatuhnutia T_z , vtokové ústie zatuhlo a táto fáza izochorického dotlaku je už nečinná – do výlisku sa už žiadna tavenina nedostáva.

6 – 7 – zostatkové chladenie výlisku na teplotu T_v – teplotu vyhodenia, doformovania, kedy už môže byť výlisok vyhadzovačom vyhodенý z formy.

0 – na teplotu okolia T_o sa výlisok dochladí po vyhodení už mimo formy, v prepravke, alebo páse. [3]

1.4 Vstrekovacie formy

Vstrekovacia forma je nástroj, ktorého použitím na špecifickom vstrekovacom stroji vznikne výrobok z plastu. V súčasnosti používame vstrekovacie formy, ktoré sú technicky komplikované, na ktoré sú kladené vysoké nároky z hľadiska kvality, produktivity, spoľahlivosti a automatizácie výroby. Forma je výmennou časťou a jej funkciou je dať tavenine výsledný tvar a pri tom musí odolávať vysokým tlakom, zachovať konštrukčnú, výrobnú presnosť a taktiež ekonomickosť výroby. [2, 9]

1.4.1 Technologickosť konštrukcie

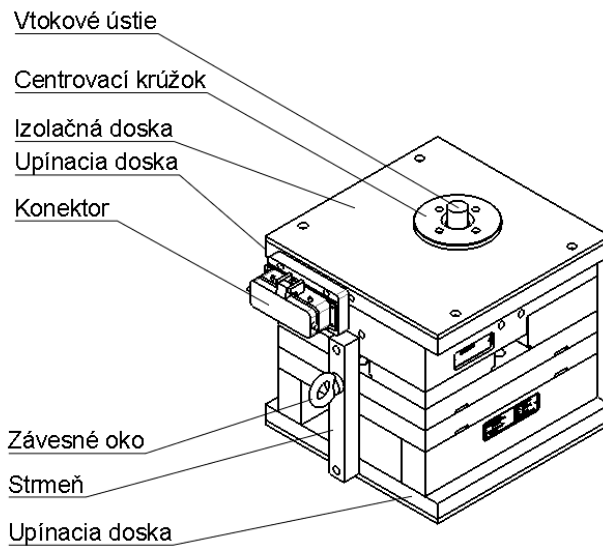
Výrobky z plastov musia rešpektovať kritériá funkčnosti a technologickosti tvaru. Znamená to, dodržiavať zásady najplynulejšieho a najrýchlejšieho naplnenia dutiny formy taveninou, kde dochádza k zmenám teploty a tlaku. Náhle zmeny prierezov, ostré rohy a kúty spôsobujú prekážky prúdenia taveniny a tým spôsobujú vírenie prúdu, orientáciu makromolekúl, vnútorné pnutia, studené spoje a nerovnomerné zmraštenia výrobkov. Z tohto hľadiska má veľký význam druh použitého plastu, typ vstrekovacieho stroja a konštrukcia formy. [2]

1.4.2 Hlavné časti formy

Hlavnú časť formy tvorí montážny rám, v ktorom sú usadené a zlíčované jednotlivé časti:

- tvarové vložky dutiny výlisku,
- posuvné alebo otočné tvarové časti dutiny výlisku – jadrá,
- vtokové vložky rozvodu taveniny do dutín,
- vyhrievané horúce kanály rozvodu taveniny,
- vodiace, zaist'ovacie a upínacie prvky formy,
- vyhadzovací mechanizmus výliskov,

- ďalšie mechanické časti ako vedenie šikmých kolíkov, poistky jadier, hrebeňové posuvy atď.,
- rozvody chladiacich alebo vyhrievacích médií.



Obr. 12. Forma pre vstrekovanie termoplastov [10]

1.4.3 Rozdelenie vstrekovacích foriem

Vstrekovacie formy rozdeľujeme podľa týchto kritérií:

Formy podľa konštrukcie vstrekovacích strojov:

- s vtokom kolmo na deliacu rovinu,
- s vtokom do deliacej roviny.

Formy podľa násobnosti:

- jednonásobné,
- viacnásobné.

Formy jednonásobné podľa vtokovej sústavy:

- s plným stredovým vtokom,
- s bodovým vtokom,
- s rozvetveným vtokom,
- s bočným vtokom,
- s niekoľkými bodovými vtokmi,

- čelným štrbinovým vtokom, vyhotovením do bočného vtoku,
- s plným stredovým vtokom.

Formy viacnásobné podľa vtokovej sústavy:

- s niekoľkými plnými vtokmi (pomocou rozvádzačej hlavy),
- s bočnými zúženými, vejárovitými alebo tunelovými vtokmi,
- s čelnými bodovými vtokmi.

Formy podľa spôsobu zaformovania výrobku a konštrukčného riešenia:

- jednoduché dvojdielne (dvojdoskové),
- trojdielne (trojdoskové),
- etážové,
- čeľust'ové,
- s bočnými jadrami ovládanými mechanicky, pneumaticky alebo hydraulicky,
- špeciálne.

Formy podľa spôsobu vyhadzovania výrobku:

- s mechanickým vyhadzovaním,
- s kolíkovými vyhadzovačmi,
- so stieracím krúžkom alebo stieracou doskou,
- s rúrkovým stieračom,
- s vyhadzovaním pomocou stlačeného vzduchu,
- kombinované vyhadzovanie. [2]

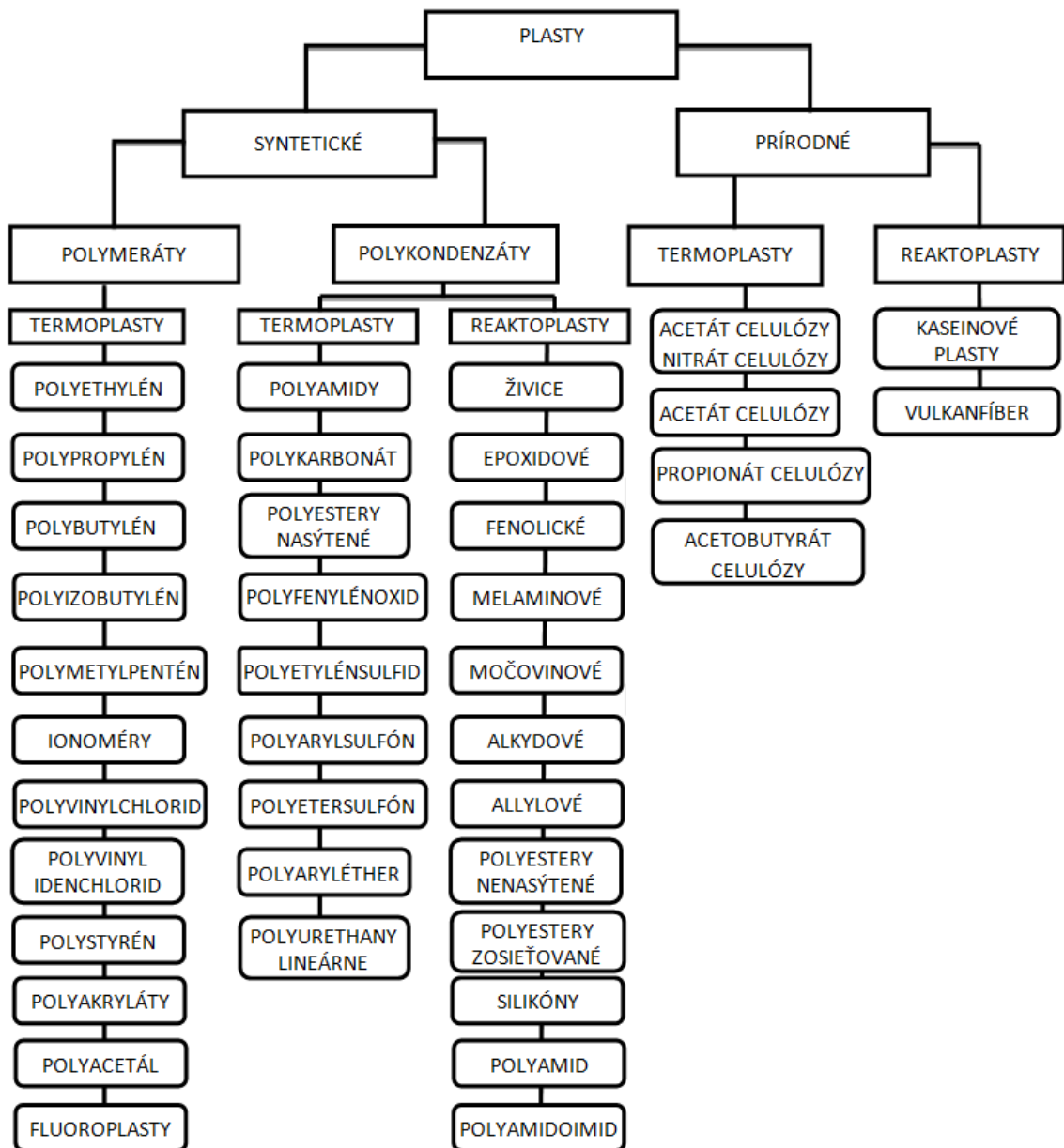
1.5 Plasty

Plasty sú materiály, ktorých podstatu tvoria makromolekulárne reťazce. Základ makromolekul tvoria molekuly, ktoré sa skladajú z atómov ako sú hlavne uhlík (C) a vodík (H), kyslík (O), chlór (Cl), fluór (F), dusík (N), síra (S), kremík (Si). Plasty sú prírodné, alebo syntetické a možno ich formovať do požadovaného tvaru teplom alebo tlakom, prípadne pôsobením oboch faktorov súčasne. [2, 11]

1.5.1 Rozdelenie plastov

Plasty použiteľné pre vstrekovanie máme k dispozícii v širokom výbere. Z tohto hľadiska je dôležité si zvoliť vhodný materiál, ktorý má vhodné pre nás vlastnosti, cenu

a podmienky spracovania. Dobře spracovateľný materiál umožňuje vysoké využitie jeho mechanických vlastností a zvýšenie kvality výrobku. [12]



Obr. 13. Základné rozdelenie plastov [3]

Plasty zvyčajne rozdeľujeme podľa správania sa voči teplu resp. zaťaženiu. Podľa správania sa pri pôsobení tepla poznáme:

- Termoplasty (plastoméry) – sú to polyméry s plastickým, resp. termoplastickým správaním sa, ktoré pôsobením tepla (do určitej teploty) vždy zmäknú a chemicky sa v podstate nemenia, napr.: polyetylén, polyamidy, polymetylmakrylát, polyvinylchlorid a iné.

- Reaktoplasty (termosety, duroméry) – polyméry, ktoré možno teplom vytvrdzovať, ďalším pôsobením tepla sa chemicky menia, vytvrdzujú sa a stávajú nerozpustné a netaviteľné, napr.: fenol, krezol, močovina, epoxidové živice a iné. [2, 11]

Podľa správania sa pri zaťažení rozdeľujeme plasty na:

- Plastoméry – za normálnych teplôt prebieha ich deformácia zvyčajne nevratne, napr.: polystyrén, polyamidy, polyvinylchlorid a iné.
- Elastoméry – pri použití sú pružné – elastické, za normálnych teplôt prebieha ich deformácia vratne a pomerne širokom rozsahu predĺžení. Sú to zvyčajne kaučuky a gumy, napr. polybutadién, polyizobutylén, silikón a iné. [2, 11]

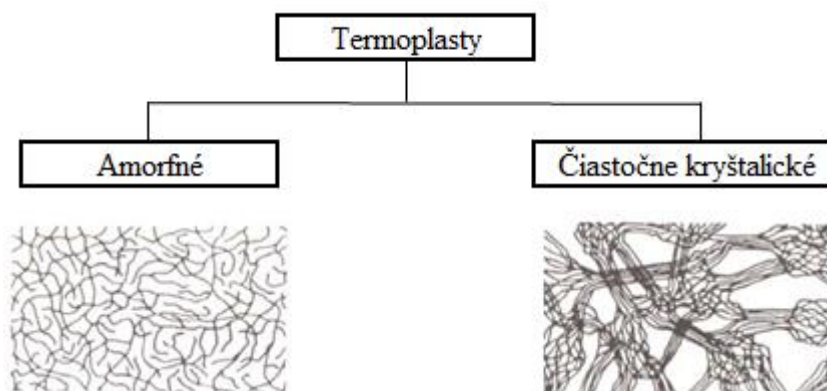
Podľa východiskových surovín plasty rozdeľujeme na:

- Plasty vyrobené z prírodných makromolekulových látok, napr.: kaučuk, etylcelulóza, umelá rohovina a iné.
- Plasty vyrábané synteticky z jednoduchých nízkomolekulových zlúčenín, napr.: polyetylén, polyvinylchlorid, silikóny, fluoroplasty a iné. [2, 11]

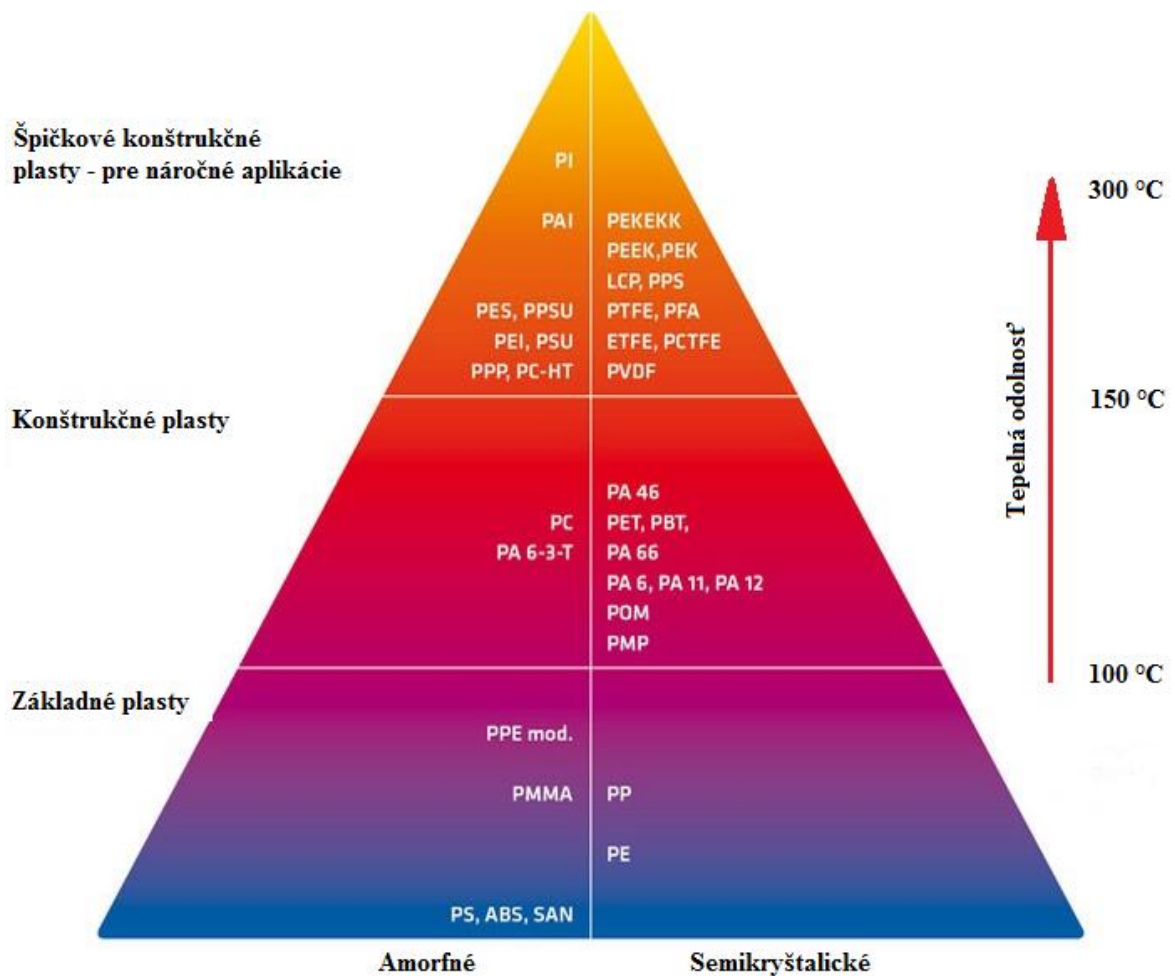
1.5.2 Plasty pre vstrekovanie – Termoplasty

Z hľadiska vnútornej štruktúry sa termoplasty delia na:

- amorfné – má reťazec nepravidelne priestorovo usporiadaný,
- semikryštalický – podstatnú časť reťazca má pravidelne a tesne usporiadanú a tvorí kryštalické útvary. Zvyšok reťazca má amorfné usporiadanie. [14]



Obr. 14. Rozdelenie polymérnych materiálov [14]



Obr. 15. Rozdelenie podľa spracovania plastov [15]

1.5.3 Prísady formulujúce spracovateľnosť

Každý plast určený pre vstrekovanie alebo pre iné spracovanie je v podstate zmesou niekoľkých látok. Spojivo, základná makromolekulová látka tvoriaca plast (polyetylén, polyamid a pod.), je nositeľom fyzikálno-mechanických vlastností plastu ako celku. Okrem spojiva sú vždy potrebné ďalšie prísady, ktoré ovplyvňujú výsledné mechanické, technologické, chemické a fyzikálne vlastnosti plastov. Za účelom priaznivo ovplyvniť niektoré užitočné vlastnosti plastov, ako je zvýšenie mechanických vlastností, alebo chemickej odolnosti je dôvod, ako znížiť cenu spracovateľského materiálu a zároveň aj cenu finálneho výrobku. Z tohto hľadiska sa do plastu pridávajú plnivá, ktoré rozdeľujeme na:

- Vystužujúce – najčastejšie v tvare vlákien (sklenené, uhlíkové, bórové a pod.).
- Nevystužujúce – vo forme práškov (rôzne anorganické múčky, kaolín, kremeň a pod.).

Plasty, ktoré obsahujú plnivá sú v podstate kompozity.

Ďalšie druhy prísad možno rozdeliť na:

- Stabilizátory – pri spracovaní, používaní a pod. stabilizujú pôvodne úžitkové vlastnosti polymérov, t.j. napr. UV stabilizátory zabezpečujú stálosť kvality plastov pri pôsobení ultrafialového žiarenia, antioxidačné pri pôsobení kyslíka, retardéry horenia.
- Zmäkčovadlá – v množstve od 5 do 50 % sa pridávajú za účelom súčasného zvýšenia plasticity aj húževnatosti plastov.
- Farbivá – najčastejšie v podobe farebných práškov (pigmenty) alebo oxidov kovov dodávajú plastom požadovaný odtieň farby. [11]

1.5.4 Fyzikálne vlastnosti plastov

K významným fyzikálnym vlastnostiam polymérov z hľadiska spracovateľských a aplikačných vlastností výrobkov patria:

- tepelné vlastnosti (tepelná kapacita, tepelná vodivosť a iné),
- elektrické vlastnosti (elektrická vodivosť a pevnosť, dielektrické vlastnosti a iné),
- optické vlastnosti,
- magnetické vlastnosti. [11]

1.5.4.1 Tepelné vlastnosti plastov.

Pre použitie plastov, ako konštrukčného materiálu sú významnejšie nasledovné tepelné vlastnosti:

- tepelná rozťažnosť,
- tepelná vodivosť,
- horľavosť.

Plasty sa vyznačujú vysokými hodnotami koeficientu teplotnej rozťažnosti, ktorý je väčší než u kovov (napr. polyetylén má až 18 x väčší koeficient lineárnej teplotnej rozťažnosti ako oceľ obvyklých akostí). Je to potrebné zohľadňovať pri zostavovaní rozvodových systémov pre chladené alebo ohrievané médium. [11, 16]

Termoplasty a reaktoplasty bez plnív majú porovnateľnú tepelnú vodivosť, tepelná vodivosť plastov je v porovnaní s kovmi približne o tri až štyri rády nižšia. Táto skutočnosť je na jednej strane veľkou prednosťou plastov - plasty (najmä ľahčený polystyrén, resp. polyuretán) sú výbornými tepelnými izolátormi napr. rozvodových systémov chladených alebo

ohriatych médií, nesmie sa ale zanedbať v technológiách spracovania plastov - ohrev a ochladzovanie výrobkov z plastov. [11]

Horľavosť plastov je podľa STN 64 0755 schopnosť plastov k zapáleniu pomocou plameňa a k ďalšiemu horeniu, pričom ale podľa STN 73 0760 sa nemôže ani jeden druh plastu považovať za nehorľavý. Z hľadiska použitia je to problém, ktorý má obmedzujúci faktor. [5, 11]

1.5.4.2 Z hľadiska horľavosti rozlišujeme plasty:

- Horľavé – horia trvalo nielen v plameni, ale aj po vybratí z neho.
- Samozhášavé – horia len v plameni, pretože po vybratí z plameňa v krátkom čase zhasínajú.
- Ťažkohorľavé – v plameni nehoria, ale uhoľnatejú alebo rozkladajú sa. Ich plyné splodiny sú tiež nehorľavé.

Odolnosť proti horeniu je z dôvodu bezpečnosti vždy treba posúdiť, najmä v elektrotechnike, stavebníctve, pri prevádzke za vysokých teplôt. Dokonalé odstránenie horľavosti plastov je nemožné, ale dá znížiť prísadou retardéru horenia. Avšak sklon ku vznieteniu a spôsob horenia nezávisia iba od vlastností plastu, ale aj od tvaru výrobku, hrúbky jeho steny, prístupu vzduchu, odvodu tepla a pod. [5, 11]

1.5.4.3 Elektrické vlastnosti plastov

Plasty sú elektricky nevodivé materiály – sú to izolanty. Ich izolačný odpor je priamo závislý od elektrostatického náboja – čím je izolačný odpor väčší, tým ľahšie sa plasty nabíjajú.

Podľa schopnosti k polarizácii možno plasty rozdeliť do dvoch skupín:

- Polárne – (PA, PVC, PMMA a iné).
- Nepolarizovateľné – nepolárne (PE, PP, PTFE PS a iné). [11]

1.5.4.4 Optické vlastnosti plastov;

Väčšina plastov, pokiaľ neobsahuje rôzne prísady, dobre prepúšťa svetlo. Priepustnosť svetla ovplyvňuje hrúbka steny a vnútorná stavba plastov. Znehodnotenie sa prejavuje zmenou farby, stratou lesku, vznikom trhliniek, zhoršením mechanických a elektrických vlastností. [5, 11]

1.5.4.5 Magnetické vlastnosti plastov

Organické magnetiká (magnetopolyméry) sú materiály pozostávajúce z magnetického plniva v polymérnej matrici, ktoré sa vyznačujú feromagnetickými vlastnosťami.

Delíme ich na:

- Kompaktné organické magnetiká.
- Kompozitné organické magnetiká. [11]

1.5.5 Chemické vlastnosti plastov

Vplyv chemikálií na plasty sa prejaví väčšinou zmenou hmotnosti (prírastkom, resp. úbytkom počas napučievania, resp. rozpúšťania), poklesom pevnostných charakteristík (pevnosti, modulu pružnosti, ťažnosti), zmenou farby a pod. [11]

1.5.6 Mechanické vlastnosti plastov

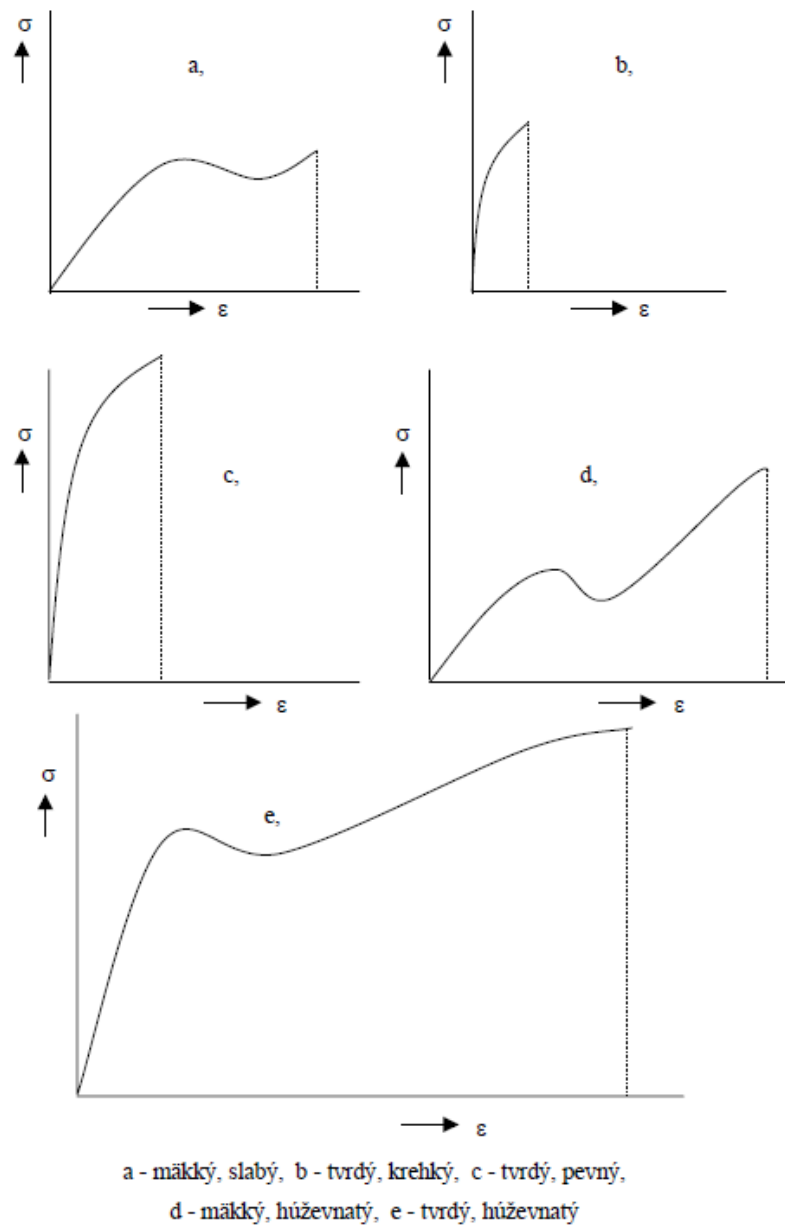
Mechanické vlastnosti plastov vyplývajú z ich vnútornej stavby, druhu, veľkosti a tvaru makromolekúl, stupňa pohyblivosti reťazcov makromolekúl. Pri použití akéhokoľvek materiálu je rozhodujúce, ako reaguje na pôsobenie vonkajšej zaťažujúcej sily v širokom rozsahu podmienok, napr. pri rôznej teplote, pri rôznej dobe namáhania a pod. Kovové materiály sa deformujú čisto elasticky (v zmysle platnosti Hookovho zákona) do medze úmernosti, pričom veľkosť vzniknutej deformácie je prakticky časovo nemenná. Naproti tomu deformácie plastov, vznikajúce už pri malých napätiach, sú významne závislé od času. Príčinou sú súčasne prebiehajúce elastické aj viskózne deformačné pochody, ktoré sa podľa štruktúrneho usporiadania plastu a teploty prejavujú rôzne. Pri nízkych teplotách a krátkych časoch sa plasty správajú ako látky elastické, pri dlhých časoch pôsobenia zaťažujúcej sily ako látky viskózne. [11]

1.5.6.1 Skúšanie plastov

V oblasti skúšania plastov je normalizácia, ktorá sa zaoberá vytváraním noriem. Normy majú dôležitú úlohu pri zjednocovaní jednotlivých skúšobných postupov, kontrole a certifikácii výrobkov. Normy sú skúšobné a predmetové. Skúšobné normy popisujú postup merania jednotlivých vlastností a stanovujú požiadavky na skúšobné zariadenie. Predmetové normy obsahujú požiadavky na konkrétny výrobok, jeho konštrukciu a fyzikálne a mechanické vlastnosti. [4]

1.5.6.2 Statická skúška ťahom

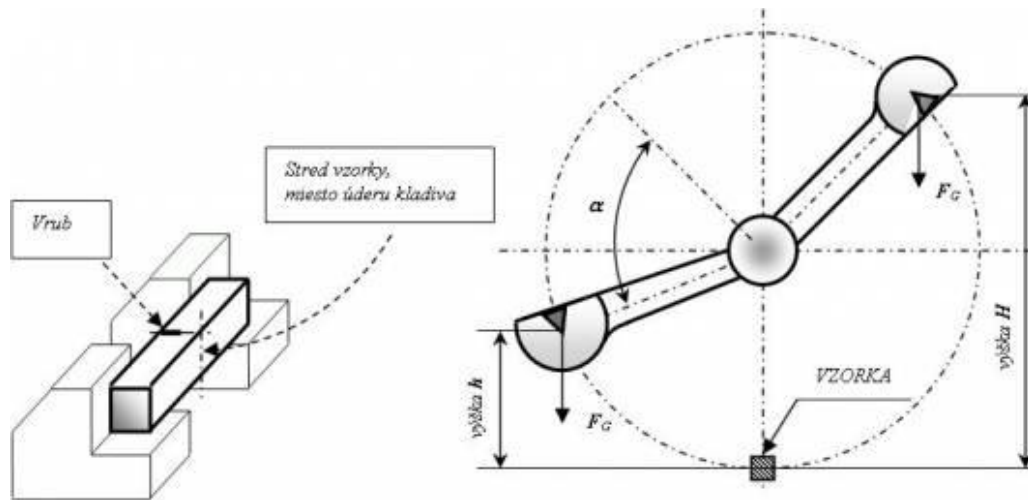
Princíp skúšky tkvie v statickom zaťažení skúšobnej vzorky predpísaných tvarov a rozmerov až do roztrhnutia. Vzorka je upnutá do čelústí skúšobného (trhacieho) stroja tak, aby sa os vzorky zhodovala s osou pôsobiacej sily. Zaťaženie sa zväčšuje rýchlosťou podľa príslušnej normy v závislosti od skúšaného materiálu až do pretrhnutia vzorky. Výsledkom statickej skúšky ťahom je krivka vid' (Obr.16). [4, 20]



Obr. 16. Charakteristické ťahovej krivky pre rôzne typy polymérov [20]

1.5.6.3 Dynamická rázová skúška

Skúškou sa zisťuje odolnosť materiálu proti krehkému porušeniu pri dynamickom, rázovom zaťažení. Skúška rázom v ohybe podľa STN EN 10045-1 sa vykonáva na kyvadlovom kladive, ktoré sa nazýva aj Charpyho kladivo. Princíp skúšky rázom v ohybe vid' na (Obr.17). [4]



Obr. 17. Schéma kyvadlového kladiva a umiestnenia vzorky [4]

1.6 Elektromagnety

1.6.1 Princíp elektromagnetov

Cievky sú už dlho známe v elektrickom odbore. Základný elektrický princíp konštrukcie elektromagnetov je jednoduchý. Elektrická energia sa premení na mechanickú energiu spojenú s lineárnym pohybom. Výsledná sila elektromagnetickej cievky je závislá od konštrukcie cievky a počtu navinutých závitov. Elektromagnetická cievka sa skladá z navinutej na cievky, ktorá je obstreknutá plastom v kovovom puzdre. Magnetická sila z dôvodu obmedzenia prúdu vinutia cievky pôsobí príťažlivou silou na jadro (posúvač). Túto silu pôsobiacu na jadro (posúvač) vytvára prúdové napätie vinutia cievky a jadro (posúvač) v reakcii na pôsobenie magnetického poľa sa dostáva do pohybu. Jadro (posúvač) je navrhnuté tak, aby dosiahlo axiálny pohyb v smere definovanom magnetickým poľom cievky. Existuje veľké množstvo rôznych druhov a konštrukčných prevedení elektromagnetických cievok, avšak princíp funkčnosti ostáva stále ten istý. [17]



*Obr. 18. Elektromagnetická
cievka [18]*

1.6.2 Rozdelenie elektromagnetov

Elektromagnety rozdeľujeme na:

- Jednosmerné elektromagnety – označujeme DC a v praxi ide o najpoužívanejšie druhy magnetov. Ich výhodou oproti striedavým je, že jadro (posúvač) nemusí dosadať do koncovej polohy. Ich nevýhodou je predovšetkým pomalší prít'ah a menšia ťahová sila. Jednosmerné magnety je možné vybaviť usmerňovačom na striedavé napätie, ale vlastnosti jednosmerného magnetu zostanú zachované.
- Striedavé elektromagnety – označujeme AC, výhodou je rýchlejší prít'ah. Magnetický obvod je prispôsobený pre striedavý magnetický tok a prít'ahový prúd je mnohonásobne väčší ako menovitý prúd. [19]

1.6.3 Prevádzkové podmienky:

Elektromagnetické cievky sú konštruované tak, aby bola zaistená stanovená funkcia a bezpečnosť. [19]

2 TECHNOLOGICKÉ PODMIENKY

2.1.1 Vplyv technologických podmienok na vlastnosti výlisku

Vplyv technologických parametrov môžeme hodnotiť za predpokladu, ak sú ostatné hodnoty konštantné. Rozmery a rozmerová stálosť výrobkov sa podstatne ovplyvňuje technologickými parametrami vstrekovania, čo má vplyv na mechanické i iné vlastnosti. Zmenou týchto parametrov možno dosiahnuť aj zmeny vlastností. Technologická nedisciplinovanosť spôsobuje odchýlky od priemerných hodnôt a je aj príčinou viditeľných, či skrytých chýb výrobkov. Na rozmerovú stálosť výrobku vplyva kvalita vstrekovaného materiálu, ale aj správna voľba a dodržovanie technologických podmienok pri vstrekovaní. [2, 4]

2.1.2 Vplyv teploty taveniny

Ak teplota taveniny stúpa, tak klesá jej viskozita a zhoršujú sa podmienky pre orientáciu makromolekúl, čo spôsobuje pokles mechanických vlastností, pevnosti, smere orientácie, tlaku a zníženie zložky vnútorného pnutia z orientácie a zároveň sa zvyšuje relaxácia napätia. To platí pre konštantnú rýchlosť plnenia formy, čo v praxi obyčajne nie je možné zaisťovať. Pri zníženej viskozite taveniny je zníženie odporu toku, tavenina tečie rýchlejšie. To pôsobí kladne na rast orientácie, teda i mechanickej presnosti v smere orientácie. [2, 4, 9]

2.1.3 Vplyv teploty formy

Teplota formy ovplyvňuje rýchlosť kryštalizácie polyméru pri tuhnutí taveniny v dutine formy. Pri vyššej teplote formy sa tavenina ochladzuje pomalšie, znižuje sa veľkosť orientácie najmä v povrchových vrstvách, relaxácia napätia orientovaných makromolekúl môže dokonalejšie prebehnúť. Pri amorfných polyméroch nemá teplota formy na mechanické vlastnosti rozhodujúci vplyv. Pri kryštalických polyméroch s teplotou formy rastie aj obsah kryštalického podielu a teda aj tuhosť výlisku, modul pružnosti, pevnosť, povrchová tvrdosť, teplotná odolnosť. Naopak mierne klesá rázová a vrubová húževnatosť, či tečenie za studena. Vyššia teplota formy je dôležitá u termoplastov plnených skleneným vláknom, z dôvodu rýchleho tuhnutia taveniny. [4, 9]

2.1.4 Vplyv vstrekovacieho tlaku

S rastúcim vstrekovacím tlakom obyčajne rastie rýchlosť tečenia taveniny do formy do určitej rýchlosti, to vyvoláva zvýšenie orientácie makromolekúl a tým aj zvýšenie mechanickej pevnosti v smere orientácie. Môžeme teda povedať, že stupeň orientácie závisí od

gradientu rýchlosti a od viskozity taveniny. Pri veľkých šmykových rýchlostiach dochádza vplyvom vývinu tepla k zníženiu viskozity. Experimentálne bolo zistené, že veľkosť tlaku vo forme klesá so vzdialenosťou od vtoku. Ostatné faktory, ako sú orientácia, pnutie, ohrev sa menia podobne. Tlak ovplyvňuje pomery v dutine formy až do zamrznutia vtoku, teda v priebehu plnenia a dotlačovania. Z hľadiska dodržania tvaru je potrebné, aby doba doplňovania bola čo najdlhšia a prebiehala za vysokých tlakov. Výlisok má potom minimálne zmrštenie. [4, 9]

2.1.5 Vplyv dotlaku

Dotlak je pôsobenie tlaku na zaplnenú formu, prebieha ďalšie doplňovanie vyrovnávajúce úbytok obsahu ochladením a netesnosťou formy, až do zatuhnutia vtoku. Má veľký vplyv na kvalitu výlisku – na váhu, rozmery, zmrštenie, skrivenie, vťahnuté miesta, dutiny a orientáciu kryštálov. Dotlak nemusí byť použitý vždy, v prípade vstrekovania ľahčených materiálov (s obsahom nadúvadiel) sa vstrekuje nízkym tlakom.

Doba dotlaku je ukončená v okamihu, kedy zamrzne ústie vtoku a uzavrie sa ďalší vstup taveniny do formy. Vo fáze dotlaku vznikajú maximálne pnutia v oblasti vtoku. Nastavenie výšky a doby dotlaku je dôležité pre výsledné chovanie výlisku. [3, 4, 9]

Príliš skoré prepnutie na dotlak spôsobuje:

- viditeľné línie prepnutia na dotlak na výlisku,
- nízke naplnenie výlisku materiálom,
- vťahnuté miesta,
- malé rozmery výlisku,
- zvýraznené línie spojov prúdov taveniny.

Neskoré prepnutie na dotlak spôsobuje:

- prietoky,
- zvýšené tlaky vo forme a potreba vyššej zamykacej sily,
- väčšie rozmery výlisku,
- ťažšie odformovanie výliskov,
- väčšie pnutie vo výlisku.

Dlhý dotlak spôsobuje:

- veľké pnutie vo výlisku,

- zvýšenie spotreby energie na výrobu výrobku.

Krátky dotlak spôsobuje:

- vtiahnuté miesta,
- kolísanie, alebo nízku váhu výlisku. [3, 4, 9]

2.1.6 Vplyv vtokovej sústavy

Vtoková sústava a hlavne jej vyústenie má veľký vplyv na charakter toku taveniny do formy. Čím menší je vtokový otvor, tým väčšie bude zrýchlenie toku taveniny do formy a spočiatku lepšie podmienky pre orientáciu a to pri vtoku, kde sa tavenina stýka s už ochladenými vrstvami termoplastu. Vo vnútri taveniny dopravovanej zúženým otvorom vzniká teplo znižujúce viskozitu taveniny a podporujúce rast tokovej rýchlosti. Z hľadiska dosiahnutia izotropie je potrebné, aby ústie vtoku bolo čo najväčšie a podmienky orientácie čo najmenšie. Vo vnútri taveniny, ktorá je dopravená zúženým otvorom vzniká teplo, ktoré znižuje viskozitu taveniny a podporuje tak rast tokovej rýchlosti. Obidva deje, vzrast teploty a rýchlosti sa navzájom podmieňujú. Pri väčších ústiach je potrebné predĺžiť vstrekovací cyklus, najmä dobu dotlaku. Umiestnenie vtoku má vplyv na výskyt studených spojov, ktoré vznikajú v miestach styku dvoch prúdov taveniny vo forme napr. vplyvom prerušenia plynulého toku taveniny, jadrom a pod. [2, 4]

2.2 Javy ovplyvňujúce proces vstrekovania

2.2.1 Orientácia makromolekúl a vláknitého plniva

Rozloženie orientácie vo výlisku z termoplastu odpovedá gradientu šmykových rýchlostí, ktorý sa vytvorí pri plnení formy. Najvyšší gradient šmykovej rýchlosti, a teda aj šmykového napätia je pri stene dýzy a vtokových kanálov, smerom do stredu klesá. Pri povrchu je orientácia najvyššia a smerom do stredu sa znižuje. Čím viskóznejšia je tavenina, tým lepšie sú podmienky pre orientáciu, čiže orientácia lepšie prebieha pri nižšej teplote taveniny, teda aj najnižšej teplote vstrekovania. Tiež čím väčšia je rýchlosť a tlak vstrekovania, tým väčší je stupeň orientácie. Orientácia makromolekúl sa vo výlisku prejaví značným zvýšením mechanickej pevnosti materiálu v smere orientácie aj toku taveniny a dodatočným zmraštením výlisku pri jeho ohrievaní nad teplotu T_g . Pri nerovnomernej orientácii makromolekúl vzniká medzi viac a menej orientovanými oblasťami vnútorné pnutie z orientácie, ktoré možno odstrániť ohrievaním výlisku nad teplotu T_g . Tok taveniny je cha-

rakterizovaný prítomnosťou šmykových síl, ktoré pôsobia na makromolekuly plastu. Ak je plast v roztavenom stave, makromolekuly sú v rovnovážnom stave a zaujmú tvar náhodne zbaleného klobka. V procese vstrekovania sú tieto klobká vystavené šmykovým silám, vplyvom ktorých sa úseky makromolekúl rozbaľujú v smere toku. To je podstatou orientácie makromolekúl, v dôsledku čoho sa rozbalené časti makromolekuly dostávajú do nerovnovážneho stavu. Orientované úseky makromolekuly majú snahu dostať sa späť do tvaru klobiek, k čomu však musia byť dostatočne pohyblivé a musia mať k dispozícii určitý čas. Pohyblivosť závisí hlavne od teploty. Proces, ktorým sa ruší alebo znižuje orientácia makromolekúl sa nazýva relaxácia. Výsledný stupeň orientácie makromolekúl ovplyvňuje rôzne vlastnosti výstrekku. V smere orientácie má výstrek vyššiu pevnosť a vyšší modul pružnosti ale nižšiu ťažnosť a rázovú húževnatosť, než v smere kolmom. Orientácia je taktiež zdrojom vzniku vnútorných napätí. Orientácia makromolekúl závisí od spôsobu plnenia formy, charakteru prúdenia taveniny a tiež od technologických podmienok vstrekovania. Teplota taveniny ovplyvňuje viskozitu hmoty. Čím je teplota vyššia, tým je hmota menej viskózna. Pri nízkej teplote má tavenina vysokú viskozitu a vstrekovací tlak vyvoláva vysoké šmykové napätia, ktoré majú za následok vysoký stupeň orientácie makromolekúl. Nízka teplota taktiež urýchľuje chladnutie hmoty, a tým sa zhoršujú podmienky pre relaxáciu. Ak sa zvyšuje vstrekovací tlak, zrýchľuje sa plnenie formy. Tým sa síce zvyšujú šmykové napätia, ale na druhej strane hmota nestihne vychladnúť tak rýchlo ako pri pomalom plnení a podmienky pre relaxáciu sú priaznivejšie. Navyše väčšia rýchlosť plnenia má za následok väčší vývin tepla trením a zvýšenie teploty hmoty, čím sa účinok zvýšeného tlaku zmierňuje. Vplyv samotného vstrekovacieho tlaku teda nie je jednoznačný. Oproti tomu zvyšovanie dotlaku a predlžovanie doby jeho trvania vedie k vyššej orientácii hlavne v blízkosti vtoku. Vyššia teplota formy spomaľuje ochladzovanie, napomáha relaxácii a orientácia makromolekúl klesá. Pri plnených polyméroch sú vplyvom šmykových síl rovnako aj vlákna orientované v smere toku taveniny. Záleží však aj na spôsobe tečenia. Pri dvojsmernom spôsobe tečenia sú vlákna ukladané v hmote veľmi zložitým spôsobom s rôznou prednostnou orientáciou vlákien. V optimálnom prípade je možné nájsť na priereze výstrekku štyri vrstvy. Na povrchu je vrstva, v ktorej sú vlákna uložené chaoticky a nevykazujú žiadnu prednostnú orientáciu. Vo vrstve pod ňou sú vlákna orientované v smere toku, keďže prevláda pozdĺžne prúdenie. Tretia prechodová vrstva je opäť bez prednostnej orientácie a uprostred sa nachádza vrstva, v ktorej sú vlákna orientované kolmo k smeru prúdenia, keďže v tejto vrstve je určujúce priečne prúdenie. Výsledné vlastnosti výstrekku závisia

od pomeru hrúbok vrstiev s pozdĺžnou a priečnou orientáciou. V smere orientácie vlákien rastie pevnosť a modul pružnosti a klesá ťažnosť. V smere kolmom sú pomery opačné. Výlisky s vláknitým plnivom spravidla vykazujú vysokú anizotropiu vlastností. Vytvorenú orientáciu vlákien nemožno relaxačným procesom ovplyvniť. [1, 2, 4]

2.2.2 Zmršťovanie materiálu

Zmraštenie je trvalá zmena rozmerov výrobku po jeho vybratí z dutiny formy. Závisí ako od druhu spracovávanej hmoty, tak aj od technologických parametrov a času. Neprebíha hneď, zisťuje sa meraním výrobku po 24 hodinách skladovania pri 20°C a pri 65 % relatívnej vlhkosti. Zmraštenie rôznych plastov je väčšinou uvádzané v určitom rozsahu. Tento rozsah alebo tiež tolerancia zmraštenia zahrňuje rozdiely zmraštenia spôsobené rôznou hrúbkou steny (hrubšia stena má vždy väčšie zmraštenie ako tenšia), rozdielnymi technologickými podmienkami a anizotropiou zmraštenia. Zmraštenie v smere toku materiálu je iné ako v smere kolmom na tok. Zmraštenie je vlastnosť špecifická pre konkrétny druh materiálu. Určuje ju výrobca materiálu. Pri amorfných termoplastoch je zmraštenie i jeho rozptyl menší ako pri kryštalických termoplastoch vzhľadom na zmenu štruktúry. Plnené polyméry majú analogicky zmraštenie menšie ako polyméry neplnené, pretože plnivá sa spravidla zmrašťujú menej ako samotný polymér. [2]

2.2.3 Kryštalizácia (heterogénna morfológická štruktúra)

Ako u amorfných, tak u čiastočne kryštalických polymérov sú makromolekulárne reťazce aj ich časti v pevnom stave viazané k sebe medzimolekulárnymi silami. Na ich intenzite sú závislé najmä mechanické vlastnosti príslušného polyméru. Platí, že účinok pôsobenia medzimolekulárných síl je nepriamo závislý na vzájomnej vzdialenosti molekúl a tá je najmenšia v usporiadaných častiach reťazca v kryštalickom stave. Kryštalické polyméry majú teda vyššie a na teplote menej závislé mechanické vlastnosti oproti amorfným polymérom. Kryštalická fáza má tiež vyššiu hustotu ako amorfná fáza. Pri kryštalizácii dochádza k zmenšovaniu objemu, a teda tieto materiály majú väčšie zmraštenie. Obsah kryštalickej fázy, veľkosť a rozloženie sferolitov závisí od chemickej štruktúry polymérov, dĺžky a vetvenia reťazca. Oblasti medzi kryštalickými útvarmi sú amorfné. Kryštalizácia prebieha prevažne pri tuhnutí taveniny vo forme, neskôr vo výrobku dochádza ešte k veľmi pomalej dodatočnej kryštalizácii, ktorá môže byť spojená s istými trvalými deformáciami alebo vznikom vnútorného pnutia. Zvýšené teploty dodatočnú kryštalizáciu podporujú. Kryštalizácia vo forme závisí od rýchlosti tuhnutia taveniny. Chladnejšia forma spôsobuje rýchlejš-

šie stuhnutie a zamedzenie možnosti kryštalizácie. Horúca forma má možnosť dostať výrobok s vyšším percentom kryštalinity a dodatočná kryštalizácia a vnútorné pnutie sú malé. Zmraštenie je pri použití horúcej formy väčšie. Vyššia kryštalinita má zvýšené percento kryštálov na úkor amorfných oblastí pri danom polymére dáva možnosť zvýšeniu hustoty, zvýšeniu modulu pružnosti, zvýšeniu pevnosti a medze klzu, zvýšeniu medze únavy, zvýšením tvarovej stálosti za tepla, zlepšenej chemickej odolnosti, zníženej ťažnosti, zníženej rázovej a vrúbovej húževnatosti a zníženej navlhavosti. [1, 2]

2.2.4 Poznatky a zhodnotenie

Optimalizáciu procesu je potrebné chápať nielen ako nastavovanie parametrov v procese vstrekovania. Môžeme priam povedať, že sa tu jedná skôr o súhrn informácií a znalostí, ktoré sú potrebné pre správnu voľbu vhodného materiálu, konštrukčného prevedenia formy, spracovateľského prostredia, ale aj vhodného výberu i nastavenia vstrekovacieho stroja. Pre správnu aplikáciu týchto znalostí je potrebné poznať materiál, ktorý sa spracováva a jeho správanie sa v procese vstrekovania. Nesprávnou aplikáciou poznatkov sa vnášajú do procesu chyby, ktoré môžu mať v niektorých prípadoch až katastrofálne dôsledky na funkčnosť a kvalitu výrobku. Častokrát sa tieto skryté chyby preukážu až neskôr, preto je dôležité dodržiavať určité zásady vstrekovania.

II. PRAKTICKÁ ČASŤ

3 MATERIÁLY POUŽITÉ PRE VÝROBU ELEKTROMAGNETICKÝCH CIEVOK

3.1 Vývoj elektromagnetov

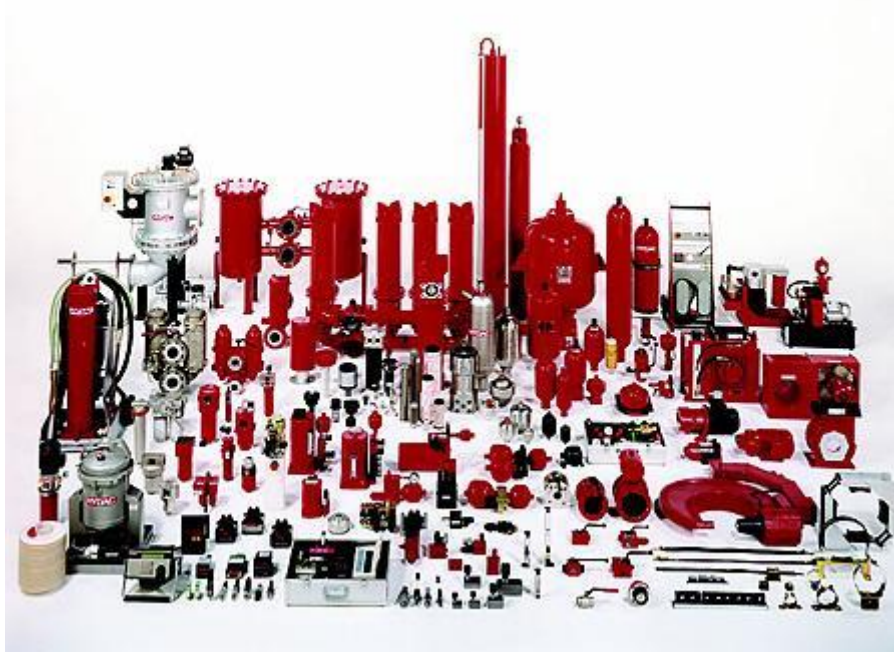
Spoločnosť HYDAC bola založená v roku 1963 ako výrobná spoločnosť pre hydraulické zariadenia a príslušenstvo v Nemecku, dnes pôsobí na trhu ako medzinárodná spoločnosť s viac ako 7500 zamestnancami, 50 pobočkami a viac ako 500 predajnými a servisnými partnermi po celom svete. Patrí medzi významných svetových hráčov v oblasti hydraulických, fluidných a elektronických zariadení. Na území Slovenskej Republiky je skupina HYDAC zastúpená dvoma spoločnosťami a to spoločnosťou HYDAC s.r.o. so sídlom v Martine, ktorá tu pôsobí výhradne ako predajná spoločnosť a spoločnosťou HYDAC Electronic s.r.o., ktorá je v súčasnosti na slovenskom trhu jedinou výrobnou spoločnosťou skupiny HYDAC a ktorej sa budeme venovať v nasledujúcich kapitolách tejto práce. Spoločnosť HYDAC Electronic, s.r.o. so sídlom v Tvrdošíne pôsobí na slovenskom trhu od roku 2001. Nosnou výrobou tejto spoločnosti je výroba elektromagnetických cievok, ktorá tvorí až 80 % objemu celkovej výroby tejto spoločnosti. Spoločnosť HYDAC Electronic, s.r.o. z hľadiska veľkostnej skladby patrí medzi stredne veľké spoločnosti. V roku 2014 dosiahla spoločnosť HYDAC Electronic s.r.o. obrat vo výške cca. 23 miliónov Eur pri počte zamestnancov 207. Vďaka komplexnosti produkcie zaujíma na domácom trhu vedúcu pozíciu.



Obr. 19. Spoločnosti HYDAC v Martine a v Tvrdošíne



Obr. 20. Výrobná hala HYDAC Electronic s.r.o.



Obr. 21. Prehľad portfólia vyrábaných komponentov

Keďže elektromagnetické cievky majú širokú škálu využitia, či sa jedná o energetický, stavebný, letecký, automobilový alebo poľnohospodársky priemysel, kladie sa veľký dôraz na ich spoľahlivosť. Elektromagnetické cievky sú konštruované tak, aby bola zaistená stanovená funkcia a bezpečnosť.

Musia spĺňať nasledovné podmienky:

- rozsah napätia od + 6 % / - 10 % menovitej hodnoty,
- odolávať výkyvom teplôt okolia od - 30 °C do + 50 °C,
- odolávať znečisteným prostrediam, prachom, agresívnymi plynmi a parami s obsahom solí.

Z hľadiska týchto požiadaviek sa spoločnosť HYDAC Electronic, s.r.o. zameriava na špičkové konštrukčné prevedenia týchto cievok, ale hlavne na materiál, ktorým sa cievky ob-

strekingujú. Materiály, ktoré táto spoločnosť HYDAC Electronic, s.r.o. v prevažnej miere využíva pre výrobu sú polyamidy PA6 a PA6.6, ktoré sú plnené sklenenými vláknami.

Spoločnosť HYDAC Electronic s.r.o. vyrába tento typ elektromagnetického ventilu ES - 1668 ako je na obrázku (Obr. 22) už niekoľko rokov a môže sa popýšiť jeho úspechom na trhu. V roku 2014 však nastali problémy a firme prichádzali neustále reklamácie zo strany zákazníka.

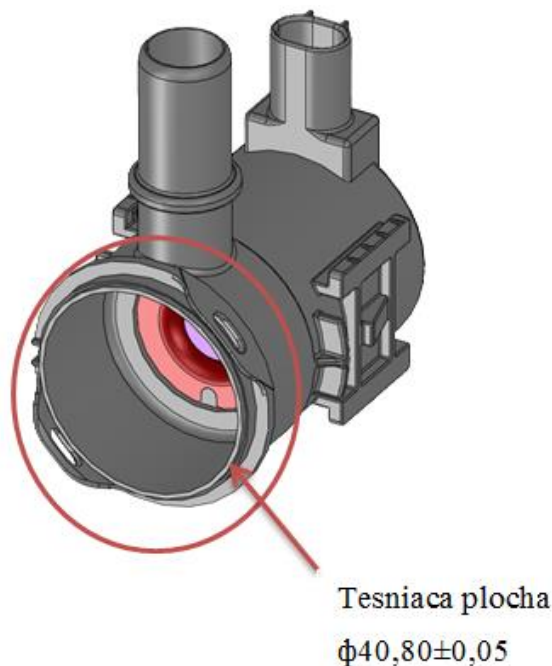


Obr. 22. Elektromagnetický ventil ES – 1668

Nespokojnosť zákazníka bola v tom, že v spodnej časti elektromagnetického ventilu vidieť (Obr. 23) sa nachádza tesniaca plocha, ktorá nemala definovaný tvar a rozmer ako je predpísané vo výkresovej dokumentácii.

Návrh výrobcu ako dosiahnuť požadovaný tvar a rozmer bol nasledovný:

- optimalizáciou procesu,
- nájsť vhodnú náhradu materiálu.



Obr. 23. Problémový tvar ventila ES – 1668

3.2 Polyamidy

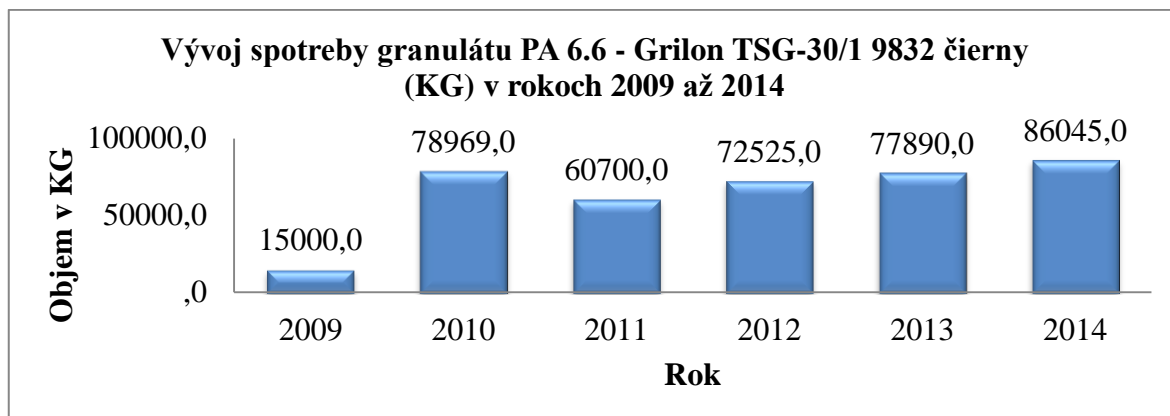
Polyamid typu PA6.6 s prísadou sklenených vlákien ponúka vysoko pevný, tuhý, tlaku odolný materiál s vysokou stabilitou rozmerov. V porovnaní s PA6 a PA6.6 poskytuje vyššiu tuhosť, vyššiu odolnosť opotrebenia a nižšiu nasiakavosť vo vode a vlhkom prostredí. Tieto vlastnosti ho predurčujú pre náročné aplikácie s veľmi vysokým zaťažením a vysokou stabilitou rozmerov.

Spoločnosť HYDAC Electronic, s.r.o. spotrebováva približne 120 ton granulátov ročne, z čoho 80% predstavuje práve granulát PA 6.6. V roku 2014 bolo 70 % potreby pokryté jediným typom polyamidu PA 6.6 s obsahom 30 % skleneného vlákna.

Z pohľadu diverzifikácie rizika je preto pre túto spoločnosť nutné hľadať nové alternatívy, ktoré by plne spĺňali náročné požiadavky ako spomínaný granulát. Vývoj spotreby tohto granulátu uvádzame v grafe nižšie.

Tab. 1. Vývoj spotreby granulátu PA 6.6 – Grilon TSG – 30/1

Vývoj spotreby granulátu PA 6.6 - Grilon TSG-30/1 9832 čierny (KG)						
Rok	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Spotreba vo výrobnom závode HYDAC Electronic s.r.o.	15 000	78 969	60 700	72 525	77 890	86 045



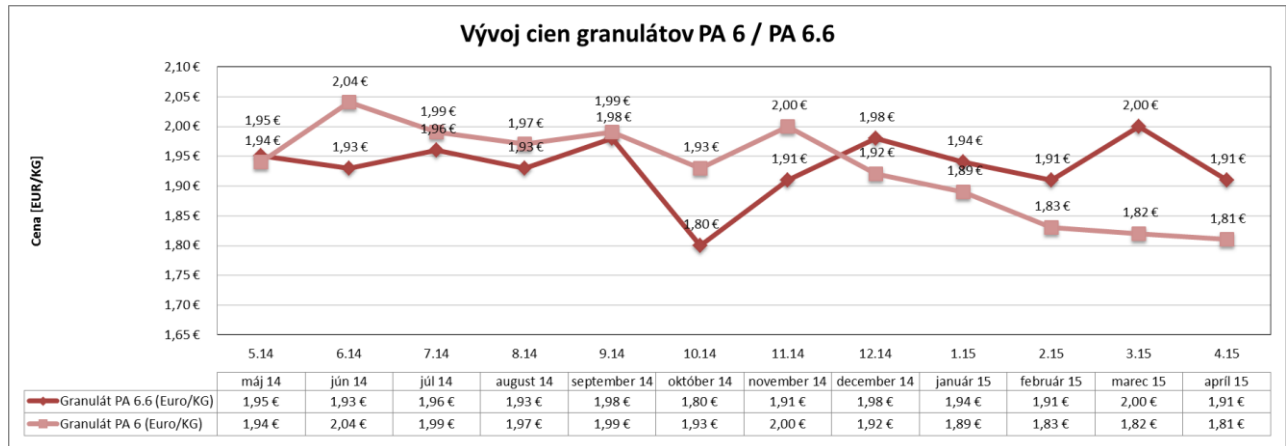
Obr. 24. Graf vývoja spotreby granulátu PA 6.6 za päť rokov

Pri hľadaní novej alternatívy je veľmi dôležitým faktorom práve ekonomické hľadisko, a teda cena obstarania prípadnej alternatívy a taktiež dlhodobá stabilita trhových cien daného granulátu. Vývoj cien granulátov PA 6.6 / PA 6 za obdobie 12 mesiacov:

Tab. 2. Vývoj cien granulátov PA 6.6 / PA 6

Mesiac	Granulát PA 6.6		Granulát PA 6	
	Priemerná cena v Euro/KG	Počet zohľadnených cenových ponúk	Priemerná cena v Euro/KG	Počet zohľadnených cenových ponúk
máj 14	1,95 €	41	1,94 €	38
jún 14	1,93 €	24	2,04 €	23
júl 14	1,96 €	24	1,99 €	22
august 14	1,93 €	27	1,97 €	25
september 14	1,98 €	37	1,99 €	41
október 14	1,80 €	26	1,93 €	27
november 14	1,91 €	31	2,00 €	26
december 14	1,98 €	27	1,92 €	20
január 15	1,94 €	32	1,89 €	23
február 15	1,91 €	28	1,83 €	28
marec 15	2,00 €	39	1,82 €	34
apríl 15	1,91 €	23	1,81 €	26

Uvedené ceny vychádzajú z predložených cenových ponúk a nie zo zrealizovaných transakcií. Vypočítaná priemerná mesačná úroveň cien zohľadňuje všetky cenové ponuky, ktoré boli v danom mesiaci predložené.



Obr. 25. Graf vývoja cien granulátov PA6/PA6.6

Vzhľadom na uvedené fakty boli pre účely tejto práce použité a spracované nasledovné materiály, ktoré sú považované za možné alternatívy pre výrobu elektromagnetických cievok spoločnosti HYDAC Electronic, s.r.o.:

- Grilon TSG-30/1,
- Zytel 70G30 HSL BK039B,
- Akromid A3 GF30,
- Akromid A3 GF35,
- Technyl A 402 Natural FA.

Týmito materiálmi PA6.6 sa budeme ďalej zaoberať v tejto práci, porovnávať ich medzi sebou a materiálovými listami (viď príloha) za určitých spracovateľských teplôt. Výsledkom tejto práce je nájsť najvhodnejší materiál na základe porovnania ich mechanických vlastností a previesť optimalizáciu procesu.

3.3 Príprava vzoriek

3.3.1 Sušenie materiálov

Na prípravu vzoriek bolo použitých päť vyššie uvedených materiálov. Tieto materiály (granuláty) boli vysušené podľa predpisu materiálového listu viď (Tab. 3) na zariadení Labotek DDM viď (Obr. 26).

Tab. 3. Predpis sušenia pre dané materiály

Granuláty PA6.6		
Obchodný názov	Teplota sušenia [°C]	Čas sušenia [hod.]
Grilon TSG-30/1	80	4 až 12
Zytel 70G30HSL BK039B	80	2 až 4
Akromid A3 GF30	80	4 až 12
Akromid A3 GF35	80	4 až 12
Technyl A402 NATURAL FA	80	4 až 6



Obr. 26. Mobilná sušička Labotek DDM

3.3.2 Nastavenie vstrekovacieho procesu pre výrobu vzoriek

Takto vysušené materiály boli uložené v hermeticky uzatvoriteľných nádobách a prepravené do laboratórnych priestorov UTB v Zlíne, kde boli následne spracované na vstrekovacom stroji DEMAG ergotech 50-200 systém vid' (Obr. 27)

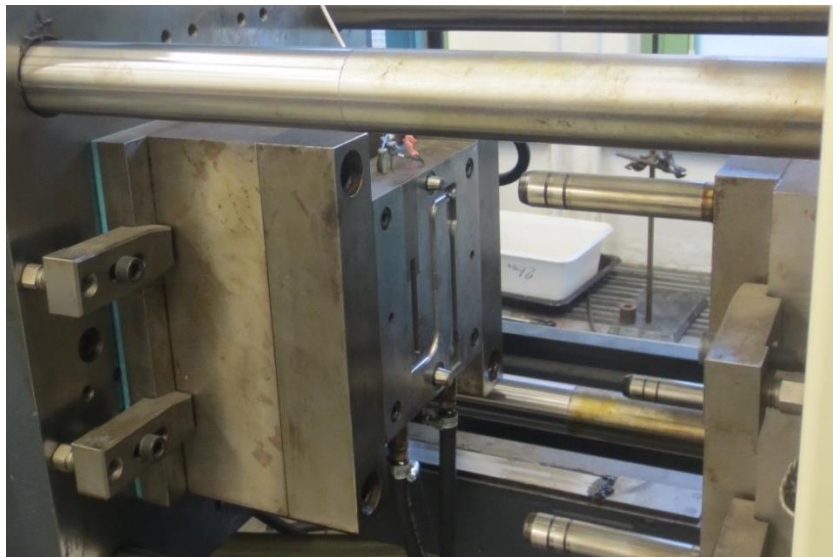


Obr. 27. Vstrekovací stroj DEMAG ergotech 50-200 systém

Na vstrekovacom stroji boli spracované granuláty v nasledovnom poradí:

1. Grilon TSG-30/1,
2. Zytel 70G30 HSL BK039B,
3. Akromid A3 GF30,
4. Akromid A3 GF35,
5. Technyl A 402 Natural FA.

Všetky granuláty boli spracované v rovnakej forme vid' (Obr. 28), ktorá bola vyrobená pre normalizované skúšobné vzorky. Pre každý typ granulátov boli nastavené rovnaké spracovateľské podmienky vid' (Tab. 4), teploty pre vyhrievanie formy vid' (Obr. 29), tak aj teploty na vstrekovacej jednotke vid' (Obr. 30) a zároveň rovnaké nastavenia procesov. Materiálové listy týchto materiálov ako sú Grilon TSG-30/1, Zytel 70G30 HSL BK039B, Akromid A3 GF30, Akromid A3 GF35, Technyl A 402 Natural FA majú síce rôzne teploty topenia, ale v praxi sú častokrát tieto materiály spracovávané na vyšších teplotách. Častokrát je to viac aj o 30°C, preto bola pre všetky druhy materiálov nastavená rovnaká teplota vid' (Tab. 4).



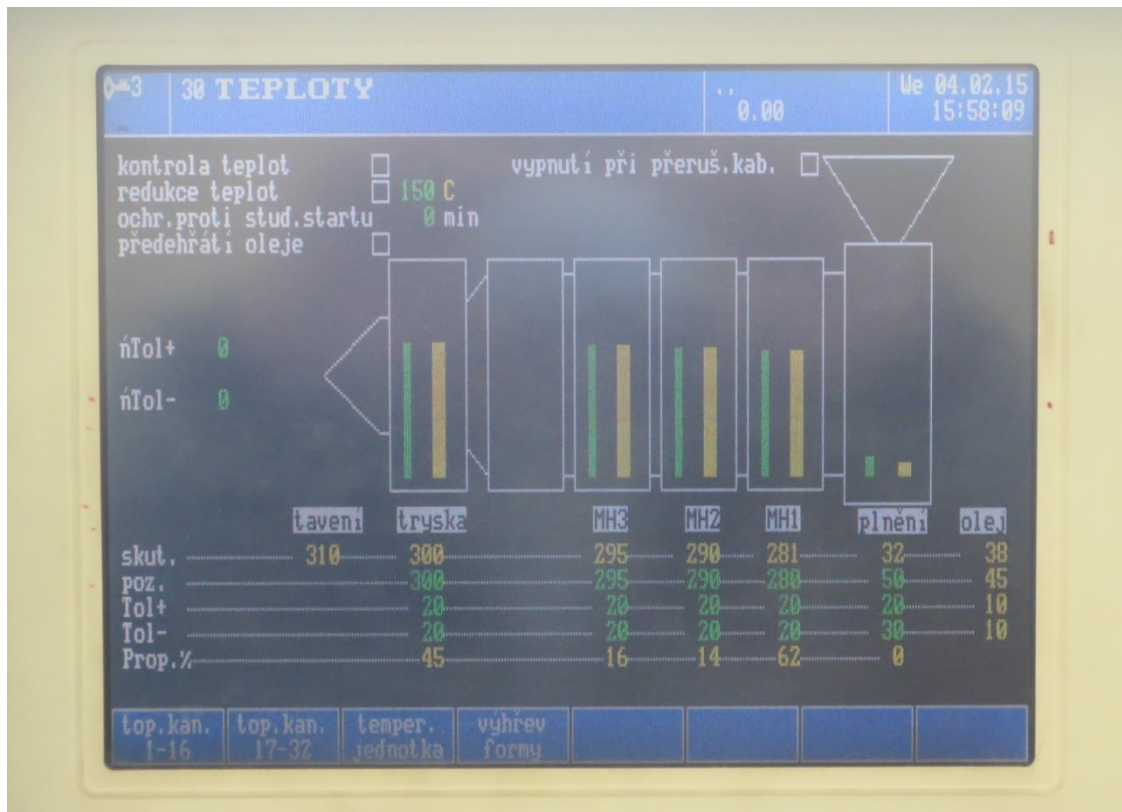
Obr. 28. Vstrekovacia forma pre skúšobné vzorky

Tab. 4. Vstrekovacie parametre pre jednotlivé série

Séria		Vstrekovací tlak [bar]	Čas dotlaku [s]	Dotlak [bar]	Čas chladenia [s]	Rýchlosť vstrekovania [mm/s]	Teplota formy [°C]	Teplota valca [°C]	Uzatváracia sila [N]
Zmena tlaku	S1	400	4	400	15	40	80	300	400
	S2	500	4	400	15	40	80		
	S3	600	4	400	15	40	80		
	S4	700	4	400	15	40	80		
	S5	800	4	400	15	40	80		
Zmena dotlaku	S6	600	4	450	15	40	80	295	
	S7	600	4	350	15	40	80	290	
	S8	600	4	300	15	40	80	280	
	S9	600	4	250	15	40	80	50	
	S10	600	4	200	15	40	80		



Obr. 29. Temperačné zariadenie formy ERGOPLAST



Obr. 30. Nastavené hodnoty jednotlivých pásiem vstrekovacej jednotky

Pri každom materiáli bol postup nastavovania procesu rovnaký. Najskôr boli navolené základné parametre, od ktorých sa ďalej odvíjalo. U sledovaných vzoriek sa hodnotilo nasledovné:

- aby vzorky boli bez optických chýb,
- aby na vzorkách neboli stopy po lunkroch (vt'aženinách),
- aby na vzorkách neboli prietoky v deliacej rovine formy.

Pri takto navolených parametroch vid' (Obr. 31), boli vzorky bez optických chýb vid' (Obr. 32) o štandardných rozmeroch vid' (Tab. 5). Odstrekla sa prvá séria desiatich vzoriek, ktorá bola označená, ako séria S1 vid' (Tab. 4.). Pri tejto a zároveň ďalších zmenách jednotlivého parametra sa odstrekli dve až tri vzorky, aby bola istota, že daný parameter sa ustabilizoval. Tieto prvé tri vzorky boli vždy vyhodnené a ďalších desať sa po vychladení na teplotu okolia zabalilo do uzatvárateľných vreciek a označilo príslušnou sériou S1 až S10. V prvých piatich sériách S1 až S5 sa postupne po každej sérii zvyšoval tlak o 100 barov. Na základe optického uváženia vzorky a spracovateľských podmienok, pri ktorých bol daný granulát spracovaný, bol zvolený optimálny tlak. Tlak u série S3 sa javil ako najvhodnejší, s ktorým sa ďalej pracovalo. U sérii vzoriek S4 a S5 sa začali prejavovať prie-

toky na obvodových hranách vzoriek v deliacej rovine formy. To bol dôsledok toho, že daný tlak je už príliš veľký pre konštrukčné prevedenie formy alebo je už dutina formy preplnená. Tento istý priebeh bol u všetkých materiálov rovnaký. Pri ďalšom zhodnocovaní vzoriek sa ako druhý parameter menil dotlak. Dotlak pôsobí na zaplnenú formu tlakom, ktorý slúži ako ďalšie dopĺňovanie a vyrovnáva úbytok obsahu spôsobeným ochladením a netesnosťou formy, až do zatuhnutia vtoku. Taktiež má veľký vplyv na kvalitu výlisku, čo sa odrazí na váhe, rozmeroch, zmrštení, skrivení, vťahnutých miestach. Z tohto hľadiska bol dotlak volený od najväčšieho po najmenší vid' (Tab. 4).

		nast.		skut.				nast.		skut.	
čas cyklu		[s]	180.0	41.0	šnek zpět		[mm]	64.0	64.3		
čas zastavení lisu		[s]	2.00	0.00	plastifikace stop		[mm]	56.0	56.0		
čas mezi cykly		[s]	0.00		polštář tavné hmoty		[mm]		12.6		
čas vstřiku		[s]		1.48	SuOvr objem		[mm]	50.0	14.8		
čas plastifikace		[s]		6.43	SuOvr čas		[s]	2.08	1.48		
vstřikovací tlak		[bar]	1000	401	SuOvr p_spec		[bar]	400	401		
vstřik. rychlost		[mm/s]	40		SuOvr násob. pr.1			0	0		
konec dotlaku		[s]	0.00		profil vstřik.						
čas dotlaku		[s]	4.0		profil dotlaku						
dotlak		[bar]	400	400	plastif. profil						
čas chlazení		[s]	15.00								
zpoždění plastif.		[s]	0.00								
otáčky		[U/min]	150	0							
odpor šneku		[bar]	150								
odpor šneku ruční		[bar]	0								

Obr. 31. Nastavenie parametrov série S1



Obr. 32. Skúšobné vzorky

Tab. 5. Základné rozmery skúšobnej vzorky

	Hodnoty		
	L	š	h
	[mm]	[mm]	[mm]
Lopatka	≥150	10±0,2	4±0,2
Hranolček	≥80	10±0,2	4±0,2

20 OPTIMALIZACE PROCESU		0.00		We 04.02.15	
				15:40:43	
	nast.	skut.		nast.	skut.
čas cyklu [s]	180.0	48.2	šnek zpět [mm]	64.0	64.3
čas zastavení lisu [s]	2.00	0.00	plastifikace stop [mm]	56.0	56.0
čas mezi cykly [s]	0.00		polštář tavné hnoty [mm]		12.9
čas vstřiku [s]		1.52	SuOvr objem [mm]	50.0	13.5
čas plastifikace [s]		6.49	SuOvr čas [s]	2.00	1.52
vstřikovací tlak [bar]	1000	606	SuOvr p_spec [bar]	600	606
vstřik. rychlost [mm/s]	40		SuOvr násob. pr.1	0	0
konec dotlaku [s]	0.00		profil vstřik.	<input type="checkbox"/>	
čas dotlaku [s]	4.0		profil dotlaku	<input type="checkbox"/>	
dotlak [bar]	250	254	plastif. profil	<input type="checkbox"/>	
čas chlazení [s]	15.00				
zpoždění plastif. [s]	0.00				
otáčky [U/min]	150	0			
odpor šneku [bar]	150				
odpor šneku ruční [bar]	0				

Obr. 33. Nastavenie parametrov série S10

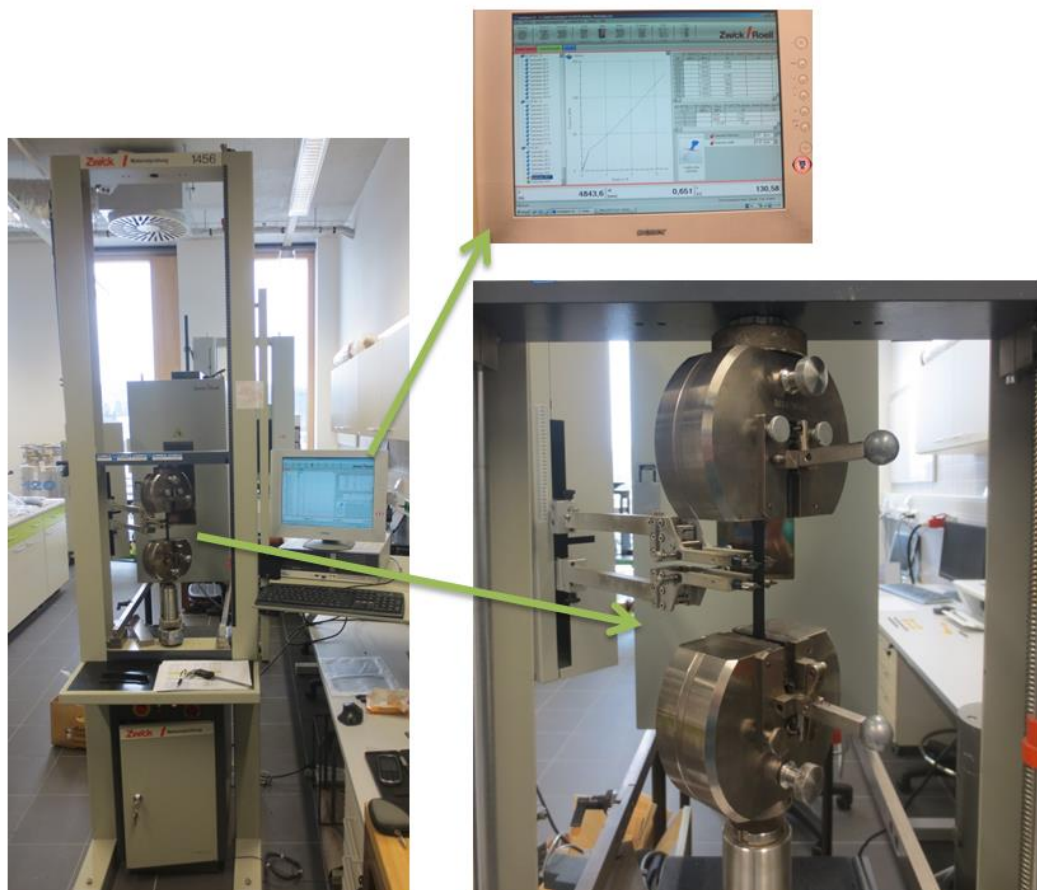
Po ukončení vstrekovania všetkých druhov materiálov Grilon TSG-30/1, Zytel 70G30 HSL BK039B, Akromid A3 GF30, Akromid A3 GF35, Technyl A 402 Natural FA, bolo zhotovených z každého materiálu po 100 kusov vzoriek pre skúšku ťahovú a skúšku dynamickú. Výroba vzoriek prebiehala bez najmenších komplikácií. Musí sa však poukázať na fakt, že u posledného typu materiálu, ktorým bol Technyl A 402 Natural FA, ktorý nie je plnený skleneným vláknom, tieto vzorky vypadávali z formy obťažnejšie. Na tento problém nemal vplyv tlak a dotlak, ale skôr krátky čas chladenia vo forme. Polyamidy PA 6 a PA 6.6, ktoré nie sú plnené skleneným vláknom, potrebujú oveľa dlhší čas chladenia ako plnené. Avšak, aby sa neovplyvnil proces vstrekovania a zároveň bol dodržaný rovnaký postup spracovania u všetkých materiálov, musel sa tento problém prehladnúť.

3.4 Skúšky mechanických vlastností

Všetky materiály, ktoré boli spracované procesom vstrekovania, boli zhotovené za rovnakých podmienok. Nasledujúce skúšky nám ukážu, aký vplyv malo nastavenie procesov na mechanické vlastnosti materiálov.

3.4.1 Statická skúška ťahom

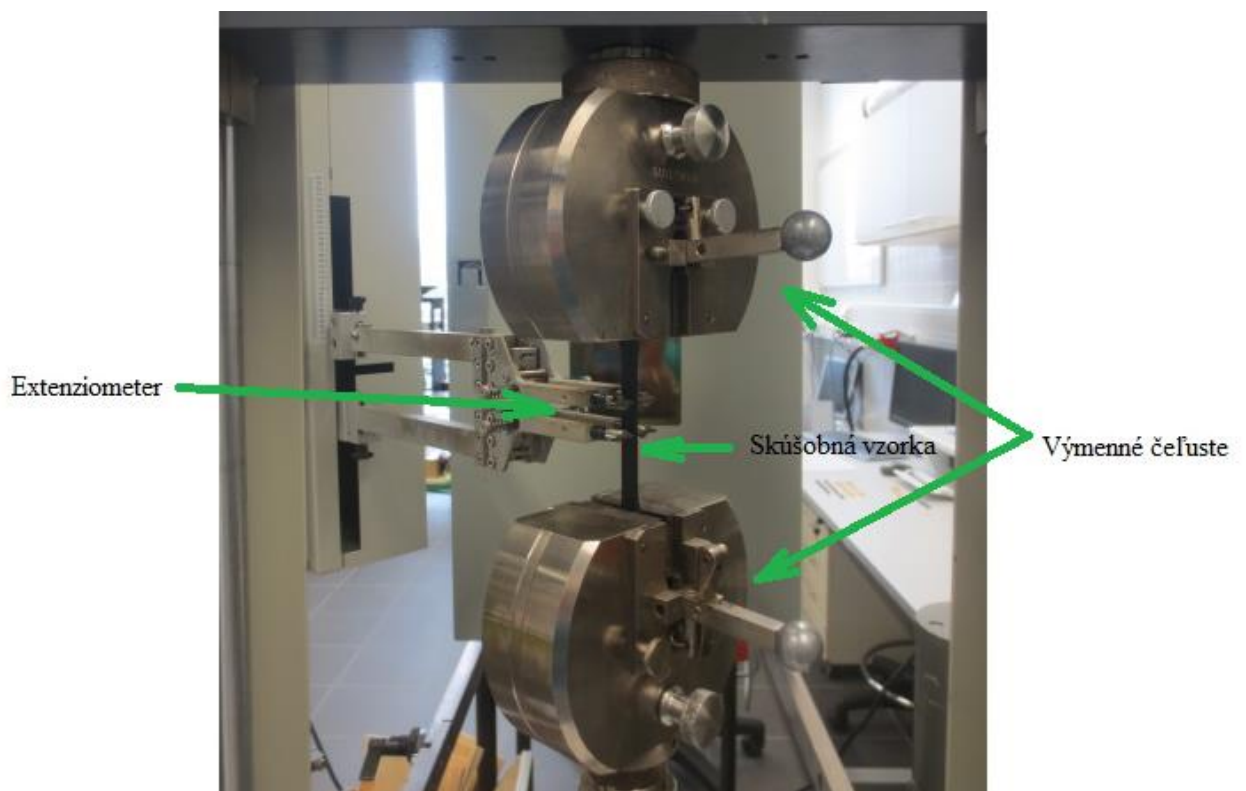
Táto skúška bola vykonaná podľa príslušnej normy ČSN EN ISO 527 – 1 na univerzálnom skúšobnom stroji Zwick 1456 vid' (Obr. 32), na ktorom bolo spracovaných 500 kusoch vzoriek za laboratórnych podmienok pri teplote 23°C a relatívnej vlhkosti 55 %. [22]



Obr. 34. Zwick 1456 Univerzálny skúšobný stroj

Princíp skúšky spočíva v statickom zaťažení skúšobnej vzorky predpísaných tvarov a rozmerov až do jej roztrhnutia. Vzorka je upnutá do čelústí skúšobného (trhacieho) stroja tak, aby sa os vzorky zhodovala s osou pôsobiacej sily. Vkladanie skúšobných vzoriek do čelústí trhacieho stroja nebolo náročné, avšak musel sa dať pozor na to, aby skúšobná vzorka bola skutočne v strede a zároveň v osi týchto čelústí. Nesprávne upnutie vzoriek by spôso-

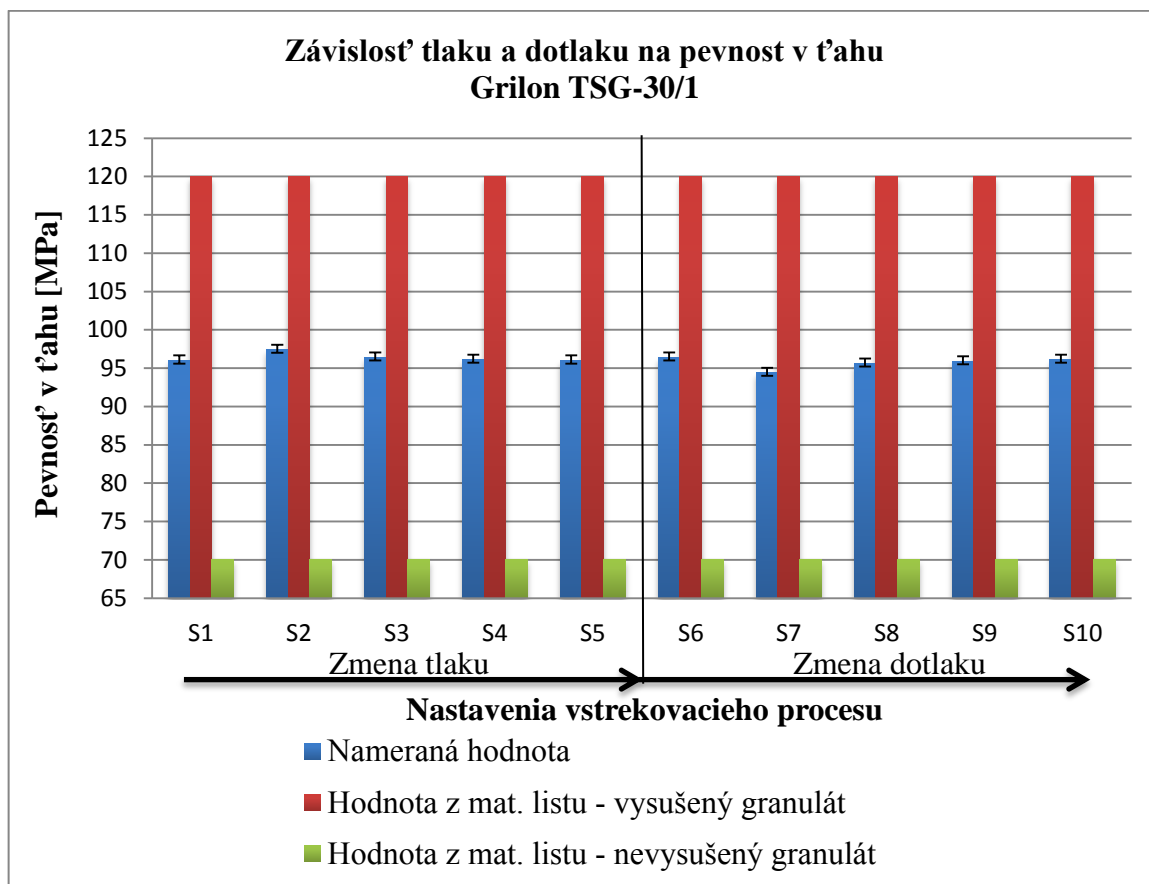
bolo, že sa nepretrhnú v strednej časti vzorky, čo môže skresliť, alebo úplne ovplyvniť výsledky merania. Aby sa vyvarovalo vyššie uvedeným a rôznym iným chybám pri tejto skúške, musí byť osoba, ktorá obsluhuje skúšobné zariadenie zaškolená a oboznámená so smernicou laboratória. Pred spustením ťhacieho stroja sa ešte raz skontrolovali nastavenia, a to vzdialenosť čeľustí, parametre pre meranie E - modulu pružnosti v ťahu. Po spustení merania sa k vzorke prisunie extenziometer vid' (Obr. 35), ktorý zaznamenáva meranie E - modulu s presnosťou 1 % meranej dĺžky. Toto meranie prebieha pri zaťažujúcej rýchlosti 1 mm / min až do dosiahnutia hodnoty 0,25 mm predĺženia, potom sa zaťažujúca rýchlosť zvýši podľa príslušnej normy v závislosti od skúšaného materiálu až do pretrhnutia vzorky. Výsledkom statickej skúšky ťahom je krivka a zaznamenané hodnoty. Postup u všetkých materiálov bol rovnaký. Z každého typu materiálu bolo pretrhnutých 100 skúšobných vzoriek, z ktorých program ťhacieho zariadenia vyhodnotil výsledky merania.



Obr. 35. Pracovná časť skúšobného stroja Zwick 1456

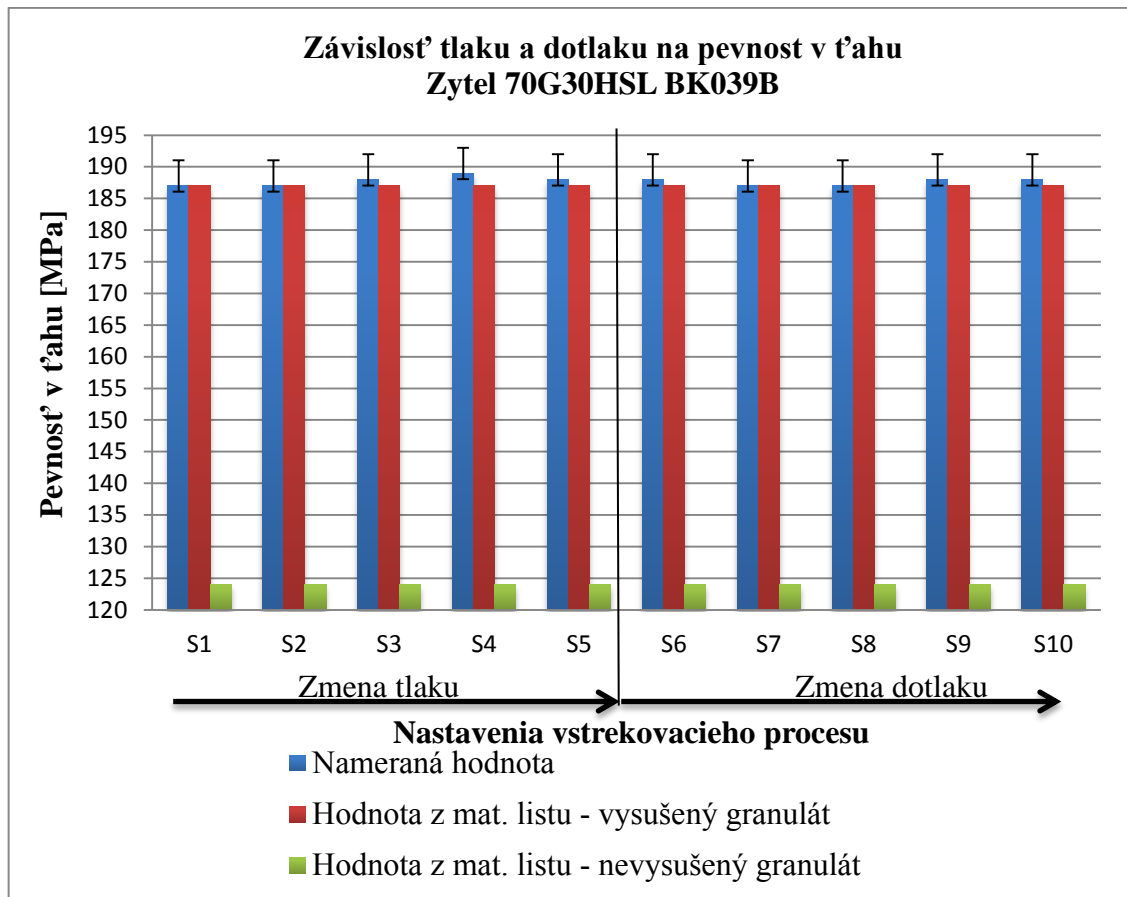
3.4.2 Grafické znázornenia priebehov u nameraných vzoriek

V nasledujúcich grafických závislostiach môžeme vidieť, aký vplyv mali jednotlivé zmeny parametrov v procese vstrekovania na pevnosť v ťahu. Namerané hodnoty sa v grafoch porovnávajú s hodnotami z materiálových listov pre dané materiály. Modré stĺpce v jednotlivých grafoch znázorňujú namerané hodnoty z ťahových skúšok. Stĺpce označené červenou a zelenou farbou sú hodnoty z materiálových listov, ktoré predpisuje výrobca pre dané vysušené a nevysušené materiály. Pri výrobe všetkých vzoriek sa dodržal rovnaký postup a to taký, že v sériách S1 až S5 sa postupne zvyšoval tlak o 100 barov viď (Tab. 4). Určil sa optimálny tlak, ktorý sa použil pre ďalšie nastavovanie parametrov dotlaku. V sériách S6 až S10 bol meneným parametrom dotlak. Tento parameter sa menil s klesajúcou postupnosťou. V sériách S6 po S7 sa tento dotlak znižoval vždy o 100 barov a v sériách S7 až S10 bol tento parameter znižovaný po 50 baroch. Materiály použité pre výrobu vzoriek boli vysušené podľa predpisu, ktorý udáva výrobca v materiálovom liste pre príslušný materiál.



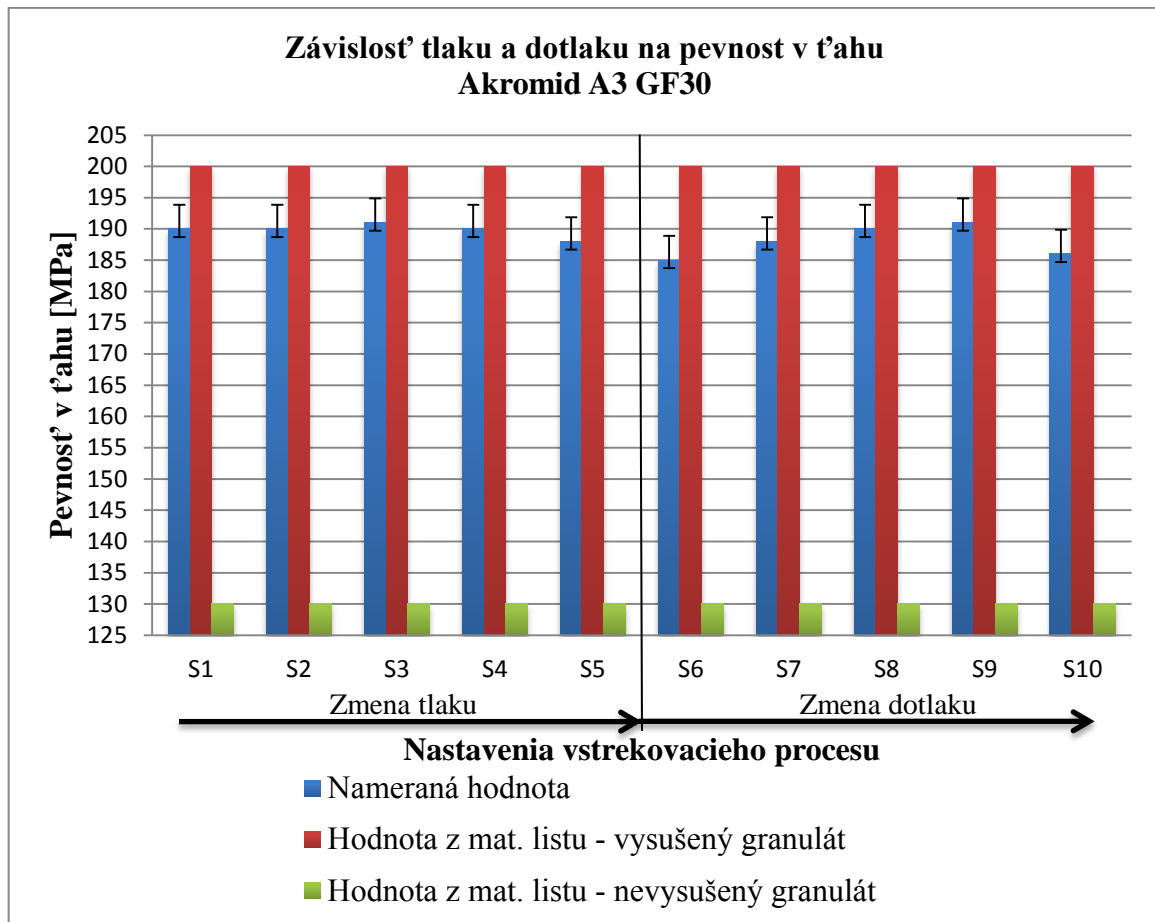
Obr. 36. Grafická závislosť tlaku a dotlaku na pevnosť v ťahu pre Grilon TSG-30/1

Grafická závislosť, ktorá je znázornená na obrázku (Obr. 36) znázorňuje, aký vplyv mali jednotlivé zmeny tlaku a dotlaku na výslednú pevnosť v ťahu pre materiál plnený skleným vláknom s obsahom 30 % na proces vstrekovania. V sérií S1 až S5 si môžeme všimnúť, že pevnosť ťahu začala stúpať, ale len po sériu S2. Od série S3 má táto závislosť mierne klesajúci priebeh ako by už na ďalšie zvyšovanie tlaku vôbec nereagovala. Tento jav mohlo spôsobiť, že dutina formy bola už preplnená materiálom, čo sa prejavilo prietokmi v deliacej rovine a po okrajoch vzoriek. Z tohto hľadiska sa môže usúdiť, že u daného materiálu nedošlo k úplnej kryštalizácii, čo sa prejavilo na znižujúcej sa pevnosti v ťahu. Z optického uváženia podľa vzoriek sa zvolil optimálny tlak vid' (Tab. 4). Tento tlak sa nastavil pre sériu S6 až S10, kde sa ďalej menil len parameter dotlaku. Tento parameter sa menil klesajúcou postupnosťou ako už bolo spomenuté na začiatku. Na grafickej závislosti sa vplyv znižovania dotlaku prejavoval úplne inak ako sa predpokladalo. U série S7 bol síce zaznamenaný pokles pevnosti v ťahu, ale od série S8 až S10 sa táto pevnosť začala mierne zvyšovať, aj keď sa dotlak znižoval. Tento jav poukazuje na fakt, že postupne znižujúcim sa dotlakom sa v dutine formy vytvára väčší priestor pre kryštalizáciu, a tým sú dané vzorky pevnejšie. Pri výrobe vzoriek sa ako najlepšie javila séria vzoriek S3, avšak z grafu je vidieť, že najlepšie hodnoty dosiahla séria S2. U tohto materiálu ani jedna zo sérií nedosiahla hodnoty, ktoré predpisuje výrobca pre vysušený materiál. Pokles pevnosti v ťahu mohol byť spôsobený nedostatočnou dobou sušenia alebo tým, že tento materiál sa radí medzi termoplasty, ktoré sú značne navlhavé, čo spôsobilo taký odstup na pokles pevnosti v ťahu.



Obr. 37. Grafická závislosť tlaku a dotlaku na pevnosť v ťahu pre Zytel 70G30HSL BK039B

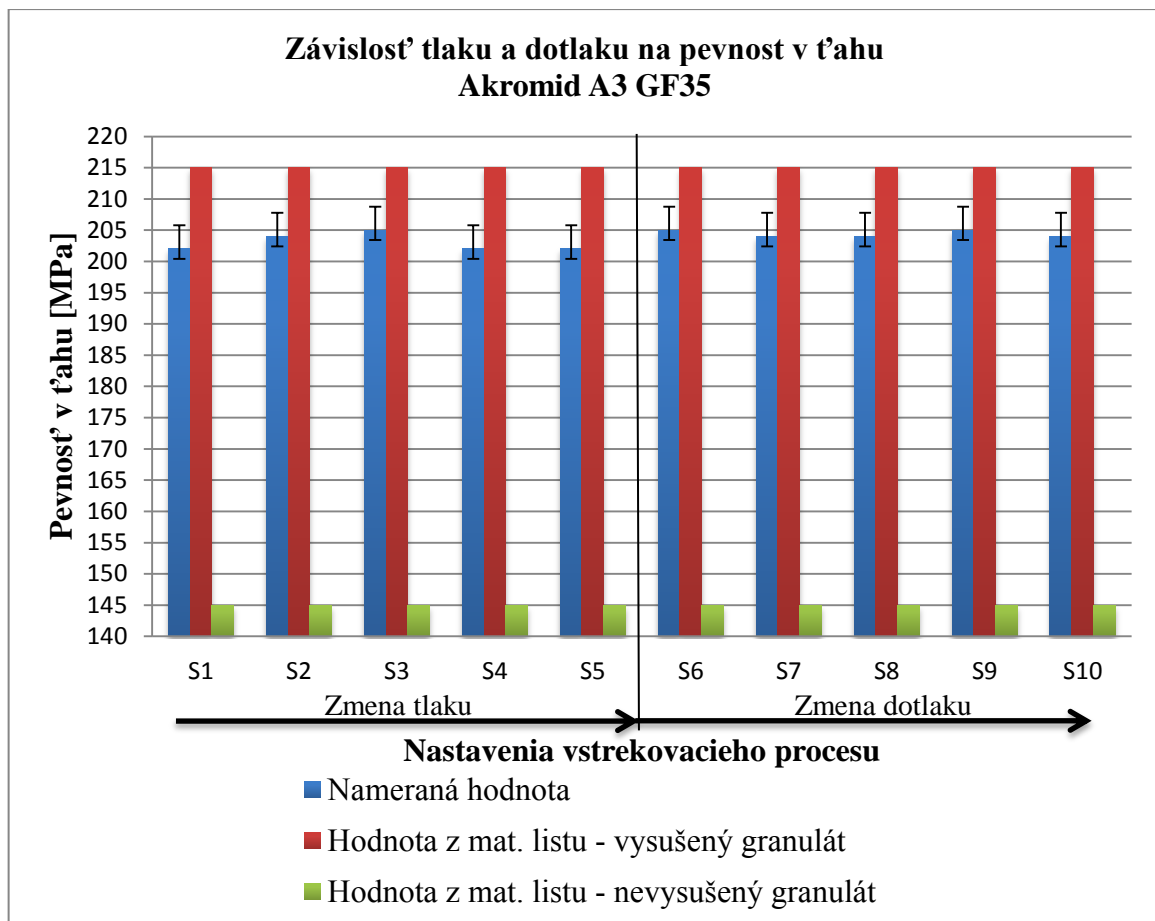
Z grafu, ktorý je znázornený na obrázku (Obr. 37) možno vidieť, že hoci je materiál rovnako plnený skleneným vláknom s obsahom 30 % ako predchádzajúci, má iný priebeh pevnosti v ťahu na jednotlivé zmeny parametrov v procese vstrekovania. Namerané hodnoty sa v grafickej závislosti prejavili tak, že pevnosť ťahu začala stúpať, ale u série S5 mierne poklesla. Optimálny tlak sa javil u série S3, s ktorým sa ďalej pracovalo. V sériách S6 až S10 bol meneným parametrom dotlak, ktorý sa menil klesajúcou postupnosťou. Pri týchto sériách však mala séria S6 rovnakú závislosť ako séria S5. Na sérii S7 a S8 sa prejavil nepatrný pokles pevnosti v ťahu, ale séria S9 a S10 opäť stúpila na rovnakú hodnotu ako séria S3, S5 a S6. Je potrebné uviesť, že pri výrobe vzoriek sa ako najlepšie javila séria vzoriek S3, avšak u grafickej závislosti najlepších hodnôt dosiahla séria S4. Musí sa však upozorniť na fakt, že u tohto materiálu nech sa akokoľvek menili spracovateľské podmienky, na pevnosti materiálu sa to nijak zvláštno nepreukázalo. Z grafu je vidieť, že namerané hodnoty sú takmer totožné s hodnotami, ktoré predpisuje výrobca u vysušeného materiálu. Môžeme teda povedať, že tento materiál sa javí ako dobrá voľba pre ďalšie použitie.



Obr. 38. Grafická závislosť tlaku a dotlaku na pevnosť v ťahu pre Akromid A3 GF30

U tejto grafickej závislosti, ktorá je znázornená na obrázku (Obr. 38) môžeme vidieť, aký vplyv mali jednotlivé zmeny parametrov v procese vstrekovania na výslednú pevnosť v ťahu. Tento materiál má rovnaký obsah sklenených vlákien ako predchádzajúce materiály, avšak na výslednej pevnosti v ťahu sa to prejavilo inakšie. Na grafickej závislosti sa to prejavilo tak, že pevnosť ťahu u série S1 a S2 bola konštantná, ale u série S3 sa nepatrne zvýšila. Séria S4 má takú istú závislosť ako séria S1 a S2. Ďalším zvýšením tlaku sa séria S5 prejavila znížením pevnosti v ťahu. Môžeme sa domnievať, že tento jav mohlo spôsobiť to, že dutina formy bola už preplnená materiálom, čo sa v konečnom dôsledku prejavilo prietokmi v deliacej rovine po okrajoch vzoriek. Z tohto dôvodu bol zvolený optimálny tlak, s ktorým sa ďalej pracovalo pri meniacom sa dotlaku vid' (Tab. 4). V grafickej závislosti sa prejav znižovania dotlaku prejavoval úplne inak ako sa predpokladalo. Od série S6 až S9 má pevnosť rastúci priebeh, aj keď sa dotlak znižoval. Tento jav poukazuje na fakt, že postupne znižujúcim dotlakom sa v dutine formy vytvára väčší priestor pre kryštalizáciu, a tým sú dané vzorky pevnejšie. V sérii S10 pevnosť poklesla, čo má za následok už príliš malý dotlak. Pri výrobe vzoriek sa ako najlepšie javila séria vzoriek S3, to nám po-

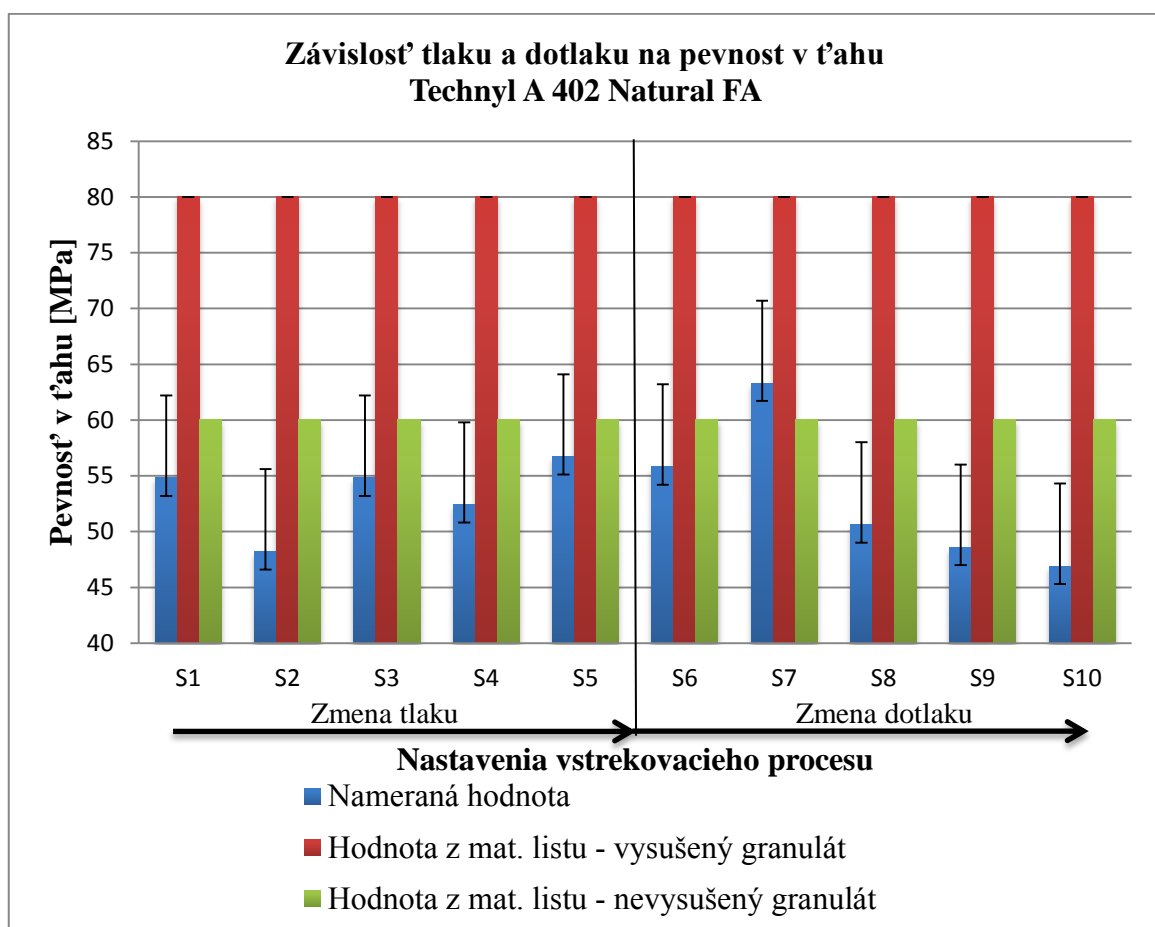
tvrdil aj výsledok z grafu, avšak taký istý výsledok dosiahla aj séria S9. Musí sa však podotknúť na fakt, že ani jedna zo sérií nedosiahla hodnoty, ktoré predpisuje výrobca u vysušeného materiálu. Vzhľadom na skutočnosť, že materiál bol vysušený a uložený v hermeticky uzatvorených nádobách, ale spracovaný nebol hneď po dopravení do priestorov laboratória školy, nemôže sa vylúčiť jeho dodatočné navlhnutie. Vo všeobecnosti sa vie, že termoplasty sú navlhavé a tento fakt mohol spôsobiť pokles pevnosti v ťahu.



Obr. 39. Grafická závislosť tlaku a dotlaku na pevnosť v ťahu pre Akromid A3 GF35

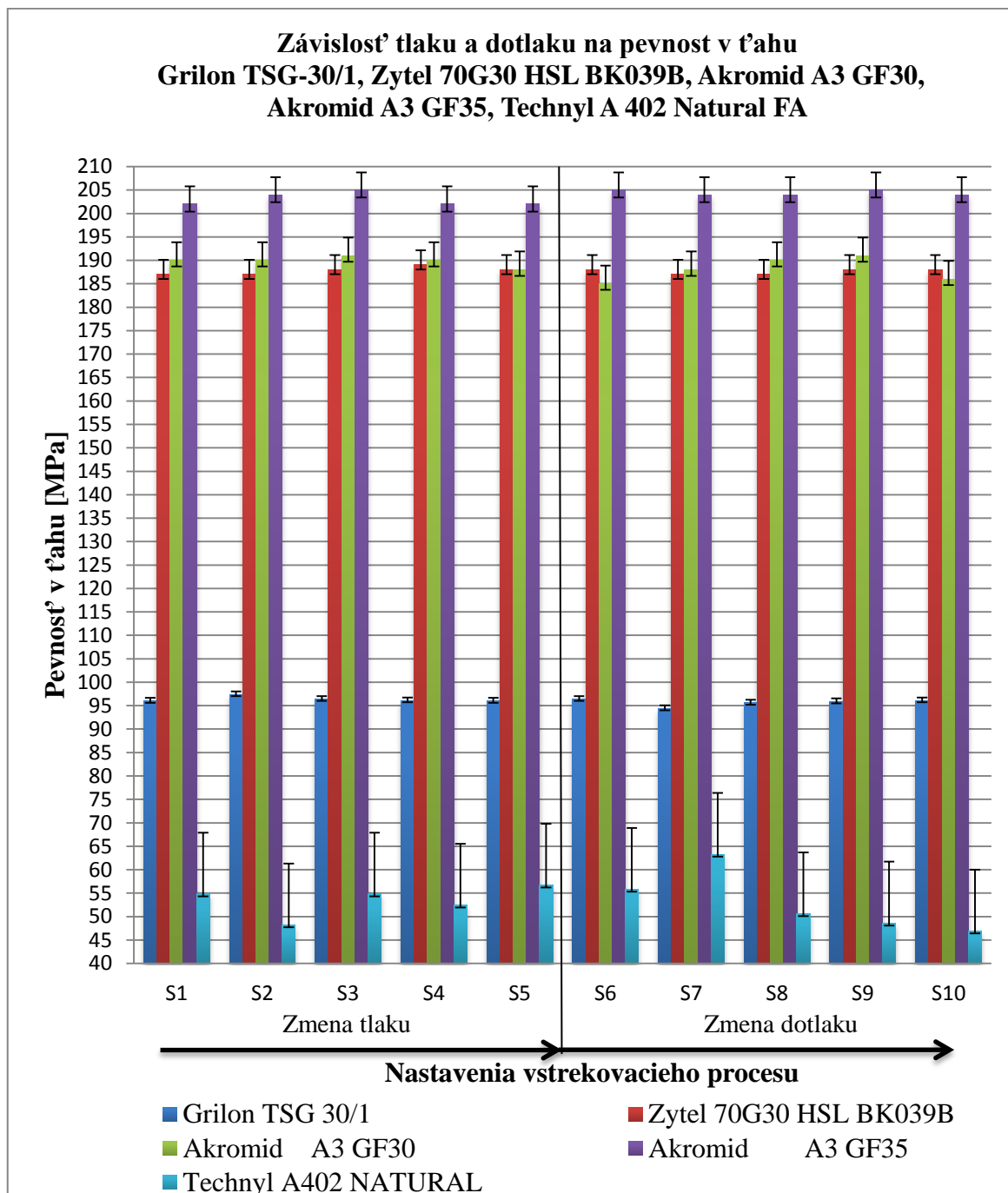
Z grafu, ktorý je znázornený na obrázku (Obr. 39) možno vidieť, aký vplyv mali jednotlivé zmeny parametrov v procese vstrekovania na pevnosť v ťahu. Tento materiál je plnený skleneným vláknom, ktorého obsah je 35 %, čo by malo výrazne zvýšiť pevnosť v ťahu ako u predchádzajúcich materiálov. Namerané hodnoty sa v grafe porovnávajú s hodnotami z materiálových listov pre daný materiál. U sérií S1 až S5 sa postupne zvyšoval tlak po 100 baroch viď (Tab. 4). Na grafickej závislosti sa to prejavilo tak, že pevnosť ťahu začala stúpať, ale u sérií S4 a S5 mierne poklesla na konštantnú pevnosť. U sérií S6 až S10 bol meneným parametrom dotlak. Séria S6 mala však rovnakú závislosť ako séria S3 a S9. Na sérii S7 a S8 sa prejavil nepatrný pokles, ale séria S9 opäť stúpila na rovnakú hod-

notu ako séria S3 a S6. U série S10 nastal malý pokles pevnosti v ťahu, čo spôsobil malý dotlak. Pri výrobe vzoriek sa ako najlepšie javila séria vzoriek S3, z ktorej sa zvolil aj optimálny tlak pre ďalšie nastavovanie procesu. Z grafu je vidieť, že najlepšie hodnoty dosiahla nielen séria S3, ale zároveň série S6 a S9. Séria S3 sa javila ako po vizuálnej stránke, tak aj počas mechanickej skúšky ťahom ako najlepšia. Skúšobné vzorky sa pretrhávali presne v strede a bez najmenších komplikácií, avšak namerané hodnoty nedosiahli hodnoty, ktoré predpisuje výrobca u vysušeného materiálu. Materiál použitý pre výrobu vzoriek bol vysušený podľa predpisu, ktorý udáva výrobca v materiálovom liste. Túto skutočnosť mohlo spôsobiť to, že materiál bol spracovaný pri vyšších spracovateľských teplotách a za týchto teplôt nedosiahne požadovanú pevnosť. Druhým dôvodom mohla byť tá skutočnosť, že materiál počas prepravy do priestorov laboratória stihol absorbovať vlhkosť, ale ktorá sa počas spracovania nijak zvlášť neprejavovala. Z praxe sa vie, že vlhký materiál sa lepšie spracováva. To znamená, že lepšie tečie, ale je krehkejší a na povrchu výrobku zanecháva striebrenie. Pri tomto materiáli sa stopy po striebrení nezaregistrovali.



Obr. 40. Grafická závislosť tlaku a dotlaku na pevnosť v ťahu pre Technyl A 402 Natural FA

Tento materiál však nie je plnený skleným vláknom ako predchádzajúce materiály. Z grafu, ktorý je znázornený na obrázku (Obr. 40) možno vidieť, že jednotlivé zmeny parametrov sa v procese vstrekovania na pevnosť v ťahu u série S1 až S5 prejavili veľkými výchylkami. Namerané hodnoty sa vôbec nepribližovali hodnotám vysušeného materiálu, ale približovali sa skôr hodnotám nevysušeného materiálu. U série S6 až S10 sa menil parameter dotlaku. V grafickej závislosti sa prejav znižovania dotlaku prejavoval úplne inak ako sa predpokladalo. U série S7 bola zaznamenaná najväčšia pevnosť v ťahu, ale aj tak sa vôbec nepribližovala k hodnotám vysušeného materiálu. Od série S8 až S10 sa táto pevnosť klesala úmerne so znižovaným dotlakom. Dôvodom, ktorý túto skutočnosť mohol spôsobiť je, že hoci materiál bol vysušený a uložený v hermeticky uzatvorených nádobách, nebol spracovaný hneď. Bol spracovaný až na druhý deň ako bol dopravený do priestorov laboratória školy. Tento materiál sa radí medzi termoplasty, ktoré sú navlhavé a mohlo to spôsobiť, že pokles pevnosti v ťahu bol taký výrazný. Oproti vyššie uvádzaným polyamidom, ktoré sú plnené skleným vláknom je nasiakavosť u čistého polyamidu vyššia z dôvodu väčšieho podielu polyméru v matrici. Počas mechanickej skúšky ťahom sa skúšobné vzorky javili príliš dlhým predĺžením do pretrhnutia. Tieto vzorky sa nepretrhávali presne v strede, čo mohlo ovplyvňovať i samotné meranie. Namerané hodnoty nedosiahli hodnoty, ktoré predpisuje výrobca u vysušeného materiálu. Pre spracovateľské požiadavky by tento materiál nebol správnou voľbou pre ďalšie použitie.



Obr. 41. Grafická závislosť tlaku a dotlaku na pevnosť v ťahu pre Grilon TSG-30/1, Zytel 70G30 HSL BK039B, Akromid A3 GF30, Akromid A3 GF35, Technyl A 402 Natural FA

Táto grafická závislosť nám na obrázku (Obr. 41) znázorňuje, aký vplyv mali jednotlivé zmeny parametrov v procese vstrekovania na pevnosť v ťahu pre dané materiály. Z grafu môžeme vidieť, že najlepšie výsledky pri meniacom sa tlaku a dotlaku dosiahol Akromid A3 GF35. Druhým materiálom, ktorý dosiahol najlepšie výsledky pri meniacom sa tlaku a dotlaku dosiahol Akromid A3 GF30, avšak tento materiál výraznými odchýlkami reagoval na meniace sa parametre. Tretím najlepším materiálom bol Zytel 70G30 HSL BK039B,

ktorý sa javil tak, že nech sa akokoľvek menili spracovateľské podmienky, tak na pevnosti materiálu sa to nijak zvláštne nepreukázalo. Tento materiál v porovnaní s ostatnými je najvhodnejší pre ďalšie použitie. Štvrtým materiálom bol Grilon TSG – 30 / 1, ktorého pevnosť v ťahu nedosiahla ani z polovice hodnoty, ktoré dosiahli vyššie uvedené materiály. Piatym materiálom bol Technyl A 402 Natural FA. Tento materiál nie vystužený skleneným vláknom, čo sa prejavilo aj vo výsledkoch.

Aj keď z nameraných výsledkov dosiahol najvyššiu pevnosť v ťahu materiál Akromid A3 GF35, pre ďalšie použitie sme zvolili materiál Zytel 70G30 HSL BK039B. Dôvodom je jeho pevnostná stálosť na zmeny pri nastavovaní vstrekovacieho procesu. Pri výrobe vzoriek u tohto materiálu sa najlepšie javila séria vzoriek S3, na ktorej prebehli ďalšie merania, aj keď v skutočnosti najlepšie hodnoty dosiahla séria S4. U tohto materiálu je rozdiel v pevnosti medzi sériou S3 a S4 zanedbateľný. V prípade neuspokojivých výsledkov z optimalizácie parametrov u elektromagnetického ventilu sa odporúča ako alternatívna náhrada za tento materiál Akromid A3 GF35.

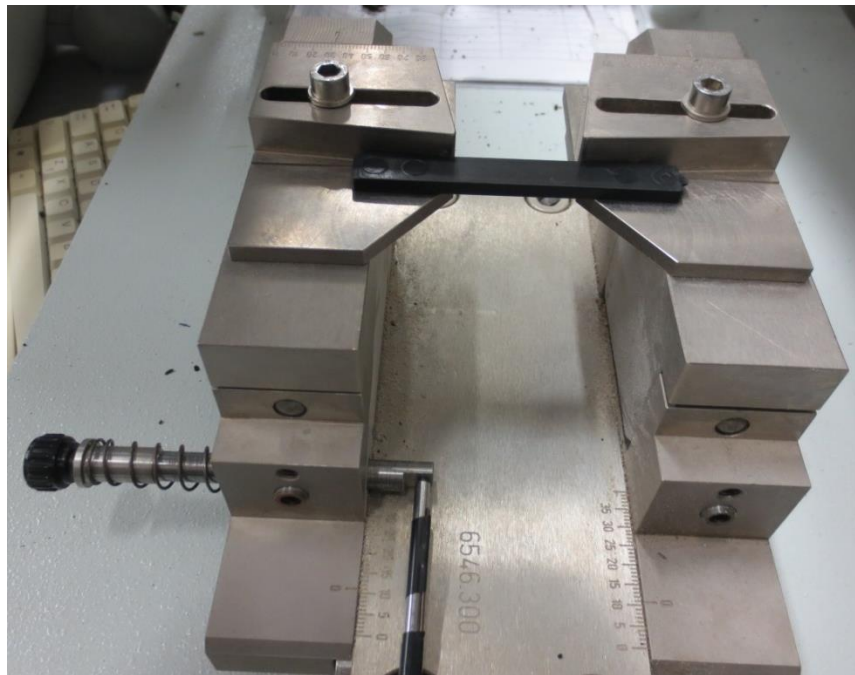
3.4.3 Dynamická rázová skúška

Touto skúškou sa zisťuje odolnosť materiálu proti krehkému porušeniu pri dynamickom, rázovom zaťažení. Skúška rázom v ohybe sa vykonáva podľa normy ČSN EN ISO 179-1 na kyvadlovom kladive, ktoré sa nazýva aj Charpyho kladivo vid' obrázok (Obr.40). Na tomto zariadení bolo spracovaných 500 kusoch vzoriek za laboratórnych podmienok pri teplote 23°C a relatívnej vlhkosti 55 %. [23]

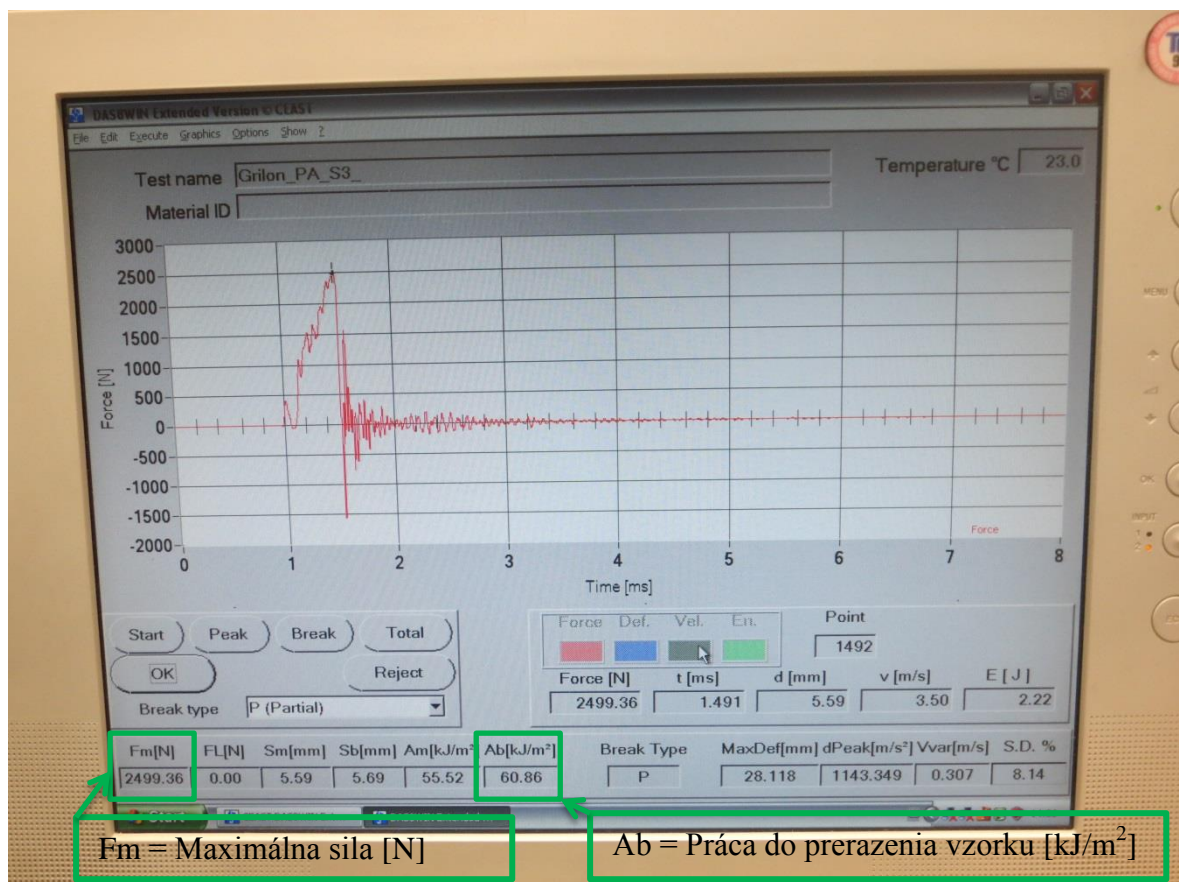


Obr. 42. Skúšobné zariadenie RESIL IMPACTOR

Princíp skúšky rázom v ohybe spočíva v umiestnení skúšobnej vzorky do zariadenia ako je znázornené na obrázku (Obr.43), kde voľným pádom kladiva dochádza k prerazeniu skúšobnej vzorky. Rozmery skúšobnej vzorky sú znázornené v tabuľke (Tab. 5). Namerané hodnoty sa zobrazovali na obrazovke vid' (Obr.44), ktoré sa zapisovali do tabuľky. Hodnoty získané z tejto skúšky boli spracované do grafov.



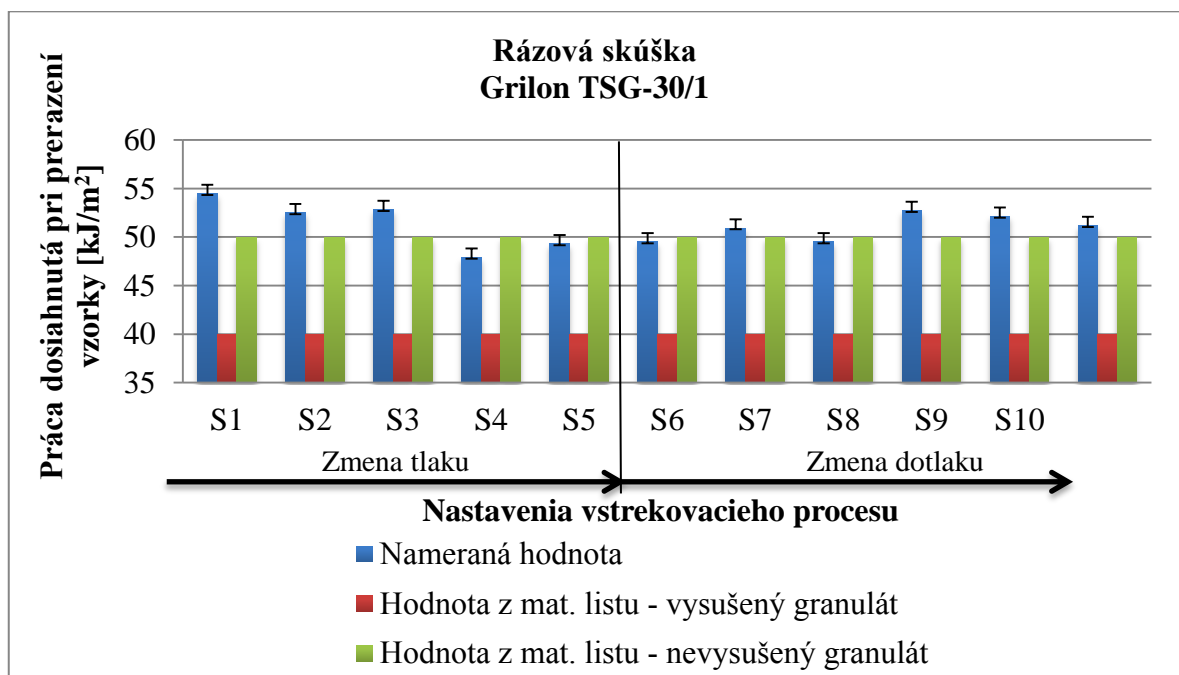
Obr. 43. Umiestnenie skúšobnej vzorky



Obr. 44. Výsledky rázovej skúšky

3.4.4 Grafické znázornenia priebehov u nameraných vzoriek

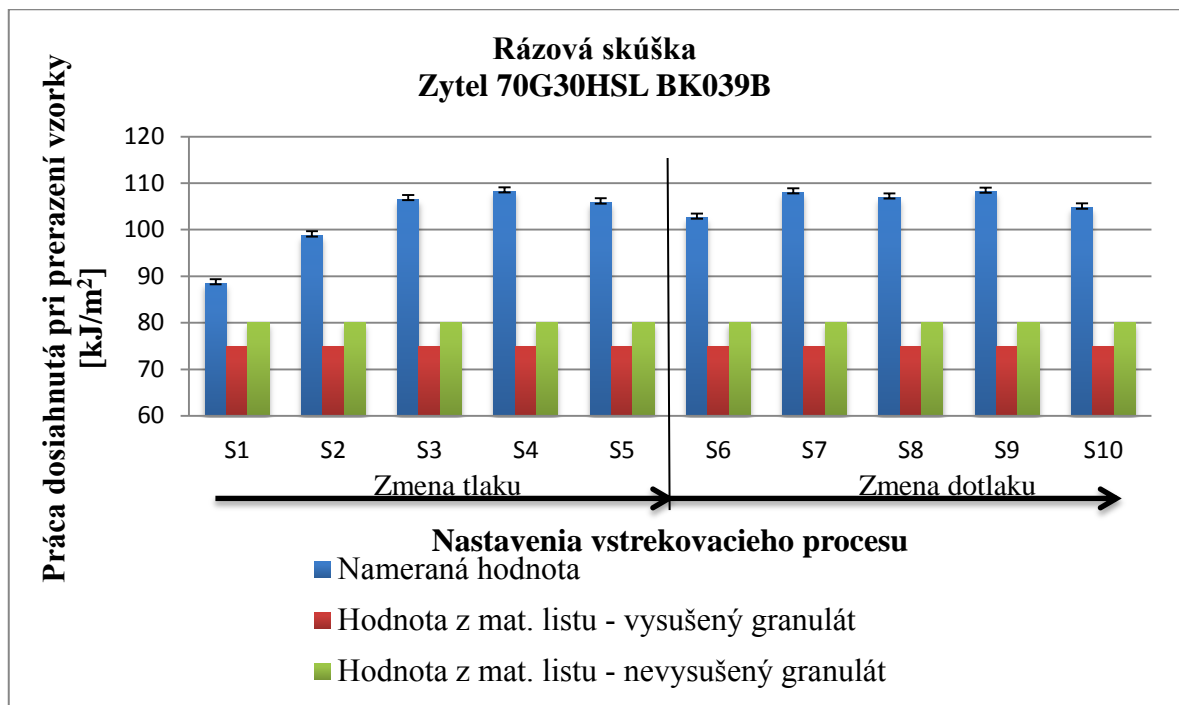
Na grafických závislostiach sa znázorňuje, aký vplyv majú jednotlivé zmeny parametrov v procese vstrekovania na rázovú húževnatosť. Namerané hodnoty sa v jednotlivých grafoch porovnávajú s hodnotami materiálových listov pre daný materiál. Modré stĺpce v grafoch znázorňujú namerané hodnoty z rázovej skúšky pre daný materiál, ktorý je plnený skleneným vláknom. Stĺpce označené červenou a zelenou farbou sú hodnoty z materiálového listu, ktoré predpisuje výrobca pre daný vysušený a nevysušený materiál.



Obr. 45. Grafická závislosť tlaku a dotlaku na rázovú húževnatosť pre Grilon TSG-30/1

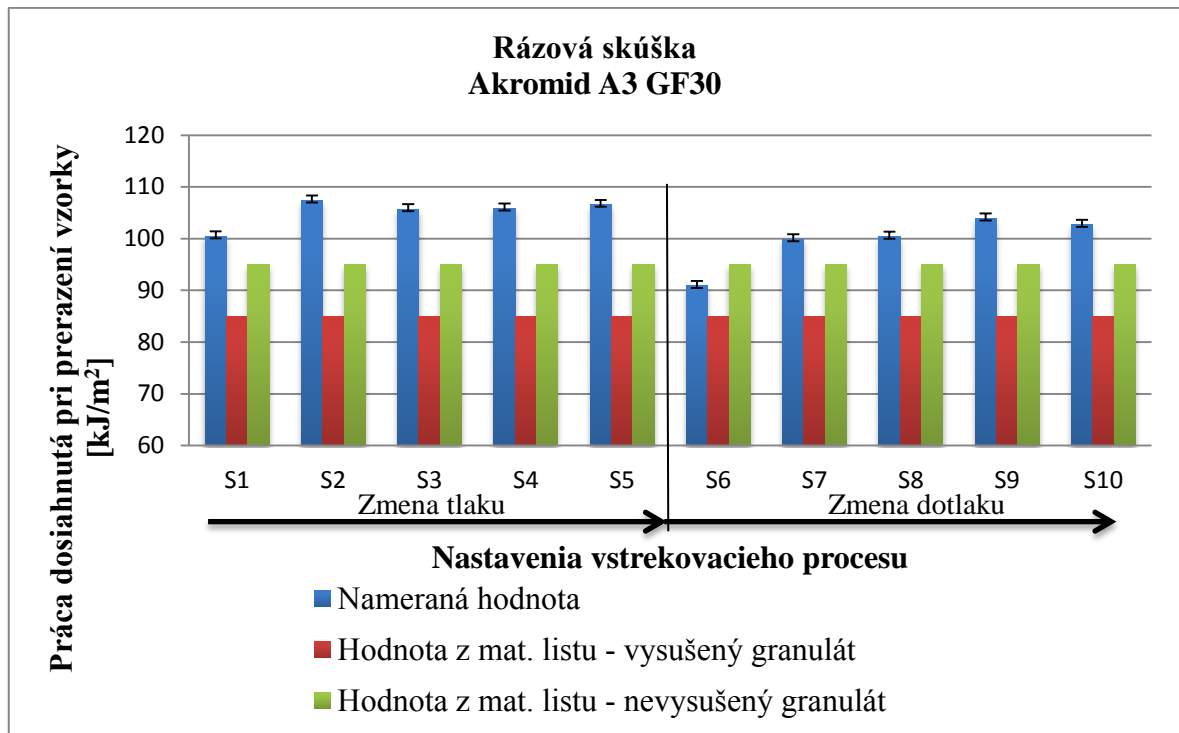
U tejto grafickej závislosti sa vplyv na jednotlivé zmeny parametrov v procese vstrekovania prejavil zvýšenou rázovou húževnatosťou. Namerané hodnoty z rázovej skúšky sú pre materiál, ktorý je plnený skleneným vláknom s obsahom 30 %. Najvyššiu hodnotu pri meniacom sa tlaku sme dosiahli u série S1, kým u ťahovej skúšky to bola séria S2 s najvyššou pevnosťou. Pri meniacom sa dotlaku najvyššiu pevnosť dosiahla séria S9, čo sa stotožnilo s hodnotou zo skúšky ťahovej. Je potrebné poukázať na to, že z prvého pohľadu na grafickej závislosti je vidieť, že namerané hodnoty pri jednotlivých zmenách tlaku aj dotlaku dosahujú hodnoty nevysušeného materiálu. U skúšky pevnosti v ťahu tento materiál taktiež nedosahoval hodnoty vysušeného materiálu, ktoré mu predpisuje výrobca. Dôvody prečo nedosahoval týchto pevností, boli popísané pre tento materiál u ťahovej skúšky. Z tohto hľadiska, sa môžeme domnievať, že dodatočná vlhkosť materiálu mohla spôsobiť, že vý-

sledná rázová húževnatosť sa pohybuje okolo hodnôt pre nevysušený materiál. V niektorých prípadoch je priam vyššia, čo potvrdzuje predchádzajúce tvrdenia.



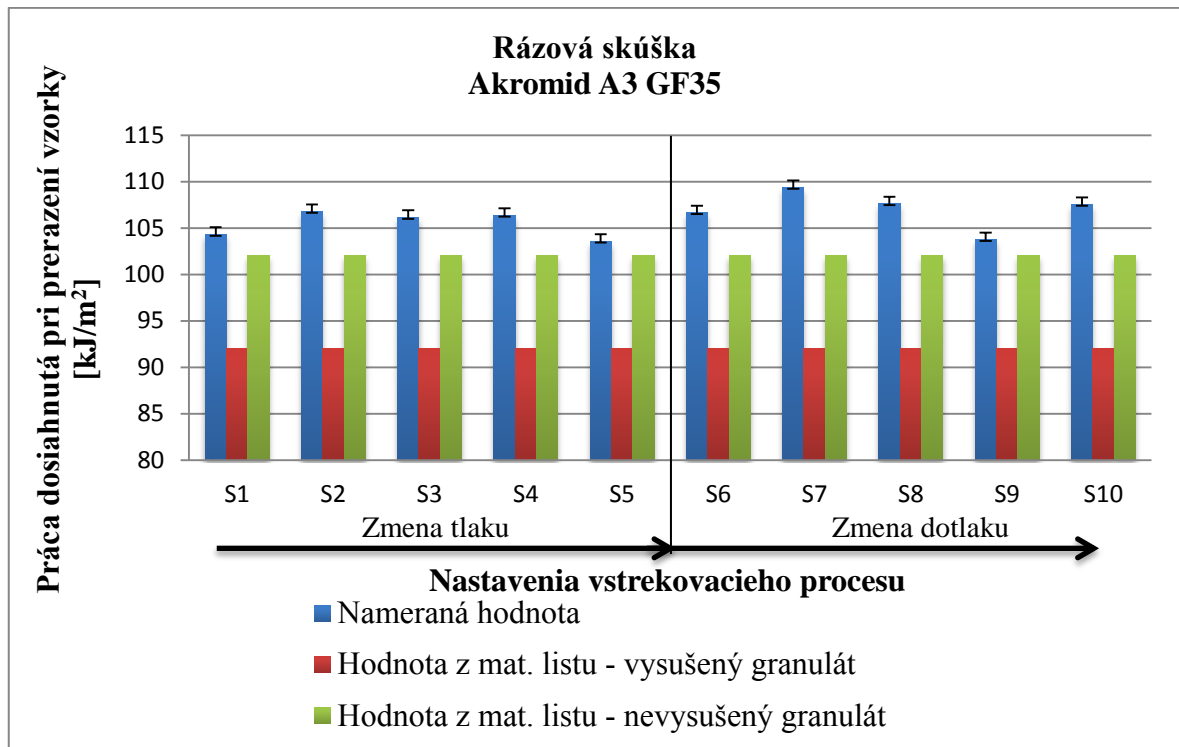
Obr. 46. Grafická závislosť tlaku a dotlaku na rázovú húževnatosť pre Zytel 70G30HSL BK039B

Táto grafická závislosť znázorňuje, aký vplyv mali jednotlivé zmeny parametrov v procese vstrekovania na rázovú húževnatosť pre materiál, ktorý je plnený skleneným vláknom s obsahom 30 %. Na grafickej závislosti sa to prejavilo tak, že namerané hodnoty pri jednotlivých zmenách tlaku, tak aj dotlaku dosahujú omnoho vyššie hodnoty ako im predpisuje výrobca pre vysušený materiál. Mohlo k tomu dôjsť preto, že tento materiál bol spracovaný pri vyšších spracovateľských teplotách, ako predpisuje výrobca a dobrej voľbe teploty formy. Toto mohlo spôsobiť, že materiál v dutine formy dobre vykryštalizoval, a tým dosiahol vysoké hodnoty rázovej húževnatosti. U skúšky pevnosti v ťahu tento materiál dosiahol najvyššiu pevnosť v sérii S4, čo sa nám potvrdilo aj u rázovej skúšky. Môžeme teda povedať, že tento materiál dosiahol najlepšie spracovateľské výsledky u série S4 a potvrdil jeho ďalšie použitie.



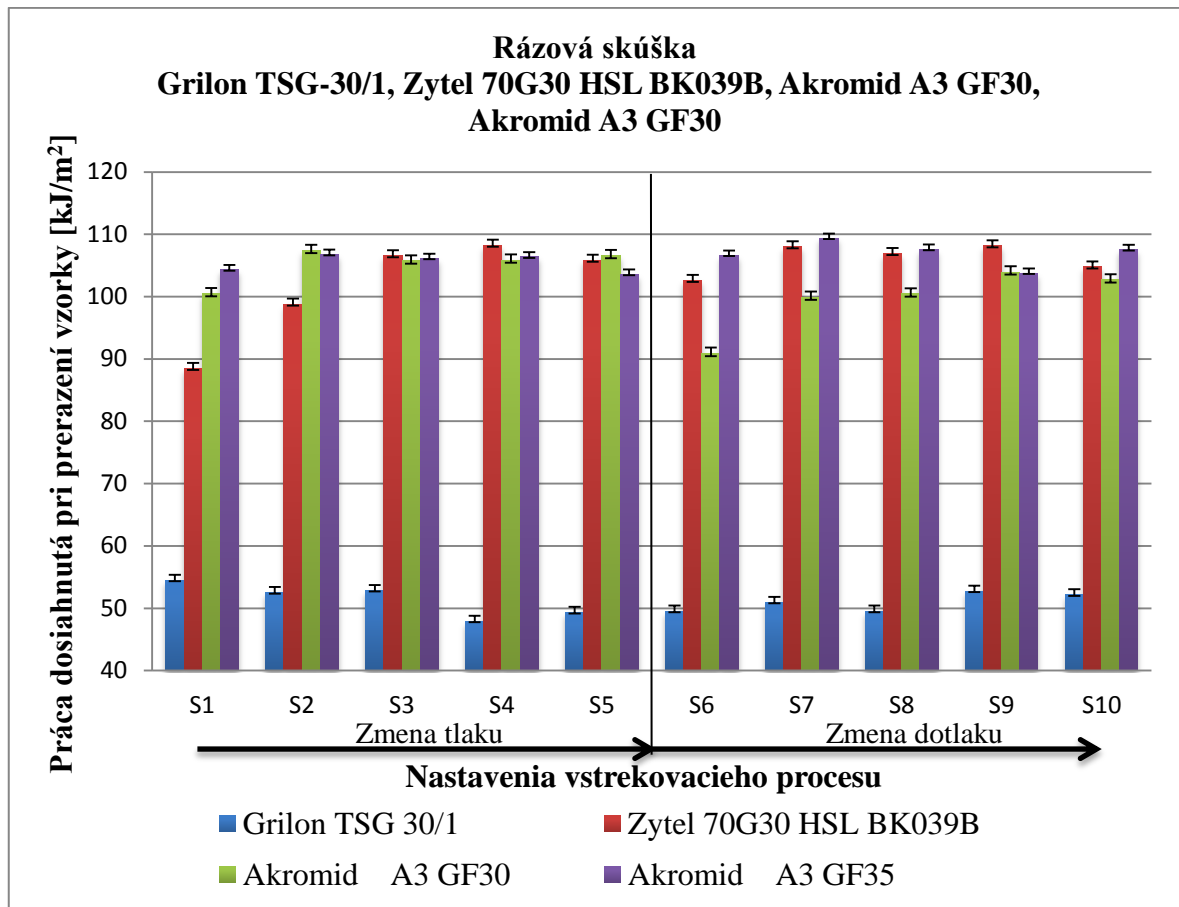
Obr. 47. Grafická závislosť tlaku a dotlaku na rázovú húževnatosť pre Akromid A3 GF30

Z tejto grafickej závislosti je možné vidieť, ako sa prejavili jednotlivé zmeny parametrov v procese vstrekovania na rázovú húževnatosť. Namerané hodnoty sa v grafe porovnávajú s hodnotami materiálových listov pre daný materiál ako už bolo spomenuté vyššie. Tento materiál je plnený skleneným vláknom s rovnakým obsahom 30 % ako predchádzajúce. Z grafu je vidieť, že namerané hodnoty pri jednotlivých zmenách tlaku, tak aj dotlaku dosahujú vyššie hodnoty ako im predpisuje výrobca pre vysušený materiál. U skúšky pevnosti v ťahu tento materiál dosiahol najvyššiu pevnosť v sérii S3 a S9, čo sa nepotvrdilo aj u rázovej skúšky. Môže sa teda povedať, že tento materiál dosiahol najlepšie spracovateľské výsledky u série S2.



Obr. 48. Grafická závislosť tlaku a dotlaku na rázovú húževnatosť pre Akromid A3 GF35

Vplyv jednotlivých zmien parametrov na proces vstrekovania sa odrazil na rázovej húževnatosti, ktorá je znázornená vo vyššie uvedenom grafe. Materiál, ktorý bol použitý pre výrobu vzoriek je plnený skleným vláknom s obsahom 35 %. Na grafickej závislosti sa to prejavilo tak, že namerané hodnoty pri jednotlivých zmenách tlaku, tak aj dotlaku dosahujú omnoho vyššie hodnoty ako im predpisuje výrobca. U skúšky pevnosti v ťahu tento materiál dosiahol najvyššie pevnosti v sériách S3, S6 a S9, čo sa nám nepotvrdilo aj u rázovej skúšky. Môže sa teda povedať, že tento materiál dosiahol najlepšie spracovateľské výsledky v sérii S7.



Obr. 49. Grafická závislosť tlaku a dotlaku na rázovú húževnatosť pre Grilon TSG-30/1, Zytel 70G30 HSL BK039B, Akromid A3 GF30, Akromid A3 GF30

Táto grafická závislosť na obrázku (Obr. 49) znázorňuje, aký vplyv mali jednotlivé zmeny parametrov v procese vstrekovania na rázovú húževnatosť pre dané materiály. Z grafu môžeme vidieť, že jeden z najlepších výsledkov pri meniacom sa tlaku a dotlaku dosiahol Akromid A3 GF35 u série S7. Druhým materiálom, ktorý dosiahol najlepšie výsledky pri meniacom sa tlaku a dotlaku bol materiál Zytel 70G30 HSL BK039B. U tohto materiálu sa potvrdilo, že séria S4 dosiahla ako aj u pevnostnej skúšky, tak aj u rázovej skúšky najlepší výsledok. Tretím najlepším materiálom bol Akromid A3 GF30. Štvrtým materiálom bol Grilon TSG – 30 / 1, ktorého pevnosť v ťahu nedosiahla ani z polovice hodnoty, ktoré dosiahli vyššie uvedené materiály. Piatym materiálom bol Technyl A 402 Natural FA, u ktorého nebolo možné namerať rázovú húževnatosť. Tento materiál nie vystužený skleneným vláknom a to sa prejavilo, že vzorky sa neprerazili, ale len zohli. Z tohto dôvodu výsledky nie sú zobrazené v grafe.

4 URČENIE ZMRAŠTENIA

Pre určenie zmraštenia bola použitá séria S3, materiál Zytel 70G30 HSL BK039B, z dôvodu jeho pevnostnej stálosti na zmeny pri nastavovaní vstrekovacieho procesu.

Tab. 6. Tabuľka nameraných a vypočítaných hodnôt zmraštenia u vzoriek určených pre ťahové skúšky

Séria 3	Namerané hodnoty - Lopatka		
	Nam. hodnoty po vyhodení z formy	Nam. hodnoty po 24 hod.	Zmraštenie
	L [mm]	L [mm]	L [%]
1	151,35	150,85	0,33
2	151,3	150,86	0,29
3	151,3	150,85	0,30
4	151,33	150,87	0,30
5	151,3	150,87	0,28
6	151,31	150,87	0,29
7	151,31	150,87	0,29
8	151,31	150,85	0,30
9	151,33	150,87	0,30
10	151,31	150,85	0,30
Priemer	151,315	150,861	0,30
		Celkové zmraštenie	0,30

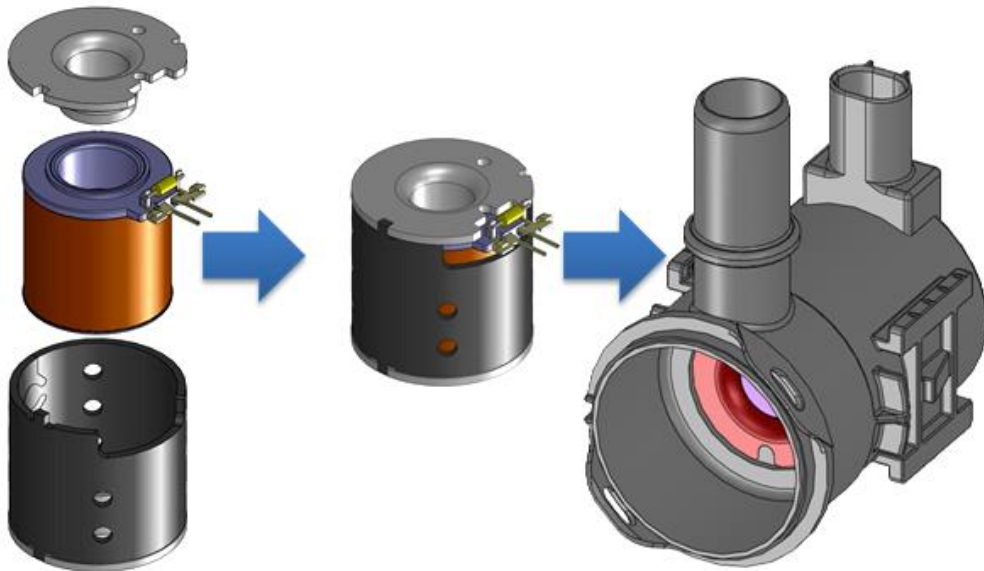
Tab. 7. Tabuľka nameraných a vypočítaných hodnôt zmraštenia u vzoriek určených pre rázové skúšky

Séria 3	Namerané hodnoty - Hranolček		
	Nam. hodnoty po vyhodení z formy	Nam. hodnoty po 24 hod.	Zmraštenie
	L [mm]	L [mm]	L [%]
1	81,31	81,06	0,31
2	81,3	81,06	0,30
3	81,28	81,04	0,30
4	81,3	81,04	0,32
5	81,3	81,06	0,30
6	81,3	81,06	0,30
7	81,3	81,04	0,32
8	81,31	81,06	0,31
9	81,3	81,04	0,32
10	81,28	81,05	0,28
Priemer	81,298	81,051	0,30
		Celkové zmraštenie	0,30

Z tabuliek je vidieť, že zmraštenie dĺžkových rozmerov u vzoriek učených pre skúšky ťahové či rázové je zmraštenie rovnaké 0,3 %. Z tohto hľadiska sa môže zhodnotiť, že tento materiál bude vyhovujúci, čo sa týka jeho stálosti rozmerov.

5 OPTIMALIZÁCIA VSTREKOVANIA

Na realizáciu optimalizácie parametrov procesu vstrekovania boli predpripravené kusy ako na obrázku (Obr.50).



Obr. 50. Postup montáže elektromagnetickej cievky ES – 1668

Z predchádzajúcich porovnaní materiálov s ostatnými materiálmi sa z pevnostného hľadiska javil ako najvhodnejší materiál Akromid A3 GF35 a mohol by byť vhodnou náhradou za materiál Zytel 70G30 HSL BK039B. Avšak pre použitie v praxi a v bežnej výrobe ako najadekvátnejší materiál sa javil Zytel 70G30 HSL BK039B, ktorý bol pre obstrekovanie cievok zvolený z týchto hľadísk:

- Pre nastavovanie procesu – na výslednú pevnosť, nebude mať vplyv minimálny zásah obsluhy do parametrov.
- Dobrá stálosť rozmerov – tým, že je plnený 30 % skleneným vláknom, zmraštenie je v tomto prípade minimálne.

 HYDAC ELECTRONIC Technické dáta stroja			Číslo: MDB182SK Strana 1 z 2
Názov: Cievka obstreknutá : ES 1668 Arburg 420 C Č. formy: F - 25 - 154 Typ adaptéra: 3547575	Pracovisko: HEsro GZ - výroba		

Parametre stroja		Parametre zmesi	
Zatváracia sila: [kN]	800	Hmotnosť dielca [g]	
Priemer hydraul. valca: [mm]	30	Hmotnosť náliatku [g]	
Priemer závitovky: [mm]	30	Hmotnosť dávky [g]	
Blokovanie spätného prúdu	áno	Materiál - Typ	PA 66
Druh trysky	plochá	Obchodný názov	Zytel
Priemer trysky: [mm]	4		70G30 HSL
Otáčky závitovky: [1/min]	-	Výrobca	Dupont
Snímateľná tryska [áno/nie ?]	nie	Teplota sušenia [°C]	80
		Čas sušenia [min]	240
Forma			
Počet častí:	2	Systém vyhrievania kanálov	Gammaflux
Typ:	S posúvačom		±
Zástavbová výška: [mm]	328,3	Manžeta 310 [°C]	20
Posuvné jadrá: (Počet)	-		
Náلياتok	nie		

		Tolerancia	
	Nastavená hodnota	Povolená tolerancia (Prispôbuje obsluhu)	K nast.hodnote (Presnosť zariadenia)
		±	±
Parametre dávkovania			
Objem [cm³]	44,5	5	
Objem zvyšku [cm³]	10	3	
Teplotné parametre			
1. zóna [°C]	270	10	
2. zóna [°C]	280	10	
3. zóna [°C]	290	10	
4. zóna [°C]	310	10	
5. zóna [°C]	320	10	
Teploty formy			
Strana vstreku [°C]	85	5	
Strana vyhadzovača [°C]	85	5	
Jadrá [°C]	30	5	

Vyhotovené dňa: 26.03.2014	Preskúšané a schválené dňa: 26.03.2014	Platí od: 26.03.2014
Vyhotovil:	Preskúšal a schválil:	
L. Lepiš	Ing.R. Fukas	Index:c

FB 003 SK MDB.doc

F:\ES-1668\MDB182SKc - WZ_F 25-154_Arburg_ES 1668.doc

Obr. 51. Parametre pred optimalizáciou - 1

 HYDAC ELECTRONIC Technické dáta stroja		Číslo: MDB182SK Strana 2 z 2
Názov: Cievka obstreknutá : ES 1668 Arburg 420 C Č. formy: F - 25 - 154 Typ adaptéra: 3547575		Pracovisko: HEsro GZ - výroba

Tlaky	Nastavená hodnota	Tolerancia	
		Povolená tolerancia (Prispôbuje obsluha)	K nast.hodnote (Presnosť zariadenia)
		±	±
1. vstrekovací tlak [bar]	1400	200	
1. rýchlosť vstrekovania (ccm/s)	60	20	
2. vstrekovací tlak [bar]	1200	200	
2. rýchlosť vstrekovania (ccm/s)	40	20	
Bod prepnutia [cm ³]	11,5	5	
Doba rampovania	0,4	+0,9	
1. dotlak[bar]	150	50	
1. čas dotlaku [s]	1	0,5	
2. dotlak[bar]	130	50	
2. čas dotlaku [s]	1	2	
3. dotlak[bar]	80	30	
3. čas dotlaku [s]	1	1	
Spätný tlak (bar)	75	15	
Časy			
Čas vstreku [s]	-		
Čas chladenia (s)	35	5	
Celý cyklus [s]	70	10	

Vyhotovené dňa: 26.03.2014	Preskúšané a schválené dňa: 26.03.2014	Platí od: 26.03.2014
Vyhotovil:	Preskúšal a schválil:	
L. Lepiš	Ing.R. Fukas	Index:c

Na týchto predpisoch vstrekovacieho procesu vid' (Obr.51) a (Obr.52) si môžeme na prvý pohľad všimnúť nízke hodnoty dotlakov a časov, pri ktorých dotlaky pôsobia a zároveň rozdielne teploty vo forme. Materiál, z ktorého bola elektromagnetická cievka ES - 1668 obstreknutá bol Zytel 70G30 HSL BK039B. Tieto vstupujúce faktory mohli mať vplyv na rozmerovú nepresnosť, a preto z tohto hľadiska bola prevedená optimalizácia procesu bez zmeny materiálu.

Optimalizácia bola prevedená v priestoroch firmy Hydac Electronic s.r.o. na vstrekovacom stroji Arburg 420C. Materiál bol vysušený podľa predpisu materiálového listu. Prvým zmeneným parametrom bola teplota formy, ktorá bola zmenená na rovnakú teplotu 85°C pre stranu vstreku, vyhadzovania a jadier. Ďalej bola zmenená doba chladenia vo forme z 35 na 40 sekúnd, aby nám podržala tvar pri chladnutí vo forme. Dôvod prečo bola zvýšená doba chladenia bol ten, že boli nastavené vyššie spracovateľské teploty než udáva výrobca. Zvýšila sa jedna z rýchlostí vstrekovania zo 40 na 50 cm/s a vstrekovacie tlaky z 1400 na 1600 barov a z 1200 na 1400 barov. Dôvod zvýšenia rýchlostí a tlakov bol ten, že skutočný tlak bol vyšší ako nastavený.

Takto boli spracované prvé kusy, ktoré boli vychladené a následne premerané posuvným meradlom. Z merania bolo hneď jasné, že kusy nemajú kruhový tvar, a bol pod toleranciou podľa výkresovej dokumentácie. Počas optimalizácie sa postupne zvyšoval dotlak a zároveň čas jeho pôsobenia. Opäť sa kusy vychladili a pomerali. Tento postup sa opakoval, až kým sa nepriblížilo k požadovanému rozmeru. Dokopy bolo prevedených až desať nastavení. Počas optimalizovania procesu sa premeriaval nielen rozmer, ktorý sa potreboval dosiahnuť, ale aj ostatné rozmery, ktoré boli označené ako kontrolné miery. Je potrebné podotknúť, že rozmedzie v ktorom sa optimalizácia pohybovala bolo úzke. Akonáhle bol nejaký parameter prekročený, hneď sa to prejavilo na odchýlkach pri iných kontrolných mierach. Výsledné parametre, pri ktorých bol dosiahnutý požadovaný rozmer, boli vpísané do predpisu pre nastavenie stroja vid' (Obr.53) a (Obr.54). Program so zmenou bol uložený na disketu.

 HYDAC ELECTRONIC Technické dáta stroja			Číslo: MDB182SK Strana 1 z 2
Názov: Cievka obstreknutá : ES 1668 Arburg 420 C Č. formy: F - 25 - 154 Typ adaptéra: 3547575	Pracovisko: HEsro GZ - výroba		

Parametre stroja		Parametre zmesi	
Zatváracia sila: [kN]	800	Hmotnosť dielca [g]	
Priemer hydraul. valca: [mm]	30	Hmotnosť náliatku [g]	
Priemer závitovky: [mm]	30	Hmotnosť dávky [g]	
Blokovanie spätného prúdu	áno	Materiál - Typ	PA 66
Druh trysky	plochá	Obchodný názov	Zytel
Priemer trysky: [mm]	4		70G30 HSL
Otáčky závitovky: [1/min]	-	Výrobca	Dupont
Snímateľná tryska [áno/nie ?]	nie	Teplota sušenia [C°]	80
		Čas sušenia [min]	240
Forma			
Počet častí:	2	Systém vyhrievania kanálov	Gammaflux
Typ:	S posúvačom		±
Zástavbová výška: [mm]	328,3	Manžeta 300 [C°]	10
Posuvné jadrá: (Počet)	-		
Náliatok	nie		

	Nastavená hodnota	Tolerancia	
		Povolená tolerancia (Prispôsobuje obsluhu)	K nast.hodnote (Presnosť zariadenia)
		±	±
Parametre dávkovania			
Objem [cm ³]	44,5	5	
Objem zvyšku [cm ³]	10	3	
Teplotné parametre			
1. zóna [C°]	270	10	
2. zóna [C°]	280	10	
3. zóna [C°]	290	10	
4. zóna [C°]	300	10	
5. zóna [C°]	310	10	
Teploty formy			
Strana vstreku [C°]	85	5	
Strana vyhadzovača [C°]	85	5	
Jadrá [C°]	85	5	

Vyhotovené dňa: 8.12.2014	Preskúšané a schválené dňa: 9.12.2014	Platí od: 9.12.2014
Vyhotovil:	Preskúšal a schválil:	
Ing.L.Hutlas	Ing.R. Fukas	Index:d

FB 003 SK MDB.doc

F:\ES-1668\MDB182SKd - WZ_F 25-154_Arburg_ES 1668.doc

Obr. 53. Parametre po optimalizácii - 1

 HYDAC ELECTRONIC Technické dáta stroja		Číslo: MDB182SK Strana 2 z 2
Názov: Cievka obstreknutá : ES 1668 Arburg 420 C Č. formy: F - 25 - 154 Typ adaptéra: 3547575	Pracovisko: HEsro GZ - výroba	

Tlaky	Nastavená hodnota	Tolerancia	
		Povolená tolerancia (Prispôsobuje obsluha)	K nast.hodnote (Presnosť zariadenia)
		±	±
1. vstrekovací tlak [bar]	1600	200	
1. rýchlosť vstrekovania (ccm/s)	60	20	
2. vstrekovací tlak [bar]	1400	200	
2. rýchlosť vstrekovania (ccm/s)	50	20	
Bod prepnutia [cm ³]	11,2	5	
Doba rampovania	0,3	+0,9	
1. dotlak[bar]	850	50	
1. čas dotlaku [s]	4	0,5	
2. dotlak[bar]	500	50	
2. čas dotlaku [s]	3	2	
3. dotlak[bar]	500	30	
3. čas dotlaku [s]	1	1	
Spätný tlak (bar)	75	15	
Časy			
Čas vstreku [s]	-		
Čas chladenia (s)	40	5	
Celý cyklus [s]	70	10	

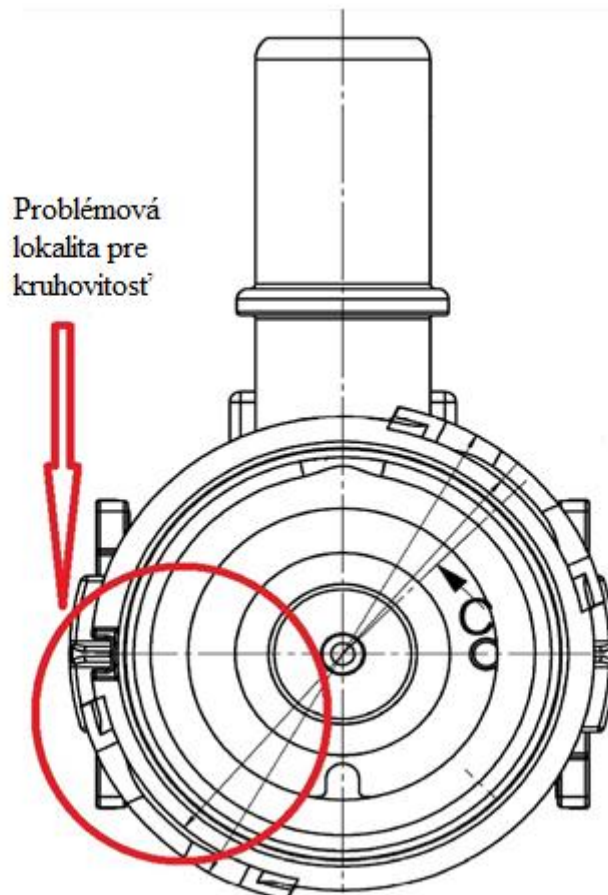
Vyhotovené dňa: 8.12.2014	Preskúšané a schválené dňa: 9.12.2014	Platí od: 9.12.2014
Vyhotovil: Ing.Ľ. Hutlas	Preskúšal a schválil: Ing.R. Fukas	Index:d

Obr. 54. Parametre po optimalizácii - 2

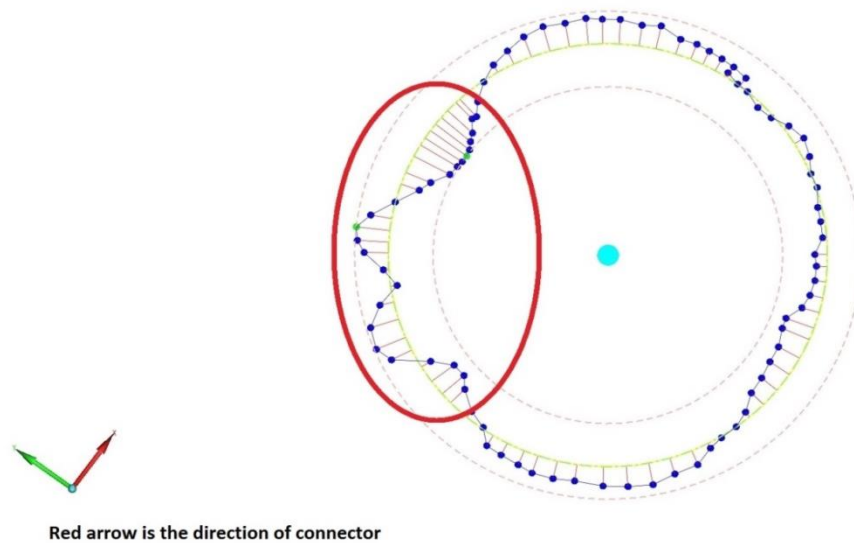
Kusy, ktoré boli vyrobené po optimalizácii, boli poslané na zmeranie rozmerov do externej firmy. V nižšie uvedenej tabuľke (Tab.8) môžeme vidieť výsledky z merania pred optimalizáciou a po nej.

Tab. 8. Výsledky z merania

		$\phi 40,80 \pm 0,05$	Kruhovitost' 0,1
Pred optimalizáciou		40,670	0,299
Po optimalizácii	1	40,714	0,139
	2	40,714	0,138
	3	40,715	0,177
	4	40,711	0,143
	5	40,723	0,199
Min.:		40,711	0,138
Priemer.:		40,714	0,149
Max.:		40,723	0,199
Diff.:		0,044	-0,150

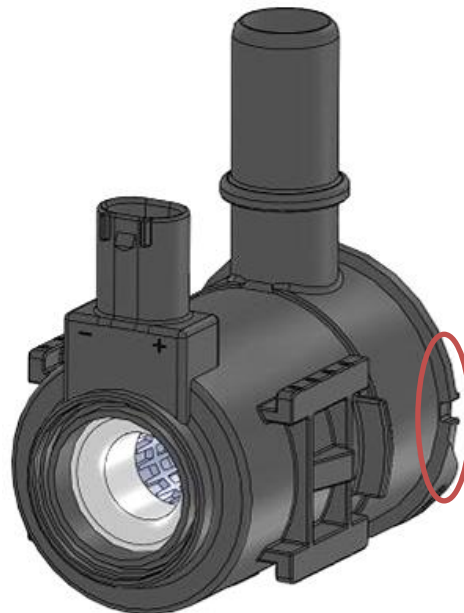


Obr. 55. Lokalita s najväčšou odchýlkou



Obr. 56. Grafické znázornenie lokality s najväčšou odchýlkou

Z tabuľky (Tab.8) nameraných výsledkov môžeme vidieť, že aj po optimalizácii parametrov sa namerané hodnoty priblížili požadovanému rozmeru, avšak stále sú pod toleranciou. Dôvodom tejto nepresnosti nie sú zle nastavené parametre alebo zlá voľba materiálu, ale zle konštrukčne navrhnutý tvar. Lokalita najväčšej rozmerovej nepresnosti ako je zobrazené na obrázku (Obr.56) je spôsobené prerušením tvaru vid' (Obr.57).



Obr. 57. Príčina deformácie tvaru

Naším návrhom je, aby sa previedla konštrukčná úprava zmeny tvaru ventilu, alebo po vzájomnej dohode so zákazníkom previesť zmenu rozmerovej tolerancie tvaru.

ZÁVER

V prvej kapitole je uvedený popis technológie vstrekovania, jej princípov a samotný proces vstrekovania. Následne boli skúmané technologické podmienky a ich vplyv na výstupné parametre technologického procesu.

Cieľom diplomovej práce bola samotná optimalizácia procesu vstrekovania elektromagnetických cievok v podmienkach spoločnosti HYDAC Electronic s.r.o.. Na základe požiadavky spoločnosti HYDAC Electronic s.r.o. preskúmať možnosť optimalizácie procesu vstrekovania u elektromagnetického ventilu ES – 1668 vzhľadom na hromadiace sa reklamácie zo strany zákazníka. Diplomová práca sa zamerala práve na skúmanie podmienok výroby a výrobných faktorov.

Nespokojnosť zákazníka spočívala v netesnosti elektromagnetického ventilu. Preto sa najväčšia pozornosť venovala práve tesniacej ploche, ktorá nemala definovaný tvar a rozmer vo výkresovej dokumentácii a na základe tvrdenia spoločnosti HYDAC, vznikala práve v procese vstrekovania. Skúmal sa teda používaný materiál ako aj možné alternatívy poskytnuté spoločnosťou HYDAC Electronic s.r.o.. Na základe porovnania mechanických vlastností poskytnutých materiálov, sa sledovalo zmraštenie a skúmala sa možná optimalizácia procesu u elektromagnetickej cievky. Tretia kapitola bola venovaná príprave vzoriek na základe poskytnutých materiálov spoločnosťou HYDAC Electronic s.r.o., ktoré sa spracovali a skúmali za pomoci ťahovej a rázovej skúšky. Na základe týchto skúšok sa zistilo, že vzhľadom na mechanické vlastnosti používaného granulátu je tento aj vzhľadom na stálosť výsledných parametrov pri rôznych zmenách procesu najvhodnejším materiálom Zytel 70G30 HSL BK039B. Hoci materiál Akromid A3 GF35 dosahoval pri týchto skúškach vždy najvyššie hodnoty, nemal takú stálosť hodnôt pri zmenách nastavenia procesu ako vyššie spomenutý materiál. Tento materiál Akromid A3 GF35, sa však môže odporučiť ako vhodná náhrada za materiál Zytel 70G30 HSL BK039B.

Stanovené požiadavky spoločnosti HYDAC Electronic s.r.o., boli podrobne preskúmané a stanovili sa možné riešenia.

Naším návrhom bolo, aby sa previedla konštrukčná úprava zmeny tvaru ventilu, alebo po vzájomnej dohode so zákazníkom previesť zmenu rozmerovej tolerancie tvaru.

ZOZNAM POUŽITEJ LITERATURY

- [1] ZEMAN, L. *Vstřikování plastů: úvod do vstřikování termoplastů*. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2009, 246 s. ISBN 978-80-7300-250-3.
- [2] JANČUŠOVÁ, M. *Formy na tvárnenie plastov*. Žilinská univerzita v Žiline, 2010. ISBN 978-80-554-0191-1.
- [3] MÉZL, M. *ZÁKLADY TECHNOLOGIE VSTREKOVANIA PLASTOV*. ISBN 978-80-970749-7-5.
- [4] RAGAN, E. *Vstrekovanie a spracovanie plastických hmot*. Prešov, 2008. ISBN 978-80-553-0102-0.
- [5] DUCHÁČEK, V. *Polymery: Výroba, vlastnosti, zpracování, použití*. Vyd. 2., přeprac. Praha VŠCHT, 2006, 278 s. ISBN 80-7080-617-6.
- [6] SOVA, M. *Termoplasty v praxi: Praktická příručka pro konstruktéry, výrobce, zpracovatele a uživatele termoplastů*. Praha: Dashöfer, 2001. ISBN 80-862-2915-7.
- [7] *Zuverlässige hydraulische Schließeinheit: hohe Präzision durch zentrale Krafteinleitung*. [online]. [cit. 2015-02-04]. Dostupné z: [http://www.arburg.com/de/de/leistungsspektrum/spritzgiessen/spritzgiessmaschinen/hydraulische-maschinen/#!/prettyPhoto\[pp_gal\]/3/](http://www.arburg.com/de/de/leistungsspektrum/spritzgiessen/spritzgiessmaschinen/hydraulische-maschinen/#!/prettyPhoto[pp_gal]/3/)
- [8] *Vertical injection molding machine / hydraulic*. [online]. [cit. 2015-02-04]. Dostupné z: <http://www.directindustry.com/prod/arburg/vertical-injection-molding-machines-hydraulic-7258-685719.html>
- [9] ŠTĚPEK, J., J. ZELINGER a A. KUTA. *Technologie zpracování a vlastnosti plastů*. Praha/Bratislava: SNTL/alfa, 1989.
- [10] HENDRYCH, J. a A. WEBER. *Standartizace rámmů a součástí forem pro vstřikování termoplastů*. SNTL, 1986.
- [11] SKOČOVSKÝ, P., P. PALČEK, R. KONEČNÁ a L. VÁLKOLY. *KONSTRUKČNÉ MATERIÁLY*. Žilina: Žilinská univerzita v Žilíně EDIS, 2000. ISBN 80-7100-608-4.
- [12] KOLOUCH, J. *Strojírenské výrobky z plastů vyráběné vstřikováním*. 1. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1986, 229 s.

- [13] DVOŘÁK, Z. *Zpracovatelské procesy gumárenské pro konstrukční směry*. [online]. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2013 [cit. 2015-01-18]. Dostupné z: <http://www.utb.cz/file/41195/>
- [14] LENFELD, P. *Plasty a jejich zpracovatelské vlastnosti*. Katedra strojírenské technologie Oddělení tváření kovů a plastů: Technologie II [online]. [cit. 2015-01-06]. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/01.htm#012
- [15] *Classification-of-plastics*. [online]. [cit. 2015-04-03]. Dostupné z: http://www.ensinger-online.com/uploads/pics/Classification-of-plastics_small_05.jpg
- [16] ŠUBA, O. *Dimenzování a navrhování výrobků z polymerů*. Třetí. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2013. ISBN 978-80-7318-948-8.
- [17] *Molded ferromagnetic return circuit for a solenoid*. [online]. [cit. 2015-04-05]. Dostupné z: <http://www.google.co.in/patents/US4647890>
- [18] *Elektromagnetická cievka*. [online]. [cit. 2015-04-05]. Dostupné z: <http://www.hydac.com/de-de/produkte/magnettechnik/komplettmagnet-abziehbar/show/Download/index.html>
- [19] *Elektromagnety*. [online]. [cit. 2015-04-05]. Dostupné z: <http://www.magnety.sk/elektromagnety/>
- [20] NÁPLAVA, A., JAHNÁTEK, L., Grom, J., *METROLÓGIA A SKÚŠANIE NEKOVOVÝCH MATERIÁLŮV*. 1. vydanie na www – MTF, edičné číslo 5225. STU Bratislava, 2006. ISBN 80-227-2378-9.
- [21] *Vývoj cien granulátov PA 6.6 / PA 6*. [online]. [cit. 2015-04-09]. Dostupné z: http://plasticker.de/preise/preise_monat_multi.php
- [22] ČSN EN ISO 527-1. *Plasty – Stanovení tahových vlastností – Část 1: Obecné principy*. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012.
- [23] ČSN EN ISO 179-1 ZMĚNA A1. *Plasty - Stanovení rázové houževnatosti metodou Charpy: Část 1: Neinstrumentovaná rázová zkouška*. Praha: Český normalizační institut, 2005.

ZOZNAM POUŽITÝCH SYMBOLOV A SKRATIEK

AC	Striedavý prúd [A]
DC	Jednosmerný prúd [A]
PA	Polyamid
PA 6	Polyamid 6
PA 6.6	Polyamid 6.6
PE	Polyetylén
PMMA	Polymetylmetakrylát
PP	Polypropylén
PS	Polystyrén
PTFE	Polytetraflouretylén
PVC	Polyvinylchlorid
T_f	Teplota tečenia [°C]
T_g	Teplota skleného prechodu [°C]
T_m	Teplota topenia kryštalickej fázy [°C]

ZOZNAM OBRÁZKOV

<i>Obr. 1. Horizontálny vstrekovací stroj Arburg [7]</i>	14
<i>Obr. 2. Vertikálny vstrekovací stroj Arburg [8]</i>	14
<i>Obr. 3. Schéma závitkového stroja s kĺbovým uzáverom [4]</i>	15
<i>Obr. 4. Rozdelenie vstrekovacej jednotky [4]</i>	16
<i>Obr. 5. Princíp piestového</i>	16
<i>Obr. 6. Princíp závitkového</i>	16
<i>Obr. 7. Schéma uzatváracej jednotky [7]</i>	17
<i>Obr. 8. Vstrekovací cyklus [6]</i>	19
<i>Obr. 9. Diagram priebehu tlaku počas vstrekovacieho cyklu [6]</i>	20
<i>Obr. 10. Vstrekovací cyklus – kruhový graf [4]</i>	21
<i>Obr. 11. Priebeh plastifikácie, vstrekovania, dotlaku a chladnutia [3]</i>	22
<i>Obr. 12. Forma pre vstrekovanie termoplastov [10]</i>	24
<i>Obr. 13. Základné rozdelenie plastov [3]</i>	26
<i>Obr. 14. Rozdelenie polymérnych materiálov [14]</i>	27
<i>Obr. 15. Rozdelenie podľa spracovania plastov [15]</i>	28
<i>Obr. 16. Charakteristické ťahovej krivky pre rôzne typy polymérov [20]</i>	32
<i>Obr. 17. Schéma kyvadlového kladiva a umiestnenia vzorky [4]</i>	33
<i>Obr. 18. Elektromagnetická</i>	34
<i>Obr. 19. Spoločnosti HYDAC v Martine a v Tvrdošíne</i>	42
<i>Obr. 20. Výrobná hala HYDAC Electronic s.r.o.</i>	43
<i>Obr. 21. Prehľad portfólia vyrábaných komponentov</i>	43
<i>Obr. 22. Elektromagnetický ventil ES – 1668</i>	44
<i>Obr. 23. Problémový tvar ventilu ES – 1668</i>	45
<i>Obr. 24. Graf vývoja spotreby granulátu PA 6.6 za päť rokov</i>	46
<i>Obr. 25. Graf vývoja cien granulátov PA6/PA6.6</i>	47
<i>Obr. 26. Mobilná sušička Labotek DDM</i>	48
<i>Obr. 27. Vstrekovací stroj DEMAG ergotech 50-200 systém</i>	49
<i>Obr. 28. Vstrekovacia forma pre skúšobné vzorky</i>	50
<i>Obr. 29. Temperačné zariadenie formy ERGOPLAST</i>	50
<i>Obr. 30. Nastavené hodnoty jednotlivých pásiem vstrekovacej jednotky</i>	51
<i>Obr. 31. Nastavenie parametrov série S1</i>	52
<i>Obr. 32. Skúšobné vzorky</i>	52

<i>Obr. 33. Nastavenie parametrov série S10</i>	53
<i>Obr. 34. Zwick 1456 Univerzálny skúšobný stroj</i>	54
<i>Obr. 35. Pracovná časť skúšobného stroja Zwick 1456</i>	55
<i>Obr. 36. Grafická závislosť tlaku a dotlaku na pevnosť v ťahu pre Grilon TSG-30/1</i>	56
<i>Obr. 37. Grafická závislosť tlaku a dotlaku na pevnosť v ťahu pre Zytel 70G30HSL BK039B</i>	58
<i>Obr. 38. Grafická závislosť tlaku a dotlaku na pevnosť v ťahu pre Akromid A3 GF30</i>	59
<i>Obr. 39. Grafická závislosť tlaku a dotlaku na pevnosť v ťahu pre Akromid A3 GF35</i>	60
<i>Obr. 40. Grafická závislosť tlaku a dotlaku na pevnosť v ťahu pre Technyl A 402 Natural FA</i>	61
<i>Obr. 41. Grafická závislosť tlaku a dotlaku na pevnosť v ťahu pre Grilon TSG-30/1, Zytel 70G30 HSL BK039B, Akromid A3 GF30, Akromid A3 GF35, Technyl A 402 Natural FA</i>	63
<i>Obr. 42. Skúšobné zariadenie RESIL IMPACTOR</i>	65
<i>Obr. 43. Umiestnenie skúšobnej vzorky</i>	66
<i>Obr. 44. Výsledky rázovej skúšky</i>	66
<i>Obr. 45. Grafická závislosť tlaku a dotlaku na rázovú húževnatosť pre Grilon TSG- 30/1</i>	67
<i>Obr. 46. Grafická závislosť tlaku a dotlaku na rázovú húževnatosť pre Zytel 70G30HSL BK039B</i>	68
<i>Obr. 47. Grafická závislosť tlaku a dotlaku na rázovú húževnatosť pre Akromid A3 GF30</i>	69
<i>Obr. 48. Grafická závislosť tlaku a dotlaku na rázovú húževnatosť pre Akromid A3 GF35</i>	70
<i>Obr. 49. Grafická závislosť tlaku a dotlaku na rázovú húževnatosť pre Grilon TSG- 30/1, Zytel 70G30 HSL BK039B, Akromid A3 GF30, Akromid A3 GF30</i>	71
<i>Obr. 50. Postup montáže elektromagnetickej cievky ES – 1668</i>	74
<i>Obr. 51. Parametre pred optimalizáciou - 1</i>	75
<i>Obr. 52. Parametre pred optimalizáciou - 2</i>	76
<i>Obr. 53. Parametre po optimalizácii - 1</i>	78
<i>Obr. 54. Parametre po optimalizácii - 2</i>	79
<i>Obr. 55. Lokalita s najväčšou odchýlkou</i>	80
<i>Obr. 56. Grafické znázornenie lokality s najväčšou odchýlkou</i>	81

Obr. 57. Príčina deformácie tvaru..... 81

ZOZNAM TABULIEK

<i>Tab. 1. Vývoj spotreby granulátu PA 6.6 – Grilon TSG – 30/1</i>	<i>45</i>
<i>Tab. 2. Vývoj cien granulátov PA 6.6 / PA 6</i>	<i>46</i>
<i>Tab. 3. Predpis sušenia pre dané materiály</i>	<i>48</i>
<i>Tab. 4. Vstrekovacie parametre pre jednotlivé série</i>	<i>50</i>
<i>Tab. 5. Základné rozmery skúšobnej vzorky</i>	<i>53</i>
<i>Tab. 6. Tabuľka nameraných a vypočítaných hodnôt zmraštenia u vzoriek určených pre ťahové skúšky</i>	<i>72</i>
<i>Tab. 7. Tabuľka nameraných a vypočítaných hodnôt zmraštenia u vzoriek určených pre rázové skúšky.....</i>	<i>72</i>
<i>Tab. 8. Výsledky z merania</i>	<i>80</i>

ZOZNAM PRÍLOH

PRÍLOHA PI: Materiálový list Grilon TSG-30/1

PRÍLOHA PII: Materiálový list Zytel 70G30 HSL BK039B

PRÍLOHA PIII: Materiálový list Akromid A3 GF30

PRÍLOHA PIV: Materiálový list Akromid A3 GF35

PRÍLOHA PV: Materiálový list Technyl A 402 Natural FA

PRÍLOHA PVI: Technický výkres 3547575

PRÍLOHA PVII: Technický výkres 3544812

PRÍLOHA PVIII: CD-ROM

PRÍLOHA P I: MATERIÁLOVÝ LIST GRILON TSG – 30/1

TECHNISCHES MERKBLATT

GRILON TSG-30/1

Produktbeschreibung

Grilon TSG-30/1 ist ein mit 30% Glasfasern verstärkter und hitzestabiler technischer Thermoplast auf der Basis einer teilkristallinen Polyamid 66 + Polyamid 6-Legierung.

Grilon TSG-30/1 zeichnet sich durch folgende Eigenschaften aus:

- Sehr gutes Fließverhalten
- Hervorragende Oberflächenqualität
- Sehr gute Verarbeitbarkeit

Dieses Eigenschaftsprofil erlaubt den Einsatz von Grilon TSG-30/1 für Teile mit sehr guter Oberflächenqualität für Anwendungen in der Automobil-Industrie und im Maschinenbau.

GRILON[®]
EMS

EIGENSCHAFTEN

Mechanische Eigenschaften

		Norm	Einheit	Zustand	Grilon TSG-30/1
Zug-E-Modul	1 mm/min	ISO 527	Mpa	trocken kond.	5.500 3.100
Bruchspannung	50 mm/min	ISO 527	Mpa	trocken kond.	120 70
Bruchdehnung	50 mm/min	ISO 527	%	trocken kond.	- -
Schlagzähigkeit	Charpy, 23 °C	ISO 179/1eU	kJ/m ²	trocken kond.	40 50
Schlagzähigkeit	Charpy, -30 °C	ISO 179/1eU	kJ/m ²	trocken kond.	35 35
Kerbschlagzähigkeit	Charpy, 23 °C	ISO 179/1eA	kJ/m ²	trocken kond.	4 5
Kerbschlagzähigkeit	Charpy, -30 °C	ISO 179/1eA	kJ/m ²	trocken kond.	- -
Kugeldruckhärte		ISO 2039-1	Mpa	trocken kond.	200 140

Thermische Eigenschaften

Schmelztemperatur	DSC	ISO 11357	°C	trocken	260
Formbeständigkeit HDT/A	1.80 MPa	ISO 75	°C	trocken	180
Formbeständigkeit HDT/C	8.00 MPa	ISO 75	°C	trocken	75
Therm. Längenausdehnung längs	23 - 55 °C	ISO 11359	10 ⁻⁴ /K	trocken	-
Therm. Längenausdehnung quer	23 - 55 °C	ISO 11359	10 ⁻⁴ /K	trocken	-
Maximale Gebrauchstemperatur	dauernd	ISO 2578	°C	trocken	100-120
Maximale Gebrauchstemperatur	kurzzeitig	ISO 2578	°C	trocken	220

Elektrische Eigenschaften

Durchschlagfestigkeit		IEC 60243-1	kV/mm	trocken kond.	25 21
Vergleichende Kriechwegbildung	CTI	IEC 60112	-	kond.	500
Spez. Durchgangswiderstand		IEC 60093	Ω · m	trocken kond.	10 ¹² 10 ¹⁰
Spez. Oberflächenwiderstand		IEC 60093	Ω	kond.	10 ¹¹

Allgemeine Eigenschaften

Dichte		ISO 1183	g/cm ³	trocken	1,35
Brennbarkeit (UL 94)	0,8 – 3,2 mm	ISO 1210	Stufe	-	HB
Wasseraufnahme	23 °C/gesätt.	ISO 62	%	-	5
Feuchtigkeitsaufnahme	23 °C/50% r.F.	ISO 62	%	-	2
Verarbeitungsschwindung	längs	ISO 294	%	trocken	0,9
Verarbeitungsschwindung	quer	ISO 294	%	trocken	1,1

Produkt-Bezeichnung nach ISO 1874: PA 66+PA 6, MHR, 14-080N, GF 30
--

Verarbeitungshinweise für die Spritzgiessverarbeitung von Grilon TSG-30/1

Das vorliegende technische Merkblatt für Grilon TSG-30/1 gibt Ihnen nützliche Hinweise für die Materialvorbereitung, die Maschinenanforderungen, den Werkzeugbau sowie die Verarbeitung.



Silberschlieren am Teil können auch durch Überhitzung der Schmelze (über 350 °C) oder durch zu lange Verweilzeit der Schmelze im Zylinder verursacht werden.

MATERIALVORBEREITUNG

Grilon TSG-30/1 wird verarbeitungsfertig getrocknet geliefert. Die Säcke sind luftdicht verschweisst. Eine Vortrocknung ist daher nicht erforderlich.

Lagerung

Verschweisste, unbeschädigte Säcke können, witterungsgeschützt, über Jahre gelagert werden. Als Lagerort empfiehlt sich ein trockener Raum, in dem die Säcke auch vor Beschädigung geschützt sind.

Handhabung und Sicherheit

Detaillierte Informationen können aus dem „Material Sicherheits Datenblatt“ (MSDS) entnommen werden, welches mit der Materialbestellung angefordert werden kann.

Trocknung

Grilon TSG-30/1 wird bei der Herstellung auf einen Wassergehalt von unter 0,10 % getrocknet und luftdicht verpackt. Sollte die Verpackung beschädigt oder das Material zu lange offen gelagert worden sein, so muss das Granulat getrocknet werden. Ein zu hoher Wassergehalt kann sich durch einen beim Ausspritzen ins Freie schäumenden Schmelzekuchen und durch Silberschlieren am Spritzgussteil äussern.

Die Trocknung kann erfolgen im:

Trockenlufttrockner

Temperatur:	max. 80 °C
Zeit:	4 – 12 Stunden
Taupunkt der Trockenluft:	-25 °C

Vakuumofen

Temperatur:	max. 100 °C
Zeit:	4 - 12 Stunden

Trockenzeit

Bei nur wenig schäumendem Schmelzekuchen und leichten Silberschlieren am Spritzgussteil kann die minimale Trockenzeit genügen. Bei über Tage offen gelagertem Material mit stark schäumendem Schmelzekuchen, ungewöhnlich dünnflüssiger Schmelze, starken Schlieren und rauher Oberfläche am Spritzgussteil ist die maximale Trockenzeit nötig.

Trocknungstemperatur

Einen Hinweis auf eine oxidative Schädigung von Polyamiden gibt eine bei hellen Farben sichtbare Vergilbung. Im Trockenlufttrockner sollte die maximale Temperatur (80 °C) nicht überschritten werden. Im Vakuumofen, bei geringerem Sauerstoffpartialdruck, ist eine höhere Temperatur (100 °C) möglich. Um eine Vergilbung bei hellen Farben zu erkennen, ist es sinnvoll, eine kleine Granulatmenge als Vergleichsmuster zurückzuhalten.

Bei längeren Verweilzeiten im Maschinentrichter (über 1 Stunde) ist eine Trichterbeheizung oder ein Trichtertrockner (80 °C) sinnvoll.

Wiederverwertung vom Regenerat

Grilon TSG-30/1 ermöglicht als thermoplastischer Kunststoff eine Aufbereitung fehlerhafter Teile und anteilige Rückführung des Regenerats in den Spritzgiessprozess. Dabei sollen jedoch folgende Punkte berücksichtigt werden:

- Bereits erfolgte Feuchtigkeitsaufnahme
- Regranulierung: Staubanteil und Korngrößenverteilung
- Verschmutzung durch Fremdmaterial, Staub, Öl usw.
- Mengenanteil, prozentuale Zugabe zum Originalmaterial
- Farbveränderungen möglich
- Reduzierung der mechanischen Eigenschaften

Bei der Zuführung von Regenerat muss der Verarbeiter besondere Sorgfalt walten lassen.

MASCHINENANFORDERUNGEN

Grilon TSG-30/1 lässt sich auf allen für Polyamid geeigneten Spritzgiessmaschinen verarbeiten.

Schnecke

Verschleiss-, und Korrosionsgeschützte Universalschnecken mit Rückstromsperre sind zu empfehlen (3 Zonen).

Schnecke

Länge:	18 D - 22 D
Kompressionsverhältnis:	2 – 2,5

Schussvolumen

Der Dosierweg muss in jedem Fall (ohne Dekompressionsweg) länger sein als die Länge der Rückstromsperre.

Auswahl der Spritzeinheit

Schussvolumen = $0,5 - 0,8 \times$
max. Dosiervolumen der Spritzeinheit

Heizung

Mindestens drei separat regelbare Heizzonen sollten Zylindertemperaturen von bis zu 350 °C erzeugen können. Eine separate Düsenheizung ist notwendig. Der Zylinderflansch muss temperierbar sein (Stockkühlung).

Düse

Offene Düsen sind einfach aufgebaut, strömungsgünstig und sehr langlebig. Es besteht jedoch die Gefahr, dass beim nötigen Schneckenrückzug nach dem Dosieren (Dekompression) Luft mit eingezogen wird. Aus diesem Grunde werden häufig Naderverschlussdüsen eingesetzt.

Zuhaltekraft

Die Maschinenzuhaltekraft kann nach folgender Faustformel abgeschätzt werden:

Zuhaltekraft

$7,5 \text{ kN}^{1)} \times \text{projizierte Fläche (cm}^2\text{)}$

¹⁾ Forminnendruck 750 bar

WERKZEUGBAU

Für die Auslegung der Werkzeuge gelten die für flammgeschützte, verstärkte Thermoplaste üblichen Richtlinien.

Für die formbildenden Bereiche genügen übliche verschleissfeste Werkzeugstähle (durchhärtende Stähle, Einsatzstähle etc.), welche auf ca. 56 HRC gehärtet werden sollten. Zusätzlichen Verschleisschutz empfehlen wir in Bereichen mit hoher Strömungsgeschwindigkeit (z.B. Punktanschnitt, Heisskanaldüsen).

Entformung / Entformungsschrägen

Die Ausformschräge beträgt bei Spritzgiesswerkzeugen für Polyamid im allgemeinen $0,5 - 3^\circ$. Für geätzte Oberflächenstrukturen (Kavität) gilt die Faustformel: Pro 1° Wandkonizität max. 0,025 mm Ätztiefe.

(VDI 3400)	12	15	18	21	24	27
Rauhtiefe (µm)	0,4	0,6	0,8	1,1	1,6	2,2
Entformungsschräge (%)	1	1	1,1	1,2	1,3	1,5

(VDI 3400)	30	33	36	39	42	45
Rauhtiefe (µm)	3,2	4,5	6,3	9	13	18
Entformungsschräge (%)	1,8	2	2,5	3	4	5

Entlüftung

Für Grilon TSG-30/1 soll besonders im Bereich der Bindenähte grosszügig entlüftet werden. Zusätzlich freigeschliffene Ausstosser und Entlüftungsschlitze in der Trennebene sind vorzusehen (0.02 mm).

Anguss / Anschnitt

Ein zentraler Stangenanguss im Bereich der grössten Wanddicke ist der sicherste Weg zu guter Formfüllung und zur Vermeidung von Einfallstellen. Punktanschnitt (direkt) oder Tunnelanguss sind aber wirtschaftlicher und auch bei technischen Teilen üblich.

Um ein zu frühes Einfrieren zu vermeiden und um die Formfüllung nicht zu erschweren, gilt:

Anschnittdurchmesser

$0,8 \times$ grösste Wanddicke des Spritzgussteils

Angussdurchmesser

$1,4 \times$ grösste Wanddicke des Spritzgussteils (jedoch mindestens 4 mm)

VERARBEITUNG

Formfüllung, Nachdruck und Dosieren

Beste Teileoberfläche und hohe Bindenahtfestigkeit werden mit hoher Einspritzgeschwindigkeit und genügend lang wirksamen Nachdruck erreicht. Die Einspritzgeschwindigkeit sollte gegen Ende des Füllvorgangs abgestuft sein, um Materialverbrennungen zu vermeiden. Für das Dosieren bei niedriger Drehzahl und geringem Staudruck sollte die Kühlzeit voll ausgenutzt werden.

Grundeinstellungen

Als Grundeinstellung für die Verarbeitung von Grilon TSG-30/1 hat sich folgendes Profil bewährt.

Temperaturen

Flansch	60 - 80 °C
Zone 1	270 °C
Zone 2	280 °C
Zone 3	290 °C
Düse	285 °C
Werkzeug	80 - 100 °C
Masse	270 - 290 °C

Druck / Geschwindigkeiten

Einspritzgeschwindigkeit	mittel - hoch
Nachdruck (spez.)	300 - 800 bar
Staudruck (hydr.)	5 - 15 bar
Schneckendrehzahl	50 - 100 min ⁻¹

PRÍLOHA P II: MATERIÁLOVÝ LIST ZYTEL 70G30 HSL BK039B

Product Information

DuPont™ Zytel®

nylon resin

Zytel® 70G30HSL BK039B

Zytel® 70G30HSL BK039B is a 30% glass reinforced, heat stabilized, black nylon 66 resin for injection molding.

Property	Test Method	Units	Value	
			DAM	50%RH
Identification				
Resin Identification	ISO 1043		PA66-GF30	
Part Marking Code	ISO 11469		>PA66-GF30<	
Mechanical				
Stress at Break	ISO 527	MPa (kpsi)	187 (27.1)	124 (17)
Strain at Break	ISO 527	%	3	4.5
Tensile Modulus	ISO 527	MPa (kpsi)	9900 (1440)	7000 (1020)
Notched Charpy Impact Strength	ISO 179/1eA	kJ/m ²		
			-30°C (-22°F)	9
			10	12
Unnotched Charpy Impact Strength	ISO 179/1eU	kJ/m ²	75	80
Thermal				
Deflection Temperature 0.45MPa 1.80MPa	ISO 75f	°C (°F)		
			258 (496)	
Melting Temperature 10°C/min	ISO 11357-1/-3	°C (°F)		
			263 (505)	
Electrical				
CTI 3.0mm	UL 746A	V	400	

Contact DuPont for Material Safety Data Sheet, general guides and/or additional information about ventilation, handling, purging, drying, etc.

ISO Mechanical properties measured at 4.0mm, ISO Electrical properties measured at 2.0mm, and all ASTM properties measured at 3.2mm.

Test temperatures are 23°C unless otherwise stated.

The DuPont Oval Logo, DuPont™, The miracles of science™ and Zytel® are trademarks or registered trademarks of DuPont Company. Copyright© 2005.

050619/050620

The information provided in this data sheet corresponds to our knowledge on the subject at the date of its publication. This information may be subject to revision as new knowledge and experience becomes available. The data provided fall within the normal range of product properties and relate only to the specific material designated; these data may not be valid for such material used in combination with any other materials, additives or pigments or in any process, unless expressly indicated otherwise. The data provided should not be used to establish specification limits or used alone as the basis of design; they are not intended to substitute for any testing you may need to conduct to determine for yourself the suitability of a specific material for your particular purposes. Since DuPont cannot anticipate all variations in actual end-use conditions DuPont makes no warranties and assumes no liability in connection with any use of this information. Nothing in this publication is to be considered as a license to operate under or a recommendation to infringe any patent rights. DuPont advises you to seek independent counsel for a freedom to practice opinion on the intended application or end-use of our products. Caution: Do not use this product in medical applications involving permanent implantation in the human body. For other medical applications see "DuPont Medical Caution Statement", H-50102.

plastics.dupont.com



The miracles of science®

Product Information

Zytel® 70G30HSL BK039B

Property	Test Method	Units	Value	
			DAM	50%RH
Flammability				
Flammability Classification 0.75mm	IEC 60695-11-10		HB	
Flammability Classification 0.75mm	UL94		HB	
High Amperage Arc Ignition Resistance 0.75mm	UL 746A	arcs	120	
1.5mm			120	
3.0mm			120	
Hot Wire Ignition 0.75mm	UL 746A	s	7	
1.5mm			7	
3.0mm			60	
Temperature Index				
RTI, Electrical 0.75mm	UL 746B	°C	140	
RTI, Impact 0.75mm	UL 746B	°C	125	
RTI, Strength 0.75mm	UL 746B	°C	140	
Other				
Density	ISO 1183	kg/m ³ (g/cm ³)	1370 (1.37)	
Processing				
Melt Temperature Range		°C (°F)	285-305 (545-580)	
Melt Temperature Optimum		°C (°F)	295 (565)	
Mold Temperature Range		°C (°F)	70-120 (160-250)	
Mold Temperature Optimum		°C (°F)	100 (210)	
Drying Time, Dehumidified Dryer		h	2-4	
Drying Temperature		°C (°F)	80 (175)	
Processing Moisture Content		%	<0.20	

Contact DuPont for Material Safety Data Sheet, general guides and/or additional information about ventilation, handling, purging, drying, etc.
ISO Mechanical properties measured at 4.0mm, ISO Electrical properties measured at 2.0mm, and all ASTM properties measured at 3.2mm.
Test temperatures are 23°C unless otherwise stated.

The DuPont Oval Logo, DuPont™, The miracles of science™ and Zytel® are trademarks or registered trademarks of DuPont Company. Copyright© 2

050619/050620

The information provided in this data sheet corresponds to our knowledge on the subject at the date of its publication. This information may be subject to revision as new knowledge and experience becomes available. The data provided fall within the normal range of product properties and relate only to the specific material designated; these data may not be valid for such material used in combination with any other materials, additives or pigments or in any process, unless expressly indicated otherwise. The data provided should not be used to establish specification limits or used alone as the basis of design; they are not intended to substitute for any testing you may need to conduct to determine for yourself the suitability of a specific material for your particular purposes. Since DuPont cannot anticipate all variations in actual end-use conditions DuPont makes no warranties and assumes no liability in connection with any use of this information. Nothing in this publication is to be considered as a license to operate under or a recommendation to infringe any patent rights. DuPont advises you to seek independent counsel for a freedom to practice opinion on the intended application or end-use of our products. Caution: Do not use this product in medical applications involving permanent implantation in the human body. For other medical applications see "DuPont Medical Caution Statement", H-50102.

plastics.dupont.com



PRÍLOHA P III: MATERIÁLOVÝ LIST AKROMID A3 GF30



AKROMID®
A3 GF 30 1 schwarz (4020)
PA66 GF30

AKRO-PLASTIC GmbH

Ein Unternehmen der Feddersen-Gruppe

Industriegebiet Brohthal Ost
Im Stiefelfeld 1
D-56651 Niederzissen
Telefon +49 2636/9742-0
Telefax +49 2636/9742-31
info@akro-plastic.com
www.akro-plastic.com

Vorläufiges Datenblatt

Charakterisierung:

AKROMID® A3 GF 30 1 schwarz (4020) ist ein 30% glasfaserverstärktes, wärmestabilisiertes Polyamid 6.6 mit hoher Steifigkeit und Festigkeit

Anwendungen:

Anwendungsgebiete sind techn. Bauteile im Maschinenbau und in der Automobilindustrie

Eigenschaften	Prüfbedingungen	Methode	Einheit	Richtwerte trocken
Mechanische Eigenschaften				
Zug-E-Modul	1 mm/min	ISO 527-2	MPa	10000
Bruchspannung	5 mm/min	ISO 527-2	MPa	185
Bruchdehnung	5 mm/min	ISO 527-2	%	3
Charpy Schlagzähigkeit	23°C	ISO 179-1/1eU	kJ/m ²	80
Charpy Schlagzähigkeit	-30°C	ISO 179-1/1eU	kJ/m ²	60
Elektrische Eigenschaften				
Spezifischer Durchgangswiderstand		IEC 60093	Ohm x cm	1,0E+16
Spezifischer Oberflächenwiderstand		IEC 60093	Ohm	1,0E+14
Thermische Eigenschaften				
Schmelzpunkt	DSC, 10K/min	DIN EN 11357-1	°C	262
Wärmeformbeständigkeit HDT/A	1,8 MPa	ISO 75	°C	250
Wärmeformbeständigkeit HDT/B	0,45 MPa	ISO 75	°C	260
Brandverhalten				
Brennbarkeit UL 94	1,6 mm	UL 94	Klasse	HB
Brennrate (<100 mm/min)	> 1 mm Dicke	FMVSS 302	mm/min	+
Allgemeine Eigenschaften				
Dichte	23°C	ISO 1183	g/cm ³	1,36

AKRO-PLASTIC GmbH
Sitz der Gesellschaft: Niederzissen
Handelsregister: Amtsgericht Koblenz HRB 12227
Geschäftsführer: Andreas Stuber, Dirk Steinbrück
Aufsichtsratsvorsitzender: Dr. Matthias von Rönn

The information contained herein is based on our current knowledge and experience. A legally binding promise of certain characteristics or suitability for a concrete individual case cannot be derived from this information. The information supplied here is not intended to release processors and users from the responsibility of carrying out their own tests and inspections in each concrete individual case. AKRO®, AKROMID®, AKROLEN®, AKROLOY® and AKROTEK® are registered or pending trademarks of the Feddersen Group.

PRÍLOHA P IV: MATERIÁLOVÝ LIST AKROMID A3 GF35

3. 2. 2015

Material Data Center | Datasheet AKRO...

[Home](#) [Imprint](#) [About](#)

Material Data Center is a leading international information system for the plastics industry. Material Data Center offers a comprehensive plastics database, calculation tools, CAE interfaces, a literature database and an application database. For more information about Material Data Center visit www.materialdatacenter.com.

This is the free Material Data Center Datasheet of AKROMID® A3 GF 35 1 schwarz - PA66-GF35 - Akro-Plastic GmbH

Material Data Center offers the following functions for AKROMID® A3 GF 35 1 schwarz:
unit conversion, PDF datasheet print, comparison with other plastics, snap fit calculation, beam deflection calculation

[Check here, which other Akromid A datasheets, application examples or technical articles are available in Material Data Center](#)

Use the following short links to get directly to the properties of interest in this datasheet:

Rheological properties	dry / cond	Unit	Test Standard
ISO Data			
Molding shrinkage, parallel	0.2 / *	%	ISO 294-4, 2577
Molding shrinkage, normal	1.2 / *	%	ISO 294-4, 2577
Mechanical properties			
ISO Data			
Tensile Modulus	11600 / 8400	MPa	ISO 527-1/-2
Stress at break	215 / 145	MPa	ISO 527-1/-2
Strain at break	3 / 5	%	ISO 527-1/-2
Charpy impact strength (+23°C)	92 / 102	kJ/m ²	ISO 179/1eU
Charpy impact strength, -30°C	90 / -	kJ/m ²	ISO 179/1eU
Charpy notched impact strength (+23°C)	15 / 19	kJ/m ²	ISO 179/1eA
Charpy notched impact strength, -30°C	13 / -	kJ/m ²	ISO 179/1eA
Flexural modulus (23°C)	10000 / 8000	MPa	ISO 178
Thermal properties			
ISO Data			
Melting temperature (10°C/min)	262 / *	°C	ISO 11357-1/-3
Temp. of deflection under load (1.80 MPa)	255 / *	°C	ISO 75-1/-2
Temp. of deflection under load (0.45 MPa)	260 / *	°C	ISO 75-1/-2
Temp. of deflection under load, 8.00 MPa	220 / *	°C	ISO 75-1/-2
Burning behav. at thickness h	HB / *	class	IEC 60695-11-10
Thickness tested	0.8 / *	mm	IEC 60695-11-10
UL recognition	UL / *	-	-
Electrical properties			
ISO Data			
Volume resistivity	1E11 / -	Ohm*m	IEC 60093
Comparative tracking index	600 / -	-	IEC 60112
Other properties			
ISO Data			
Water absorption	5 / *	%	Sim. to ISO 62
Density	1400 / -	kg/m ³	ISO 1183

Characteristics

Delivery form

Black

Special Characteristics

Heat stabilized or stable to heat

Applications

Automotive

Regional Availability

Europe, Asia Pacific

Disclaimer

Copyright M-Base Engineering+Software GmbH. M-Base Engineering + Software GmbH assumes no liability for the system to be free of errors. The user takes sole responsibility for the use of this data under the exclusion of every liability from M-Base; this is especially valid for claims of compensation resulting from consequential damages. M-Base explicitly points out that any decision about the application of materials must be double checked with the producer of this material. This includes all contents of this system. Copyright laws are applicable for the content of this system.

Material Data Center is provided by M-Base Engineering + Software GmbH. M-Base Engineering + Software GmbH assumes no liability for the system to be free of errors. Any decision about the application of materials must be double checked with the producer of this material.

PRÍLOHA P V: MATERIÁLOVÝ LIST TECHNYL A402 NATURAL FA

TECHNYL®

TECHNYL® A 402 NATURAL FA

Product Datasheet - May 2010

Description

Unreinforced polyamide PA66, very high viscosity, for extrusion.

Product Applications

TECHNYL® A 402 NATURAL FA offers three main advantages: high impact resistance at low humidity levels, good rigidity, and excellent compression resistance.

This grade is particularly suitable for the moulding of plastic insulators for railway binding and for extrusion of plates and profiles.

Suitable for food contact applications (films, packaging, ...).

This product is available in natural.

Processing

The material is supplied in airtight bags, ready for use. In the case that the virgin material has absorbed moisture, it must be dried to a final moisture content of less than 0,1% with a dehumidified air drying equipment at approx 80°C.

Recommended extrusion conditions :

Barrel temperatures :

- feed zone 240 - 250°C

- compression zone 240 - 260°C

- front zone 240 - 260°C

Draw - plate temperatures : 260 at 270°C

Safety

Please refer to the Safety Data Sheet



TECHNYL® A 402 NATURAL FA

The values of properties are for natural grade.

Properties	Standards	Unit	Values	
			d.a.m*.	Cond.**
Physical				
Water absorption (24 h at 23°C)	ISO 62	%	1.5	-
Density	ISO 1183-A	g/cm3	1.14	-
Molding shrinkage Parallel (1) (RHODIA-EP)	RHODIA-EP	%	1.90	-
Molding shrinkage normal or perpendicular (1) (Rhodia EP)	RHODIA-EP	%	1.90	-
Molding Shrinkage Isotropy (Rhodia EP)	RHODIA-EP		1	-
Mechanical				
Tensile modulus	ISO 527 type 1 A	MPa	3100	1300
Tensile strength at yield	ISO 527 type 1 A	MPa	80	60
Elongation at yield	ISO 527 type 1 A	%	8	30
Elongation at break	ISO 527 type 1 A	%	60	250
Tensile strength at break	ISO 527 type 1 A	MPa	60	-
Flexural modulus	ISO 178	MPa	2800	1300
Flexural maximum stress	ISO 178	MPa	120	75
Charpy notched impact strength	ISO 179/1eA	kJ/m2	7	30
Charpy unnotched impact strength	ISO 179/1eU	kJ/m2	NB	NB
Izod notched impact strength	ISO 180/1A	kJ/m2	6	35
Flamability				
Limit Oxygen index	ISO 4589		27	-
Thermal				
Melting Temperature	ISO 11357	°C	263	-
Heat deflection temperature, 1,8 Mpa	ISO 75/Af	°C	75	-
Coef. of Linear thermal expansion normal or perpendicular (23°C to 85°C)	ISO 11359	E-5 / °C	7	-
Electrical				
Dissipation factor	IEC 60250		0.02	0.10
Volume resistivity	IEC 60093	Ohm.cm	10E14	10E11
Surface resistivity	IEC 60093	Ohm	10E12	10E11
Dielectric strength	IEC 60243	kV/mm	27	26
Comparative tracking index sol. A	IEC 60112	Volt	600	600

Identification Code : >PA66<

The information contained in this document is given in good faith based on our current knowledge. It is only an indication and is in no way binding. This information must on no account be used as a substitutive for necessary prior tests which alone can ensure that a product is suitable for a given use. ANY WARRANTY OF PRODUCT PERFORMANCE, MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE IS EXPRESSLY EXCLUDED. Users are responsible for ensuring compliance with local legislation and for obtaining the necessary certifications and authorizations. Users are requested to check that they are in possession of the latest version of this document, and Rhodia is at their disposal to supply any additional information.

d.a.m*.

Cond.**

