


Návrh stavitelného kalibru pro kalibraci vytlačovaných trubiček

Bc. Marek Petrla

Diplomová práce
2021

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

Akademický rok: 2020/2021

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	Bc. Marek Petrla
Osobní číslo:	T19786
Studijní program:	N0788A270002 Výrobní inženýrství
Studijní obor:	Stroje a nástroje pro zpracování polymerů a kompozitů
Forma studia:	Kombinovaná
Téma práce:	Návrh stavitelného kalibru pro kalibraci vytlačovaných trubiček

Zásady pro vypracování

1. Vypracujte literární studii na dané téma
2. Připravte 3D modely vyráběných dílů
3. Nakreslete 3D model sestavy stavitelného kalibru
4. Nakreslete 2D výkres sestavy včetně kusovníku

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

Seznam doporučené literatury:

KAINTH, Sushil. *Die design for extrusion of plastic tubes and pipes: a practical guide*. Munich: Hanser, [2018], xix, 344 s. ISBN 9781569906729

RAUWENDAAL, Chris J., Paul J. GRAMANN, Bruce Allen DAVIS a Tim A. OSSWALD. *Polymer extrusion*. 5th edition. Munich: Hanser Publications, [2014], xvi, 934 s. ISBN 9781569905166

RAUWENDAAL, Chris J. *Understanding extrusion*. 2nd ed. Munich: Hanser, c2010, xi, 231 s. ISBN 9783446416864

HOPMANN, Christian a Walter MICHAELI. *Extrusion dies for plastics and rubber: design and engineering computations*. 4th edition. Munich: Hanser, [2016], xviii, 451 s. ISBN 9781569906231

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Michal Staněk, Ph.D.**
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání diplomové práce: **5. ledna 2021**

Termín odevzdání diplomové práce: **14. května 2021**

prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D. v.r.
děkan

L.S.

prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D. v.r.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 1. dubna 2021

PROHLÁŠENÍ AUTORA DIPLOMOVÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

- diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji diplomovou 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;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou 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);
- pokud bylo k vypracování diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem diplomové 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.

Prohlašuji,

- že jsem diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně dne:

Jméno a příjmení studenta:

.....
podpis studenta

ABSTRAKT

Tato diplomová práce se zabývá řešením stavitelného kalibru pro kalibraci vnějšího průměru vytlačovaných plastových trubiček.

Teoretická část popisuje technologii vytlačování termoplastických materiálů, vybrané typy termoplastů, reologii polymerů a výrobní linky plastových výrobků. Praktická část poskytuje konstrukci kalibračního zařízení a jeho výrobu. Dále byly vyrobeny vzorky plastových trubiček a bylo vyhodnoceno měření rozměrů a kruhovitosti. Pro návrh kalibračního zařízení a vytvoření výkresové dokumentace byl použit software SIEMENS Solid Edge 2020. Vzorky trubiček byly vyrobeny na vytlačovací lince LabTech Engineering. Měření a vyhodnocení bylo provedeno pomocí laserového měřicího zařízení BETA LaserMike AccuScan 5000.

Klíčová slova: polymer, plast, vytlačování plastů, kalibrace, stavitelný kalibr

ABSTRACT

The thesis introduces the adjustable calibration sleeve to calibrate the external diameter of extruded plastic tubes.

The theoretical part describes the technology of extrusion thermoplastic materials, selected types of thermoplastics, rheology of polymers and production lines of plastic products. The practical part provides the design of the calibration device and its production. Furthermore, the samples of plastic tubes were produced and the measurement of dimensions and resulting quantities of diameter and roundness were evaluated. SIEMENS Solid Edge 2020 software was applied to design the calibration device and to create the drawing documentation. The samples of tubes were produced by a LabTech Engineering extrusion line. The measurement and evaluation were performed using a BETA LaserMike AccuScan 5000 laser measuring device.

Keywords: polymer, plastic, plastics extrusion, calibration, adjustable sleeve

Děkuji svému vedoucímu diplomové práce panu prof. Ing. Michalu Staňkovi, Ph.D. za ochotu, čas, odborné vedení a rady při tvorbě této práce.

Velký dík patří také:

Panu prof. Dr.Ing. Vladimíru Patovi za odborné konzultace v oblasti statistiky a vyhodnocování měření.

Panu Ing. Dušanu Fojtů, Ph.D. ze společnosti Compuplast international a.s. za připomínky v oblasti materiálového inženýrství a poznatky k formální úpravě této práce.

Panu Ing. Janu Královi, jednatelem společnosti Compuplast s.r.o. za bohaté odborné rady z oblasti navrhování nástrojů pro extruzi termoplastů a možnost realizace této práce.

Pánům Ing. Marianu Strakovi a Ing. Václavu Stokláskovi za připomínky a konzultace v oblasti konstrukce nástrojů pro vytlačování termoplastů.

Panu Ing. Milanu Strouhalovi za rady v oblasti interpretace dat pomocí software.

Panu Ing. Karlu Fišerovi za konzultace v oblastech konstrukčních materiálů, strojní konstrukce, strojírenské technologie, technického kreslení a technické normalizace.

Panu Ing. Jaromíru Volkovi, Ph.D. za pomoc s ekologickou likvidací vyrobených vzorků.

Panu Martinu Lefanovi za pomoc při pořizování fotografií.

Zvláštní poděkování patří panu doc. Ing. Antonínu Blahovi, CSc. in memoriam za to, že mě přivedl na akademickou půdu.

„Si vis...“

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 VYTLAČOVÁNÍ TERMOPLASTŮ	11
1.1 POLYMERY	11
1.2 VYTLAČOVÁNÍ	13
2 VYBRANÉ TERMOPLASTY PRO VYTLAČOVÁNÍ	15
2.1 HDPE	15
2.2 LDPE.....	15
2.3 PP	15
2.4 PVC	15
2.5 PA.....	16
3 REOLOGIE POLYMERŮ	17
3.1 SMYKOVÁ VISKOZITA.....	17
3.2 INDEX TOKU TAVENINY	17
4 VÝROBNÍ LINKY PRO VYTLAČOVÁNÍ TERMOPLASTŮ	19
4.1 VYTLAČOVACÍ STROJE	19
4.1.1 Jednošnekový vytlačovací stroj.....	19
4.1.2 Dvoušnekový vytlačovací stroj	21
4.2 VYTLAČOVACÍ HLAVY.....	22
4.2.1 Vytlačovací hlava na pásy.....	24
4.2.2 Vytlačovací hlava na desky a fólie.....	25
4.2.3 Vytlačovací hlava na struny	26
4.2.4 Vytlačovací hlava na profily	28
4.2.5 Vytlačovací hlava na opláštění.....	30
4.2.6 Vytlačovací hlava na trubičky a hadičky	33
4.2.7 Vytlačovací hlava na koextrudované trubky.....	34
4.3 KALIBRACE	37
4.3.1 Kalibrace trubiček a hadiček	38
4.4 ODTAHOVÉ ZAŘÍZENÍ	40
4.5 OSTATNÍ ZAŘÍZENÍ	42
4.5.1 Dělicí zařízení	42
4.5.2 Navíjecí zařízení.....	44
4.5.3 Sklápěcí žlab	45
II PRAKTICKÁ ČÁST	47
5 CÍLE PRAKTICKÉ ČÁSTI A SOUČASNÝ STAV	48
6 NÁVRH STAVITELNÉHO KALIBRU	49

6.1	VÝPOČET ZÁKLADNÍCH ROZMĚRŮ KALIBRU	49
6.2	POPIS KALIBRU	50
6.3	MATERIÁL KALIBRU	50
7	VÝROBA STAVITELNÉHO KALIBRU	52
8	VÝROBA VZORKŮ TRUBIČEK.....	53
9	MĚŘENÍ A VYHODNOCENÍ.....	56
9.4.1	Kalibr Pevný 8,2.....	58
9.4.2	Kalibr Stavitelný 8,2	59
9.4.3	Kalibr Stavitelný 8,0	61
9.4.4	Kalibr Stavitelný 7,8	62
9.4.5	Kalibr Stavitelný 7,6	64
10	FINANČNÍ POROVNÁNÍ KALIBRŮ.....	67
10.1	VÝROBA PEVNÉHO KALIBRU	67
10.2	VÝROBA STAVITELNÉHO KALIBRU	67
10.3	VYHODNOCENÍ.....	67
11	DISKUZE VÝSLEDKŮ	69
	ZÁVĚR	71
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	73
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	77
	SEZNAM OBRÁZKŮ	83
	SEZNAM TABULEK.....	85
	SEZNAM PŘÍLOH.....	86

ÚVOD

Plastikářský průmysl v posledních několika letech patří k jednomu z nejvýraznějších a nejstabilnějších průmyslových sektorů, kdy je nutno říci, že plastikářský průmysl zastává velmi významnou úlohu v zaměstnanosti, a to z důvodu své stability a velké využitelnosti v ostatních odvětvích průmyslu, například strojírenském, automobilovém, kosmickém, ale i ve zdravotnictví a potravinářství.

Vytlačování plastů je technologie, která si již dlouhou dobu drží své světové prvenství v množství zpracovaného materiálu za jednotku času. Vždyť každý plastový výrobek, jenž byl vyroben z granulátu, musel minimálně jednou projít procesem vytlačování, bez ohledu na koncovou technologii jeho výroby. Lze tedy dlouhodobě předpokládat, že vytlačování plastů si bude i nadále držet svou pevnou pozici ve světovém žebříčku technologií.

Problematika stavitelného kalibru v technologii vytlačování termoplastů patří k aktuálním problémům plastikářského průmyslu. A z tohoto důvodu se tato práce zabývá jeho návrhem, následnou konstrukcí, výrobou vzorků, jejich měřením a vyhodnocením.

V současné době se před zahájením výroby každého plastového výrobku musí navrhnout a vyrobit speciální nástroje, což má dopad nejen ekonomický, ale i enviromentální.

Tato práce je malým příspěvkem k problematice kalibrace vytlačovaných výrobků, kdy je nutné na celou problematiku nahlížet z pohledu technologického, ale i ekonomického, estetického a ergonomického.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 VYTLAČOVÁNÍ TERMOPLASTŮ

1.1 Polymery

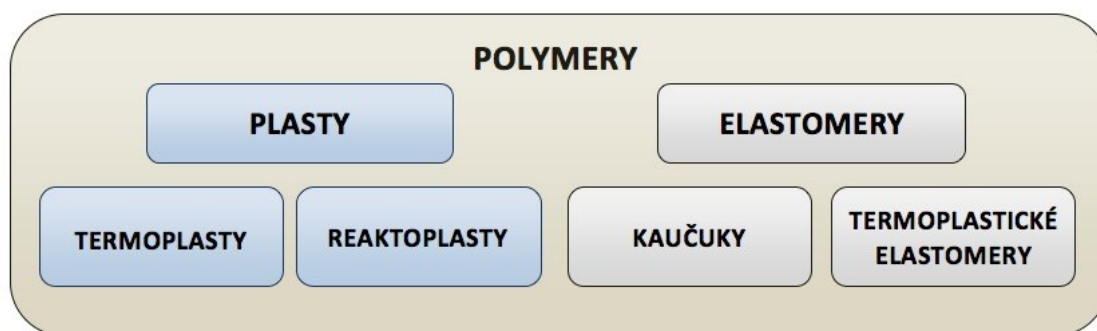
Polymery jsou látky složené z makromolekul, které tvoří atomy uhlíku, vodíku a kyslíku, ale i dusíku, chloru a také jiných prvků. [1]

Makromolekuly jsou řetězce složené z mnohonásobně se opakujících merů, které se podle vlastní struktury dělí na polymery lineární, rozvětvené a zesíťované. Chemické složení merů a způsob jejich spojení chemickými vazbami předurčuje polymeru jeho fyzikální a chemické vlastnosti. Další vlastnosti daného polymeru jsou dány délkou molekulárních řetězců, respektive molární hmotností. Vzhledem k tomu, že v jednom druhu polymeru se nachází různě dlouhé řetězce, uvádí se střední molární hmotnost. Přesněji se polymer charakterizuje distribuční křivkou molekulových hmotností. [2, 3]

Podle způsobu chování za běžné a zvýšené teploty se dělí polymery na plasty a elastomery. [1]

Plasty jsou materiály, které lze tvarovat do požadovaného tvaru teplem, tlakem nebo oběma způsoby současně. [4]

Polymery lze rozdělit do základních skupin podle Obrázku 1. [5]



Obrázek 1 Polymery [5]

Plasty se dělí na teplem opakovaně tvarovatelné termoplasty a na reaktoplasty, které po uplynutí chemické reakce nelze účinkem zvýšené teploty dále tvarovat. [1]

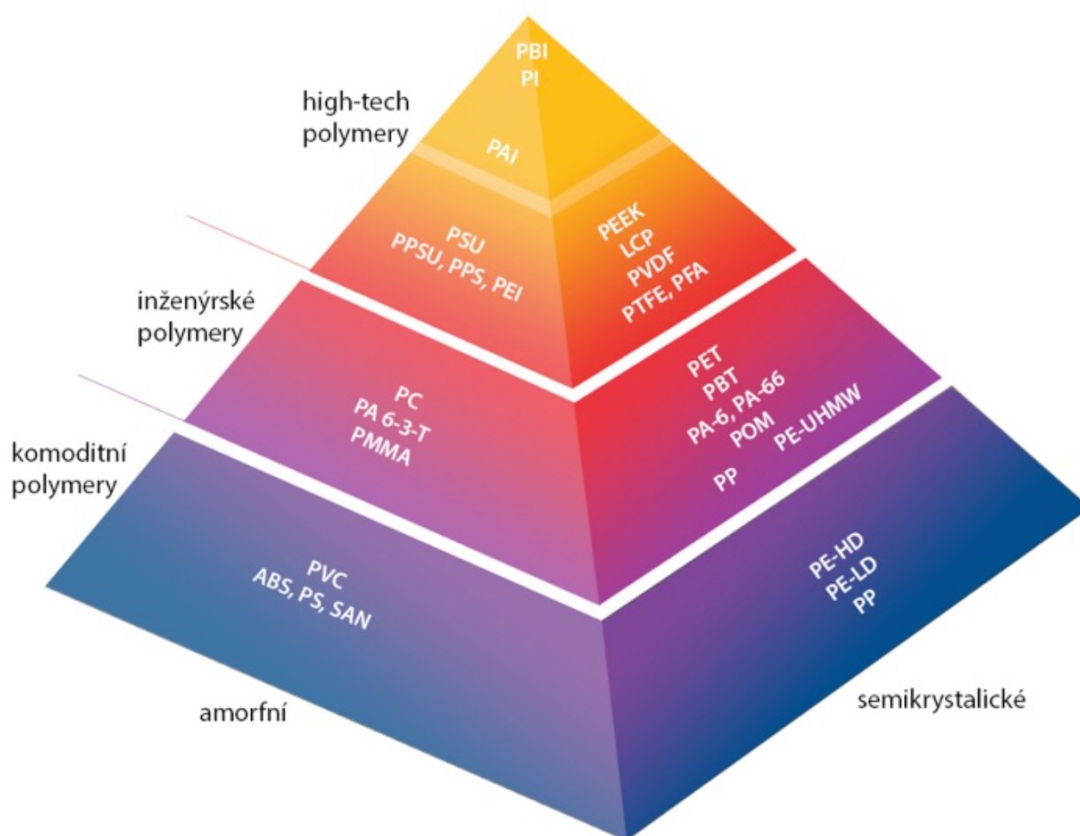
Některé polymery, zvláště lineární a málo větvené, které přechází z taveniny do tuhého stavu mají schopnost částečně krystalizovat. Znamená to, že část polymeru je pravidelně

krystalická a část amorfni. Nazývají se semikrystalické, např. PP, LDPE, HDPE, LLDPE, POM, PTFE, PA, PET, PBT, PEK, PEEK, EVOH. [2]

Polymery, které nemají při přechodu z taveniny do tuhého stavu schopnost krystalizace se nazývají amorfni, např. PS, PC, PMMA, ABS, PVC, SAN. [2]

Semikrystalické i amorfni polymery ve stavu taveniny jsou vždy amorfni. [2, 6]

Rozdělení polymerů podle svého postavení na trhu naznačuje Obrázek 2. [5]



Obrázek 2 Rozdělení plastů [5]

Reaktoplasty jsou polymery, které chemickou reakcí, vytvrzením, přejdou z lineárního stavu do stavu zesíťovaného. Tato změna je nevratná. Používají se zejména pro výrobu kompozitů, lepidel a nátěrových hmot. Většinou jsou tyto materiály nerozpustné a netavitelné. [1, 4, 7]

Elastomery jsou polymery s vysokou elasticitou, které lze za běžných podmínek bez porušení značně deformovat malou silou. Tato deformace je vratná. Největším zástupcem jsou kaučuky, ze kterých se vulkanizací vyrábí pryž (guma). [1]

Přírodní kaučuk (NR) je vysoce elastická hmota, která se získává z latexu. Latex je mlékovitá kapalina, obsažená ve stromech *Hevea brasiliensis*. Latex se takzvaně čepuje ze stromů po naříznutí jejich kůry. [1]

Latex se dále koaguluje (obvykle kyselinou octovou nebo kyselinou mravenčí) a zpracovává na tzv. suchý kaučuk. [8]

Analogem přírodního kaučuku je izoprenový kaučuk (IR), který ovšem nelze uměle vyrobit v takové čistotě, jako je přírodní kaučuk. Uměle vyrobený polyizopren lze kombinovat s přírodním kaučukem, ovšem omezeně. [1]

Syntetické kaučuky dělíme podle použití na kaučuky pro všeobecné použití a kaučuky speciální. [7]

Z kaučuků pro všeobecné použití lze vyrobit většina gumových výrobků (pneumatiky, hadice, dopravní pásy, další technické výrobky). Jedná se o kaučuk izoprenový (IR), butadienstyrenový (SBR), butadienový (BR), etylenpropylenový (EPM, EPDM) a butylkaučuk (IIR). [7]

Speciální kaučuky dále dělíme na:

- Olejivzdorné kaučuky, chloroprenový kaučuk (CR), butadienakrylonitrilový kaučuk (NBR), akrylátové kaučuky (ACM)
- Tepluvzdorné kaučuky, silikonový kaučuk, fluoruhlíkový kaučuk (FPM) [7]

V technických výkresech se součásti z plastů a pryží v řezu nebo průřezu označují křížovým šrafováním. [9]

1.2 Vytlačování

Vytlačování neboli extruze je kontinuální způsob tváření polymerní taveniny. [1, 10]

Jedná se o technologickou operaci, při níž se polymer v plastickém stavu vytlačuje přes vytlačovací hlavu do volného prostoru. Vytlačovací stroje neboli extrudery jsou většinou konstruovány jako šnekové vytlačovací stroje. [11]

Méně častěji se používají vytlačovací stroje pístové. Zejména pro vytlačování materiálů s vysokou viskozitou (PTFE, UHMWPE). [12]

Metodou vytlačování se vyrábí fólie, desky, trubky, tyče, vlákna a hadice, ale také opláštěvané a potahované výrobky. Materiál ve formě granulí nebo prášku je násypkou

doprovován do pracovního válce šnekového vytlačovacího stroje. Část pracovního válce pod násypkou je intenzivně chlazena vodou, aby se zvýšil třecí koeficient. Dále je materiál posouván rotačním účinkem šneku ze vstupní části do kompresní zóny, kde se taví vlivem zvýšené teploty vytápěného pracovního válce a disipace, a kde vzrůstá tlak. [13, 14]

Disipace je nevratná přeměna mechanické energie na energii tepelnou.

$$D = \eta \cdot \dot{\gamma}^2 \quad (1)$$

η – dynamická viskozita [Pa.s]

$\dot{\gamma}$ – rychlost smykové deformace [s^{-1}]

Vytlačené desky a fólie je možné následně naválcovat na další materiály (tkanina, papír). Lze také vytlačovat vícevrstvé fólie, které mají uplatnění zejména jako obaly v potravinářském průmyslu. [15]

Vytlačování je v současné době co do množství zpracovaného materiálu dominantní technologií tváření polymerů. [16]

Kromě termoplastů lze vytlačováním zpracovávat též reaktoplasty a kaučukové směsi, ale i kovy nebo těsto při výrobě těstovin.

2 VYBRANÉ TERMOPLASTY PRO VYTLAČOVÁNÍ

Termoplasty jsou syntetické polymery, které lze zvýšením teploty převést z tuhého stavu do stavu plastického. Tato změna je vratná. [1, 7]

2.1 HDPE

Vysokohustotní polyetylen je lineární, semikrystalický polymer ze skupiny polyolefinů. Je nepolární, nenavlhavý a houževnatý. Vyrábí se polymerací plynu ethenu. Vyrábí se z něj potrubí pro studenou vodu a plyny, chráničky inženýrských sítí, desky pro následné tvarování teplem, víčka lahví, sáčky, kanystry a nádrže. [1, 17, 18]

2.2 LDPE

Nízkohustotní polyetylen je rozvětvený, semikrystalický, polymer ze skupiny polyolefinů. Je nepolární, nenavlhavý a houževnatý. Vyrábí se polymerací plynu ethenu. Vyrábí se z něj izolace elektrických vodičů, svazkové spirály pro ochranu vodičů, nákupní tašky, zip sáčky, pěnové izolační materiály. [1, 17, 18]

2.3 PP

Polypropylen je nepolární, semikrystalický a houževnatý polymer ze skupiny polyolefinů, který se vyrábí polymerací plynu propenu. Je nepropustný pro plyny a páry. Odolává zvýšeným teplotám, olejům a chemickým vlivům. Zpracovává se vstřikováním, vyfukováním, lisováním a vytlačováním. Je též dobře svařitelný. Vyrábí se z něj potrubí a armatury pro horkou vodu, tyče, desky, profily, bloky, fólie, vlákna, nádrže, nádoby akumulátorů, kopolymery. Dále pak díly zdravotnické techniky, které musí odolávat teplotám sterilizace, například injekční stříkačky, kuchyňské nádobí, kelímky. [1, 13, 19, 20, 21, 22, 23, 24]

2.4 PVC

Polyvinylchlorid je prvně připravený syntetický plast. Byl připraven již v roce 1835, avšak k jeho průmyslovému zpracování došlo až o devadesát let později. Jedná se o amorfní polymer. [1]

K jeho výhodám patří nízká cena výroby monomeru (vinylchloridu), dobrá chemická odolnost, samozhášivost a vhodnost pro zpracování běžnými plastikářskými technologiemi (válcování, vytlačování, vstřikování, vyfukování). PVC se zpracovává buď na tvrdé výrobky (kanalizační roury, okapy, podlahoviny) nebo přidáním změkčovadel na měkké výrobky (fólie, nafukovací hračky, chirurgické rukavice, koženka, ubrusy, izolace vodičů). [1, 7]

2.5 PA

Polyamid je lineární, semikrystalický polymer. Je polární a navlhavý. Míra navlhavosti polyamidu závisí na typu monomeru, z něhož je konkrétní polyamid syntetizován. Zpracovává se vstřikováním, vytlačováním, odléváním a dloužením. Z polyamidů se vyrábí součásti přístrojů, kryty strojů, polotovary pro strojní obrábění (desky, tyče, trubky), ozubená kola, kluzná ložiska, vlákna, vlasce, štětiny, kordy do pneumatik a dopravních pásů, fólie. Polyamidy se často plní anorganickými plnivy (skleněná vlákna). [1, 2, 19]

3 REOLOGIE POLYMERŮ

„Reologie je věda o deformaci a toku materiálů.“ (E. C. Bingham, 1929) [25]

Už v pátém století před naším letopočtem pronesl starořecký filozof Hérakleitos z Efesu větu „παντα ρει“ neboli „všechno teče“, což si dala za heslo Reologická společnost v USA (Society of Rheology – S.O.R.), která vznikla v roce 1929. [16, 26]

3.1 Smyková viskozita

Viskozita je míra vnitřního odporu proti tečení kapaliny neboli proti smykovému namáhání. Pro newtonské kapaliny (voda) platí, že viskozita je konstantní, tudíž není funkcí rychlosti smýkání. Polymerní taveniny se vyznačují tím, že jejich viskozita klesá s rostoucí smykovou rychlostí. Z Newtonova zákona o viskozitě plyne: [16, 27, 28]

$$\eta = \frac{\tau_{xy}}{\dot{\gamma}} \quad (2)$$

τ_{xy} – smykové napětí [Pa]

$\dot{\gamma}$ – rychlost smykové deformace [s^{-1}]

Jednoduchým způsobem nám popisuje hodnotu viskozity polymerní taveniny mocninový zákon: [16]

$$\eta = m \cdot \dot{\gamma}^{n-1} \quad (3)$$

m – měřítko konzistence [$Pa \cdot s^n$]

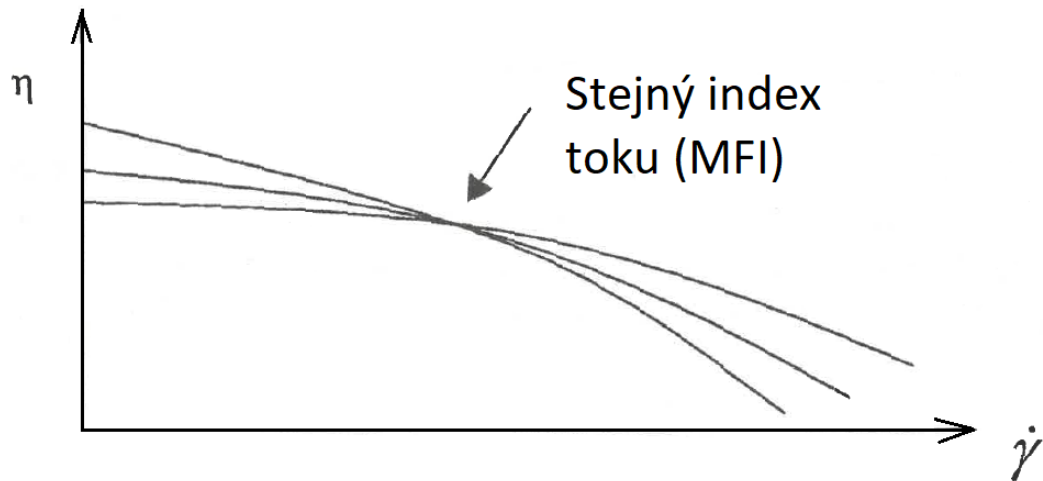
$\dot{\gamma}$ – rychlost smykové deformace [s^{-1}]

n – konstanta, stupeň ne-newtonského chování

3.2 Index toku taveniny

Index toku taveniny neboli ITT, je veličina, která udává množství materiálu v gramech, které proteče přesně definovanou kapilárou za 10 minut při daném zatížení pístu a dané teplotě. ITT má jednotku [$g \cdot 10 \text{ min}^{-1}$]. [12]

Mezinárodně se index toku taveniny označuje MFI (Melt Flow Index). Graficky se jedná o jeden bod na tokové křivce polymeru, a proto může podat klamné informace v záležitosti zpracování. Různé polymery mohou mít stejné MFI, ale různé viskozity (Obrázek 3). [16]

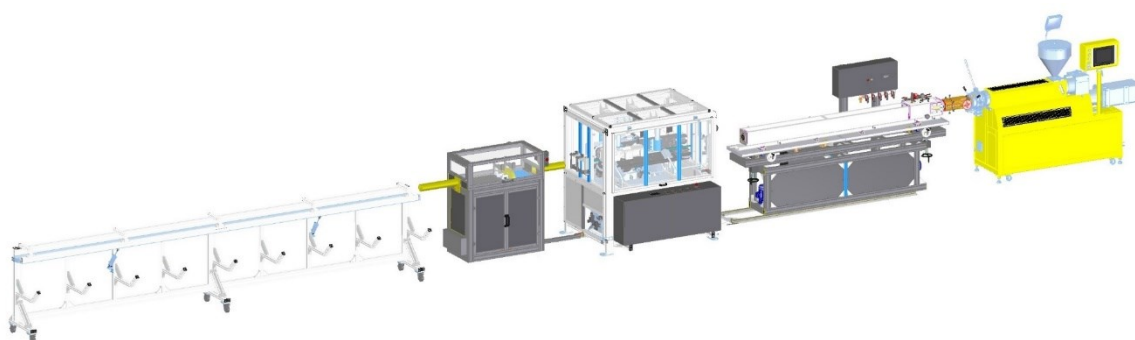


Obrázek 3 MFI pro tři různé materiály [16]

4 VÝROBNÍ LINKY PRO VYTLAČOVÁNÍ TERMOPLASTŮ

Vytlačované výrobky se vyrábí na vytlačovacích linkách. Vytlačovací linky jsou soustavy strojů a zařízení, které se řadí za sebou ve směru toku materiálu. Jejich parametry a konfigurace se volí podle výroby konkrétního výrobku. Výrobní linky obsahují stroje a zařízení, které se na procesu vytlačování podílejí přímo, ale i periferie, které zajišťují například přípravu granulátu i konečnou manipulaci s výrobky nebo měření. Hlavní součástí vytlačovací linky je vytlačovací stroj. [29]

Příklad vytlačovací linky je znázorněn na Obrázku 4.

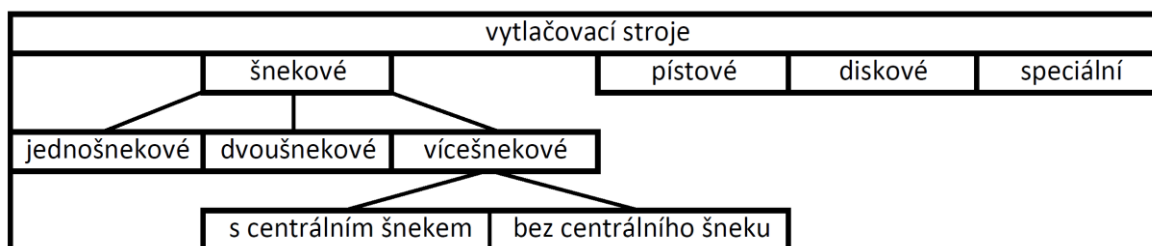


Obrázek 4 Výrobní linka na vytlačování trubek

4.1 Vytlačovací stroje

Vytlačovací stroje jsou určeny k výrobě vytlačovaných výrobků, a to zejména desek, fólií, tyčí, profilů a trubek. [14, 30]

Podle hlavní pracovní části dělíme vytlačovací stroje podle Obrázku 5.



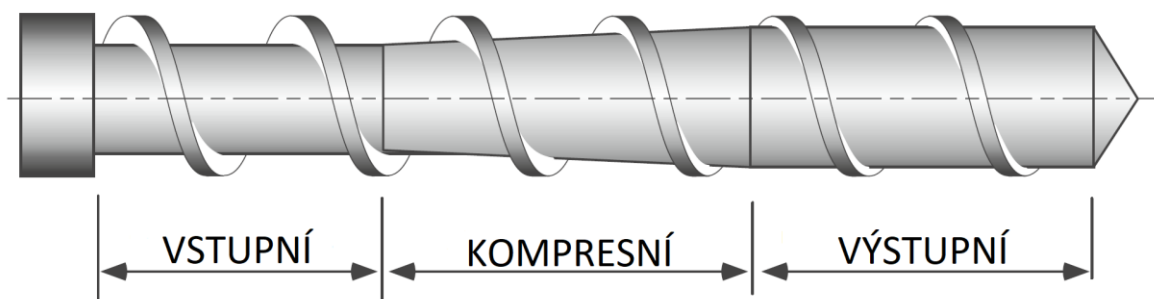
Obrázek 5 Rozdělení vytlačovacích strojů

4.1.1 Jednošnekový vytlačovací stroj

Šnekové vytlačovací stroje (extrudery) díky svému kontinuálnímu způsobu práce zaujímají přední místo mezi stroji pro zpracování polymerů. Princip dopravní funkce šneku znal už Archimédes ze Syrakus (287 př.n.l.-212 př.n.l.). [12]

Dopravní účinek šneku je založen na principu tření. Tření granulátu na povrchu pracovního válce musí být vyšší než na povrchu šneku. Proto bývají vnitřní povrchy válců zdrsňeny a pod násypkou i drážkovány a chlazeny. Drážkování i chlazení pod násypkou ještě více zvýší třecí koeficient. Naopak šneky bývají leštěny. [16]

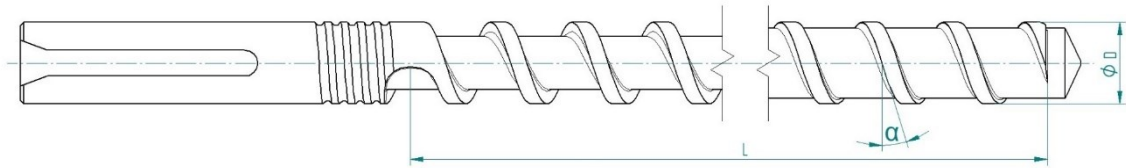
Ve většině případů jsou vytlačovací stroje zásobovány materiálem ve formě granulátu. Po délce šneku jsou tři pásma (Obrázek 6). Vstupní pásmo slouží k dopravě ještě tuhého materiálu, zde je průměr jádra šneku konstantní. V kompresním pásmu se tuhý materiál vlivem zvýšené teploty a disipace mění v taveninu, zde je průměr jádra šneku proměnlivý, zvětšuje se ve směru vytlačování. A ve výstupním pásmu se tavenina dopravuje vpřed a homogenizuje. Zde je průměr jádra šneku opět konstantní. [14, 16]



Obrázek 6 Zóny šneku vytlačovacího stroje [31]

Základními charakteristikami jednochodých šneků (Obrázek 7 a Obrázek 8) jsou zejména:

- Délka činné části šneku L [mm]
- Velký průměr šneku D [mm]
- Úhel stoupání šroubovice α [°] (obvykle $17,66^\circ$)
- Délka šneku vyjádřena násobkem jeho velkého průměru (například $25D$)
- Hloubka kanálu šneku ve vstupním pásmu [mm]
- Délka vstupního pásma (obvykle $4D \sim 8D$)
- Délka výstupního pásma (obvykle $6D \sim 10D$)
- Kompresní poměr, což je poměr objemu kanálu šneku ve vstupní části ku objemu kanálu ve výstupní části (například $1:2$) [16, 32]



D - velký průměr šneku, L - délka činné části šneku, α - úhel stoupání šroubovice

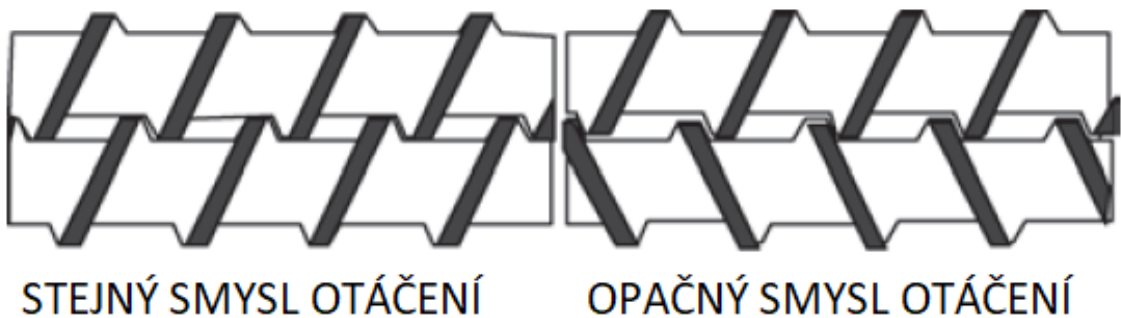
Obrázek 7 Základní charakteristiky jednochodého šneku



Obrázek 8 Dopravní šnek na PVC jednošnekového vytlačovacího stroje

4.1.2 Dvoušnekový vytlačovací stroj

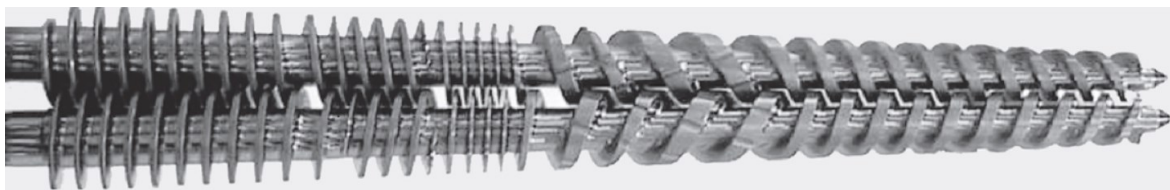
Dvoušnekové vytlačovací stroje se s výhodou využívají pro zpracování sypkých materiálů, například PVC prášků. Výhodou je menší smykové a tepelné namáhání materiálu. Tvary šneků mohou být válcové nebo kuželové. Smysl otáčení šneků může být stejný, nebo se šneky mohou otáčet proti sobě (Obrázek 9). Souběžné válcové šneky zobrazuje Obrázek 10. Protiběžné kuželové šneky jsou znázorněny na Obrázku 11. [14]



Obrázek 9 Smysl otáčení šneků dvoušnekového vytlačovacího stroje [33]

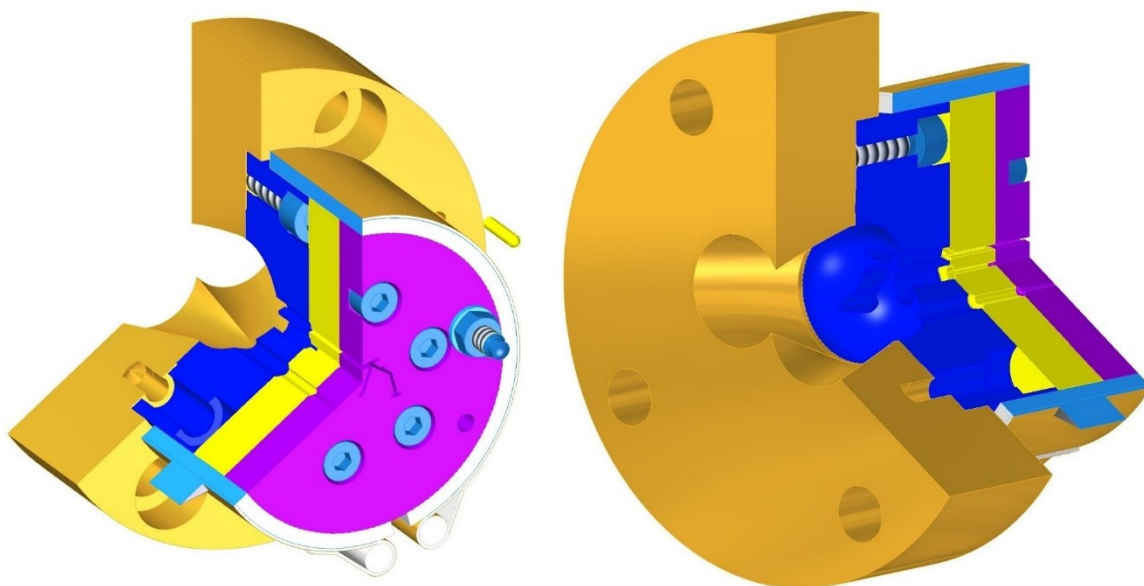


Obrázek 10 Souběžné válcové šneky dvoušnekového vytlačovacího stroje



Obrázek 11 Kuželové protiběžné šneky dvousnekového vytlačovacího stroje [33]

Detail připojení vytlačovací hlavy ke dvousnekovému vytlačovacímu stroji je zřejmý na Obrázku 12.



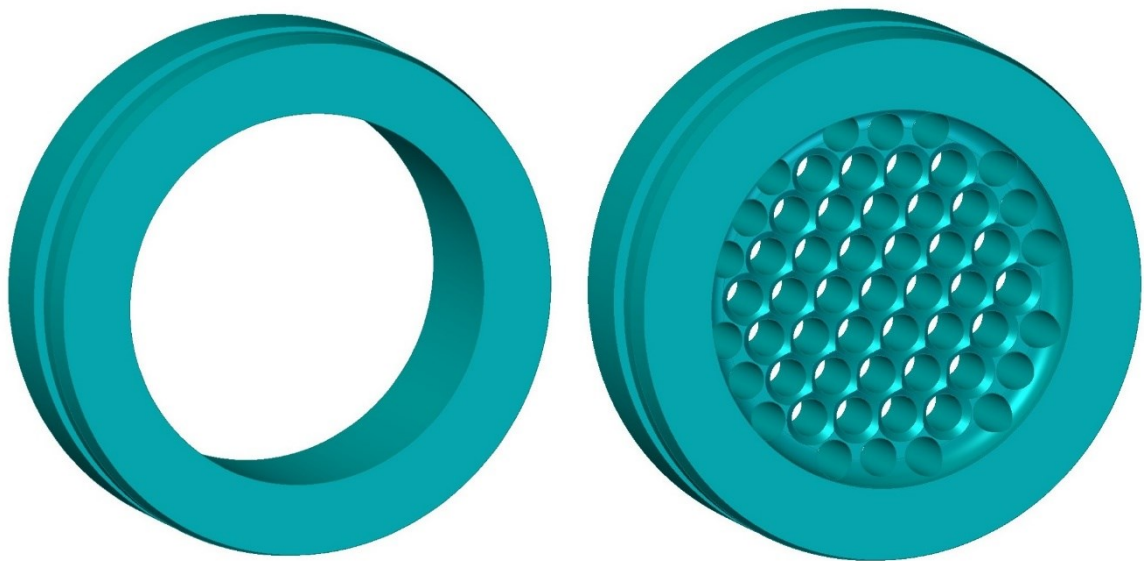
Obrázek 12 Řez vytlačovací hlavou na profil pro dvousnekový vytlačovací stroj

4.2 Vytlačovací hlavy

Vytlačovací hlava je zařízení, které je připevněno na pracovní válec vytlačovacího stroje, a které dává polymerní tavenině tvar budoucího výrobku. [14]

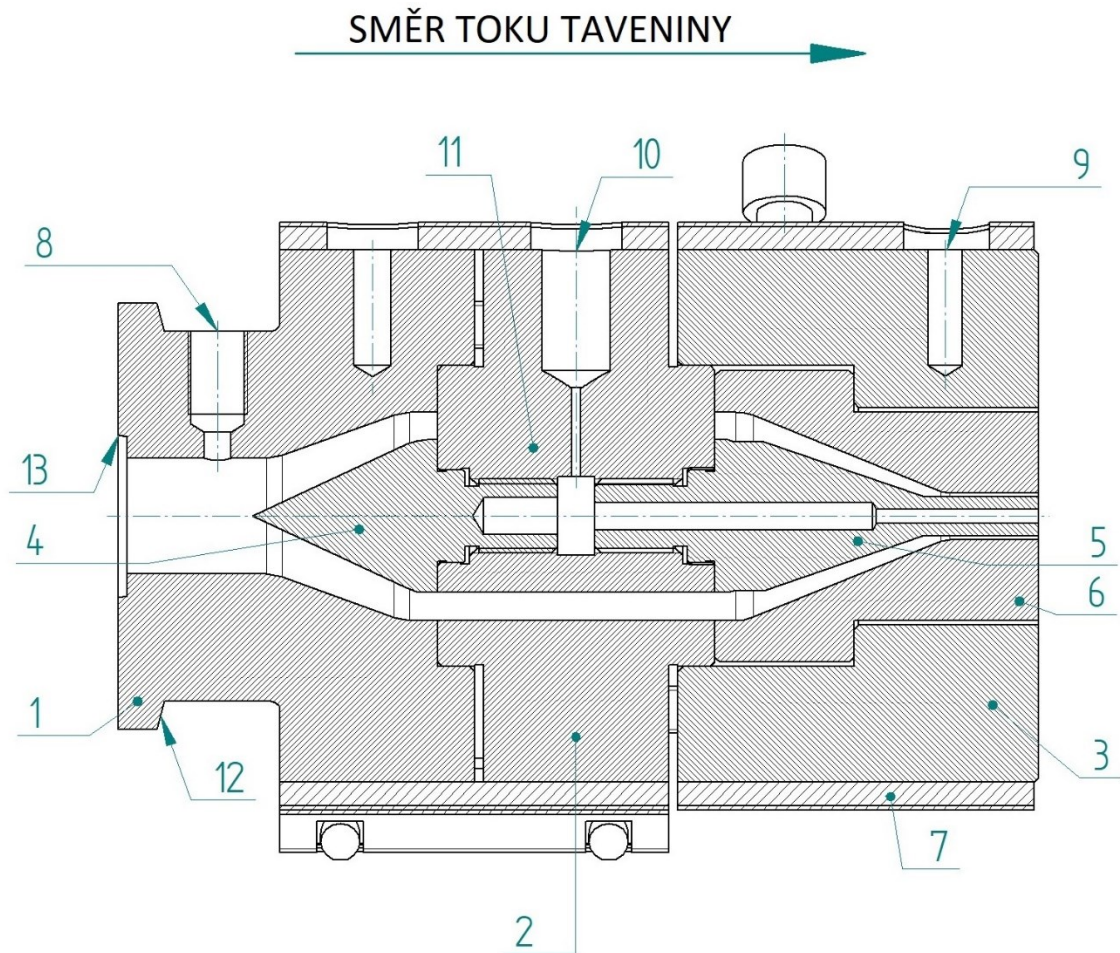
Každý výrobek si díky svým rozměrům a jejich tolerancím, tvaru a materiálu žádá konstrukci vlastní vytlačovací hlavy.

Vytlačovací hlavy se připojují k válci vytlačovacího stroje podle konstrukce buď převlečnou maticí, šrouby, sklopnými šrouby, objímkou nebo bajonetem. Středění vytlačovací hlavy vůči pracovnímu válci se provádí buď pomocí středícího kroužku nebo lamače (Obrázek 13). Lamač zachycuje případné nečistoty a také zvyšuje tlak taveniny. [14]



Obrázek 13 Kroužek a lamač

Pojmenování jednotlivých částí přímé vytlačovací hlavy na trubičky je znázorněno na Obrázku 14. [14]

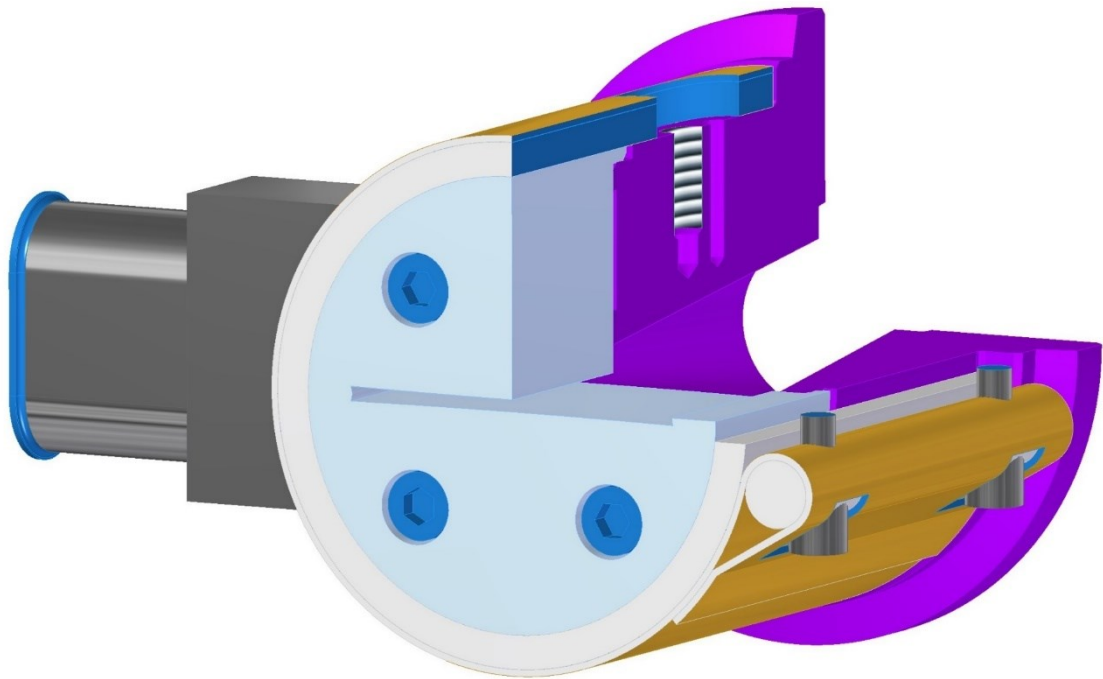


Obrázek 14 Řez vytlačovací hlavou na trubičky

1 – těleso vstupní, 2 – těleso stření, 3 – těleso výstupní, 4 – torpédo, 5 – trn, 6 – hubice,
 7 – topný pás, 8 – otvor pro tlakové čidlo, 9 – otvor pro teplotní čidlo, 10 – přívod
 vzduchu, 11 – žebro, 12 – kuželová plocha pro spojovací objímku, 13 – kuželová středící
 plocha

4.2.1 Vytlačovací hlava na pásy

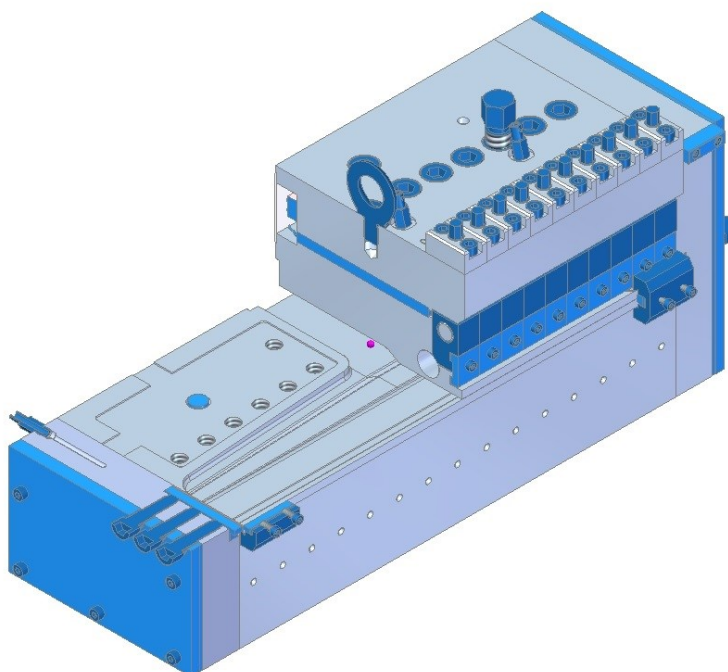
K výrobě zkušebních těles z pásků pro potřeby zkušebnictví je výhodné použít vytlačovací hlavu na pásy (Obrázek 15).



Obrázek 15 Řez vytlačovací hlavou na pásy

4.2.2 Vytlačovací hlava na desky a fólie

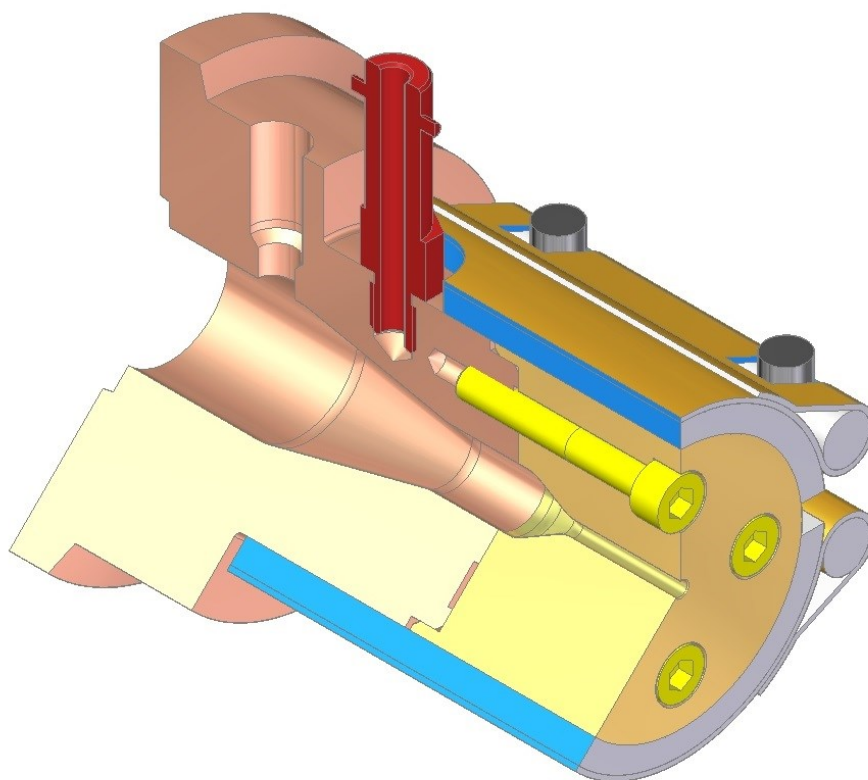
Plochá širokoštěbinová vytlačovací hlava se používá pro výrobu desek, širokých pásů a plochých fólií. Extrudát je dále vytlačován mezi chladicí válce nebo do vodní lázně. Řez celou vytlačovací hlavou je zřejmý na Obrázku 16.



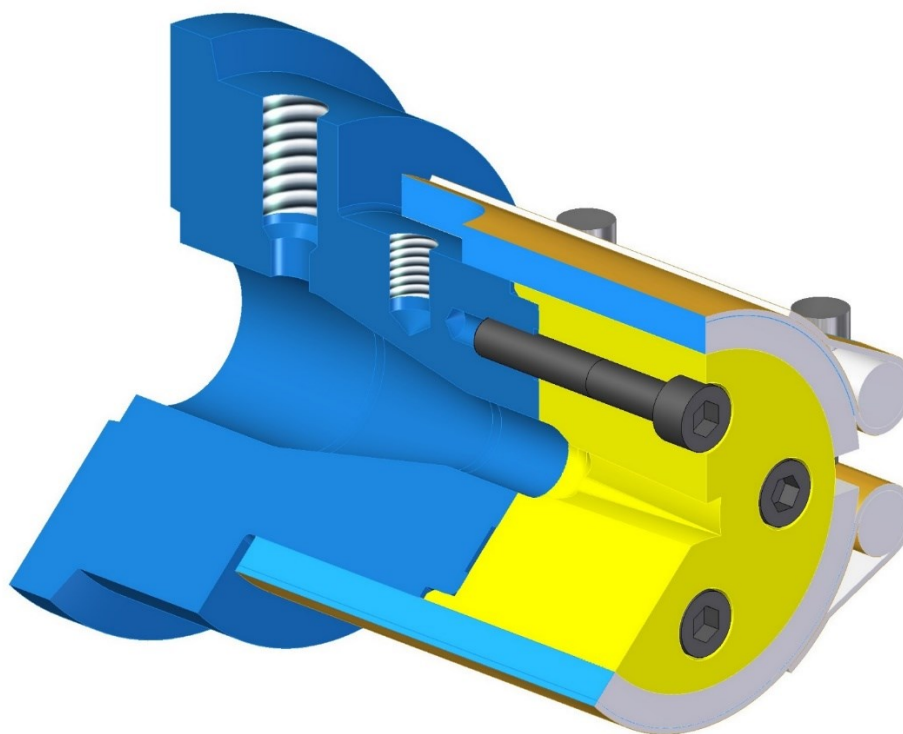
Obrázek 16 Řez plochou širokoštěrbinovou vytlačovací hlavou

4.2.3 Vytlačovací hlava na struny

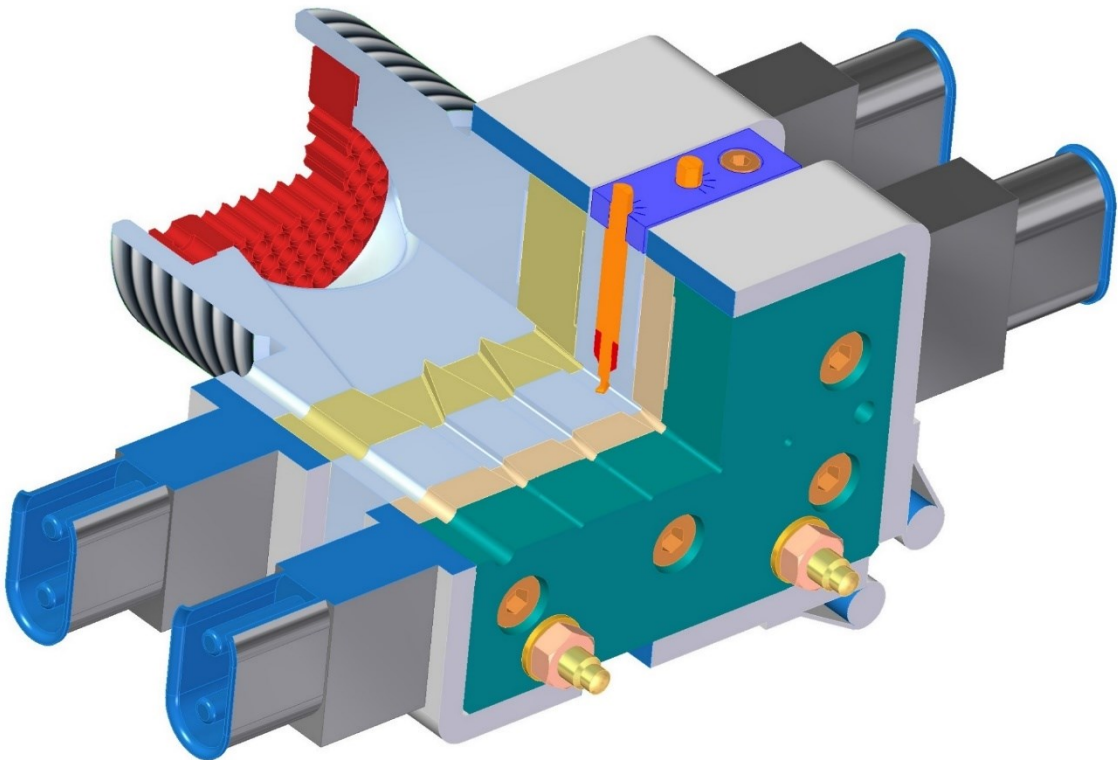
Za pomoci vytlačovací hlavy na struny se vyrábí struny pro širokou škálu využití. Nejčastěji se struny využívají na výrobu termoplastických granulátů k dalšímu zpracování, filamentů pro 3D tiskárny, strun do strunových sekaček na trávu nebo přídavné materiály pro svařování termoplastů. Jednoduchá hlava na kruhovou strunu je znázorněna na Obrázku 17. Na Obrázku 18 je znázorněna vytlačovací hlava na struny čtvercového průřezu. Obrázek 19 zobrazuje vytlačovací hlavu na výrobu čtyř strun najednou. Tato hlava je opatřena regulací průtoku taveniny odděleně v každém kanále.



Obrázek 17 Řez vytlačovací hlavou na kruhové struny



Obrázek 18 Řez vytlačovací hlavou na čtvercové struny

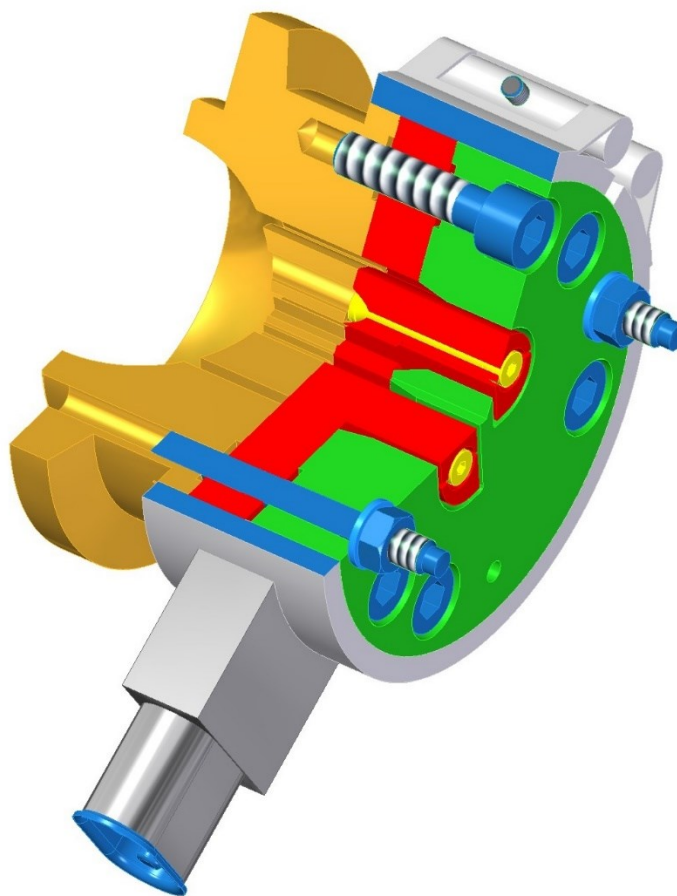


Obrázek 19 Řez čtyřnásobnou vytlačovací hlavou na struny

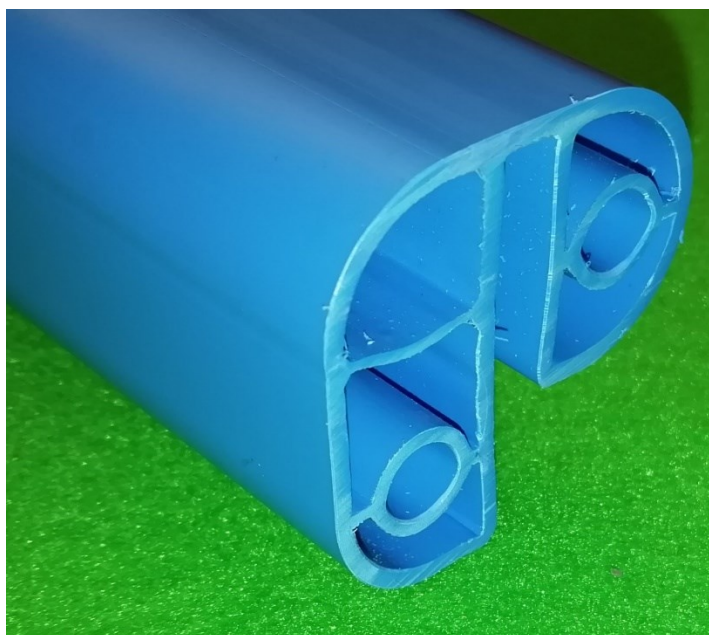
4.2.4 Vytlačovací hlava na profily

Profily jsou všechny extrudované výrobky, které mají tvar příčného průřezu jiný než kruh, mezikružší a obdélník s velkou šířkou a malou tloušťkou. Konstrukce a výpočet vytlačovacích hlav na profily patří k těm nejsložitějším. [34]

Pro každý tvar profilu je nutno použít vlastní vytlačovací hlavu. Jedno z řešení vytlačovací hlavy na profily je znázorněno na Obrázku 20. Výsledný profil je zobrazen na Obrázku 21.



Obrázek 20 Řez vytlačovací hlavou na profily

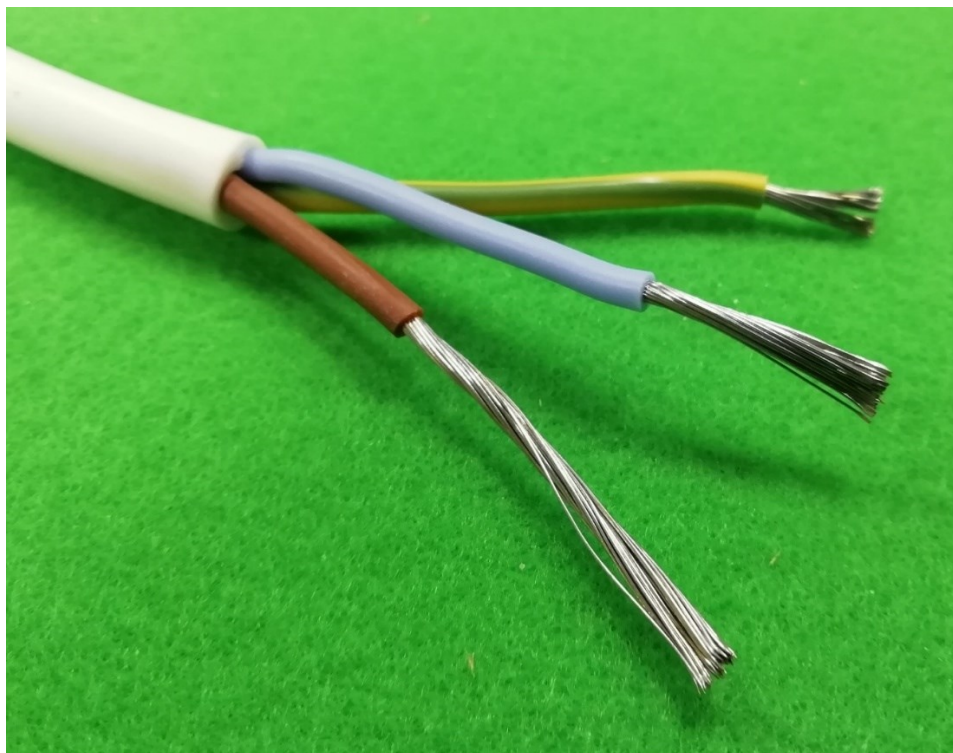


Obrázek 21 Plastový profil

4.2.5 Vytlačovací hlava na opláštění

Opláštěním se vyrábí zejména izolace elektrických vodičů (z materiálů PVC, LDPE, kaučuky) a jejich svazků ve společné izolaci (Obrázek 22), ale i například armované profily (Obrázek 23), opláštěvané kovové trubky nebo lanka, vázací dráty a pásky, prádlové šňůry. Podle vzájemné polohy osy šneku a osy opláštěvaného materiálu se dělí tyto vytlačovací hlavy na příčné, příčné a šikmé. Uvnitř vnitřní opláštěvací hlavy (Obrázek 24) vzniká plášť přetlakem, kdežto u vnější opláštěvací hlavy (Obrázek 25) vzniká plášť podtlakem vně hlavy. [12, 14]

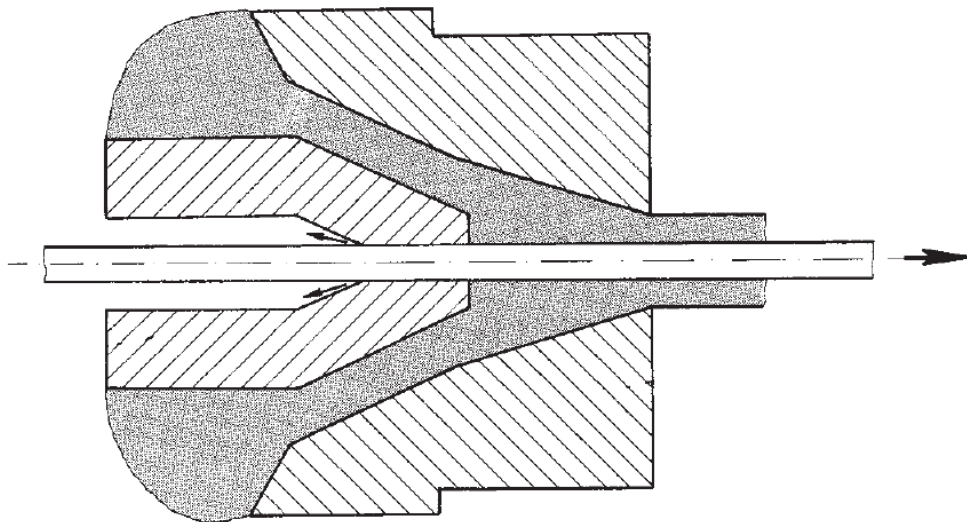
Příklad vnitřní příčné opláštěvací hlavy na výrobu hadičky armované ocelovým drátem je zřejmý na Obrázku 26.



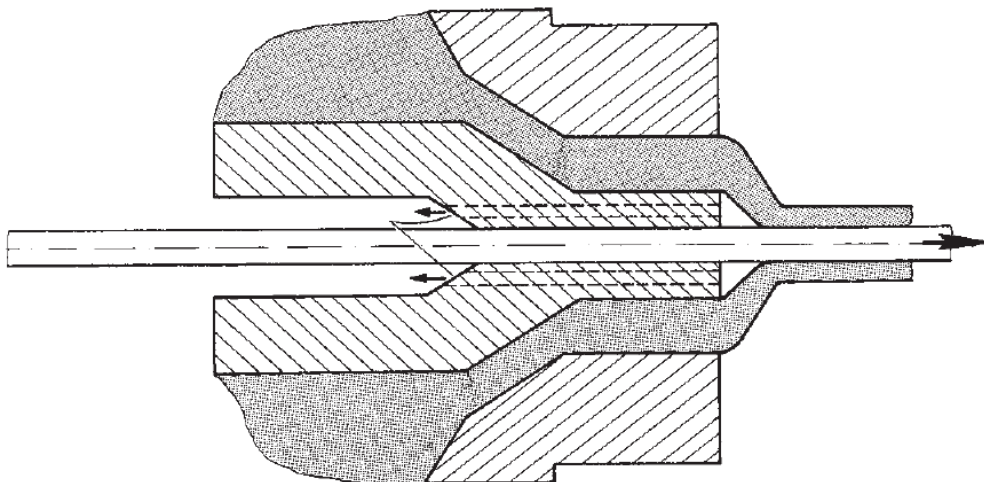
Obrázek 22 Opláštění vodičů



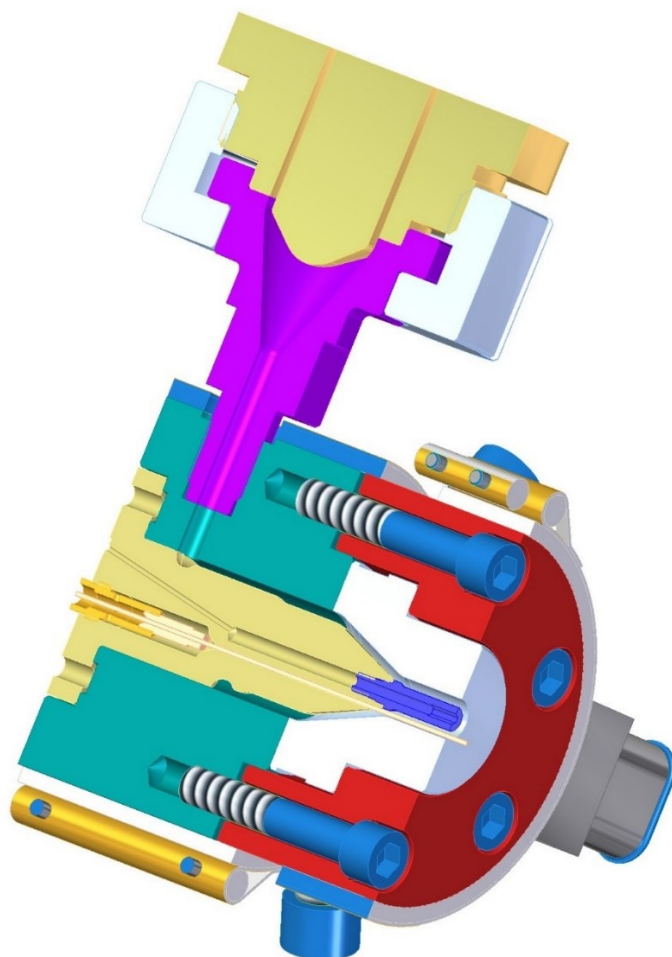
Obrázek 23 Hadička armovaná ocelovým drátem



Obrázek 24 Schéma hlavy na vnitřní opláštění [35]



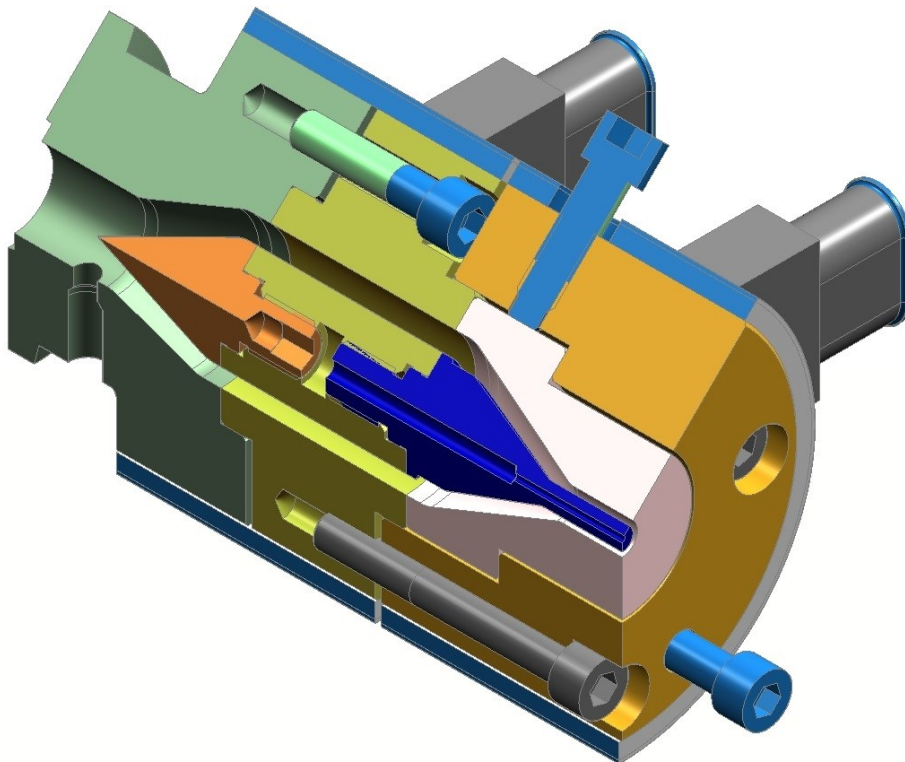
Obrázek 25 Schéma hlavy na vnější oplášt'ování [35]



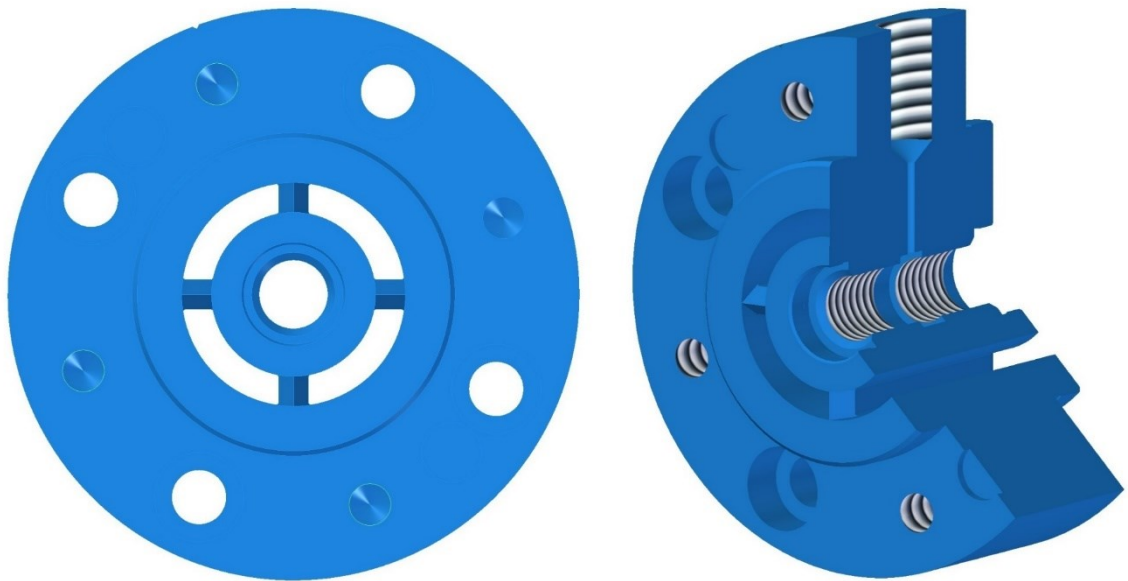
Obrázek 26 Řez vytlačovací hlavou na armování

4.2.6 Vytlačovací hlava na trubičky a hadičky

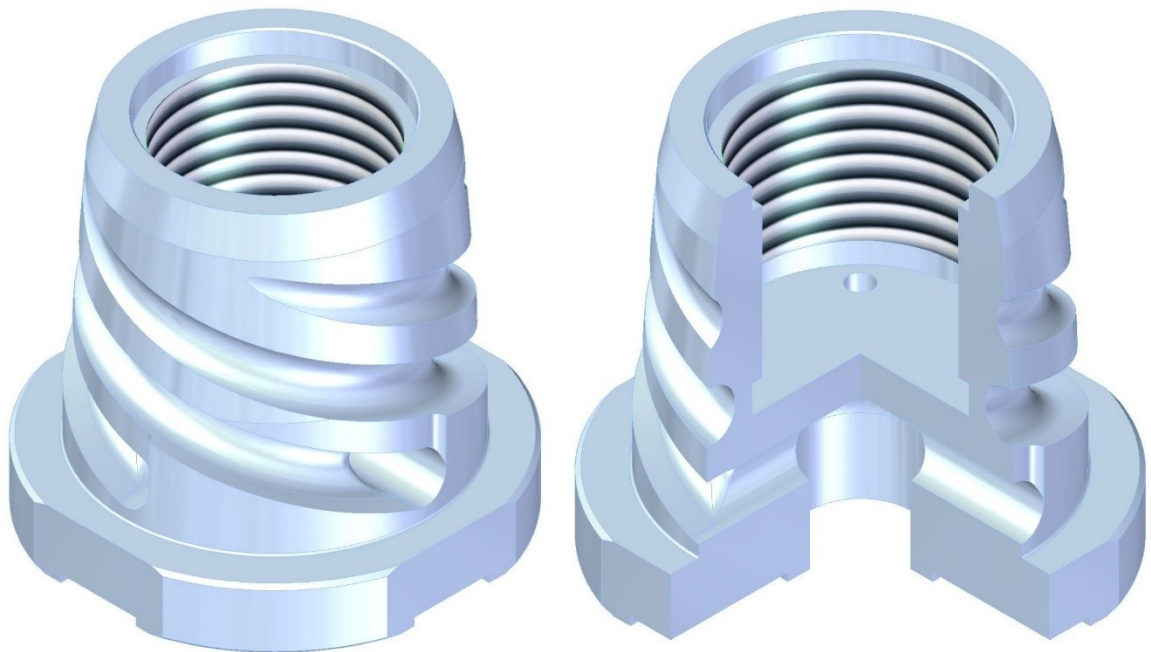
Přímá vytlačovací hlava na trubičky (Obrázek 27) je do jisté míry podobná vytlačovací hlavě na struny. Je ovšem doplněna o součásti, které vytváří ve výsledném výrobku dutinu. Těmito součástmi jsou buď rozdělovač toku taveniny (Obrázek 28) nebo spirálový trn (Obrázek 29). Po průchodu taveniny rozdělovačem toku a po následném spojení proudů taveniny vzniknou na budoucím výrobku stokové čáry, které mohou mít negativní vliv na kvalitu. [36]



Obrázek 27 Řez vytlačovací hlavou na trubičky



Obrázek 28 Rozdělovač toku taveniny



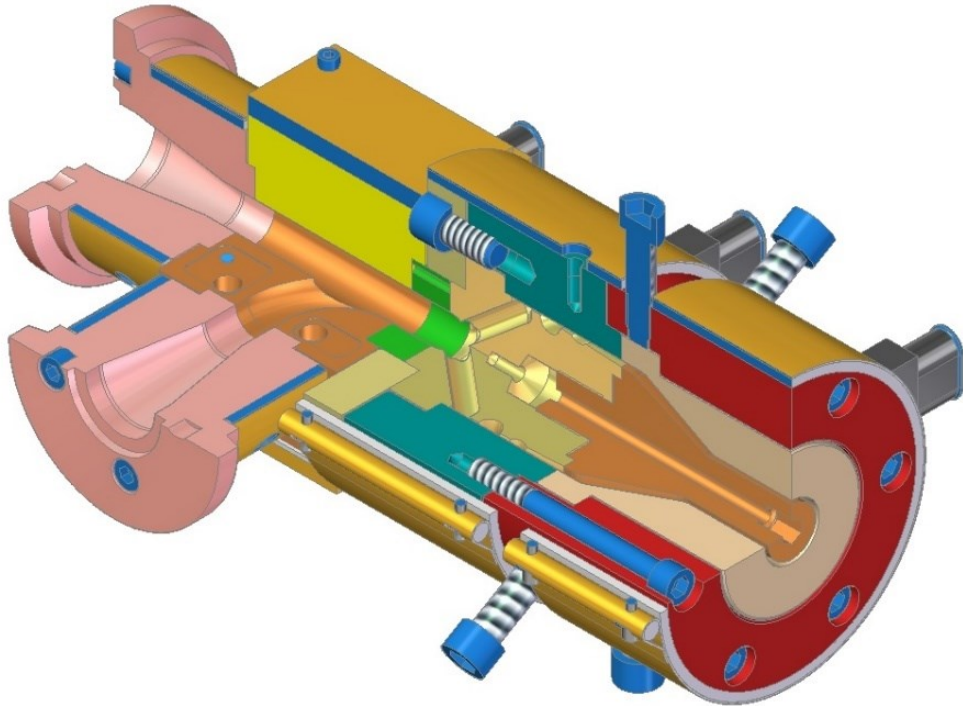
Obrázek 29 Spirálový trn

4.2.7 Vytlačovací hlava na koextrudované trubky

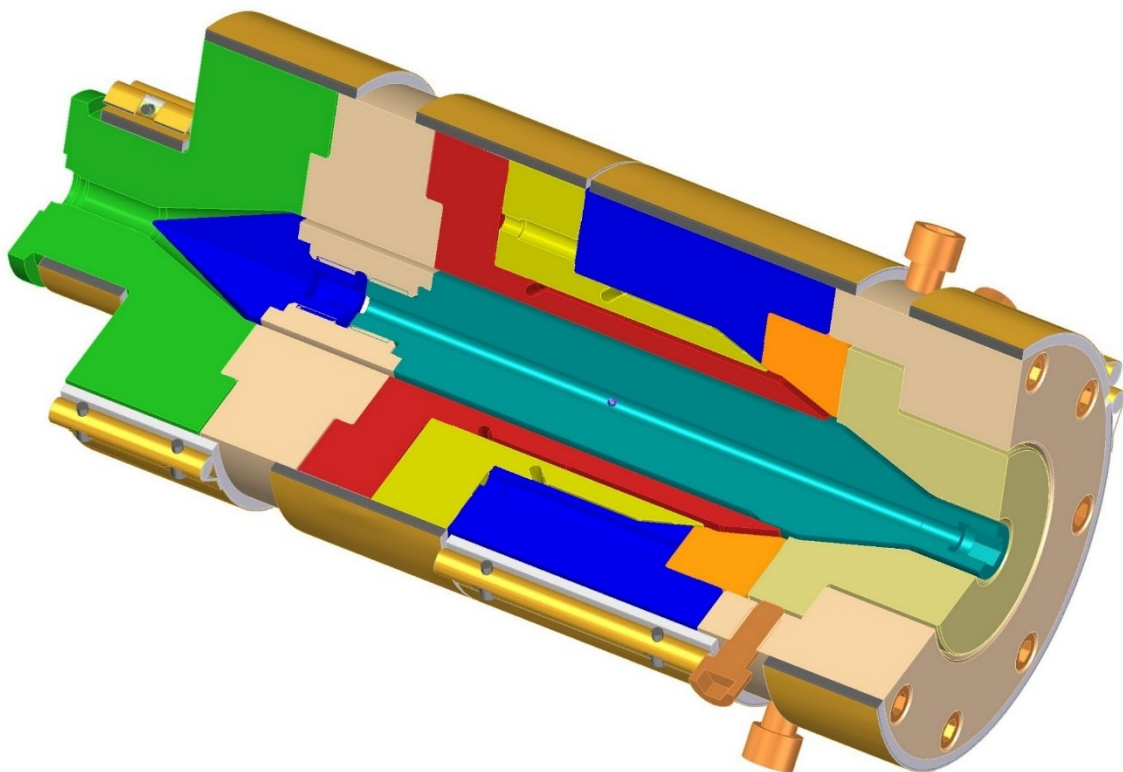
Koextruze je proces, při kterém se v jedné vytlačovací hlavě spojí více toků tavenin, které vytvoří jeden výrobek. Využívá se tak výhodných vlastností jednotlivých vrstev materiálů.

[35]

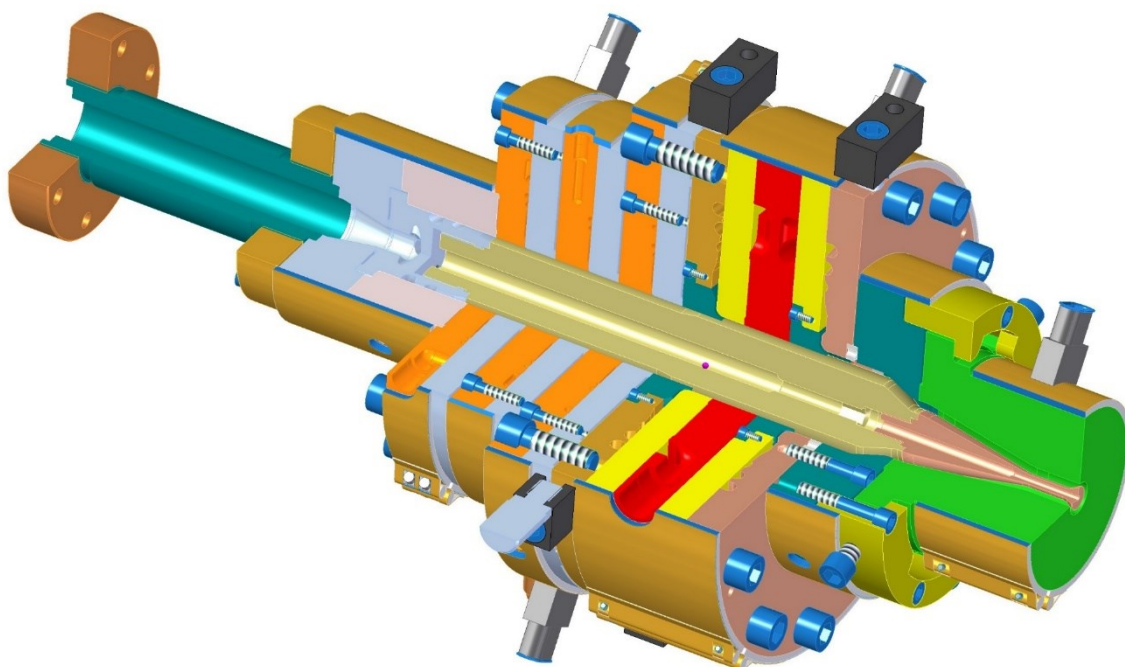
Na Obrázku 30 je koextruzní vytlačovací hlava se spirálovým trnem pro výrobu dvouvrstvých trubek. Obrázek 31 zobrazuje koextruzní vytlačovací hlavu pro výrobu třívrstvých trubek. Složitá koextruzní vytlačovací hlava pro výrobu sedmivrstvých trubek, určených k rozvodům vody je znázorněna na Obrázku 32.



Obrázek 30 Řez dvouvrstvou koextruzní vytlačovací hlavou na trubky

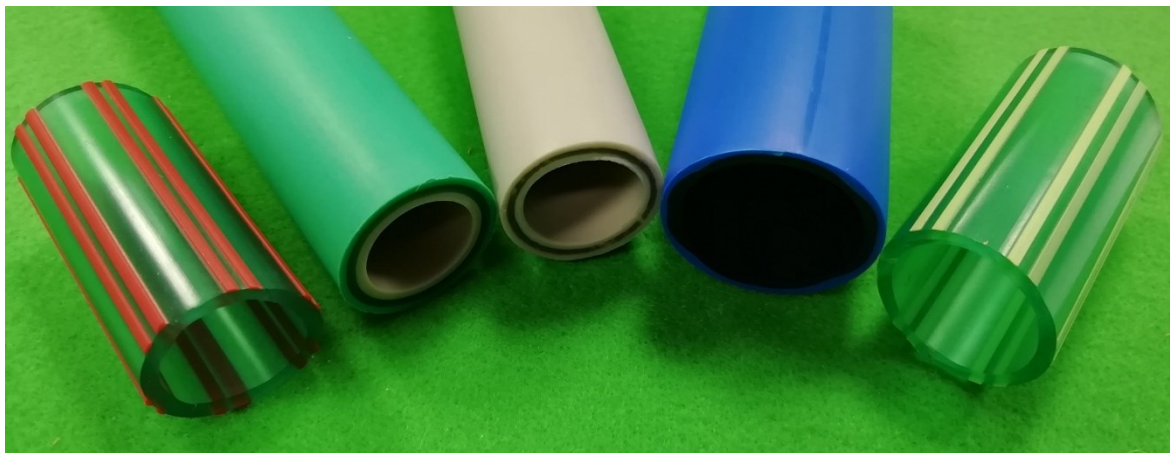


Obrázek 31 Řez třívrstvou koextruzní vytlačovací hlavou na trubky



Obrázek 32 Řez sedmivrstvou koextruzní vytlačovací hlavou na trubky

Koextrudované trubky se mohou vyrábět jako vícevrstvé trubky nebo jako trubky s barevnými proužky, které slouží k identifikaci (Obrázek 33).



Obrázek 33 Koextrudované trubky

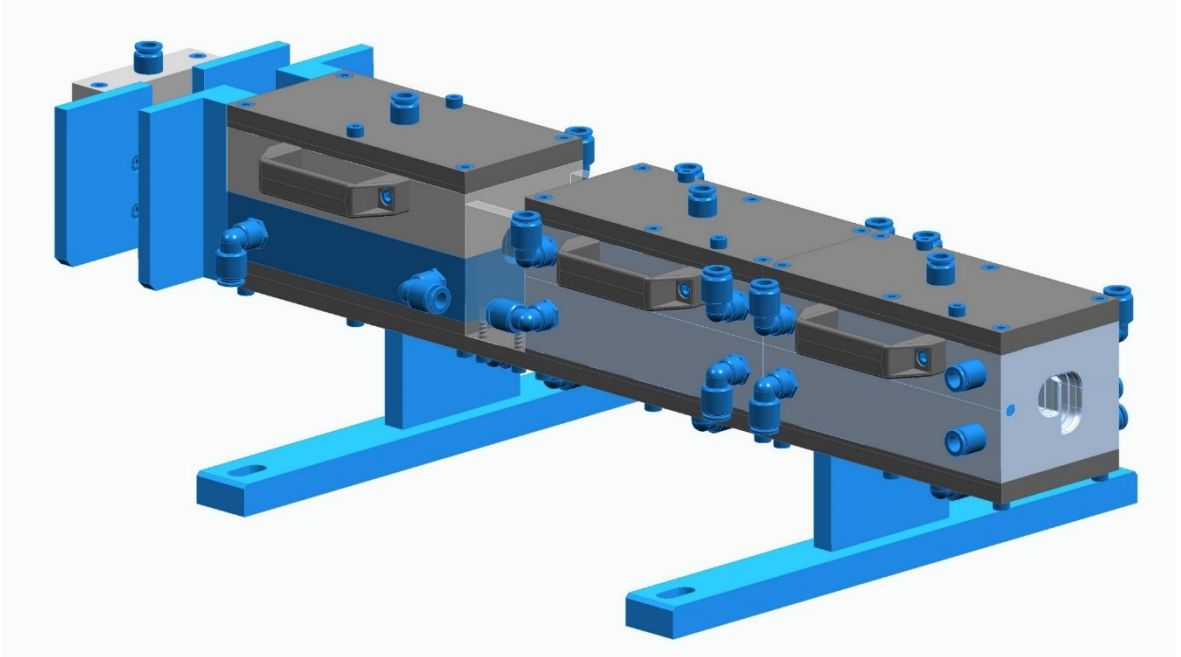
4.3 Kalibrace

Po vytlačovacím stroji se ve směru vytlačování umísťuje kalibrační zařízení. Jeho úkolem je, aby výrobek získal požadovaný tvar a rozměr. [12]

Druhy kalibrací se dělí na:

- přetlaková kalibrace navazuje přímo na vytlačovací hlavu, proto musí být spoj hlavy a kalibru tepelně izolován. Používá se pro vytlačování trubek o velkém průměru větším než přibližně 150 mm. Vzduch se přivádí dovnitř trubky trnem. Tlak vzduch je držen vnitřní trubky těsnící zátkou. Zátka je ve své pracovní poloze jištěna buď mechanicky (je přímo spojena s trnem lankem nebo řetězem) nebo elektromagneticky. [12]
- podtlaková kalibrace (Obrázek 34) navazuje bezprostředně za vytlačovací hlavou. Používá se pro vytlačování tenkostěnných trubek do velikosti vnějšího průměru přibližně 150 mm a pro vytlačování dutých profilů. Budoucí trubka prochází kalibračním pouzdem, na jehož vnitřní povrch je přisávána podtlakem skrze otvory nebo drážky. Kalibrační pouzdro je uzavřeno v utěsněné komoře a chlazeno vodou. [12, 37]

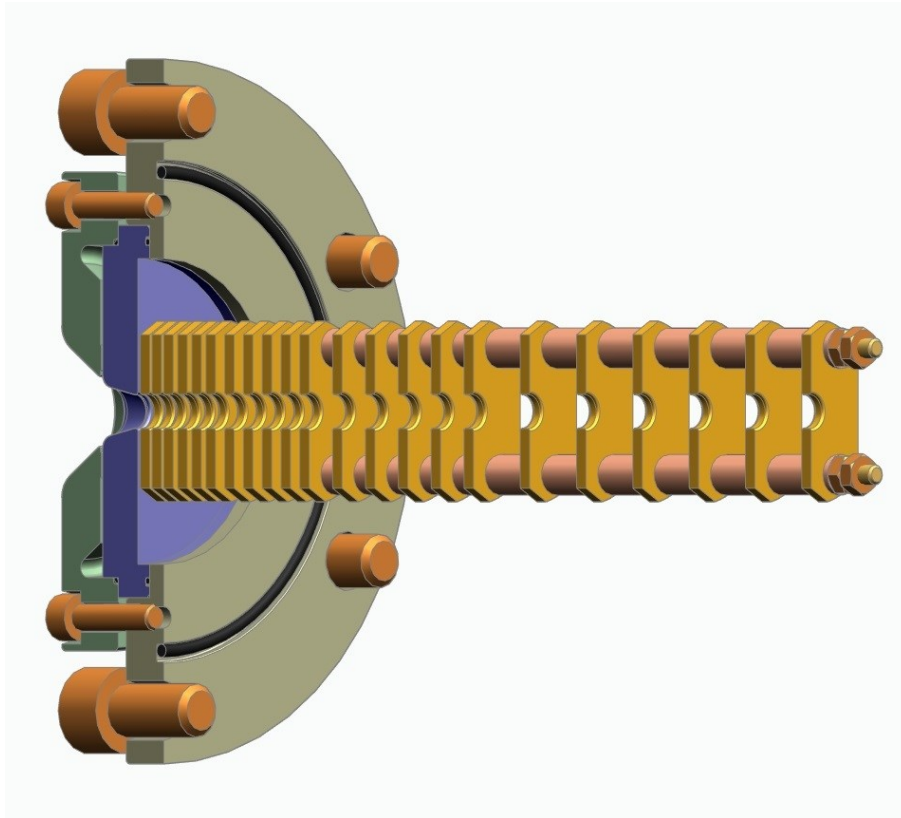
- průvlaková kalibrace je umístěna (stejně jako podtlaková kalibrace) ihned za vytlačovací hlavou. Je vhodná pro vytlačování silnostěnných trubek. V dutině průvlakového kalibračního pouzdra je otevřená šroubovitá drážka pro tok chladicí vody, která se utěsňuje vytlačeným rukávem taveniny. [14]



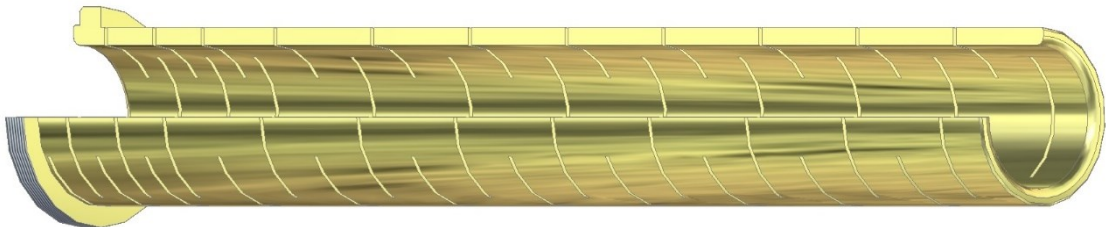
Obrázek 34 Podtlakové kalibrační zařízení profilu

4.3.1 Kalibrace trubiček a hadiček

Trubičky a hadičky malých průměrů je vhodné kalibrovat podtlakově. Obvykle se používají skládané lamelové kalibry (Obrázek 35) nebo trubkové kalibry s drážkami (Obrázek 36) pro přístup okolního vakua. Pro každý vyráběný průměr výrobku je třeba vyrobit patřičný kalibr.



Obrázek 35 Řez lamelový kalibrem

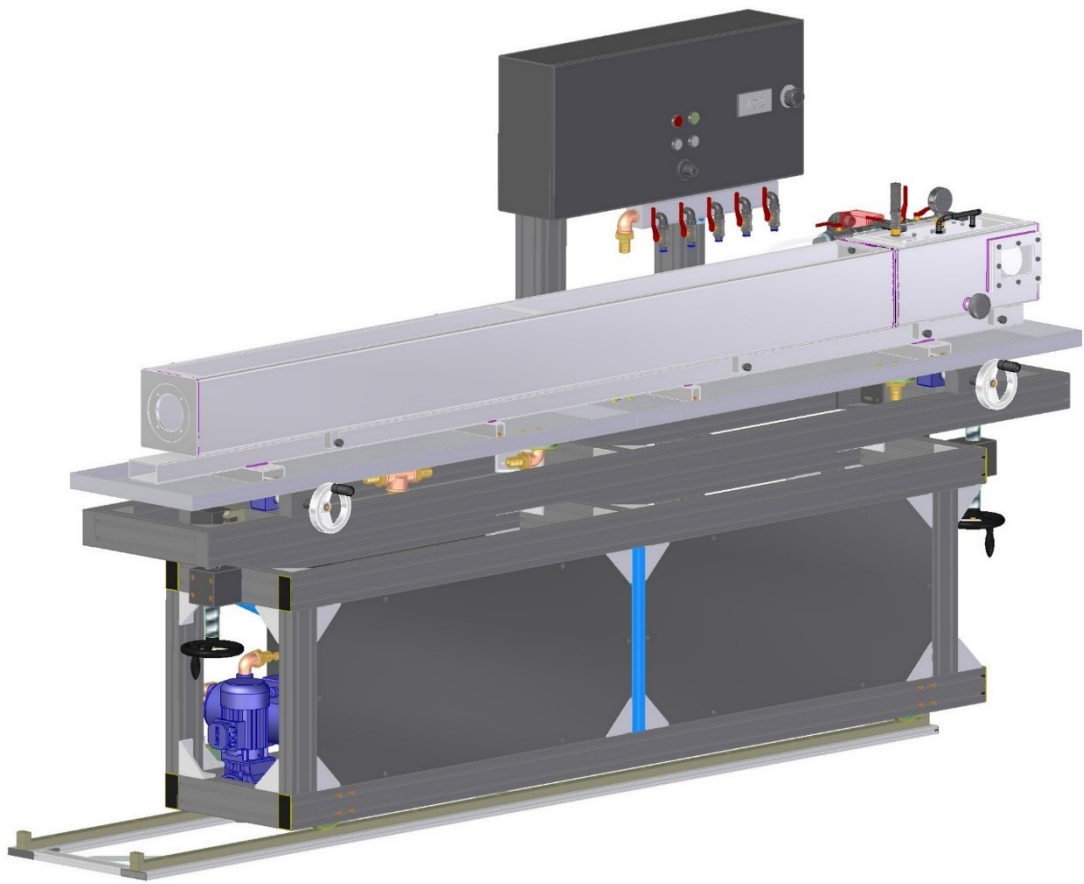


Obrázek 36 Řez trubkovým kalibrem

Ihned po fixaci rozměrů kalibrací se výrobek chladí. Chlazení snižuje úroveň vnitřního pnutí v materiálu výrobku, které by mohlo mít za následek jeho deformace. Nejčastěji se jako chladicí médium používá cirkulující voda v chladicích vanách. Nejlepší chladicí účinek má vodní mlha, následuje vodní sprcha a poté vodní lázeň. [12]

Ve speciálních případech se používá chlazení vzduchem. Zejména při suché granulaci nebo při vytlačování výrobků z polymerů, které jsou rozpustné ve vodě. [7]

Kalibrace a chladicí vany se obvykle montují v jeden celek, kalibrační stroj (Obrázek 37).

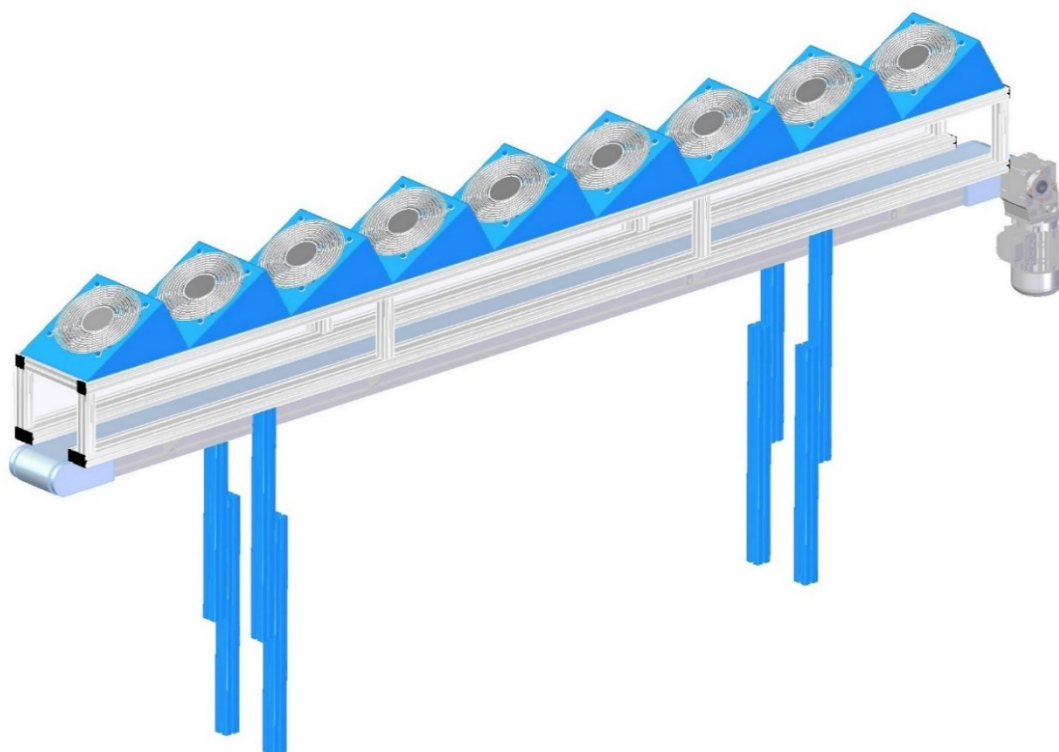


Obrázek 37 Kalibrační stroj

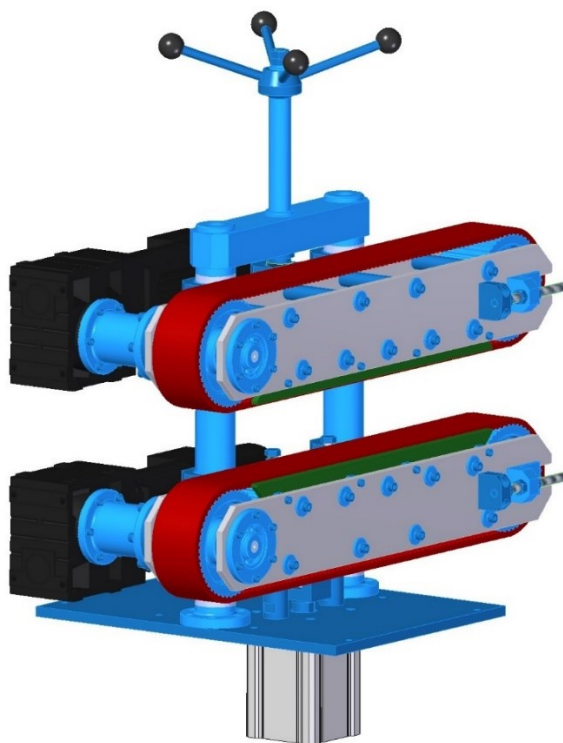
4.4 Odtahové zařízení

Rychlost výroby vytlačovací linky je řízena odtahovým zařízením. Podle charakteru výrobku mohou být dopravními elementy odtahu dopravní pásy, článkové pásy, tažné válce nebo kotouče, či Gallovy řetězy s pryžovými polštářky. Pryžové polštářky zvyšují tření na výrobku a zmenšují jeho deformace. [14]

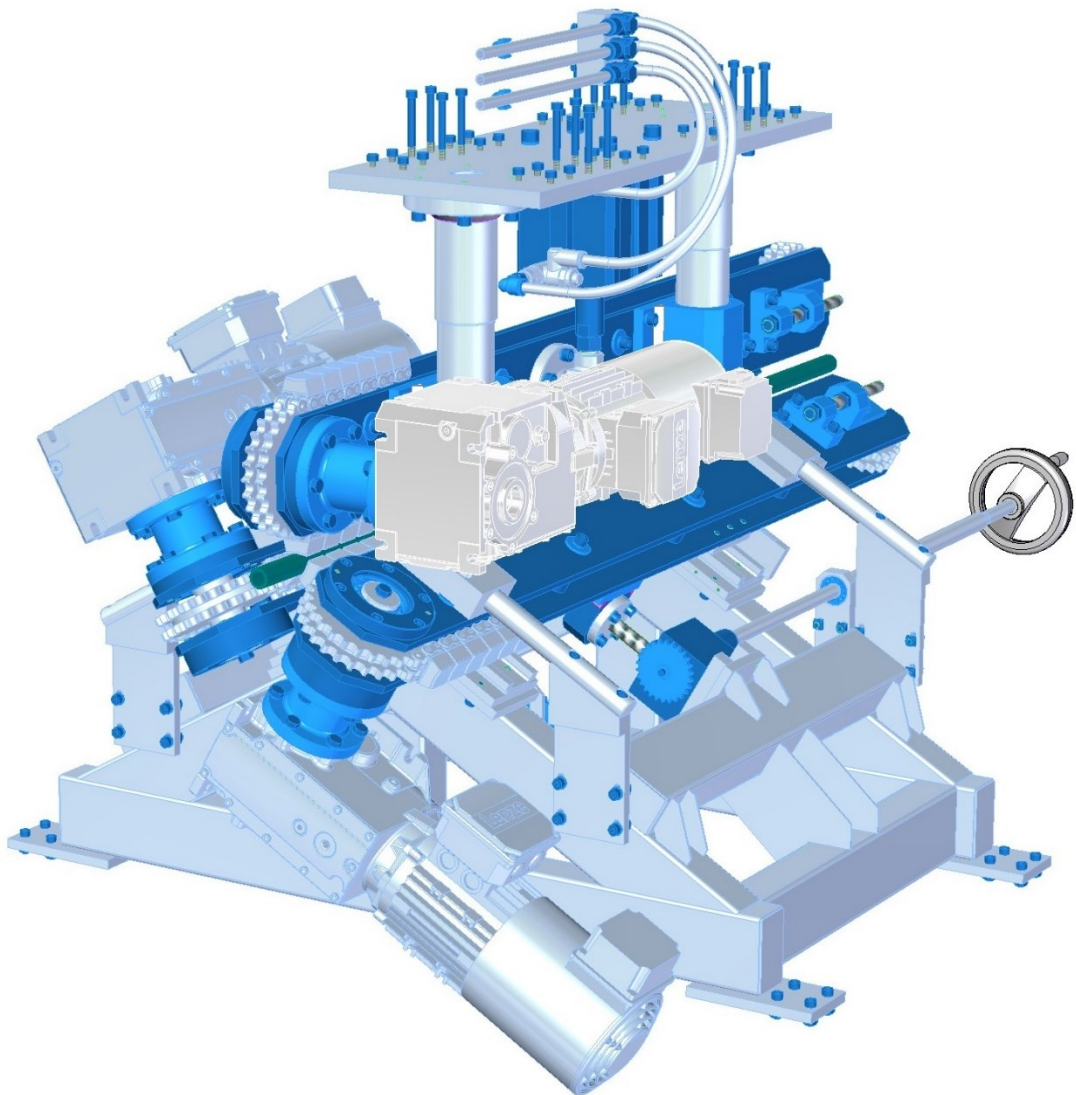
Vhodný způsob pro odtahování výrobků z materiálů, které nesmí přijít do styku s vodou je dopravníkový pás s ventilátory (Obrázek 38). Nejčastěji se však používá dvoupásový odtah (Obrázek 39). Pro odtahování křehkých nebo tenkostěnných profilů se využívá vícepásových odtahů (Obrázek 40).



Obrázek 38 Dopravní pás s ventilátory pro chlazení vzduchem



Obrázek 39 Dvoupásový odtah



Obrázek 40 Třípásový odtah

4.5 Ostatní zařízení

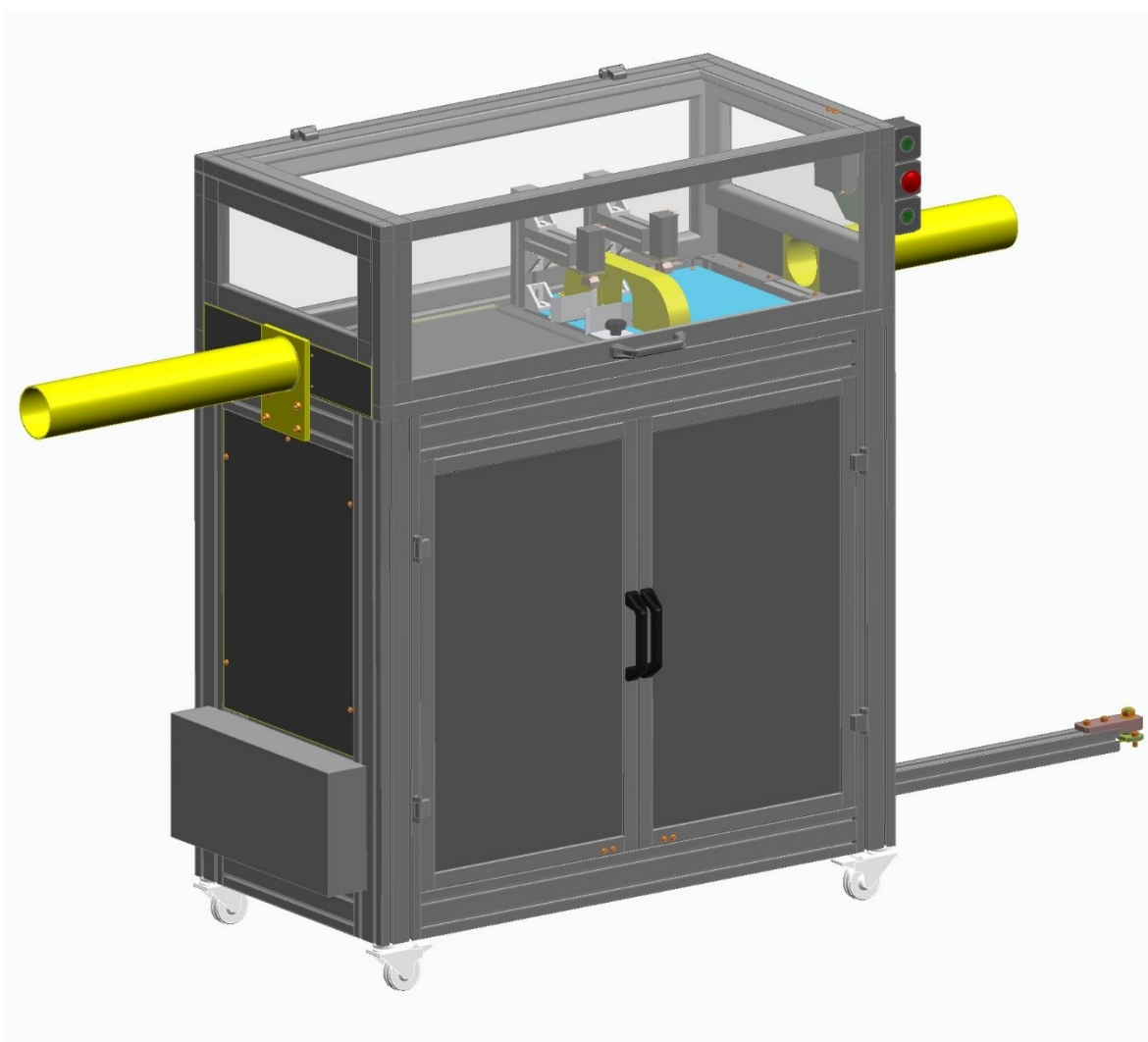
Za odtahovým zařízením by měl být vytlačенý profil natolik ochlazený, aby se při dalším zpracování nedeformoval. Následující postavení strojů a zařízení se volí podle konkrétního charakteru výroby a požadavků zákazníka na výrobek.

4.5.1 Dělicí zařízení

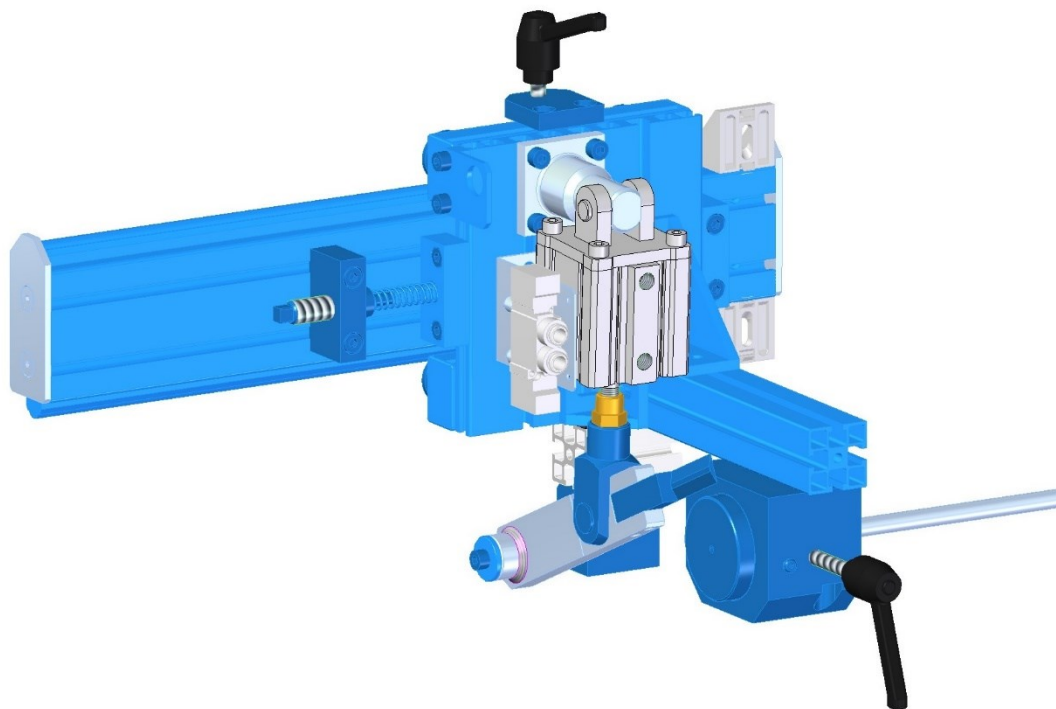
Pro přerušení kontinuálně vytlačovaného výrobku se používá pil nebo sekaček.

Relativně více houževnaté nebo křehké výrobky se řezou nejčastěji okružními pilami (Obrázek 41). Trubky velkých průměrů se dělí planetovými pilami, které obíhají kolem trubky. Měkké výrobky malých rozměrů se mohou sekát sekačkami pneumatickými (Obrázek 42) nebo elektrickými (Obrázek 43).

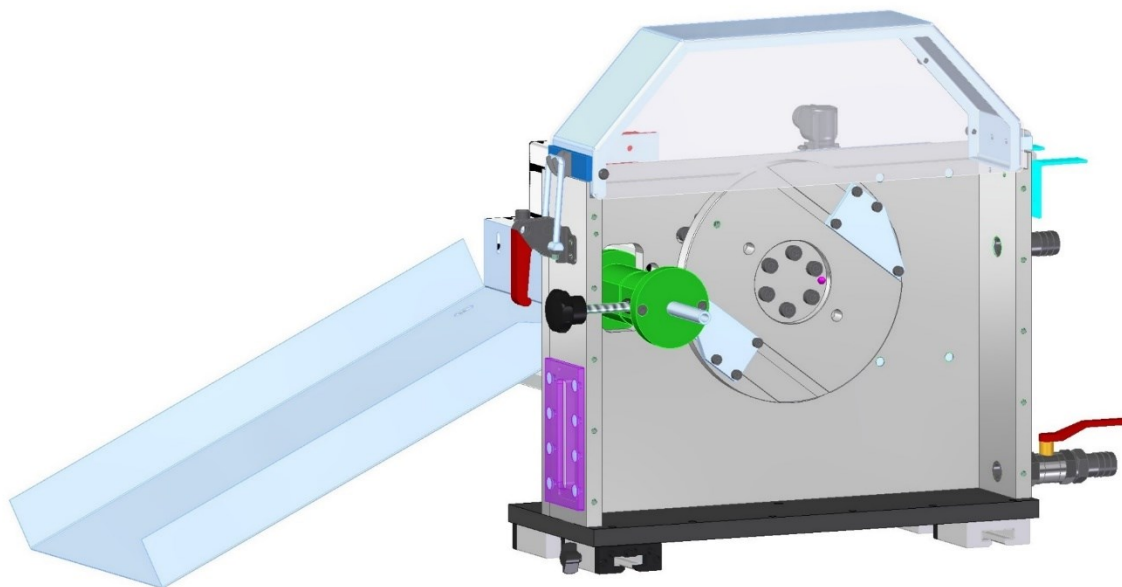
Při dělení se celé řezací ústrojí pohybuje společně s řezaným materiálem. Po dokončení řezu se vrací zpět do výchozí polohy. [14]



Obrázek 41 Okružní pila



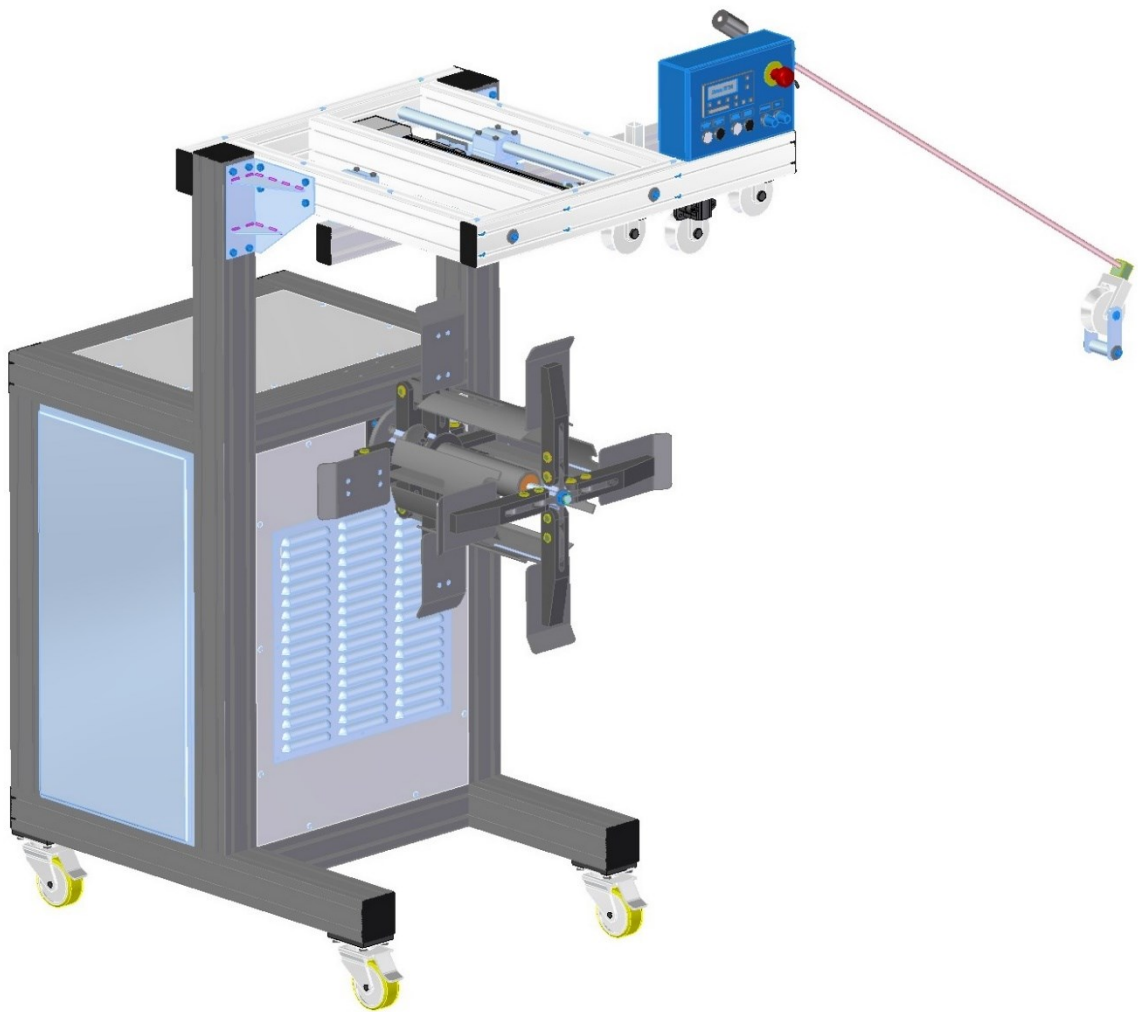
Obrázek 42 Sekačka s pneumatickým pohonem



Obrázek 43 Sekačka se servopohonem

4.5.2 Navíjecí zařízení

Flexibilní výrobky (hadičky, těsnění, struny a podobně) je vhodné navinovat navíječkami (Obrázek 44) na cívky či bubny.



Obrázek 44 Jednostanicová navíječka

4.5.3 Sklápěcí žlab

V případě výroby profilů řezaných na konkrétní délky se využívá sklápěcí žlab (Obrázek 45) ukládacího zařízení. Po dosažení požadovaného počtu kusů se odkládací stůl sklopí a nadělené výrobky spadnou do žlabu, kde je možné tyto profily svázat do svazků. Pro snadnější transport je vhodné vyrábět profily do délky šest metrů. [14]



Obrázek 45 Sklápěcí žlab

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 CÍLE PRAKTICKÉ ČÁSTI A SOUČASNÝ STAV

Cílem praktické části této práce je navrhnout stavitelný kalibr pro podtlakovou kalibraci vytlačovaných trubiček z termoplastů. Kalibr bude mít možnost regulace velikosti díry čili vnějšího průměru trubičky, kterou se budou eliminovat rozdíly materiálových vlastností a dalších procesních podmínek tak, aby se docílilo vždy geometricky stejného výrobku (ovalita vnějšího průměru). Zadaný nominální vnější průměr trubičky je 7,8 mm s tolerancí - 0,3 mm (HMR = 7,8 mm; DMR = 7,5 mm), tloušťka stěny 1 mm (viz požadavek zákazníka). Řešení kalibru bude zpracováno na teoretické úrovni. Kalibr bude vyroben a bude ověřena jeho funkce při výrově trubiček z materiálu LDPE Bralen RB 03-23. Vzorky trubiček budou změřeny a vyhodnoceny. Výroba bude provedena na úrovni poloprovozu. Požadavkem zákazníka je vyrábět na dolní hranici tolerance z důvodu objemové a hmotnostní úspory materiálu. Aby se tohoto docílilo, je nutné mít kalibr nastavitelný (reakce na změny vlastností materiálu). Minimální rozsah nastavení kalibru bude 0,6 mm. V rámci ověřování funkce bude provedeno měření výrobků, vyrobených na kalibru pevném 8,2 mm; na kalibru stavitelném v nastavení 8,2; 8,0; 7,8 a 7,6 mm. Součástí práce bude:

- literární studie na dané téma,
- 3D modely vyráběných součástí kalibru (Příloha P I, Příloha P II),
- 3D model sestavy kalibru (Příloha P III)
- výkres sestavy kalibru včetně kusovníku (Příloha P IV, Příloha P V).

V současné době se pro podtlakovou kalibraci trubiček používají převážně kalibry pevné trubkové jednodílné nebo složité vícedílné lamelové (viz kapitola 4.3). U obou typů není možnost žádné regulace rozměrů. Pro každý rozměr výrobku proto musí být navrhnout a vyroben patričný kalibr. To časově i finančně zatěžuje přípravu výroby trubiček a neumožňuje změnu rozměru v reálném čase podle změny vlastností materiálu.

6 NÁVRH STAVITELNÉHO KALIBRU

Stavitelný kalibr vychází svými základními rozměry z kalibru trubkového pevného. Tento kalibr se používá pro výrobu trubiček v malých nákladech pro účely zkušebnictví a testování na vlastní vytlačovací lince. Zadání konstrukčního návrhu:

- Stavitelný kalibr pro výrobu trubiček o nominálním průměru 7,8 s tolerancí – 0,3 mm
- Základní rozměry shodné s pevným kalibrem
- Kompatibilita s kalibračním strojem LFVW-100/L4 vytlačovací linky LabTech
- Možnost konstrukce v software SIEMENS Solid Edge 2020
- Jednoduchost konstrukce a výroby
- Výroba ve vlastní nástrojárně
- Použití běžně dostupných materiálů

6.1 Výpočet základních rozměrů kalibru

Základní rozměry kalibru byly vypočteny za pomoci empiricky stanovených koeficientů. Tyto koeficienty vychází z know-how firmy Compuplast s.r.o. a byly poskytnuty panem Ing. Janem Králem.

6.1.1 Průměr kalibrační dutiny

Při výpočtu průměru kalibrační dutiny D_k se volilo smrštění materiálu 5 %

$$\begin{aligned} D_k &\approx 1,05 \cdot d_t & (4) \\ D_k &\approx 1,05 \cdot 7,8 \\ D_k &= 8,2 \text{ mm} \end{aligned}$$

d_t – vnější průměr trubičky [mm]

6.1.2 Délka kalibru

Optimální délka kalibru L_k byla vypočtena jako osminásobek délky trubičky.

$$\begin{aligned} L_k &\approx 8 \cdot d_t & (5) \\ L_k &\approx 8 \cdot 7,8 \\ L_k &= 63 \text{ mm} \end{aligned}$$

d_t – vnější průměr trubičky [mm]

6.2 Popis kalibru

Regulace kalibru je založena na principu funkce kleštiny.

Vstupní část kalibru přímo vychází z původního pevného kalibru. Je na ní vytvořen upínací závit M14x1, opěrná plocha, plošky pro montážní klíč a čtyři příčné evakuační drážky.

Na výstupní části kalibru je vytvořen závit M14x1 pro stahovací matici, vnější kuželová plocha a podélné evakuační drážky, oddělující lamely.

Skrz celé těleso kalibru je vystružen otvor o průměru 8,2 H7. Vstupní hrana je zaoblena $R = 1$ mm, výstupní $R = 0,5$ mm.

Stahovací matice se závitem M14x1 je opatřena kuželovou dírou, která při zašroubování matice stahuje lamely výstupní části kalibru a tím zmenšuje vnitřní průměr. Dále jsou v matici vytvořeny perforační otvory pro přístup vakua a chladící vody k lamelám kalibru.

6.3 Materiál kalibru

Na materiál kalibru jsou kladeny následující požadavky:

- chemická odolnost proti korozi při práci ve vodě,
- dobrá obrobiteľnosť,
- pružnosť,
- snadná dostupnosť na trhu.

Výše uvedeným podmínkám vyhovují následující skupiny materiálů:

- korozi-vzdorná pružinová ocel s následným tepelným zpracováním. Například ČSN 17 024 (ekvivalentní s W.Nr. 1.4031; DIN X39Cr13; EN X39Cr13; ISO Type 6), ČSN 17 029 (ekvivalentní s W.Nr. 1.4034), ČSN 17 042
- pružinová ocel, tepelně zpracovaná s následnou antikorozi povrchovou úpravou. Například ČSN 12 090 (ekvivalentní s W.Nr. 1.1269; DIN C 85E; EN 2 CS 85; ISO CS 85), ČSN 13 180 (ekvivalentní s DIN 80Mn4), ČSN 14 260 (ekvivalentní s W.Nr. 1.7102; DIN 54SiCr6),
- těžké nezelezné kovy a jejich slitiny používané pro výrobu pružin. Například ČSN 42 3016 (ekvivalentní s W.Nr. 2.1020; DIN CuSn6; EN CuSn6; ISO CuSn6), ČSN

42 3018 (ekvivalentní s W.Nr. 2.1030; DIN CuSn8; EN CuSn8; ISO CuSn8), ČSN 42 3212 (ekvivalentní s W.Nr. 2.0280, DIN CuZn33; EN CuZn33).

Na základě materiálových požadavků byl pro výrobu kalibru i matice zvolen pružinový cínový bronz s obsahem fosforu ČSN 42 3018 (Sn = 7,5 – 8,5 % P = 0,01 – 0,4 % Cu = zbytek). Tento materiál se používá pro výrobu pružin a strojních součástí s požadavkem na vyšší pevnost v tahu ($R_m \approx 440$ MPa). Je také zvláště odolný vůči korozi a má dobré kluzné vlastnosti. Tím odpadá následné tepelné zpracování a povrchová úprava proti korozi. Tepelné zpracování součástí, které mají charakter kleštin je problematické, protože vnáší do výrobku poměrně velké pnutí a především deformace, a způsobují oxidaci funkčních povrchů. Tento materiál je běžně dostupný na našem trhu i v malém množství.

7 VÝROBA STAVITELNÉHO KALIBRU

Kalibr byl navržen s ohledem na vlastní technologické možnosti nástrojárny, ve které se následně vyráběl. K dispozici byly konvenční obráběcí stroje:

- soustruh hrotový univerzální TOS SV 18 RA (točná délka 1 250 mm, točný průměr nad suportem 215 mm, vrtání vřetene 41 mm, kužel pinoly koníka Morse 4),
- frézka nástrojařská Stankoimport 6720 B (rozměry pracovního stolu X = 800 mm, Y = 250 mm, kužel vřetene ISO 40),
- bruska vodorovná rovinná TOS BPH 20 NA (rozměry elektromagnetické upínací desky X = 630 mm, Y = 200 mm, rozměry brusného kotouče 250x20x76 mm),
- vrtačka sloupová TOS VS 32 B (maximální obráběný průměr 32 mm, rozměry pracovního stolu X = 400 mm, Y = 316 mm, upínací kužel ve vřeteni Morse 4)
- pila pásová Pilous ARG 105 MOBIL (maximální průměr řezané kulatiny při kolmém řezu 105 mm, rozměr pilového pásu 1 385x13x0,65 mm).

Byl také kladen důraz na ekonomickou stránku výroby, tedy nízkou cenu a absenci dodatečných úprav (tepelných, chemicko-tepelných, povrchových) a s tím spojených nákladů.

Pro výrobu stavitelného kalibru a matice (Obrázek 46) byly použity technologie soustružení, vrtání, vrtání na soustruhu, vystružování, smirkování, leštění, závitování a frézování.



Obrázek 46 Kalibr stavitelný s maticí

8 VÝROBA VZORKŮ TRUBIČEK

Jako nominální rozměry zkušebních trubiček byly určeny vnější průměr $D = 7,8$ s tolerancí $- 0,3\text{mm}$ a tloušťka stěny $t = 1$ mm.

Vzorky trubiček se vyráběly na vytlačovací lince firmy Compuplast s.r.o. v konfiguraci:

- jednošnekový vytlačovací stroj LabTech Engineering LE25-30/C (průměr šneku 25 mm, $L/D = 30$),
- kalibrační stroj LabTech Engineering LFVW-100/L4 (délka chladicí vany 4 m, délka evakuované komory maximálně 0,6 m),
- dvoupásový odtah LabTech Engineering LCAT 25 (šířka pásů 80 mm, maximální vzdálenost pásů 40 mm, rychlost odtahování $0 - 47 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$).

Byly použity následující nástroje:

- vytlačovací hlava na trubičky; průměr hubice 10 mm; průměr trnu 7 mm,
- kalibr trubkový pevný (KP) pr. 8,2 mm pro výrobu referenčních vzorků (Obrázek 47),
- kalibr trubkový stavitelný (KS) pr. 8,2 mm pro výrobu vzorků k porovnání (Obrázek 48).



Obrázek 47 Kalibr pevný



Obrázek 48 Kalibr stavitelný

Neshodné části a další odpady byly pro snazší recyklaci zpracovány drtičem LabTech Engineering LZ-120/VS. (rychlost granulace 0 - 72 m.min⁻¹; délka částic 0 – 6 mm).

Pro výrobu všech vzorků trubiček byl zvolen materiál LDPE Bralen RB 03-23, jedné šarže, od výrobce MOLGROUP. Tento materiál je vhodný pro výrobu smršťovacích fólií, vyfukování nádob, vytlačování trubek, desek a profilů a pro vstřikování (Příloha P VI).

Výroba vzorků trubiček probíhala ve firemní laboratoři na úrovni poloprovozu (Obrázek 49). Na těchto strojích firma standartně ověřuje své výrobky a technologie. Laboratoř je umístěna v přízemí budovy. Prostor laboratoře má teplotou vzduchu 23 °C. Ve všech případech byla rychlost výroby trubiček 4 m.min⁻¹ (zvoleno dle výkonu stroje). Ostatní procesní parametry byly zaznamenány do protokolu o zkoušce (Příloha P VII).



Obrázek 49 Vytlačovací linka firmy Compuplast s.r.o.

9 MĚŘENÍ A VYHODNOCENÍ

9.1 Použitá měřidla

Pro měření vzorků vytlačených trubiček byly použity zařízení firmy Compuplast s.r.o.:

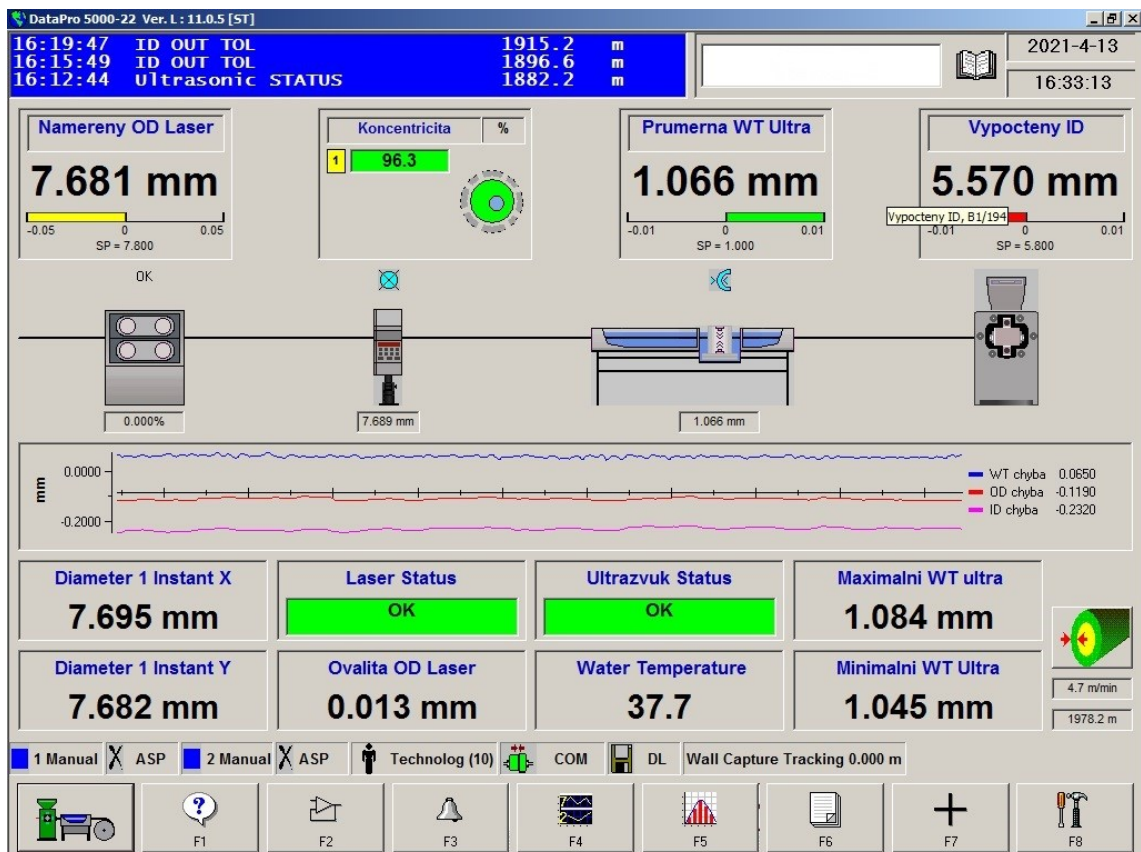
- Laserové měřicí zařízení AccuScan 5000, výrobce BETA LaserMike NDC Technologies, které je zařazeno do vytlačovací linky LabTech Engineering. Jedná se o dvouosý, bezkontaktní, laserový, měřicí přístroj, který měří průměr a kruhovitost výrobků do průměru 80 mm frekvencí 2 400 skenů za sekundu (celkem 4 800 skenů za sekundu v obou osách). Laserové měření je prováděno ve dvou na sebe kolmých osách (X a Y) (Obrázek 50).
- Ultrazvukové měřicí zařízení UltraScan 1000, výrobce BETA LaserMike NDC Technologies, které je zařazeno do vytlačovací linky LabTech Engineering. Měření probíhá ve vodní lázni (Obrázek 51).
- Vyhodnocovací software DataPro 5000, výrobce BETA LaserMike NDC Technologies (Obrázek 52).



Obrázek 50 AccuScan 5000



Obrázek 51 UltraScan 1000



Obrázek 52 Uživatelské rozhraní SW DataPro 5000

9.2 Popis metodiky měření

Bylo provedeno pět měření (pevný kalibr 8,2 mm, stavitelný kalibr v nastavení 8,2; 8,0; 7,8 a 7,6 mm). Všechna měření probíhala při rychlosti 4 m.min⁻¹. Průběh měření:

- Výměna a nastavení kalibru kontrolním trnem.
- Spuštění vytlačovacího procesu a jeho ustálení po dobu 30 minut (tok taveniny byl bez fluktuací, nastavené teploty byly ustáleny).
- Měření trubiček po dobu 25 minut, frekvencí zápisu hodnot jednou za sekundu ve dvou osách (získáno 3000 hodnot měření).
- Odstavení výroby 5 minut a příprava dalšího měření.

9.3 Naměřené hodnoty

Celkem bylo naměřeno 15000 hodnot. Zápis naměřených hodnot byl proveden elektronicky. Naměřená data byla uložena do přiloženého CD v souboru „Naměřené hodnoty_0001“.

9.4 Vyhodnocení měření vnějšího průměru

Z naměřených hodnot průměrů trubiček byly vypočteny základní statistické hodnoty (počet prvků, aritmetický průměr, směrodatná odchylka, nejvyšší hodnota, nejnižší hodnota, variační rozpětí, medián a modus) a průměrná hodnota ovality. Průměrná hodnota ovality byla vypočtena jako absolutní hodnota rozdílu průměrných hodnot průměrů trubičky v ose X a Y. Statistické výpočty byly provedeny v SW Minitab 17.

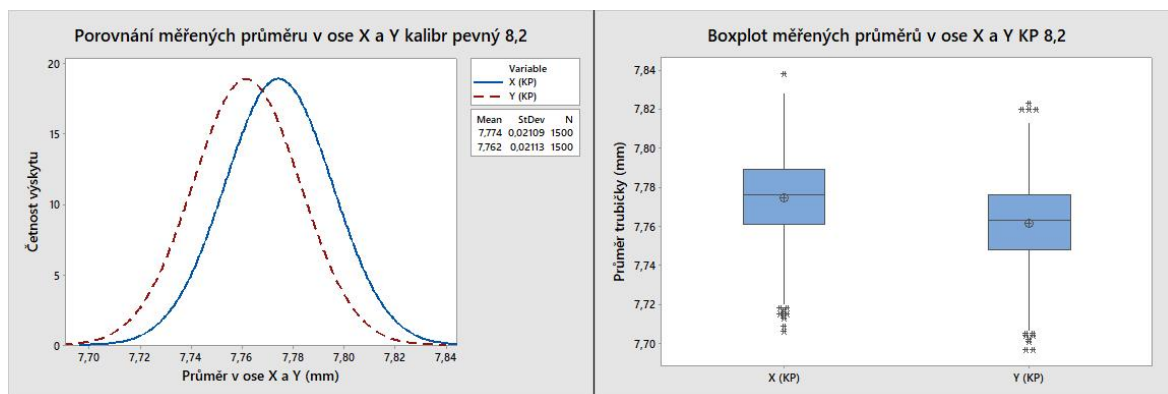
9.4.1 Kalibr Pevný 8,2

Při použití pevného kalibru průměru 8,2 mm se průměr trubiček pohyboval v rozpětí 0,132 mm na intervalu od 7,706 do 7,838 mm pro osu X. Pro osu Y v rozpětí 0,126 mm na intervalu od 7,697 do 7,823 mm. Průměrná hodnota průměru trubiček byla 7,774 mm v ose X a 7,762 v ose Y (Tabulka 1).

Tabulka 1 Statistické hodnoty měření kalibr pevný 8,2

KP 8,2	Osa X	Osa Y
N	1500	1500
\bar{X}	7,774	7,762
S	0,021	0,021
X_i max	7,838	7,823
X_j min	7,706	7,697
R	0,132	0,126
\tilde{X}	7,776	7,763
\hat{X}	7,776	7,768

Průměrná hodnota ovality trubičky v ose X a Y, byla 0,012 mm. (Obrázek 53).



Obrázek 53 Porovnání měřených průměrů v ose X a Y kalibr pevný 8,2

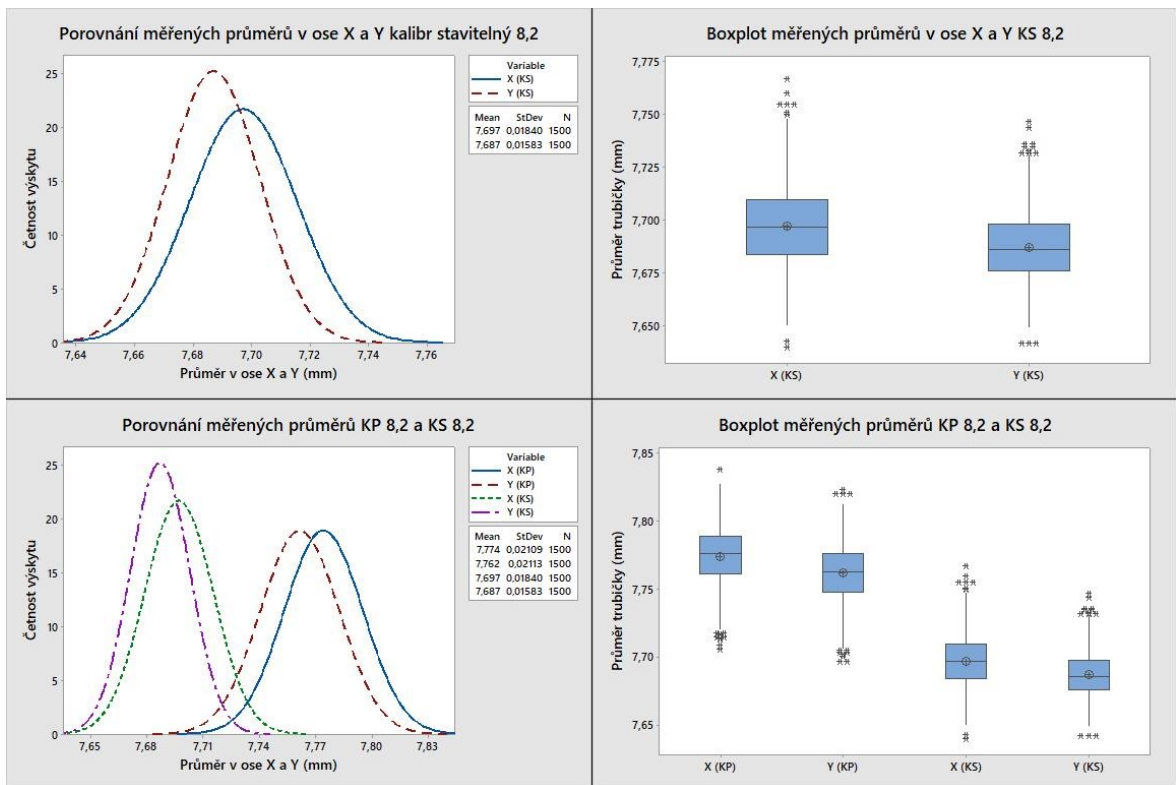
9.4.2 Kalibr Stavitelný 8,2

Při použití stavitelného kalibru, nastaveného na průměr 8,2 mm se průměr trubiček pohyboval v rozpětí 0,127 mm na intervalu od 7,640 do 7,767 mm pro osu X. Pro osu Y v rozpětí 0,105 mm na intervalu od 7,642 do 7,747 mm. Průměrná hodnota průměru trubiček byla 7,697 mm v ose X a 7,687 v ose Y (Tabulka 2).

Tabulka 2 Statistické hodnoty měření kalibr stavitelný 8,2

KS 8,2	Osa X	Osa Y
N	1500	1500
\bar{X}	7,697	7,687
S	0,018	0,016
X_i max	7,767	7,747
X_j min	7,640	7,642
R	0,127	0,105
\tilde{X}	7,697	7,686
\hat{X}	7,691	7,688

Průměrná hodnota ovality v ose X a Y, byla 0,010 mm (Obrázek 54).



Obrázek 54 Porovnání měřených průměrů v ose X a Y; KP 8,2 a KS 8,2

9.4.3 Kalibr Stavitelný 8,0

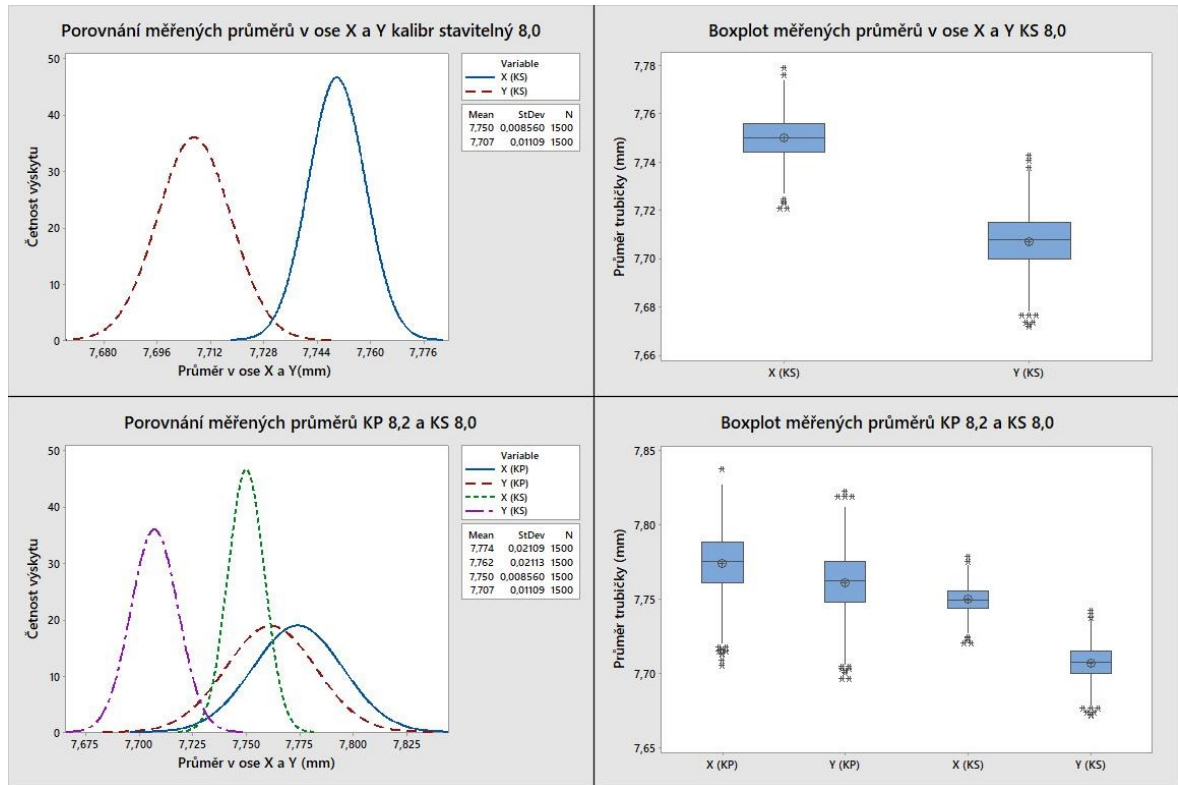
Při použití stavitelného kalibru, nastaveného na průměr 8,0 mm se průměr trubiček pohyboval v rozpětí 0,058 mm na intervalu od 7,721 do 7,779 mm pro osu X. Pro osu Y v rozpětí 0,071 mm na intervalu od 7,672 do 7,743 mm. Průměrná hodnota průměru trubiček byla 7,775 mm v ose X a 7,707 v ose Y (.

Tabulka 3).

Tabulka 3 Statistické hodnoty měření kalibr stavitelný 8,0

KS 8,0	Osa X	Osa Y
N	1500	1500
\bar{X}	7,750	7,707
S	0,008	0,011
$X_i \max$	7,779	7,743
$X_j \min$	7,721	7,672
R	0,058	0,071
\tilde{X}	7,750	7,708
\hat{X}	7,749	7,711

Průměrná hodnota ovality v ose X a Y, byla 0,043 mm (Obrázek 55).



Obrázek 55 Porovnání měřených průměrů v ose X a Y; KP 8,2 a KS 8,0

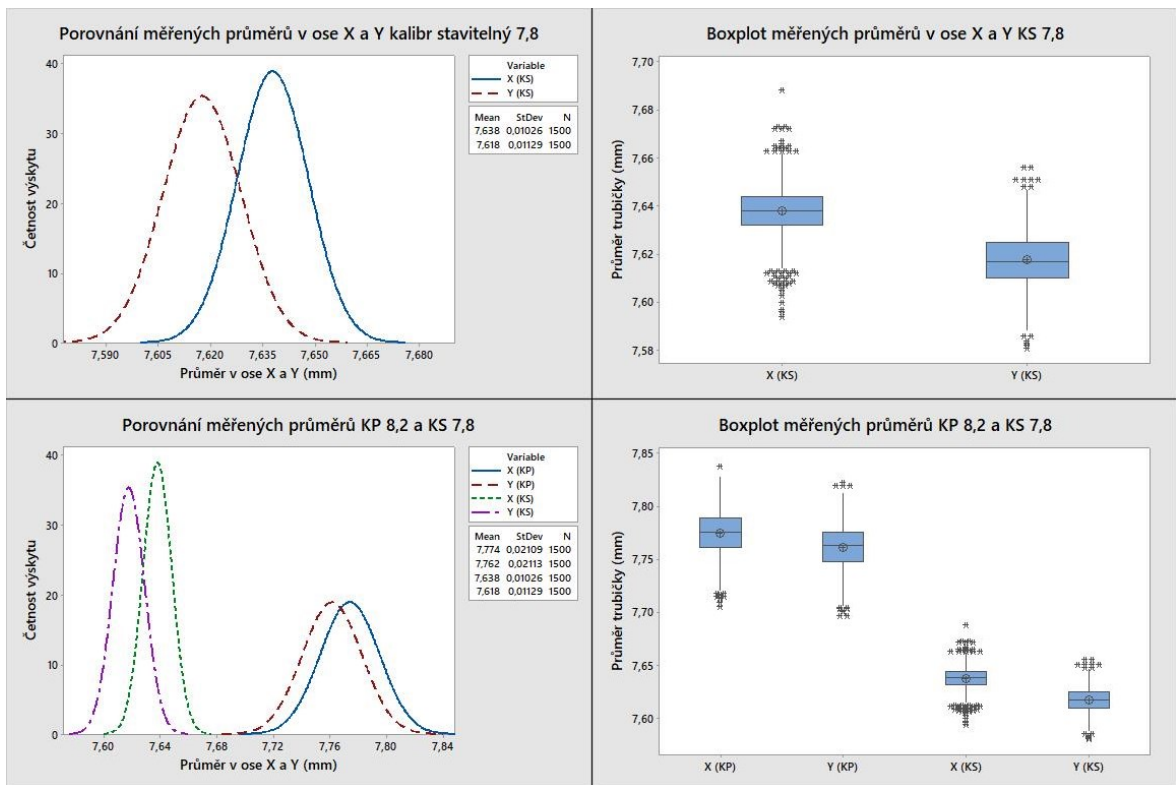
9.4.4 Kalibr Stavitelný 7,8

Při použití stavitelného kalibru, nastaveného na průměr 7,8 mm se průměr trubiček pohyboval v rozpětí 0,094 mm na intervalu od 7,594 do 7,688 mm pro osu X. Pro osu Y v rozpětí 0,075 mm na intervalu od 7,581 do 7,656 mm. Průměrná hodnota průměru trubiček byla 7,638 mm v ose X a 7,618 v ose Y (Tabulka 4).

Tabulka 4 Statistické hodnoty měření kalibr stavitelný 7,8

KS 7,8	Osa X	Osa Y
N	1500	1500
\bar{X}	7,638	7,618
S	0,010	0,011
X_i max	7,688	7,656
X_j min	7,594	7,581
R	0,094	0,075
\tilde{X}	7,638	7,617
\hat{X}	7,636	7,620

Průměrná hodnota ovality v ose X a Y, byla 0,020 mm (Obrázek 56).



Obrázek 56 Porovnání měřených průměrů v ose X a Y; KP 8,2 a KS 7,8

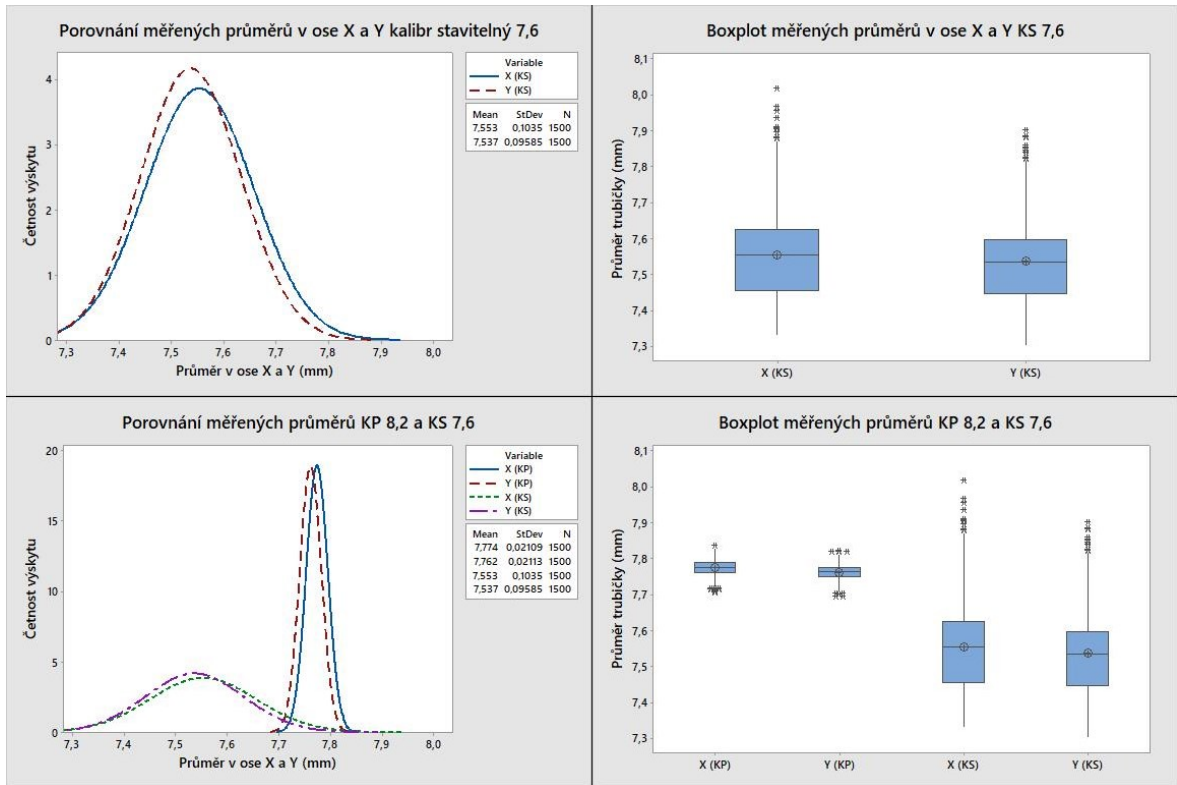
9.4.5 Kalibr Stavitelný 7,6

Při použití stavitelného kalibru, nastaveného na průměr 7,6 mm se průměr trubiček pohyboval v rozpětí 0,689 mm na intervalu od 7,330 do 8,019 mm pro osu X. Pro osu Y v rozpětí 0,598 mm na intervalu od 7,303 do 7,901 mm. Průměrná hodnota průměru trubiček byla 7,553 mm v ose X a 7,537 v ose Y (Tabulka 5).

Tabulka 5 Statistické hodnoty měření kalibr stavitelný 7,6

KS 7,6	Osa X	Osa Y
N	1500	1500
\bar{X}	7,553	7,537
S	0,104	0,096
$X_i \max$	8,019	7,901
$X_j \min$	7,330	7,303
R	0,689	0,598
\tilde{X}	7,555	7,535
\hat{X}	7,433	7,426

Průměrná hodnota ovality v ose X a Y, byla 0,016 mm (Obrázek 57).

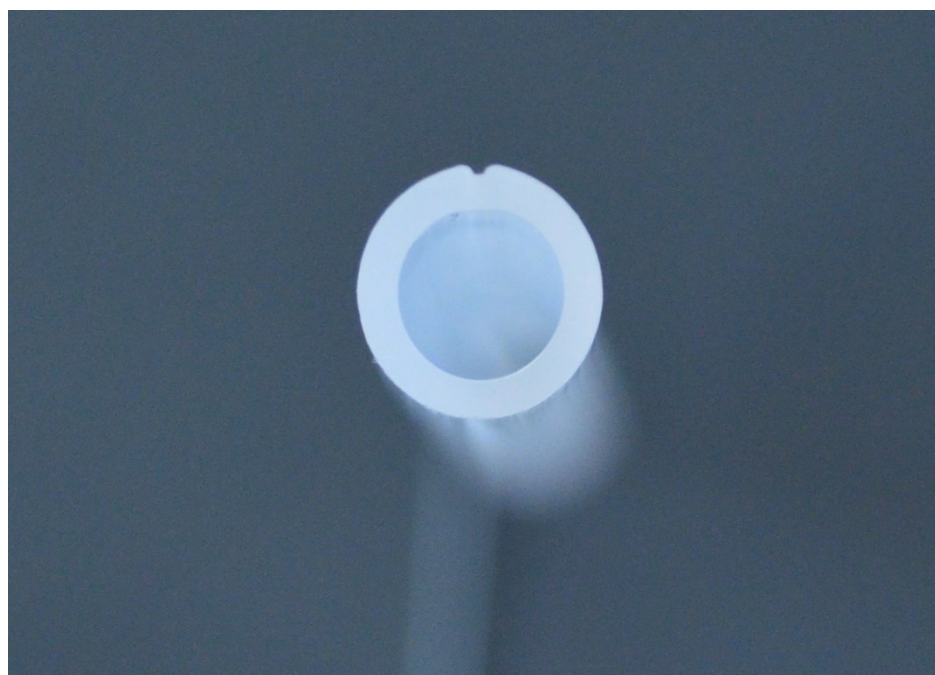


Obrázek 57 Porovnání měřených průměrů v ose X a Y; KP 8,2 a KS 7,6

Při nastavení kalibru na průměr 7,6 mm docházelo v náhodných intervalech ke vzniku podélných rýh v trubičkách (Obrázek 58 a Obrázek 59). Tyto trubičky byly kvůli struktuře povrchu nevyhovující. Proces nebyl stabilní.



Obrázek 58 Defekt trubičky



Obrázek 59 Detail hloubky defektu

10 FINANČNÍ POROVNÁNÍ KALIBRŮ

Pro výrobu obou typů kalibrů nebyly použity žádné speciální nástroje, ani technologie. Režijní náklady byly zahrnuty v ceně práce.

10.1 Výroba pevného kalibru

Materiál: automatová mosaz Ms 58 Pb; cena 236 Kč/kg; cena polotovaru 41 Kč

Cena hodiny strojního času: 650 Kč/hod;

Výrobní čas: 2 hodiny

Cena práce: 1300 Kč

Celková cena: 1341 Kč

10.2 Výroba stavitelného kalibru

Materiál: automatová mosaz CuSn8; 517 Kč/kg; cena polotovaru 157 Kč

Cena hodiny strojního času: 650 Kč/hod;

Výrobní čas: 5 hodin

Cena práce: 3250 Kč

Celková cena: 3407 Kč

10.3 Vyhodnocení

Pevný kalibr je použitelný pro výrobu pouze jednoho rozměru trubiček.

Stavitelný kalibr byl použit celkem ve čtyřech nastaveních. Jako uspokojivé byly výsledky vyhodnoceny tři z nich (8,2; 8,0; 7,8 mm) v lineární posloupnosti s diferencí 0,2 mm. Předpoklad je, že by kalibr dobře pracoval i při nastavení na jiné hodnoty v intervalu 8,2 až 7,8 mm. Pouze z pohledu, že byla ověřena správnost funkce stavitelného kalibru při třech nastaveních, je tento kalibr finančně výhodnější. Z praxe firmy je známo, že kalibry se vyrábí v odstupňování po 0,1 mm. Navržený stavitelný kalibr by tedy nahradil pět kalibrů pevných.

Stavitelný kalibr je přibližně 2,5x dražší než kalibr pevný, S nárůstem využitelného rozsahu nastavení se zvyšuje finanční úspora a tím pádem jeho ekonomická výhodnost (Tabulka 6 a Tabulka 7).

Tabulka 6 Finanční porovnání kalibrů

	Kalibr pevný [Kč]	Kalibr stavitelný [Kč]
Materiál	41,00	157,00
Práce	1 300,00	3 250,00
Σ	1 341,00	3 407,00

Tabulka 7 Porovnání úspor

Kalibr stavitelný [Kč]	Kalibr pevný [Kč]	Kalibr pevný 3 ks [Kč]	Úspora [Kč]	Kalibr pevný 5 ks [Kč]	Úspora [Kč]
3404	1341	4023	619	6705	3301

11 DISKUZE VÝSLEDKŮ

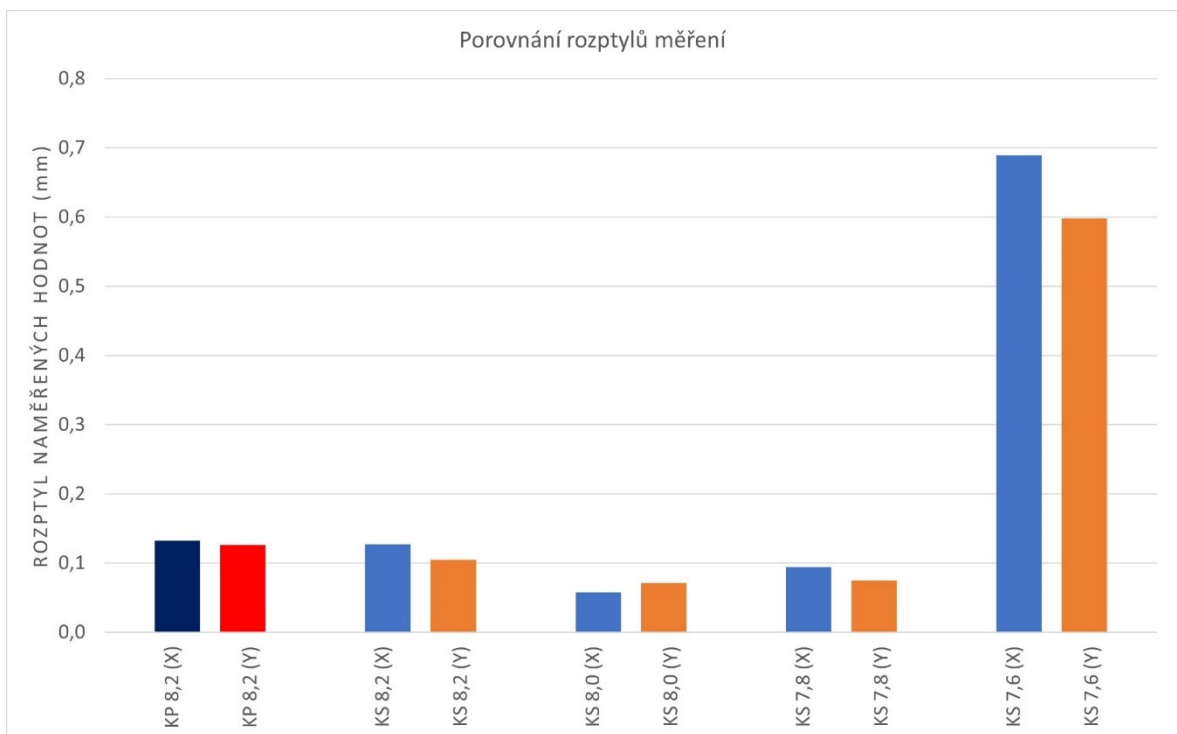
Byl navrhnout stavitelný kalibr včetně výpočtů rozměrů a volby materiálu a technologií výroby. Následně byl vyroben kalibr pevný 8,2 mm a kalibr stavitelný 8,2 mm s možností regulace.

Z materiálu LDPE Bralen RB 03-23 byly vyrobeny referenční vzorky trubiček na pevném kalibru 8,2 mm a vzorky trubiček k porovnání na kalibru stavitelném v nastavení 8,2; 8,0; 7,8 a 7,6 mm.

Na základě naměřených hodnot průměrů trubiček a následného vyhodnocení lze konstatovat, že stavitelný kalibr je rovnocenně použitelný v základním nastavení 8,2 mm s kalibrem pevným 8,2 mm. V nastavení 8,0 a 7,8 mm vykazuje nižší hodnoty rozptylů, než kalibr pevný a kalibr stavitelný v základním nastavení 8,2 mm. V nastavení 8,0 mm byly hodnoty rozptylů měření nejmenší. V nastavení 7,6 mm je kalibr stavitelný nevyhovující z důvodu náhodných poruch struktury povrchu a vysokého rozptylu hodnot průměrů (Tabulka 8) (Obrázek 60).

Tabulka 8 Celkové vyhodnocení měření

	KP 8,2		KS 8,2		KS 8,0		KS 7,8		KS 7,6	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
N	1 500	1 500	1 500	1 500	1 500	1 500	1 500	1 500	1 500	1 500
\bar{X}	7,774	7,762	7,697	7,687	7,750	7,707	7,638	7,618	7,553	7,537
S	0,021	0,021	0,018	0,016	0,008	0,011	0,010	0,011	0,104	0,096
$X_i \max$	7,838	7,823	7,767	7,747	7,779	7,743	7,688	7,656	8,019	7,901
$X_j \min$	7,706	7,697	7,640	7,642	7,721	7,672	7,594	7,581	7,330	7,303
R	0,132	0,126	0,127	0,105	0,058	0,071	0,094	0,075	0,689	0,598
\tilde{X}	7,776	7,763	7,697	7,686	7,750	7,708	7,638	7,617	7,555	7,535
\hat{X}	7,776	7,768	7,691	7,688	7,749	7,711	7,636	7,620	7,433	7,426



Obrázek 60 Porovnání rozptylů měření

Dle vyhodnocení naměřených hodnot je zřejmé, že kalibr stavitelný plně nahradí kalibry pevné o rozměrech 8,2; 8,0 a 7,8 mm. Finanční úspora je v takovém případě 619 Kč.

Lze předpokládat, že by kalibr stavitelný mohl nahradit pět kalibrů pevných s diferencí 0,1 mm (8,2; 8,1; 8,0; 7,9; 7,8 mm). To by znamenalo finanční úsporu 3301 Kč.

ZÁVĚR

Diplomová práce se zabývá návrhem stavitelného kalibru pro vytlačování trubiček z termoplastů.

V teoretické části byla zpracována problematika vytlačování termoplastů včetně popisu základních druhů termoplastů pro vytlačování, informace z oblasti reologie polymerů, nástrojů a výrobních linek pro jejich vytlačování.

Praktická část se zabývá návrhem stavitelného kalibru včetně základních geometrických výpočtů, volby materiálu, výrobních technologií, tvorby modelů a výrobní technické dokumentace, s nominálním průměrem 8,2 mm s možností regulace až do průměru 7,6 mm. Tento kalibr byl vyroben a uveden do provozu. Za použití stavitelného kalibru byly vyrobeny trubičky při nastaveném průměru 8,2; 8,0; 7,8 a 7,6 mm, které byly porovnávány s trubičkami, kalibrovanými kalibrem pevným, bez možnosti regulace, o nominálním průměru 8,2 mm. Pro výrobu všech trubiček byl použit materiál LDPE Bralen RB 03-23.

Výroba vzorků trubiček byla provedena na vytlačovací lince LabTech Engineering s jednošnekovým vytlačovacím strojem LE25-30/C, kalibračním strojem LFVW-100/L4 a dvoupásovým odtahem LCAT 25.

Jako nástroj byla použita univerzální trubková vytlačovací hlava Compuplast s hubicí o průměru 10 mm a trnem o průměru 7 mm.

Měření průměrů trubiček bylo provedeno na laserovém měřícím přístroji AccuScan 5000 s vyhodnocovacím software DataPro 5000 výrobce BETA LaserMike NDC Technologies. Vzorky trubiček byly měřeny 1500x v každé ose, ve všech nastaveních kalibrů. Celkem bylo zpracováno 15000 dat.

Z naměřených hodnot bylo vyhodnoceno, že stavitelný kalibr v základním nastavení 8,2 mm je plně srovnatelný s kalibrem pevným 8,2 mm. V nastavení 8,0 a 7,8 mm došlo ke snížení rozptylu naměřených hodnot. V nastavení 8,0 mm byly hodnoty rozptylů měření nejmenší. Při nastavení kalibru na 7,6 mm docházelo v náhodných intervalech ke vzniku povrchových vad výrobků. Rozptyl naměřených hodnot byl v tomto nastavení přibližně pětinasobně větší, než rozptyl hodnot na měřených při použití pevného kalibru 8,2 mm.

Z vyhodnocených hodnot vyplynulo, že stavitelný kalibr je plně schopen nahradit kalibr pevný v rozmezí vyráběných průměrů trubiček od 8,2 do 7,8 mm.

Pro uvedenou náhradu je doloženo, že finanční úspora je 619 Kč. Lze předpokládat náhradu celkem pěti pevných kalibrů (8,2; 8,1; 8,0; 7,9 a 7,8 mm). V takovém případě by finanční úspora činila 3301 Kč.

Z finančního hlediska by bylo vhodné provést zkoušky stavitelného kalibru v nastavení 7,7 mm a jejich vyhodnocení. Dále zjistit příčinu tvorby defektů trubiček při použití stavitelného kalibru v nastavení 7,6 mm. Případně tento problém odstranit a posunout dolní mez použitelnosti kalibru. Došlo by k rozšíření rozsahu použití a tím k větším finančním úsporám.

Z vyhodnocených hodnot a faktů vyplývá, že stavitelný kalibr splňuje podmínky zadání a jeho použití je ekonomicky výhodné pro výše popsané podmínky výroby.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] DUCHÁČEK Vratislav. *Polymery výroba, vlastnosti, zpracování, použití*. 2. vydání Praha: VŠCHT Praha 2006. ISBN 80-7080-617-6
- [2] ZEMAN Lubomír. *Vstřikování plastů*. Praha: BEN – technická literatura 2009. ISBN 978-80-7300-250-3
- [3] PROKOPOVÁ Irena. *Makromolekulární chemie*. 2. vydání Praha: VŠCHT Praha 2007. ISBN 978-80-7080-662-3
- [4] KŘÍŽ Rudolf, VÁVRA Pavel. *Strojírenská příručka: svazek 3*. Praha: SCIENTIA 1993. ISBN 80-85827-23-9
- [5] BĚHÁLEK Luboš. *Polymery* [online]. Liberec: Publi 2016 [cit. 2021-03-20]. ISBN 978-80-88058-68-7 (elektronická verze). Dostupné z: <https://publi.cz/books/180/Cover.html>
- [6] RÖSLER Joachim, HARDERS Harald, BÄKER Martin. *Mechanical Behaviour of Engineering Materials Metals, Ceramics, Polymers, and Composites*. Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2007. ISBN 978-3-540-73446-8
- [7] LIPTÁKOVÁ Tatiana, ALEXY Pavol, GONDÁR Ernest, KHUNOVÁ Viera. *Polymérne konštrukčné materiály*. Žilina: EDIS vydavateľstvo ŽU 2012. ISBN 978-80-554-0505-6
- [8] ČADEK Drahomír. Přírodní kaučuk. *Gumárenské listy*. 2020, III (3), 5-6. ISSN 1212-9704
- [9] KLETEČKA Jaroslav, FOŘT Petr. *Technické kreslení*. Brno: CP Books 2005. ISBN 80-251-0498-2
- [10] CHUNG Chang I. *Extrusion of Polymers: Theory and Practice*. 3rd Edition. Troy: Carl Hanser Verlag, München 2020. ISBN 978-1-56990-609-5
- [11] ŠŇUPÁREK Jaromír. *Makromolekulární chemie Úvod do chemie a technologie polymerů*. 2. vydání Pardubice: Univerzita Pardubice 2009. ISBN 978-80-7395-166-5
- [12] KUTA Antonín. *Technologie a zařízení pro zpracování kaučuků a plastů*. Dotisk Praha: VŠCHT Praha 2007. ISBN 978-80-7080-367-7
- [13] GUPTA Alka L. *Polymer chemistry*. Dillí: Pragati Prakashan 2010. ISBN 978-81-8398-998-5

- [14] MAŇAS Miroslav, HELŠTÝN Josef. *Výrobní stroje a zařízení Gumárenské a plastikářské stroje II*. Brno: Vysoké učení technické v Brně 1990. ISBN 80-214-0213-X
- [15] KRÍŽ Rudolf, VÁVRA Pavel. *Strojírenská příručka: svazek 8*. Praha: SCIENTIA 1998. ISBN 80-7183-054-2
- [16] MAŇAS Miroslav, VLČEK Jiří. *Aplikovaná reologie*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně 2001. ISBN 80-7318-039-1
- [17] DUCHÁČEK Vratislav. *Základní pojmy z chemie a technologie polymerů, jejich mezinárodní zkratky a obchodní názvy*. Dotisk Praha: VŠCHT Praha 2004. ISBN 80-7080-265-6
- [18] WYPYCH George. *Handbook of polymers*. Toronto: ChemTec Publishing 2012. ISBN 978-1-895198-47-8
- [19] MLEZIVA Josef, ŠŇUPÁREK Jaromír, *Polymery-výroba, struktura, vlastnosti a použití*. 2. vydání Praha: Sobotáles 2000. ISBN 80-85920-72-7
- [20] ŠUBA Oldřich. *Dimenzování a navrhování výrobků z polymerů*. 3. vydání Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně 2010. ISBN 978-80-7318-948-8
- [21] LEINVEBER Jiří, VÁVRA Pavel. *Strojnické tabulky*. 5. upravené vydání Úvaly: Albra Úvaly 2011. ISBN 978-80-7361-081-4
- [22] OBERG Erik, JONES Franklin D., HORTON Holbrook L., RYFFEL Henry H., MCCAULEY Christopher J. *Machinery's Handbook*. 29th Edition New York. Industrial press 2012. ISBN 978-0-8311-2901-9
- [23] MCMURRY John. *Organická chemie*. VUTIUM Brno 2007. ISBN 978-80-214-3291-8
- [24] EHRENSTEIN Gottfried Wilhelm. *Polymerní kompozitní materiály*. Praha: SCIENTIA 2009. ISBN 978-80-86960-29-6
- [25] TANNER Roger I. *Engineering Rheology*. 2nd Edition Oxford: OXFORD university press 2002. ISBN 0-19—856473-2
- [26] GRISKEY Richard G. *Polymer Process Engineering*. Springer 1995. ISBN 978-0-412-98541-6

- [27] AGASSANT Jean-François, AVENAS Pierre, CARREAU Pierre J., VERGNES Bruno, VINCENT Michel. *Polymer processing: Principles and modeling*. 2nd Edition Munich: Hanser Publishers 2017. ISBN 978-1-56990-605-7
- [28] DEALY John M., WANG Jian. *Melt Rheology and its Applications in the Plastics Industry*. 2nd Edition New York: Springer 2013. ISBN 978-94-007-6394-4
- [29] MAŇAS Miroslav, STANĚK Michal, MAŇAS David. *Výrobní stroje a zařízení I Stroje gumárenské a plastikářské I*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně 2007. ISBN 978-80-7318-596-1
- [30] RAUWENDAAL Chris. *Understanding extrusion*. 3rd Edition Auburn: Carl Hanser Verlag, München 2019. ISBN 978-1-56990-698-9
- [31] RAUWENDAAL Chris, GRAMANN Paul J., DAVIS Bruce A., OSSWALD Tim A. *Polymer extrusion*. 5nd Edition München: Hanser Publishers 2014. ISBN 978-1-56990-516-6
- [32] BAIRD Donald G., COLLIAS Dimitris I. *Polymer processing: Principles and design*. 2nd Edition. Wiley 2014. ISBN 978-0-470-93058-8
- [33] GILES Harold F., WAGNER John R., MOUNT Eldridge M. *Extrusion: The definitive processing guide and handbook*. Norwich: William Andrew, Inc. 2005. ISBN 0-8155-1473-5
- [34] TADMOR Zehev, GODOS Costas G. *Principles of polymer processing*. 2nd Edition New Jersey: John Wiley & Sons, Inc. 2006. ISBN 0-471-38770-3
- [35] HOPMANN Christian, MICHAELI Walter. *Extrusion dies for plastics and rubber*. 4th Edition München: Carl Hanser Verlag 2016. ISBN 978-1-56990-623-1
- [36] KAINTH Sushil. *Die design for extrusion of plastics tubes and pipes*. Walsall: Hanser Publishers München 2018. ISBN 978-1-56990-672-9
- [37] AUSPERGER Aleš. *Technologie zpracování plastů*. Liberec: Publi 2016 [cit. 2021-03-20]. ISBN 978-80-88058-77-9 (elektronická verze). Dostupné z: <https://publi.cz/books/183/Cover.html>
- [38] SEIDL Martin. *Stroje pro zpracování polymerních materiálů*. Liberec: Publi 2016 [cit. 2021-03-20]. ISBN 978-80-88058-71-7 (elektronická verze). Dostupné z: <https://publi.cz/books/181/Cover.html>

[39] PTÁČEK Luděk. *Nauka o materiálu II*. 2. opravené a rozšířené vydání Brno: CERM 2002. ISBN 80-7204-248-3

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

%	Procento
~	Přibližně
=	Rovnítko
≈	Aproximace
∅	Průměr
°	Úhlový stupeň
°C	Celsiův stupeň
3D	Trojdimenzionální
A	Ampér
a. s.	Akciová společnost
ABS	Akrylonitrilbutadienstyren
ACM	Akrylátový kaučuk
ASA	Akrylonitrilstyrenakrylát
ASTM	Americká technická norma
bar	Jednotka tlaku
BR	Butadienový kaučuk
CD	Kompaktní disk
CR	Chloroprenový kaučuk
Cr	Chrom
Cu	Měď
ČSN	Česká státní norma
D	Disipace
D	Velký průměr
DIN	Německá průmyslová norma

D _k	Průměr kalibrační dutiny
d _t	Vnější průměr trubičky
EBA	Etylenbutylakrylát
EMA	Etylenmetylakrylát
EN	Evropská norma
EPDM	Etylen-propylendienový kaučuk
EPM	Etylen-propylenový kaučuk
EVOH	Etylenvinylalkohol
FPM	Fluor-uhlíkový kaučuk
G	Gram
h	Hodina
HDPE	Vysokohustotní polyetylen
IIR	Butyl kaučuk
IR	Isoprenový kaučuk
ISBN	Mezinárodní standardní číslo knihy
ISO	Mezinárodní organizace pro normalizaci
ISSN	Mezinárodní standardní číslo seriálové publikace
ITT	Index toku taveniny
Kč	Koruna česká
kg	Kilogram
kJ	Kilojoule
KP	Kalibr pevný
KS	Kalibr stavitelný
L	Délka
L/D	Poměr délky ku velkému průměru
LDPE	Nízkohustotní polyetylen

L _k	Délka kalibru
LLDPE	Lineární nízkohustotní polyetylen
m	Měřítka konzistence
m	Metr
M	Metrický závit
Mean	Aritmetický průměr
MFI	Melt flow index (index toku taveniny)
min	Minuta
mm	Milimetr
Mn	Mangan
MPa	Megapascal
Ms	Mosaz
n	Konstanta, stupeň ne-newtonského chování
N	Počet prvků
NBR	Butadien-akrylonitrilový kaučuk
NR	Přírodní kaučuk
P	Fosfor
Pa	Pascal
PA	Polyamid
PA6	Polyamid 6
PA66	Polyamid 66
Pb	Olovo
PBT	Polybutyltereftalát
PC	Polykarbonát
PCT	Polycyklohexylendimetylttereftalát
PEEK	Polyetereterketon

PE-HD	Vysokohustotní polyetylen
PEI	Polyesterimid
PEK	Polyeterketon
PE-LD	Nízkohustotní polyetylen
PE-LLD	Lineární nízkohustotní polyetylen
PES	Polyetersulfon
PET	Polyetylentereftalát
PE-UHMW	Polyetylen s ultravysokou molekulovou hmotností
PI	Polyimid
PLA	Kyselina polymléčná (polylactid acid)
PMMA	Polymethylmetakrylát
POM	Polyoxymetylen (polyoxometylen, polyformaldehyd)
PP	Polypropylen
PPO	Polyfenylenoxid
PPS	Polyfenylsulfid
pr.	Průměr
PS	Polystyren
PSU	Polysulfon
PTFE	Polytetrafluoretylen
PVC – P	Měkčený polyvinylchlorid
PVC – U	Neměkčený polyvinylchlorid (tvrdý)
PVC	Polyvinylchlorid
Q	Silikonový kaučuk
R	Poloměr
R	Variační rozpětí
R _m	Pevnost v tahu

s	Sekunda
S	Směrodatná odchylka
s. r. o.	Společnost s ručením omezeným
s ⁻¹	Reciproká sekunda
SAN	Styren-akrylonitril
SBR	Butadienstyrenový kaučuk
SBS	Styrenbutadienstyren
Si	Křemík
Sn	Cín
StDev	Směrodatná odchylka
SW	Software
t	Tloušťka
TPE	Termoplastický elastomer
TPU	Termoplastický polyuretan
UHMWPE	Polyetylen s ultravysokou molekulovou hmotností
USA	United States of America (Spojené státy americké)
W.Nr.	Pořadové číslo
\bar{X}	Aritmetický průměr
\tilde{X}	Medián
\hat{X}	Modus
X	Osa X
$X_i \max$	Nejvyšší hodnota znaku
$X_j \min$	Nejnižší hodnota znaku
Y	Osa Y
Zn	Zinek
α	Úhel stoupání šroubovice šneku

$\dot{\gamma}$	Rychlost smykové deformace
η	Dynamická viskozita
Σ	Součet
τ	Smykové napětí
HMR	Horní mezní rozměr
DMR	Dolní mezní rozměr

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Polymery [5].....	11
Obrázek 2 Rozdělení plastů [5]	12
Obrázek 3 MFI pro tři různé materiály [16]	18
Obrázek 4 Výrobní linka na vytlačování trubek	19
Obrázek 5 Rozdělení vytlačovacích strojů	19
Obrázek 6 Zóny šneku vytlačovacího stroje [31]	20
Obrázek 7 Základní charakteristiky jednohodého šneku	21
Obrázek 8 Dopravní šnek na PVC jednošnekového vytlačovacího stroje.....	21
Obrázek 9 Smysl otáčení šneků dvoušnekového vytlačovacího stroje [33].....	21
Obrázek 10 Souběžné válcové šneky dvoušnekového vytlačovacího stroje	21
Obrázek 11 Kuželové protiběžné šneky dvoušnekového vytlačovacího stroje [33]	22
Obrázek 12 Řez vytlačovací hlavou na profil pro dvoušnekový vytlačovací stroj	22
Obrázek 13 Kroužek a lamač	23
Obrázek 14 Řez vytlačovací hlavou na trubičky	24
Obrázek 15 Řez vytlačovací hlavou na pásy	25
Obrázek 16 Řez plochou širokoštěrbínovou vytlačovací hlavou.....	26
Obrázek 17 Řez vytlačovací hlavou na kruhové struny	27
Obrázek 18 Řez vytlačovací hlavou na čtvercové struny	27
Obrázek 19 Řez čtyřnásobnou vytlačovací hlavou na struny	28
Obrázek 20 Řez vytlačovací hlavou na profily.....	29
Obrázek 21 Plastový profil	29
Obrázek 22 Opláštění vodičů	30
Obrázek 23 Hadička armovaná ocelovým drátem	31
Obrázek 24 Schéma hlavy na vnitřní opláštění [35]	31
Obrázek 25 Schéma hlavy na vnější opláštění [35]	32
Obrázek 26 Řez vytlačovací hlavou na armování	32
Obrázek 27 Řez vytlačovací hlavou na trubičky	33
Obrázek 28 Rozdělovač toku taveniny	34
Obrázek 29 Spirálový trn.....	34
Obrázek 30 Řez dvouvrstvou koextruzní vytlačovací hlavou na trubky	35
Obrázek 31 Řez třívrstvou koextruzní vytlačovací hlavou na trubky	36
Obrázek 32 Řez sedmivrstvou koextruzní vytlačovací hlavou na trubky	36
Obrázek 33 Koextrudované trubky	37
Obrázek 34 Podtlakové kalibrační zařízení profilu	38

Obrázek 35 Řez lamelový kalibrem.....	39
Obrázek 36 Řez trubkovým kalibrem	39
Obrázek 37 Kalibrační stroj	40
Obrázek 38 Dopravní pás s ventilátory pro chlazení vzduchem	41
Obrázek 39 Dvoupásový odtah.....	41
Obrázek 40 Třípásový odtah.....	42
Obrázek 41 Okružní pila.....	43
Obrázek 42 Sekačka s pneumatickým pohonem	44
Obrázek 43 Sekačka se servopohonem.....	44
Obrázek 44 Jednostaniceová navíječka	45
Obrázek 45 Sklápěcí žlab	46
Obrázek 46 Kalibr stavitelný s maticí.....	52
Obrázek 47 Kalibr pevný	53
Obrázek 48 Kalibr stavitelný	54
Obrázek 49 Vytlačovací linka firmy Compuplast s.r.o.	55
Obrázek 50 AccuScan 5000.....	56
Obrázek 51 UltraScan 1000	57
Obrázek 52 Uživatelské rozhraní SW DataPro 5000.....	57
Obrázek 53 Porovnání měřených průměrů v ose X a Y kalibr pevný 8,2	59
Obrázek 54 Porovnání měřených průměrů v ose X a Y; KP 8,2 a KS 8,2	60
Obrázek 55 Porovnání měřených průměrů v ose X a Y; KP 8,2 a KS 8,0	62
Obrázek 56 Porovnání měřených průměrů v ose X a Y; KP 8,2 a KS 7,8	63
Obrázek 57 Porovnání měřených průměrů v ose X a Y; KP 8,2 a KS 7,6	65
Obrázek 58 Defekt trubičky.....	66
Obrázek 59 Detail hloubky defektu	66
Obrázek 60 Porovnání rozptylů měření	70

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Statistické hodnoty měření kalibr pevný 8,2	59
Tabulka 2 Statistické hodnoty měření kalibr stavitelný 8,2.....	60
Tabulka 3 Statistické hodnoty měření kalibr stavitelný 8,0.....	61
Tabulka 4 Statistické hodnoty měření kalibr stavitelný 7,8.....	63
Tabulka 5 Statistické hodnoty měření kalibr stavitelný 7,6.....	64
Tabulka 6 Finanční porovnání kalibrů.....	68
Tabulka 7 Porovnání úspor	68
Tabulka 8 Celkové vyhodnocení měření	69

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: 3D model stavitelného kalibru

Příloha P II: 3D model matice

Příloha P III: 3D model sestavy kalibru a matice

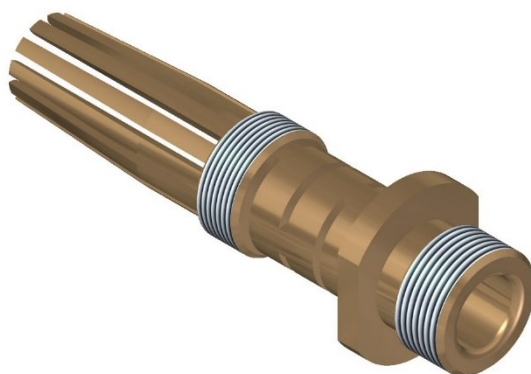
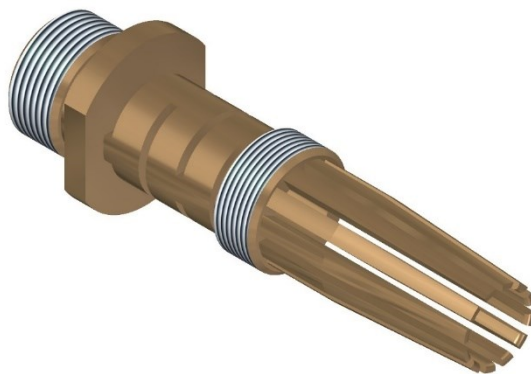
Příloha P IV: 2D výkres sestavy kalibru a matice

Příloha P V: Kusovník

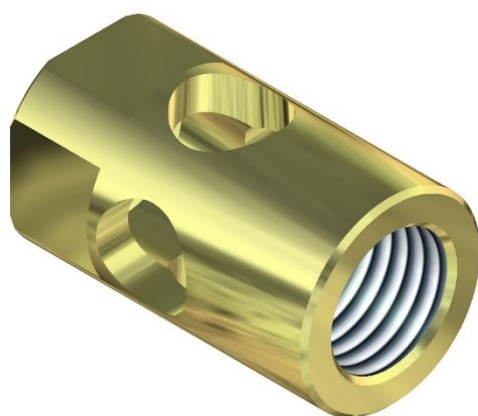
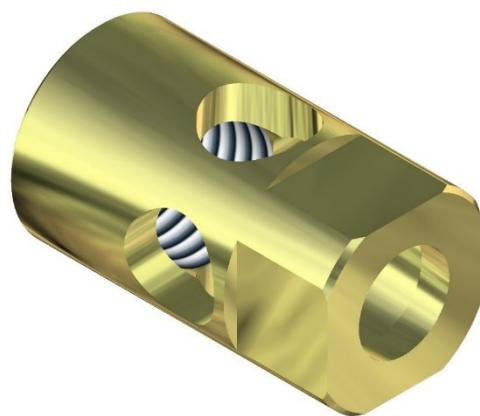
Příloha P VI: Materiálový list LDPE Bralen RB 03-23

Příloha P VII: Protokol o zkoušce

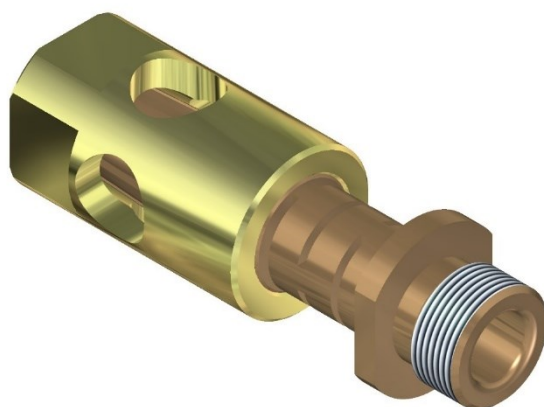
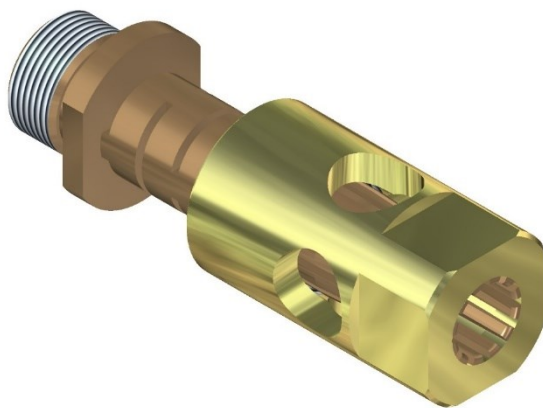
PŘÍLOHA P I: 3D MODEL STAVITELNÉHO KALIBRU



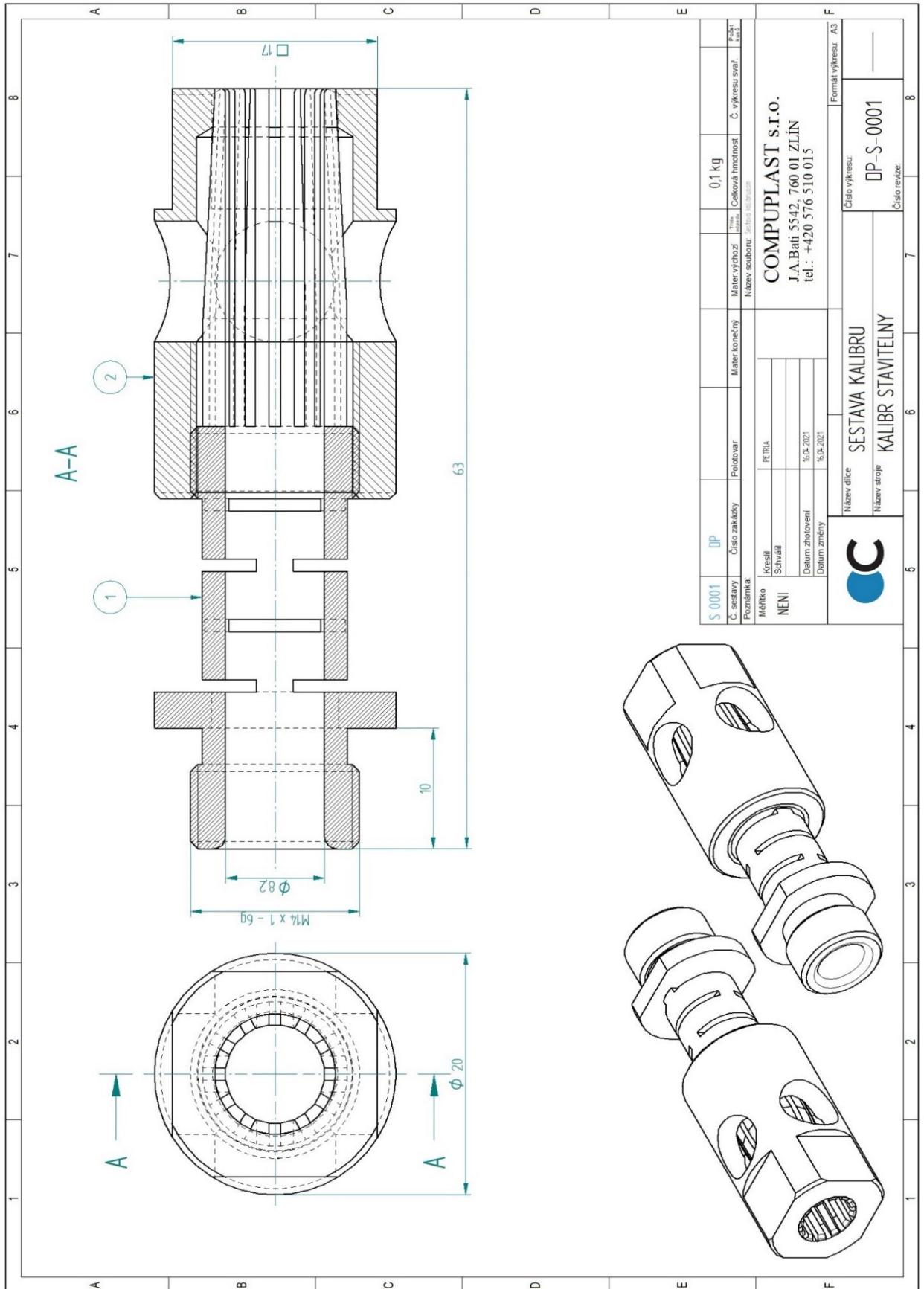
PŘÍLOHA P II: 3D MODEL MATICE



PŘÍLOHA P III: 3D MODEL SESTAVY KALIBRU A MATICE



PŘÍLOHA P IV: 2D VÝKRES SESTAVY KALIBRU A MATICE




S 0001	DP	Číslo zakázky	Podlevoev	Mater.konečný	Mater.výchozí	Mater.Číslo	Číslo vyřezání	0,1 kg	Číslo vyřezání
Číslo sestavy	Číslo sestavy	Číslo zakázky	Podlevoev	Mater.konečný	Mater.výchozí	Mater.Číslo	Číslo vyřezání	0,1 kg	Číslo vyřezání
Poznamka									
Měřtko	Kreslí		PETRA						
MEZI	Schválí								
	Datum zhotovení		16.9.2021						
	Datum změny		16.9.2021						
Název dílice			SESTAVA KALIBRU			Číslo vyřezání			Formát vyřezání: A3
Název stroje			KALIBR STAVITELNY			Číslo revize			DP-S-0001
Logo			Logo			Logo			Logo

COMPUPLAST s.r.o.
 J.A.Bati 5542, 760 01 ZLÍN
 tel.: +420 576 510 015

PŘÍLOHA P V: KUSOVNÍK

Pozice	Číslo výkresu	Název - rozměr dílce	Polotovár - norma	Materiál	Poznámka	Hmotnost	Poč. kusů
1	DP-V-0001	KALIBR	KR 20 - 68	CSN 42 3223		0,0 kg	1
2	DP-V-0002	MATICE	KR 20 - 38	CSN 42 3223		0,0 kg	1

 <p>COMPUPLAST S.r.o. J.A.Bati 5542, 760 01 ZLÍN tel.: +420 576 510 015</p>	Zhotovitel / Schválil	Datum	Název dílce / Název stroje	Č. projektu	Č. listu
	PETRA	16.04.2021	SESTAVA KALIBRU KALIBR STAVITELNY	DP-S-0001	

PŘÍLOHA P VI: MATERIÁLOVÝ LIST LDPE BRALEN RB 03-23

TECHNICAL DATA SHEET

POLYETHYLENE BRALEN RB 03-23

LDPE for film

TIPELIN / TIPOLEN / TIPPLEN / TATREN / BRALEN+

The joint product portfolio of MOL Petrochemicals and Slovnaft provides infinite opportunities

DESCRIPTION

BRALEN RB 03-23 is a general purpose grade of low density polyethylene. It is characterized by high environmental stress cracking resistance and very good mechanical properties. This grade is additives free.

APPLICATIONS

BRALEN RB 03-23 is designed for production of heavy duty and shrink films of thickness 0.07 to 0.25 mm. It is well suited for blow moulding of various containers, bottles, pipes, sheets and profiles extrusion and for injection moulding.

PROPERTIES

	Test method	Unit	Typical value
MFR (190 °C/2.16 kg)	ISO 1133-1	g/10 min	0.35
Density (23°C) *	ISO 1183-1	kg/m ³	920
Tensile strength (MD/TD) **	ISO 527-1,3	MPa	25/25
Tensile strain at break (MD/TD) **	ISO 527-1,3	%	550/600
Dart drop **	ISO 7765-1 method A	g	300
Haze **	ASTM D1003	%	14
Vicat softening temperature ***	ISO 306/A 50	°C	94
Shore D hardness ***	ISO 868	-	47

Typical properties, not to be used as specification.

* Density has been measured on pressed mould specimen according to internal method.

** Film properties tested using 70 µm thick blown film extruded at a blow up ratio 2.5:1.

*** Typical properties measured on standard injection moulded test specimen according to ISO 294-1.

PROCESSING

BRALEN RB 03-23 can be used in conventional extrusion machines. Recommended processing temperatures are 170-210 °C.

TECHNICAL DATA SHEET

POLYETHYLENE BRALEN RB 03-23

LDPE for film

TIPELIN / TIPOLEN / TIPPLEN / TATREN / BRALEN+

The joint product portfolio of MOL Petrochemicals and Slovnaft provides infinite opportunities

2

STORAGE AND HANDLING

Pellets are packed in 25 kg PE-LD bags and transported on stretch wrapped pallets at eligible load of polymer 1375 kg. Heat treated pallets are available as well. We use adhesive between the bags in order to avoid their slipping. Pay attention to this fact during the removing of the bags from the pallets. The preferred method is to lift the bag at first without rotation. Transportation in a road silo or rail silo is also available. For more detailed information please contact SLOVNAFT and MOL Petrochemicals sales representative.

Since polyethylene is a combustible substance, the fire safety rules applicable for combustible materials in warehouses and store rooms should be observed.

If polymer is stored in conditions of high humidity and fluctuating temperatures, then atmospheric moisture can condense inside the packing. If it happened, it is recommended the pellets to be dried before use. During the storage polyethylene should not be exposed to UV radiation and temperatures above 40°C. Producer does not take responsibility for any damages caused by adverse storage.

REACH STATEMENT

Polymers are exempt of REACH registration. However, their raw materials which mean monomers and relevant additives have been registered. SLOVNAFT, a.s. is committed to fully respect legislation and will only use REACH compliant raw materials. At this point in time LDPE BRALEN does not contain any substances specifically identified as SVHC at levels greater than 0.1%.

SAFETY

See MSDS.

RECYCLING

Polyethylene resins are suitable for recycling using modern recycling methods. In-house production waste should be kept clean to facilitate direct recycling.

DISCLAIMER

©2018 MOL Group. To the extent the user is entitled to disclose and distribute this document, the user may forward, distribute, and/or photocopy this copyrighted document only if unaltered and complete, including all of its headers, footers, disclaimers, and other information. You may not copy this document to a web site. MOL Group does not guarantee the typical (or other) values. Analysis may be performed on representative samples and not the actual product shipped. The information in this document relates only to the named product or materials when not in combination with any other product or materials. We based the information on data believed to be reliable on the date compiled, but we do not represent, warrant, or otherwise guarantee, expressly or impliedly, the merchantability, fitness for a particular purpose, suitability, accuracy, reliability, or completeness of this information or the products, materials, or processes described. The user is solely responsible for all determinations regarding any use of material or product and any process in its territories of interest. We expressly disclaim liability for any loss, damage, or injury directly or indirectly suffered or incurred as a result of or related to anyone using or relying on any of the information in this document. There is no endorsement of any product or process, and we expressly disclaim any contrary implication. The terms, "we", "our", "MOL", or "MOL Group" are used for convenience, and may include any one or more of MOL Group, or any affiliates they directly or indirectly control. MOL Group, the MOL Group logo, and all other product names used herein are trademarks of MOL Plc. or SLOVNAFT, a.s. unless indicated otherwise.

TECHNICAL DATA SHEET

POLYETHYLENE BRALEN RB 03-23

LDPE for film

TIPELIN / TIPOLEN / TIPPLEN / TATREN / BRALEN+

The joint product portfolio of MOL Petrochemicals and Slovnaft provides infinite opportunities

MANUFACTURER

SLOVNAFT, a.s.

Vlčie hrdlo 1
824 12 Bratislava
Slovak Republic
E-mail: infopolymer@slovnaft.sk

TECHNICAL SERVICE

SLOVNAFT, a.s.

Vlčie hrdlo 1
824 12 Bratislava
Slovak Republic
Telephone:
+ 421 2 5859 7250
+ 421 2 5859 7257
E-mail: polymerservice@slovnaft.sk

SALES ORGANIZATION

GERMANY

Im Trutz Frankfurt 49,
D-60322 Frankfurt am Main, Germany
Telephone: +49 69 154 04 0
Fax: +49 69 154 04 41
E-mail: polymersales@molgermany.de

ITALY

Via Montefeltro, 4
20156 Milano, Italy
Telephone: +39 02 58 30 5523
Fax: +39 02 58 30 3492
E-mail: tvk.info@molgroupitaly.it

POLAND

Ul. Postępu 17D
02-676 Warszawa, Poland
Telephone: +48 22 545 70 70
Fax: +48 22 545 70 60
E-mail: petchem@slovnaft.pl

AUSTRIA

Walcherstrasse 11A, 7.Stock
A- 1020 Wien, Austria
Telephone: +43 1 211 20 1120
Fax: +43 1 211 20 1198
E-mail: JHauk@molaustria.at

FRANCE

Paris, France
Mobile Phone: + 33 7 89 86 10 64
Telephone: + 33 1 64 32 44 17
E-mail: iren.husson@molgroupitaly.it

ROMANIA

Str. Danielopolu 4-6
ET1 Sector 1 Cod 014 134
Bucuresti, Romania
Telephone:
+40 21 204 85 00
+40 21 204 85 02
Fax: +40 21 232 10 59
E-mail: petchem@molromania.ro

TECHNICAL DATA SHEET

POLYETHYLENE BRALEN RB 03-23

LDPE for film

TIPELIN / TIPOLEN / TIPPLEN / TATREN / BRALEN+

The joint product portfolio of MOL Petrochemicals and Slovnaft provides infinite opportunities

4

HUNGARY

H-3581 Tiszaújváros,
P.O. Box: 20
Hungary
Telephone: +36 49 531 928
Fax: +36 1 8877 647
E-mail: polymersales@mol.hu

UKRAINE

04073 Kiev
Stepana Bandery ave., 23, 7th floor, of. 305,
Ukraine
Telephone:
+380 44 374 00 80
+380 67 463 58 69
Fax: +380 44 374 00 90
E-mail: JZavojko@mol-ukraine.com.ua

OTHER EUROPEAN COUNTRIES

Telephone:
+36 20 506 6572
+36 70 373 9209
Fax: + 36 1 8877 647
E-mail: polymersales@mol.hu

SLOVAKIA AND CZECH REPUBLIC


Vlčie hrdlo 1
824 12 Bratislava, Slovak Republic
Telephone:
+ 421 2 5859 7515
+ 421 2 5859 7622
+ 421 2 5859 7741
+ 421 2 5859 7231
E-mail: polymersales@slovnaft.sk

CROATIA, SLOVENIA, SERBIA, MONTENEGRO, BOSNIA AND HERZEGOVINA, FYR MACEDONIA, ALBANIA, KOSOVO

Zadarska 80
HR-10000 Zagreb, Croatia
Telephone: +385 1 6160 600
Fax: +385 1 6160 601
E-mail: polymersales@tifon.hr

April 2020

PŘÍLOHA P VII: PROTOKOL O ZKOUŠCE

	<h3 style="text-align: center;">PROTOKOL O ZKOUŠCE</h3>						
	<i>Jméno: Král, Petra</i>				Stavitelný kalibr		
	pevný kalibr	stavitelný kalibr	stavitelný kalibr	stavitelný kalibr	stavitelný kalibr		
	materiál	Bralen RB 03-23	Bralen RB 03-23	Bralen RB 03-23	Bralen RB 03-23	Bralen RB 03-23	
otáčky šneku [1/min]	80	89	90	90	87		
zatížení A [%]	65	65	65	65	65		
tlak taveniny [bar]	56	58	56	57	55		
teplota taveniny [°C]	204	204	205	204	204		
teplota válce – zóna 1 [°C]	170	170	170	170	170		
teplota válce – zóna 2 [°C]	180	180	180	180	180		
teplota válce – zóna 3 [°C]	190	190	190	190	190		
teplota válce – zóna 4 [°C]	200	200	200	200	200		
teplota nástroje – zóna 1 [°C]	210	210	210	210	210		
teplota nástroje – zóna 2 [°C]	210	210	210	210	210		
∅ Hubice [mm]	10	10	10	10	10		
∅ Trnu [mm]	7	7	7	7	7		
∅ Kalibru [mm]	8,2	8,2	8	7,8	7,6		
Vnější průměr trubičky [mm]							
Vnitřní průměr trubičky [mm]							
teplota vody [°C]	25	15	15	15	15		
rychlost odtahu [m/min]	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0		
vzdálenost kalibru od hlavy [mm]	51	75	75	75	45		
evakuace [bar]	0,4	0,16	0,24	0,2	0,2		
sekání [mm]							
typ šneku	míchací						
typ trubkové hlavy	torpédo						
délka evakuované části [mm]	270	270	270	270	270		
průměr průvlastku [mm]	10,2	10,2	10,2	10,2	10,2		
čas testování [h]							
čas sušení [h]							
teplota sušení [°C]							
Poznámky:							