



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

TECHNICKÁ PŘÍPRAVA VÝROBY PŘENAŠEČE LABELŮ A RFID INLAYŮ

TECHNICAL PREPARATION FOR THE PRODUCTION OF LABEL CARRIERS AND RFID INLAYS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

David Blažek

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Aleš Polzer, Ph.D.

BRNO 2021

Zadaní bakalářské práce

Ústav:	Ústav strojírenské technologie
Student:	David Blažek
Studijní program:	Strojírenství
Studijní obor:	Strojírenská technologie
Vedoucí práce:	Ing. Aleš Polzer, Ph.D.
Akademický rok:	2020/21

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Technická příprava výroby přenašeče labelů a RFID inlayů

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Zadání závěrečné práce je zaměřeno na konstrukci a výrobu komponenty (hlavice) robota, který přenáší labely a RFID inlaye:

– velikost konvenčních labelů

min. 25 x 25 mm,

max. 100 x 150 mm,

– velikost RFID inlayů

min. 15 x 15 mm,

max. 100 x 100 mm.

Součástí zpracovávané výrobní dokumentace je i NC programování s použitím řídicího systému Sinumerik nebo Heidenhain.

Cíle bakalářské práce:

- Stručný rozbor materiálů vhodných pro konstrukci specializované hlavice robota,
- teoretická analýza proudění,
- zpracování nezbytné výrobní dokumentace pro výrobu součástek,
- NC programování a kontrola výroby grafickou simulací.

Seznam doporučené literatury:

MAREK, Jiří. Konstrukce CNC obráběcích strojů IV.0. Praha: MM publishing, 2018. MM speciál. ISBN 978-80-906310-8-3.

DAVIM, J. Paulo, ed. Surface integrity in machining. London: Springer, 2010, 215 s. ISBN 978--84882-873-5.

FITZPATRICK, Michael. Machining and CNC Technology. Boston: McGraw-Hill Science Engineering, 2004. ISBN 00-782-9860-1.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2020/21

V Brně, dne

L. S.

doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá vývojem a výrobou koncových efektorů pro přenášení labelů a RFID inlayů pomocí robota. V první části práce popisuje technologii RFID, roboty a jejich koncové efektor, dále srovnává materiály vhodné pro konstrukci koncového efektoru a jeho následnou výrobu. Následuje příprava praktické realizace, ve které jsou popsány analýzy zkoumající kanálky uvnitř efektoru. Dále tato práce popisuje testování přísavek, kontrolu výroby grafickou simulací, výrobu jednotlivých prototypů koncových efektorů a jejich testování.

KLÍČOVÁ SLOVA

Label, RFID inlay, koncový efektor

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with the development and production of end effectors for the transmission of labels and RFID inlays using robots. The first part of it describes the RFID technology, robots and their end effectors, then compares the materials for the design of the end effector and its subsequent production. Then follows the preparation of a practical implementation, where the analyses examining the channels inside the effector are described. Furthermore, this work describes the testing of suction cups, production control by graphical simulation, production of individual prototypes of end effectors and their testing.

KEYWORDS

Label, RFID inlay, end effector

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

BLAŽEK, David. *Technická příprava výroby přenašeče labelů a RFID inlayů* [online]. Brno, 2021 [cit. 2021-05-21]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/131793>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. Vedoucí práce Aleš Polzer.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Tímto prohlašuji, že předkládanou bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně, s využitím uvedené literatury a podkladů, na základě konzultací a pod vedením vedoucího bakalářské práce.

V Brně dne 21.5.2021

.....

David Blažek

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji svému vedoucímu Ing. Aleši Polzerovi, Ph.D. za profesionální přístup, rady a připomínky k mé bakalářské práci. Dále děkuji firmě TRIBON s.r.o. za darování plastových odřezků pro výrobu prototypů efektoru.

Obsah

Abstrakt

Bibliografická citace

Čestné prohlášení

Poděkování

Obsah

Úvod.....	10
1 Obecný rozbor řešené problematiky	11
1.1 RFID.....	11
1.2 Možnosti manipulace s materiálem pomocí robota.....	12
1.2.1 Mechanické úchopné efekty	12
1.2.2 Magnetické efekty	13
1.2.3 Podtlakové efekty	13
1.2.4 Zvolený robot.....	16
1.3 Stručný rozbor materiálů vhodných pro konstrukci specializované hlavice robota	17
1.3.1 Plasty.....	18
1.4 Možnosti výroby koncového efektoru	20
1.4.1 3D tisk.....	20
1.4.2 Obrábění.....	21
2 Příprava experimentální části.....	22
2.1 Firmy související s řešenou problematikou	22
2.2 Manipulace s RFID štítky	22
2.3 3D modely kanálků vzduchu v efektoru	22
2.3.1 Uspořádání kanálků vzduchu pro 25 přívodů o \varnothing 2 mm a \varnothing 5 mm	23
2.3.2 Uspořádání kanálků vzduchu pro 100 přívodů o \varnothing 2 mm a \varnothing 5 mm	23
2.4 Teoretická analýza proudění	24
2.4.1 Analýza proudění vzduchu ve čtvercové drážce bez zaoblení.....	24
2.4.2 Analýza proudění vzduchu v kulaté drážce s vnějším zaoblením	25
2.4.3 Analýza proudění vzduchu v kulaté drážce s vnějším i vnitřním zaoblením.....	26
2.4.4 Analýza proudění vzduchu v kulatém plynulém kanálku.....	26
2.4.5 Analýza proudění vzduchu v kulatém plynulém kanálku s větším pravým kolenem	27
2.4.6 Analýza proudění vzduchu v kulatém plynulém kanálku s větším pravým kolenem a rozšířeným levým koncem	27
2.4.7 Analýza proudění vzduchu v kulatém plynulém kanálku s větším pravým kolenem a zúženým koncem.....	28
2.5 Typy kolen pro analýzu proudění vzduchu.....	28
2.5.1 Analýza proudění vzduchu v kolenu zaobleném zevnitř i zvenku	29
2.5.2 Analýza proudění vzduchu v kolenu bez zaoblení	29
2.5.3 Analýza proudění vzduchu v kolenu zaobleném zevnitř	30
2.5.4 Analýza proudění vzduchu v kolenu zaobleném zvenku.....	30
2.5.5 Analýza proudění vzduchu v kolenu s větším posunutým vnějším rádiusem	31
2.5.6 Rozdíly tlaků a ztrát	31
3 Praktická realizace	32
3.1 Návrh koncového efektoru.....	32
3.1.1 Koncový efektor bez přísavek.....	32
3.1.2 Testování přísavek	34
3.1.3 Návrh efektoru s přísavkami	35
3.1.4 Návrh na měření.....	36
3.2 Kontrola výroby grafickou simulací	38

3.3 Volba nástrojů pro výrobu prototypů	39
3.1.1 Zrychlovací hlava	40
3.4 Ukázka NC kódu	40
Závěr	42
Seznam použitých zdrojů.....	43
Seznam zkratk a symbolů	45
Seznam příloh	47

ÚVOD

V dnešní době se problematika robotiky neustále rozvíjí. Automatizace zasahuje mnoho malých i velkých firem, které chtějí ušetřit a nahradit rutinní práci lidí rychlejšími a přesnějšími roboty. S rostoucím počtem prodávaných produktů ve světě roste i poptávka po identifikaci a větším přehledu o skladovaném zboží. Identifikace je dnes velmi často realizována pomocí RFID štítků, které jsou nalepovány na krabice se zbožím. Pracovníci takto vybaveného pracoviště mohou zpětně dohledávat a kontrolovat skladované zboží.

Tato práce se zabývá přenášením identifikačních štítků, labelů a RFID inlayů z tiskárny na krabici pomocí robota UR3. Hlavním cílem je navrhnout a vytvořit specializovanou hlavici robota neboli koncový efektor. Koncových efektorů pro roboty je v dnešním světě velmi mnoho, každý je však určen pro jinou aplikaci. K většině aplikací manipulace s materiálem je nutno přistupovat individuálně a navrhnout pro ně speciální řešení. Správný výběr robota i koncového efektoru může velmi podpořit efektivitu pracoviště, a ušetřit tak mnoho peněz. Pro práci s konkrétními rozměry štítků (labelů a RFID inlayů) je nutno navrhnout a vyrobit univerzální efektor, který dokáže přenášet různé velikosti identifikačních štítků. Práce je propojená s projektem od firmy, jejímiž partnery jsou FSI VUT v Brně, Ústav strojírenské technologie, a Ústav výrobních strojů systémů a robotiky.

V této práci se popisuje vývoj a výroba konkrétního koncového efektoru počínaje volbou materiálu, ze kterého se specializovaná hlavice vyrobí. Dále tato práce popisuje také analýzy, způsoby výroby efektoru, návrh a realizaci výroby několika prototypů. V neposlední řadě je zde navrženo realizovatelné řešení testování dalších prototypů i jejich částí, které je možno využít i v mnoha jiných provozech a aplikacích pracujících na podobných projektech.

1 OBECNÝ ROZBOR ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

V této kapitole je řešena problematika RFID komponent, jako jsou např. labely a FRID inlaye, které souží k identifikaci zboží. Dále se zde pojednává o robotech a jejich koncových efektorech, které mohou mít různé tvary, funkce i využití, viz podkapitola 1.2. Dalším tématem, kterým se tato kapitola zabývá, je hodnocení materiálů vhodných pro výrobu koncových efektorů, protože ne každý materiál je vhodný pro výrobu specializované hlavice robota. V neposlední řadě jsou zde popsány různé způsoby výroby koncových efektorů pro přenášení RFID štítků. Ty se v dalších kapitolách vyvíjejí a následně se popisuje jejich provedení a výroba.

1.1 RFID

RFID (*Radio Frequency Identification*) je identifikační metoda, která využívá rádiových frekvencí pro identifikaci např. balíku, který je vybaven RFID čipem. Pokud je čip spojen s anténou, označuje se jako RFID inlay. Label je štítek, který má papírovou nebo plastovou horní stranu pro tisk, oba tyto typy jsou často používány s lepidlem jako samolepicí štítky. Inlay se často používá společně s labelem [1].

RFID prvky jsou rozděleny do dvou typů, první umožňuje pouze čtení a druhý čtení i zápis. RFID čipy komunikují se čtečkou na vzdálenost řádově od několika centimetrů až po stovky metrů, podle zvoleného druhu [2]. Pokud je požadováno dosažení velkých vzdáleností, je nutné k RFID prvku přidat baterii, tím se z pasivního prvku stane aktivní a sám vysílá signál, tím dává o sobě vědět. V Evropě se pro komunikaci tohoto typu používají frekvence 868 MHz, jinde např. frekvence 125 kHz, 134 kHz, 13,56 MHz [2]. RFID nahrazuje některé aplikace s čárovými kódy. Čárové kódy využívají místo rádiového čtení optické. Toto optické čtení nemůže přepisovat data v kódu. RFID může pracovat s pamětí kolem tisíců bitů. Jednou z možností, jak vylepšit RFID prvek, je možnost zapouzdření prvku. Po zapouzdření je FRID komponenta kompletní a nazývá se RFID tag. Zapouzdření se používá proto, aby byl RFID prvek chráněn od nežádoucích vlivů okolního prostředí, jako je např. vysoká teplota nebo chemikálie [2].

Na obrázku 1 je umístěn label vlevo a RFID inlay vpravo. RFID inlay se pozná podle kovově lesklé části, kterou tvoří anténa. Zatímco label má zpravidla bílou plochu určenou pro tisk. K identifikaci RFID čipů je nutno používat čtečky, viz obrázek 2.



Obrázek 1 Label a RFID inlay.



Obrázek 2 Čtečky RFID čipů [3].

1.2 Možnosti manipulace s materiálem pomocí robota

Robot je stroj, který nahrazuje nebo ulehčuje lidskou práci např. v místech nebezpečného prostředí, při požadované vyšší přesnosti a rychlosti pohybování s předměty, při manipulaci s těžkými předměty, v automatizovaném průmyslu atd, dále robot může např. vkládat a odebírat materiál z pracovního prostoru stroje, měřit, lakovat, uchopovat a přenášet materiály z místa na místo [4–5]. Při použití robotů je velmi zásadní volba koncového efektoru, který může uchopovat různé materiály způsoby vhodnými právě pro konkrétní aplikaci. Dělení prvků dle způsobu uchopení se nachází v tabulce 1.

Tabulka 1 Dělení prvků dle způsobu uchopení [6–8].

Mechanické	Pasivní	Pevné a stavitelné opěry
		Pružné a odpružené čelisti
	Aktivní	S hydromotorem
		S pneumotorem
		S elektromotorem
S elektromagnetem		
Magnetické	Pasivní	Permanentní magnety
	Aktivní	Elektromagnety
Podtlakové	Pasivní	Deformační přísavky
		Deformační přísavky s pomocným ventilem
	Aktivní	S vývěvou
		S ejektorem
Speciální		

1.2.1 Mechanické úchopné efektor

Mechanické úchopné efektor jsou jedny z nejpoužívanějších efektorů. Využívají mechanických úchopných prvků pro manipulaci s přenášenými objekty. Efektor mohou mít aktivní nebo pasivní prvky. Aktivní prvky jsou např. čelisti poháněné motorem, ty jsou schopny sevřít a pustit součást podle programu, nepotřebují vnější sílu k překonání uchopovací síly jako některé pasivní prvky, např. mechanický efektor s pružinovými čelistmi. Při použití aktivních prvků se předpokládá vyšší přesnost nebo rychlost manipulace. Pasivní

prvky nepoužívají motor, mohou mít např. odpružené čelisti, háky, vidlice, čepy apod. Pasivní efektorů často využívají speciálního tvaru, gravitace, stěrače nebo jiných členů a sil pro svou činnost. Tyto prvky jsou zpravidla levnější, protože nemají motor. V některých aplikacích však tento typ prvku není dostatečný, v tom případě je namístě uvažovat o jiném způsobu uchopování přenášených dílů [6].

1.2.2 Magnetické efektorů

Magnetické efektorů využívají permanentních magnetů nebo elektromagnetů k uchopení součásti. Jsou převážně využívány pro feromagnetické materiály. Prvky magnetických koncových efektorů mohou být aktivní nebo pasivní. Aktivní prvky využívají programově řízeného vypínání a zapínání elektromagnetu, tím uchopují nebo uvolňují přenášenou součást. Při využití pasivních magnetických efektorů se hojně využívají trvalé magnety, které nevyžadují stálý přívod elektrické energie, tím šetří peníze. Nevýhodami trvalých magnetů použitých při přenášení součástí jsou např. nutnost odtrhnout součást nebo ji odsunout z magnetického pole pomocí vyhadzovače [6]. Další nevýhodou trvalých magnetů je, že se na ně přichycují malé kovové částičky, které mohou narušovat vhodné přitisknutí přenášeného dílu. Nedostatečným přitisknutím se zhoršuje přesnost přenášení a snižuje se i síla uchopení předmětu [6]. Magnetické efektorů jsou vhodné pro součásti s hladkými plochami z feromagnetických materiálů. Při přenášení dílů s nepravidelnými, zakřivenými nebo jinak znehodnocenými plochami se snižuje uchopovací síla, která je závislá nejen na síle magnetu, ale také např. na velikosti kontaktní plochy.

1.2.3 Podtlakové efektorů

V některých aplikacích jsou mechanické nebo magnetické efektorů neefektivní, nebo dokonce bez větších úprav nejsou použitelné při zachování požadované přesnosti a dalších požadavků pro manipulaci. Dalším způsobem pro manipulaci s materiálem je využití podtlaku. Vhodnými aplikacemi pro podtlakovou techniku jsou např. desky, plechy, skleněné tabule fólie atd [5–6]. Pro podtlakové uchopování je vhodné zajistit hladký povrch přenášených součástí. I malý otvor narušující podtlak dokáže velmi snížit uchopovací sílu. Podtlaková technika využívá celou řadu dílů, tato sestava může obsahovat např.:

- Přísavky

Koncovým členem podtlakového efektoru jsou většinou přísavky, ty svou deformací při tvorbě podtlaku vytvoří uzavřený prostor, který dobře těsní, tím se efektivně využívá sací výkon. Většina přísavek má po deformaci malou kontaktní plochu vzduchu, tím se zvyšuje přísávací síla, viz podkapitola 2.4.7. Ukázky přísavek jsou na obrázku 3, kde pro experiment byla navržena přísavka ZP3-T08BSK3-B5 od firmy SMC Industrial Automation CZ s.r.o [9]. Přísavka ZP3-T08BSK3-B5 se nachází vlevo na obrázku 3. Tato přísavka má k sobě připevněné odpružené zařízení, které pomáhá, aby přísavka přísávala vždy stejně [9]. Tímto dílem se zlepšuje stabilita jednotlivých přísátí, zároveň se však zvětší odsávaný objem, který prodlužuje čas odsátí vzduchu. Podobnou činnost má i měchové zařízení, které může být součástí přísavky. Měchové zařízení pomáhá uchopit nerovnou součást nebo součást s mírnými výškovými rozdíly, není však určen pro přesné aplikace jako odpružený člen, který má vyšší boční tuhost [9]. Odpružený člen není součástí přísavky, ale je to jen přídavné zařízení, které je možno oddělat. V kapitole 3 se mimo jiné popisuje testování konkrétních přísavek, po kterém byla zvolena přísavka ZP2-TB10MTN-B5 [9], která je na obrázku 3 umístěna vpravo.



Obrázek 3 Přísavky ZP3-T08BSK3-B5 a ZP2-TB10MTN-B5 [9].

- Ejektor

Ejektor je člen vytvářející podtlak pomocí přivedeného stlačeného vzduchu, který je často v hale rozveden. Tento přístroj nahrazuje vývěvu, která je konstrukčně složitější a zabírá více místa. Vývěvu je však možné využít např. při testování přísavek v kanceláři, kde není přiveden stlačený vzduch, nebo na místech, kde je nutné vytvořit větší podtlak. Ejektor je malá lehká komponenta o hmotnosti desítek až stovek gramů, kterou je možné umístit přímo na robota. Při umístění ejektoru na robota se zmenší odsávaný objem, protože není použita dlouhá hadice, která je mezi ejektorem a koncovým efektozem [6]. Pro naši aplikaci byl vybrán ejektor ZH10BSA, který stojí cca 500 Kč [9] Tento ejektor, viz obrázek 4, byl zvolen, protože pro přenášení labelů a RFID inlayů není potřeba velkého výkonu. Při volbě výkonnějšího ejektoru se cena může posunout až k několika tisícům korun [9]. K ejektoru je možné připojit tlumicí zařízení nebo např. prvek pro elektronické řízení ejektoru. Tato přídatná zařízení také ovlivní cenu a hmotnost celku. Tlumicí zařízení se nachází pod ejektorem na obrázku 4.



Obrázek 4 Ejektor ZH10BSA s tlumičem hluku [9].

- Koncový efektor

Kromě hadiček, ventilů, spojek atd. se při práci s podtlakem mohou využívat komponenty, které rozvádí vzduch k jednotlivým přísavkám. Koncový podtlakový efektor je těleso připojené k robotovi. Efektor může, ale nemusí obsahovat přísavky. Může sloužit jen jako rozvodný díl pro přísavky, nebo je může nahradit. Vývoj a realizace efektoru je více rozebrána v následujících kapitolách.

Novinkou ve světě podtlaku je elektrický podtlakový uchopovač OnRobot20, tento robot využívá elektrickou energii pro tvorbu podtlaku, tzn. že nepotřebuje přívod stlačeného vzduchu ani ejektor nebo vývěvu [10]. Tento robot unese břemena až o hmotnosti 20 kg a využívá se např. v potravinářství nebo ve farmaceutickém průmyslu, dále se používá pro manipulaci s objemnými pytlí, při balení, paletizaci atp. [10]. Další výhodou tohoto robota je možnost sekčně ovládat přísavky, tzn. naprogramovat robota tak, aby odsával vzduch jen z některých přísavek. Na obrázku 5 je robot VGP20 přenášející krabice [10]. Podobně se v závěru práce popisuje koncový efektor, který má rozdělené přísavky do sekcí, které jde spínat nezávisle.



Obrázek 5 OnRobot VGP20 [9].

Další kuriozitou ve světě manipulace s materiálem je technologii Adheso vytvořená firmou SCHUNK Intec s.r.o. která vytvořila technologii inspirovanou přírodou [11]. Technologie Adheso je založena na adhezních silách, které používají gekoni. Využívá Van der Waalsovy síly. Tyto síly působí na molekulové úrovni. Technologie Adheso umožňuje uchopovat součástky bez potřeby přídavné energie na uchopení součásti, tím šetří náklady [11]. Robot s touto technologií umožňuje jednoduchou instalaci na místech, kde např. není přívod stlačeného vzduchu. Robot může přenášet součásti o velikosti několika stovek mikrometrů, ale také součásti o rozměrech až několika metrů. Je určen pro přenášení různých materiálů, např. fólie, papír a další součásti do hmotnosti až 15 kg [11]. Robot s technologií Adheso je zobrazen na obrázku 6.



Obrázek 6 Robot s technologií Adheso [11].

- Pohony robotů

Každý robot potřebuje být nějakým způsobem poháněn, aby mohl např. přenášet materiál nebo konat jakoukoli jinou práci, ke které byl určen. Pohony robotů by měly mít plynulý rozběh, vysokou přesnost, vysokou tuhost, malou hmotnost, vysoký výkon, malé rozměry atd. Na roboty a jejich pohony jsou kladeny požadavky podle jejich aplikace, pro které se používají. Pro některé aplikace je důležitější vysoká tuhost, např. při přenášení těžkých dílů. Jiní roboti jsou konstruováni pro rychlé a přesné operace, např. robot UR3, viz podkapitola 1.2.4 [12].

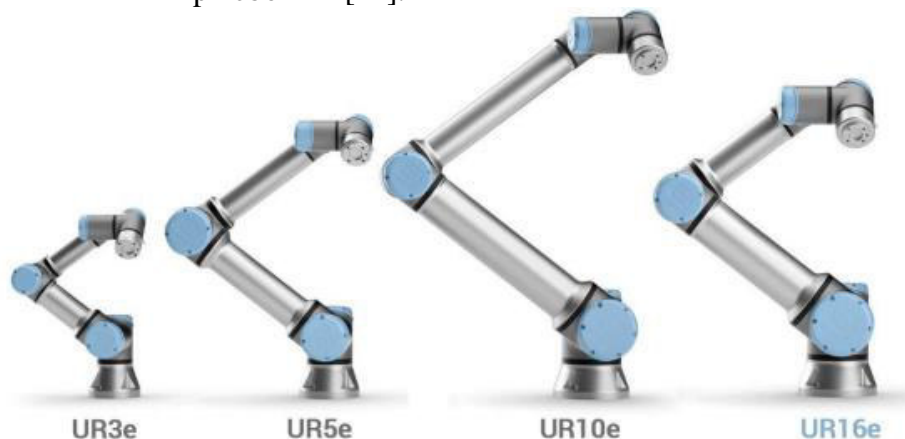
Pohony lze rozdělit podle principu pohonu na elektrické, hydraulické nebo pneumatické. Elektrický pohon se dobře řídí, má velký rozsah výkonů a rychlostí [12]. Elektrická energie je v dnešní době snadně dostupná, tzn. že je jednoduché elektrický pohon zapojit prakticky v jakékoli hale. Elektrické pohony jsou méně hlučné, jednoduše se udržují, nejsou příliš drahé a dokážou pracovat v čistém prostředí, dále se elektrické pohony používají převážně u malých a středních nosností [12]. Nevýhodami jsou nebezpečí úrazu elektrickým proudem a závislost na elektrické energii.

Hydraulické pohony využívají hydraulickou kapalinu. Tuto kapalinu tvoří většinou olej. Hydraulické pohony mají vysoký výkon a tuhost, plynulý chod a dobrou účinnost, proto se používají převážně u manipulace s hmotnými díly nebo ve velkém pracovním prostoru [12]. Nedostatky hydraulických pohonů jsou např. pomalá rychlost, změna viskozity provozní kapaliny teplotou okolního prostředí, hořlavost olejů atd. [12].

Dalším typem pohonů je pneumatický pohon, který k pohonu robora využívá stlačeného vzduchu. Mezi přednosti tohoto pohonu patří rychlost, jednoduché provedení, snadný přívod stlačeného vzduchu, možnost pracovat i v prostředí s vyšší teplotou [12]. Využívají se často u manipulace s nižšími hmotnostmi přenášených dílů, také ve výbušném prostředí [12]. Nevýhodami pneumatických pohonů jsou nerovnoměrnost pohybu u malých rychlostí, nesnadné mazání, nepřesné polohování, drahý provoz, netěsnost a stlačitelnost vzduchu, která vytváří nežádoucí poddajnost [12]. Nejlevnější provoz má elektrický pohon, cca 4x dražší je hydraulický [12]. Nejdražší provoz je u pneumatického pohonu, který je cca 7x dražší než elektrický [12].

1.2.4 Zvolený robot

Pro tento projekt byl zadavatelem zvolen kolaborativní robot (kobot) UR3 s elektrickým pohonem. Kolaborativní robot je robot, který pracuje po boku lidí [4]. Robot UR3 patří do skupiny kolaborativních robotů s označením UR (*Universal robot*, univerzální robot), blíže do série e. Do této rodiny robotů patří roboti UR3, UR5 a UR10, později se k nim přidal i robot UR16, označený na obrázku 7 [13]. Firma, která vyrábí tento typ robotů, nabízí i software, ochranné prvky pro roboty a další produkty spojené s roboty. Roboty lze upevnit nejen na stůl či podlahu, ale také na strop nebo zeď [14].



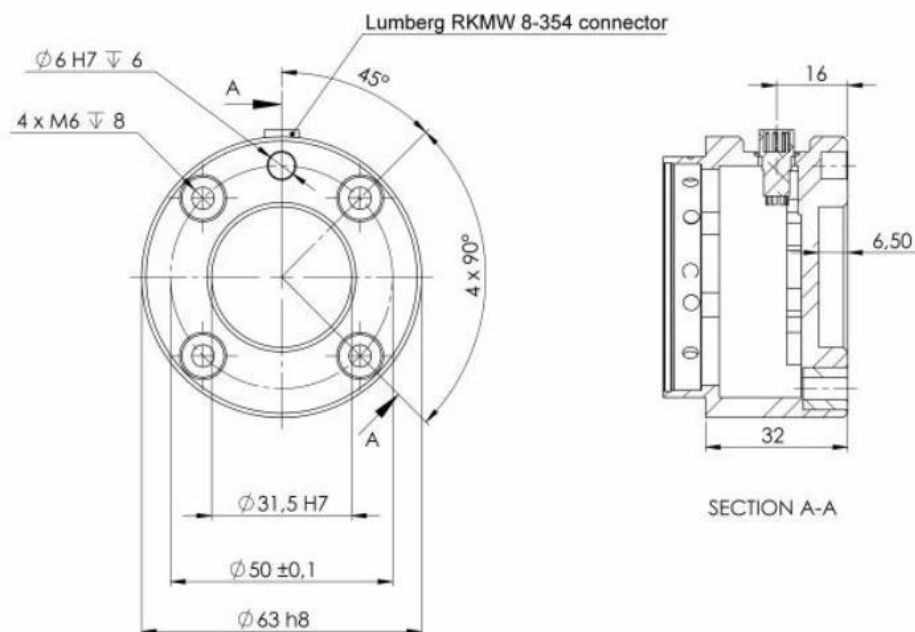
Obrázek 7 Kolaborativní roboti řady UR [15].

Tabulka 2 Porovnání vlastností robotů ze skupiny UR [14].

Robot	UR3	UR5	UR10	UR16
Dosah [mm]	500	850	1300	900
Užitečné zatížení [kg]	3	5	10	16
Stopa [mm]	Ø 128	Ø 149	Ø 190	Ø 190
Hmotnost [kg]	11,2	20,6	33,5	33,1
Rozsah	360°	360°	360°	360°
Maximální hlučnost [dB]	60	65	65	65
Maximální rychlost [mm·s ⁻¹]	1000	1000	1000	1000

Tabulka 2 hodnotí vlastnosti jednotlivých robotů. Stopou se v tomto případě myslí prostor pro upínání robota. Hodnota rozsahu v tabulce znamená možnost pootočení každého kloubu doprava i doleva o 360° [14]. Zvolený robot UR 3 je nejmenší a pravděpodobně nejlevnější ze skupiny UR. Robot UR3 byl zvolen, protože při volbě správných materiálů a komponent, které bude muset robot přenášet, nebude překročena mez užitečného zatížení 3 kg [14].

Na obrázku 8 je znázorněna hlava robota, do které je možné upnout koncový efektor, viz obrázek 10, podkapitola 2.3, který ukazuje sestavu navrženého koncového efektoru. K hlavě robota se efektor připojí pomocí šroubů. Šrouby nejsou v této sestavě znázorněny ani započteny do hmotnosti sestavy, viz tabulka 3, podkapitola 1.3. Díl na pozici 3, viz obrázek 10, slouží k připevnění k hlavě robota.



Obrázek 8 Připojení k robotu [14].

1.3 Stručný rozbor materiálů vhodných pro konstrukci specializované hlavičky robota

Při výrobě specializované hlavičky robota (koncového efektoru) je velmi důležité zvolit správný materiál, který bude splňovat technické parametry vhodné pro konstrukci součásti pro přenášení RFID inlayů a labelů. Prvním důležitým parametrem pro určení vhodného materiálu pro tuto aplikaci je jeho hustota, protože robot potřebuje přenášet komponentu, která má malou hmotnost. Robot má efektivní nosnost max. 3 kg, více o robotovi v podkapitole 1.2.4.

Při srovnání základních konstrukčních materiálů, jako jsou ocel (ČSN 11 600), slitiny hliníku (dural) a plasty (polypropylen), byly zjištěny významné rozdíly v hustotě, viz tabulka 3, která také naznačuje orientační cenu materiálu za kilogram a ukazuje předpokládanou hmotnost koncového efektoru, který je blíže popsán na obrázku 10 v podkapitole 2.3. Hmotnost koncového efektoru navrženého z oceli nevyhovuje, protože už samotný efektor má větší hmotnost, než je hmotnost doporučená pro přenášení pomocí zvoleného robota. Tento efektor není jedinou součástí, kterou musí robot přenášet. Robot bude přenášet i ejektor, hadičku, různé propojovací členy atd. Některé varianty efektorů ponese i přísavky. Je tedy velmi důležité zvolit co nejlépejší materiál, který zároveň splňuje i ostatní požadavky. Při prozkoumání dalších materiálových vlastností, jako jsou cena, mez pevnosti, pevnost, obrobiteľnosť, pórovitost atd., byl vybrán materiál z plastu, blíže z polypropylenu (PP), viz podkapitola 1.3.1.

Tabulka 3 Rozbor materiálů [16–21].

Materiál	Hustota [$\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$]	Cena [$\text{Kč}\cdot\text{kg}^{-1}$]	Hmotnost [kg]
Ocel ČSN 11 600	7,85	30	3,330
Dural	2,70	130	1,145
Polypropylen	0,92	36	0,390

1.3.1 Plasty

V dnešní době se plasty využívají na celém světě v hojném množství. Plasty mají mnoho různých vlastností a využití, jsou složeny z polymerů a přísad (aditiv), které významně mění vlastnosti plastů. Plasty se neustále vyvíjejí a na trhu je možno nalézt každou chvíli nové nebo upravené plasty s unikátními vlastnostmi [22].

- **Dělení plastů dle skupin**

V základě se plasty dělí podle uspořádání struktury na semikrystalické a amorfni, ty se pak dělí do mnoha skupin a podskupin, viz příloha 1 [22]. Dalším rozdělením použitelných plastů pro technické využití je rozdělení podle vlastností, podle kterých se také odvíjí způsob výroby a tím i cena. V příloze 2 je možno vidět rozdělení plastů podle firmy TRIBON s.r.o. (dále jen Tribon). Tato firma byla dodavatelem plastů pro výrobu komponent. Tribon dělí plasty do pyramidy, kde v základu leží jednodušší plasty, plasty bez speciálních přísad. Tyto plasty Tribon nazývá běžné plasty, viz příloha 2. Běžné plasty jsou levné a zároveň mají vhodné vlastnosti pro výrobu komponenty, proto bude materiál vybrán z nich [19].

- **Dělení plastů dle vlastností**

Je mnoho důležitých vlastností, které je nutno zohlednit při výběru konkrétního materiálu pro výrobu specializované hlavičky robota. V tabulce 4 je možno vidět základní rozdělení dle hustoty. Hustota ovlivňuje hmotnost koncového efektoru. Nestačí však znát jen hodnoty této veličiny, je potřeba se na materiál dívat z více úhlů. Tabulka 5 ukazuje orientační cenu vybraných plastů datovanou k březnu 2021.

Tabulka 4 Rozdělení plastů dle hustoty [23].

Pořadí	ρ [$\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$]	Druh plastu
1	0,9–1,0	PE, PP
2	1,0–1,2	PS, SB, SAN, ABS ASA, PC PA
3	1,2–1,5	PVC, PET, PBT
4	1,5–1,8	PVC-C
5	> 1,8	PTFE

Tabulka 5 Dělení plastů dle ceny [24].

Druh plastu	Cena [Kč·kg ⁻¹]	Druh plastu	Cena [Kč·kg ⁻¹]
HDPE vstřikovací typ	32,9	PS HIPS	38,1
HDPE vyfukovací typ	33,1	PS GPPS	35,7
HDPE fóliový typ	32,9	PA 6 (natural)	58,9
LDPE vstřikovací typ	38,3	PA 66 (natural)	83,5
LDPE fóliový typ	37,3	ABS (natural)	66,2
LLDPE standard	34,2	SAN transparent	56,6
PP homo	34,2	PMMA transparent	89,2
PP blok	35,7	POM (natural)	50,6
PP random	37,3	PC transparent	75,9
PET vyfukování láhví	22,7		

- **Vybraný materiál polypropylen**

Po zhodnocení materiálových vlastností plastů byl vybrán materiál polypropylen (PP), který se řadí do skupiny termoplastu, blíže do skupiny polyofilenů [23]. PP je jeden z nejvíce používaných plastů. Polypropylen má příznivou cenu i hustotu, dále je také dobře obrobitelný, má dobré mechanické vlastnosti [19]. Tyto vlastnosti z něj tvoří vhodný materiál pro výrobu tělesa pro uchopování labelů a RFID inlayů. Tento plast má spoustu dalších vlastností, které jsou vhodné pro jeho použití. PP má nízkou nasákavost, zdravotní nezávadnost, odolnost proti stárnutí, relativně vysokou odolnost vůči teplotám, dobře se svařuje, je odolný proti kyselinám, má dobrou povrchovou drsnost [19]. Nedostatkem polypropyleny je, že se obtížně lepí [19], to však pro naši aplikaci není důležité. PP se používá např. v chemickém nebo textilním průmyslu, ale také v mnoha jiných aplikacích. Některé aplikace polypropyleny jsou znázorněny na obrázku 9.



Obrázek 9 Využití polypropyleny [23].

Bližší srovnání plastových materiálů ze skupiny běžných plastů se nachází v příloze 3, která blíže specifikuje jednotlivé vlastnosti polypropyleny ve srovnání s podobnými plasty. Součást z PP bude lehčí než např. stejná součást z polyvinylchloridu (PVC), který by svými

vlastnostmi mohl PP konkurovat. K tomuto zjištění přispívá i cena, za kterou se oba materiály mohou koupit. PP je cca o 30 % levnější než PVC. Při srovnání hustoty plastů ze skupin běžných, technických a špičkových plastů, viz příloha 2 nebo z tabulka 6, je možné vidět, že nízkou hustotu mají i materiály z oblasti technických plastů, ty jsou však cenově dražší, proto je zvolen materiál z PP, který má nízkou hustotu i příznivou cenu [19]. Dále také ostatní vlastnosti přispívají k volbě tohoto materiálu, viz začátek této podkapitoly.

Tabulka 6 Rozdělení plastů dle skupin a hustoty prezentované firmou Tribon [19].

Skupina	Běžné plasty				Technické plasty	
Druh plastu	PVC-U	PP	PE	PTFE	PE 500	TIVAR 1000
Hustota [g·cm ⁻³]	1,40	0,92	0,95	2,20	0,96	0,93
Skupina	Technické plasty				Špičkové plast	
Druh plastu	PE 500 COLOR	TIVAR DS	TIVAR ASTL	TIVAR TECH	KETRON PEEK	TECHTRON HPV PPS
Hustota [g·cm ⁻³]	0,96	0,93	0,95	0,95	1,31	1,43

1.4 Možnosti výroby koncového efektoru

Je mnoho výrobních metod a technologií pro výrobu navrženého koncového efektoru, viz podkapitola 2.3. 3D tisk a obrábění jsou dostupné a realizovatelné v mnoha firemních společnostech. Zároveň jsou tyto metody ekonomicky výhodné.

1.4.1 3D tisk

Technologie 3D tisku přináší efektivní způsob, jak vyrobit výrobek prakticky bez odpadů (odpad z podpor). 3D tisk funguje na principu přidávání materiálu po vrstvičkách. Tato metoda aditivní výroby dokáže vyrobit díly, které se třískovým obráběním nelze dosáhnout, např. vnitřní složité tvary [26]. Na začátku 3D tisku stojí CAD model, který ukazuje, jak by měl výrobek vypadat. Tento model se rozdělí na jednotlivé vrstvy, ty jsou transformovány pomocí programu a postprocesoru do G kódu. Kód následně udává příkazy, a tak řídí trysku, kde má tisknout. Tiskárny se dělí podle způsobu nanášení materiálu, některé roztaví materiál a nanáší ho pomocí trysky, jiné využívají prášku a spékají ho laserem atp. [25].

Výhody [25–26]:

- jednoduchá výroba tvarově složitých dílů,
- nízké počáteční náklady,
- nízké náklady na prototypy,
- množství speciálních materiálů,
- tvorba lehčího dílu,
- bez potřeby speciálních nástrojů.

Nevýhody [25]:

- nízká pevnost vytisknuté součásti,
- anizotropní vlastnosti materiálů,
- drahé při hromadné výrobě,
- horší přesnost, drsnost a tolerance,

-
- náročnost výroby velkých dílů,
 - nutnost zpracovat a odstranit podpory.

Při výrobě koncového efektoru, který využívá podtlak pro uchopení součástí na 3D tiskárně, je možné docílit plynulého průchodu vzduchu celým koncovým efektozem (viz obrázky 16–19, podkapitola 3.1). 3D tiskem se mohou vytvořit tvary drážek, u kterých by bylo neekonomické je vyrábět obráběním. Celková přesnost součásti závisí na zvolené metodě tisku. Zvolením vhodné metody a velikosti přidávané vrstvy je možné vytisknout součást s drsností Ra 12,5 [27]. Při zvolení nevhodné metody tisknutí může hrozit velká drsnost nebo pórovitost součásti. Nevhodně zvolená metoda 3D tisku může způsobit ztráty vzniklé např. odsáváním vzduchu z pórů, nebo dokonce odsáváním vzduchu skrz celou stěnu. V praxi se problematika pórovitosti u podtlakové techniky řeší např. nátěrem, tím se zamezí odsávání vzduchu skrz stěnu u tenkých a hodně pórovitých součástek. Dalším řešením je zvolit jinou metodu 3D tisku, při které se netvoří tak pórovitá struktura.

1.4.2 Obrábění

Pod pojmem obrábění je zde myšleno třískové obrábění. Při třískovém obrábění se využívá řezný nástroj pro odebrání materiálu z polotovaru ve formě třísek. Pokud je stroj pro obrábění řízen převážně ručně, jedná se o konvenční stroj, CNC stroj je řízen počítačem [26]. CNC obrábění oproti konvenčnímu dokáže využívat CAD/CAM systém. Pomocí tohoto systému je možno vyrábět velice složité díly, které by bylo konvenčním způsobem neekonomické vyrábět (např. vnitřní rádius na obrázku 15, podkapitola 2.4.3). Další předností výroby pomocí CNC strojů je produktivita, nižší zmetkovitost, úspora výrobních časů, opakovatelnost výroby atd. [28].

Při srovnání technologie 3D tisku a třískového obrábění je obrábění vhodné pro [25]:

- střední objemy výroby,
- při výrobě tvarově jednoduchých součástí.

Výhody [25]:

- vysoká rozměrová přesnost,
- dobré mechanické vlastnosti.

Nevýhody [28]:

- cena stroje,
- množství odpadu,
- výroba složitých tvarů.

- **Obrábění plastů**

Plasty určené pro obrábění, do kterých patří i již dříve zvolený materiál PP, mají velice dobrou obrobitelnost a mohou se obrábět na stojích pro ocel nebo dřevo [19,29]. Plasty jako každý materiál potřebují speciální přístup, který zhodnotí jejich vlastnosti, a tím umožní efektivní obrábění. Plasty zpravidla špatně vedou teplo, proto je důležité tomu přizpůsobit nástroj a řezné podmínky [29]. Pro tuto aplikaci je vhodné použít nástroj s ostrou hranou, který dobře odvádí třísku ven z řezu [19,29]. Doporučená řezná rychlost se pohybuje okolo 200 až 400 m·min⁻¹ [29]. Vysoká řezná rychlost je zvolena, protože plasty mají zpravidla nízkou hodnotu pevnosti a tvrdosti.

2 PŘÍPRAVA EXPERIMENTÁLNÍ ČÁSTI

Experimentální část se zabývá vývojem a realizací komponenty pro přenášení RFID inlayů a labelů pomocí robota. Tato kapitola naznačuje možný přínos firem, které se mohou realizovat při zhotovování komponenty, počínaje prodejci. Do dalšího vývoje se však můžou zapojit i firmy zabývající se analýzami, které mohou pomoci při detailnějších analýzách. Dále se tato kapitola zabývá návrhy a analýzou zvolených kanálků.

2.1 Firmy související s řešenou problematikou

S řešenou problematikou souvisí mnoho firem, většinou jsou potenciálními dodavateli a prodejci, např. již dříve zmiňovaná firma Tribon je dodavatelem plastů. Firmy W H P TECHNIK s.r.o., a PROFIPRINT spol. s r.o., jsou dodavateli tiskáren. SMC Industrial Automation CZ s.r.o., MAREK Industrial a.s., a SCHMALZ, MONTÁŽE s.r.o. jsou prodejci přísavek a jiných podtlakových komponent. Užité přísavky pro testování byly půjčeny od firmy SMC Industrial Automation CZ s.r.o. Před testováním byly vytvořeny základní simulace proudění vzduchu, viz podkapitola 2.4, na kterou by mohla navázat firma TechSoft Engineering, spol. s r.o. zabývající se prouděním v programu Ansys, který by mohl podat podrobnější výsledky než základní verze simulace proudění v programu SolidWorks.

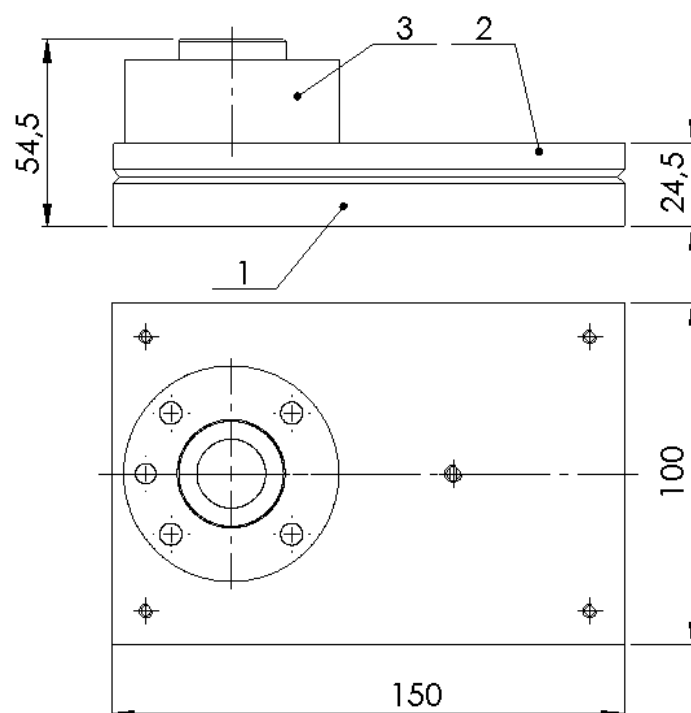
2.2 Manipulace s RFID štítky

Tento projekt je dimenzován na kolaborativní robot UR3, který má maximálním zatížením hlavy 3 kg. Zvolený robot bude přenášet RFID štítky s frekvencí 1 štítek za 2 sekundy. Velikost přenášených komponent, konvenčních labelů je min. 25×25 mm a max. 100×150 mm, dále velikost RFID inlayů je min. 15×15 mm, max. 100×100 mm. Pro tuto aplikaci, přenášení labelů a inlayů byla zvolena metoda manipulace pomocí podtlaku. Více o této metodě viz podkapitola 1.2.3.

2.3 3D modely kanálků vzduchu v efektoru

Při použití podtlakové techniky pro uchopování labelů (i RFID inlayů) bylo vytvořeno množství návrhů pro komponentu, která je mezi ejektorem a labelem, totiž koncový efektor. Během vývoje koncového efektoru byla navržena a vytvořena sestava dvou desek a upínacího válce, viz obrázek 10, která funguje bez přísavek. Na pozici 1 je spodní deska, ve které je vyvrtáno mnoho otvorů, které jsou propojeny vyfrézovanými drážkami s výstupem. Výstup je otvor v horní desce, ke kterému je připevněna hadička a ejektor. Při zapnutí ejektoru, připojeného k efektoru, se začne odsávat vzduch, tím vznikne podtlak, který přisaje label. Label se v následujícím kroku přenesení na požadované místo na krabici.

Je důležité vybrat správný počet a uspořádání kanálků vzduchu, aby byl přenášený štítek přichycen s velkou přesností a silou a zároveň neměl příliš velký objem vzduchu, který je potřeba odsát. Záleží však i na ekonomickém pohledu na výrobu dílů, které mohly být obráběny nebo tisknuty na 3D tiskárně, viz podkapitola 1.4.

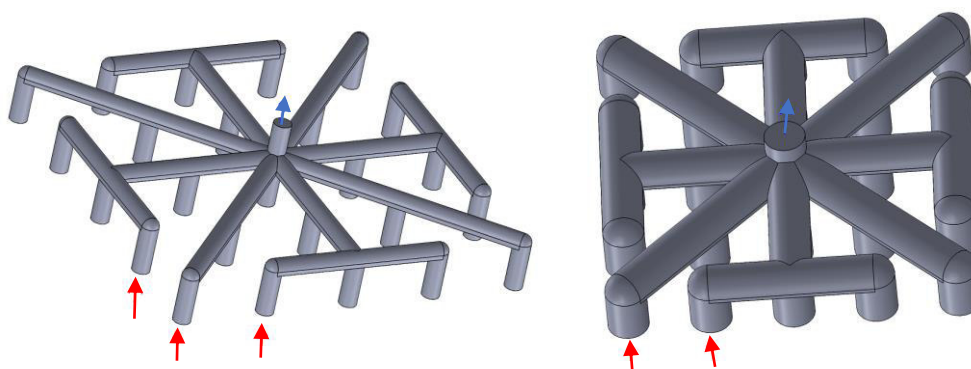


Obrázek 10 Návrh koncového efektoru.

2.3.1 Uspořádání kanálků vzduchu pro 25 přívodů o $\varnothing 2$ mm a $\varnothing 5$ mm

Obrázky 11 a 12 ukazují základní návrhy kanálků vzduchu v koncovém efektoru, který se postupně rozvíjel do nových podob. Návrhy v podkapitole 2.3.1 a 2.3.2 jsou obecné návrhy, které neřeší konkrétní label nebo RFID inlay.

Prvním návrhem při použití technologie obrábění bylo vytvořit 2 desky, které by se sešroubovaly k sobě. Vzduch vzniklý mezi těmito deskami je vymodelován, viz obrázek 11. Předpokládá se 1 výstup (otvor pro připojení ejektoru) a 25 otvorů, sloužících jako vstup (místo přisátí labelu). Modrá šipka ukazuje odvod vzduchu z vývodu do ejektoru a červené šipky naznačují místo přisátí labelu, vstupní otvory. Tyto otvory jsou propojeny vyfrézovanými drážkami. Tento model předpokládá využití kulové frézy $\varnothing 2$ mm a $\varnothing 5$ mm. Drážky jsou rozmístěny tak, aby byl vzduch odsáván ze všech otvorů co nejrychleji, a tím zvýšil rychlost a efektivitu. Toto uspořádání kanálků vzduchu bude náročnější při obrábění, protože jsou drážky nejen v ose x a y, ale i v diagonálách.

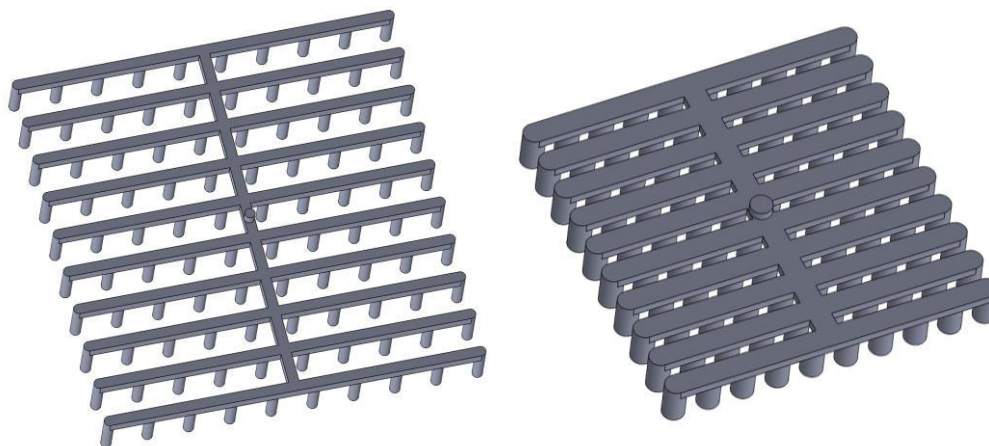


Obrázek 11 Uspořádání kanálků vzduchu pro 25 přívodů o $\varnothing 2$ mm a $\varnothing 5$

2.3.2 Uspořádání kanálků vzduchu pro 100 přívodů o $\varnothing 2$ mm a $\varnothing 5$ mm

Další uspořádání, viz obrázek 12, má 100 přívodů a jeden vývod uprostřed. Vše je propojeno kanálky, které byly zvoleny tak, aby byly co nejjednodušeji obráběny, a zkrátily se

tak výrobní časy. Pro obrábění tohoto návrhu byla zvolena fréza s rovným čelem a konvenční stroj, z důvodu práce v jednotlivých osách. Uspořádání napravo poukazuje na variabilitu, s jakou je možno pracovat, průměr vstupů a výstupů je 5 milimetrů, ale výška kanálku je 2 mm. Tím je dosaženo nižšího objemu vzduch v kostce a zároveň může být zvolena deska s menší výškou. Je však často neefektivní výrazně měnit průřezy kanálků, kterými prochází vzduch. Ve většině případů by se měla volit co nejplynulejší návaznost otvorů na kanálky a obráceně.



Obrázek 12 Uspořádání kanálků vzduchu pro 100 přívodů o $\varnothing 2$ mm a $\varnothing 5$ mm.

2.4 Teoretická analýza proudění

Pro vytvoření vhodného přenašeče labelů a RFID inlayů (efektoru) je potřebné zjistit, jaký tvar kanálků uvnitř sestavy tělesa je vhodný, aby bylo dosaženo efektivního proudění vzduchu. Všechny vlastní analýzy jsou testovány na stejný vstupní (101,325 kPa) a výstupní (10,1325 kPa) tlak a mají stejnou velikost průměru (nebo strany) 4 mm. Vlastní analýza byla provedena v CAD systému, v programu SolidWorks (verze 2020), kde je možné jako vstupní a výstupní hodnoty zadat kromě tlaku také objemový průtok nebo hmotnostní průtok. Zjišťovaná veličina je rychlost proudění v jednotlivých místech kanálku. Na základě zobrazených barev jednotlivých rychlostí se určí plynulost proudění, která je důležitým prvkem pro volbu správného kanálku. V této analýze se nepočítá s drsností povrchu, která je jiná při výrobě obráběním oproti 3D tisku, viz podkapitola 1.4.

SolidWorks dostupný pro studenty VUT nemá plnou verzi všech podprogramů, proto je možné kontrolovat jen jeden vstup a jeden výstup, podrobnější analýzy proudění je možné simulovat např. v programu Ansys. Tato možnost však nebyla z časových důvodů a z důvodu rozsahu práce realizována.

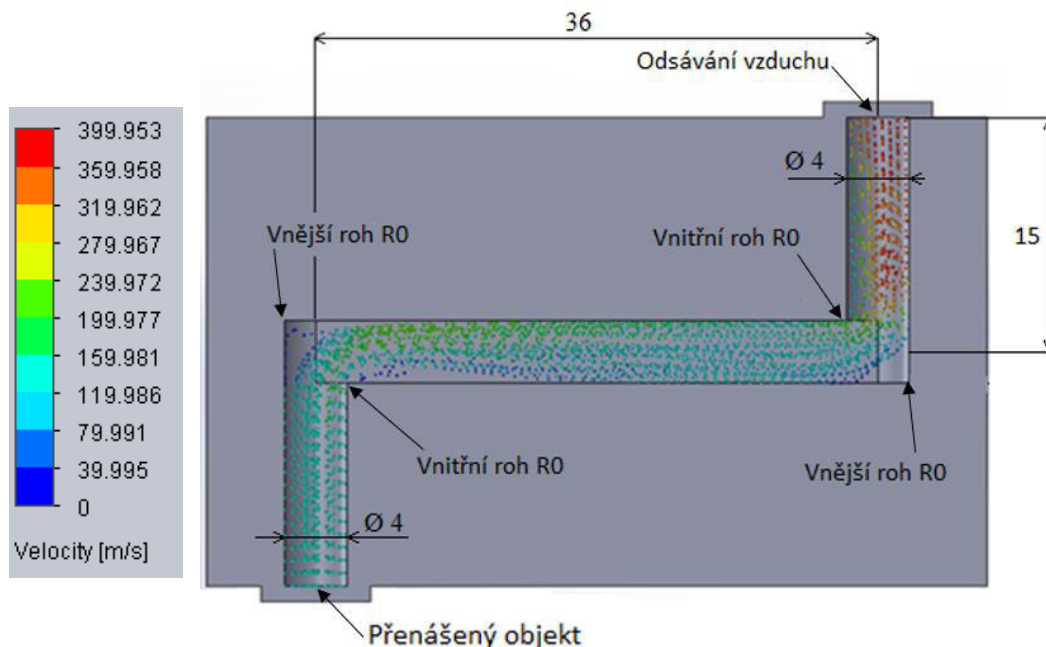
2.4.1 Analýza proudění vzduchu ve čtvercové drážce bez zaoblení

Obrázek 13 ukazuje kanálek, ve kterém byla provedena analýza proudění. V horním pravém rohu se odsává vzduch na tlak 10,1325 kPa (10 % atmosférického tlaku). V levém dolním rohu je uchycen přenášený objekt. Simulace ukazuje postupnou změnu rychlosti, která je ovlivněna tvarem kanálků. Vzduch v každé této analýze projde dvěma koleny, v tomto případě mají kolena vnější i vnitřní rádius nulový, to se však bude měnit u dalších kanálků. Všechny analýzy počítají se stejnými hodnotami vzdáleností, rozteč děr je 36 mm a vzdálenost středu drážky od kraje je 15 mm. Drážka pro tuto analýzu byla navržena pro drážkovací frézu $\varnothing 4$ mm, proto má čtvercový průřez. Celkový objem tohoto kanálku je 952,989 mm³.

Dále prezentovaná analýza změn rychlosti proudění vzduchu v různých typech kanálků bude v detailnějších studiích nahrazena analýzou změn tlaku. Změna tlaku je hlavním sledovaným funkčním parametrem. Rychlost dosažení požadovaného vakua v místě přisávání labelu musí korespondovat s požadovaným taktem (1 ks za max. 2 s) skládání labelů a RFID

inlayů na krabici. Hlavním parametrem, který musí být zkoumán, je doba, kdy bude vytvořen požadovaný podtlak v místě přisátí labelu.

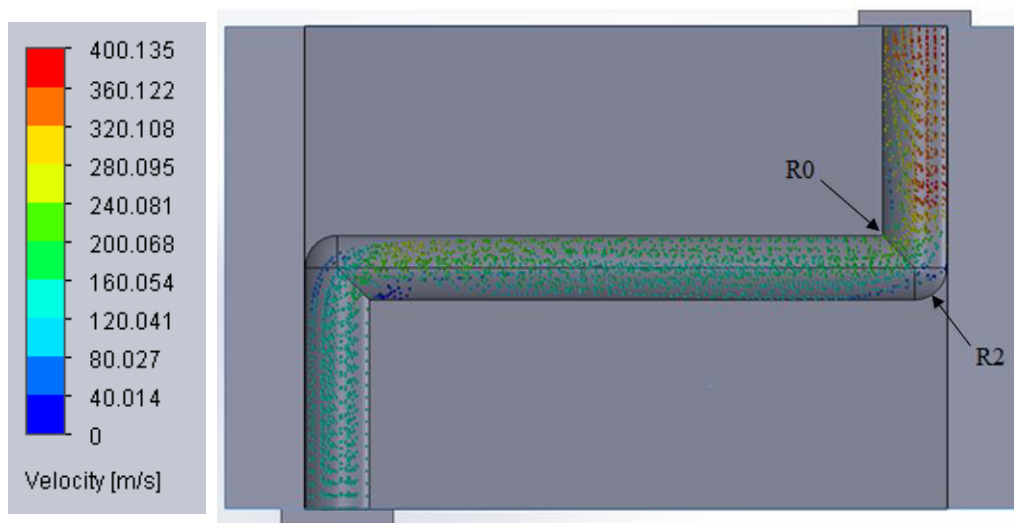
Vstupní a výstupní otvor byl navržen pro zhotovení pomocí vrtání dvou plastových desek, ve kterých se vyfrézují drážky a následně se desky sešroubují. Kanálky navržené pro tento typ výroby jsou na obrázcích 13 až 15.



Obrázek 13 Analýza proudění vzduchu ve čtvercové drážce bez zaoblení rohů.

2.4.2 Analýza proudění vzduchu v kulaté drážce s vnějším zaoblením

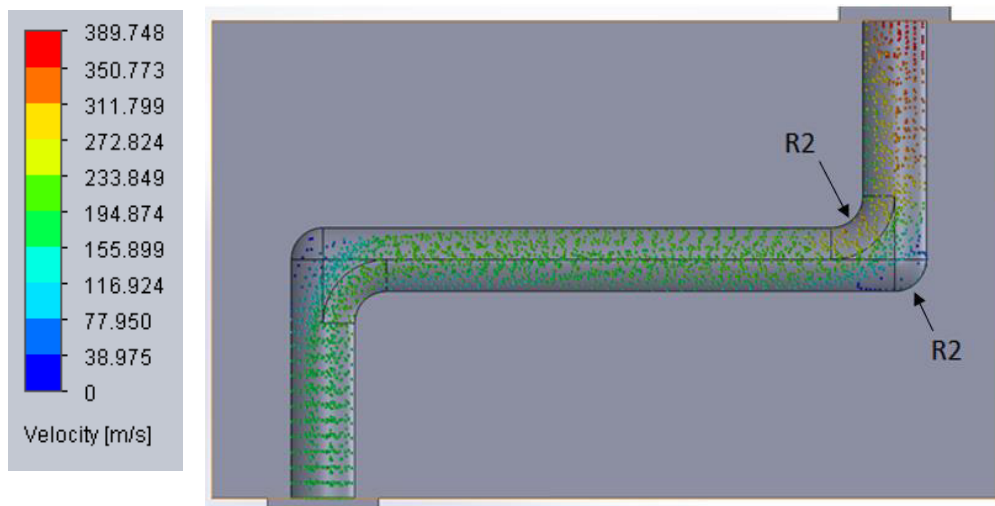
Výroba kanálků pro analýzu na obrázcích 14 a 15 byla navržena pro kulovou frézu $\varnothing 4$ mm, tento nástroj je cca o 10 % dražší než fréza s rovným čelem. Tato analýza nevykazuje výrazných rozdílů oproti předešlé, obě však ukazují, že při použití ostrého vnitřního rohu se vzduch zpomaluje. V analýze na obrázku 14 je na rozdíl od obrázku 13 použit vnější rádius o velikosti 2 mm a průřez horizontální drážky je kruh o $\varnothing 4$ mm. I přes nižší hodnotu objemu v kanálku ($824,809 \text{ mm}^3$), který je nutno odsát, není tato analýza příliš rozdílná od analýzy předešlé. Z tohoto důvodu při výrobě drážek v efektoru, který nebude vylepšen o vnitřní rádius, bude použita fréza s rovným čelem.



Obrázek 14 Analýza proudění vzduchu v kulaté drážce s vnějším zaoblením.

2.4.3 Analýza proudění vzduchu v kulaté drážce s vnějším i vnitřním zaoblením

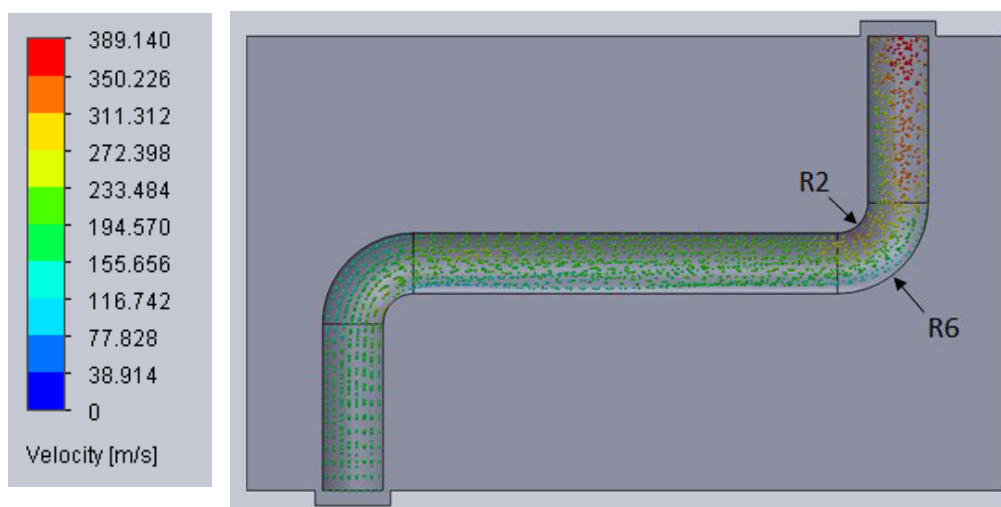
Pro výrobu následujícího kanálku byla navržena kulová fréza o $\varnothing 4$ mm, viz obrázek 15. Navíc je zde navržen i vnitřní rádius, realizovaný pomocí CNC stroje. Při porovnání analýzy na obrázku 14 a 15 je možno vidět velké rozdíly nejen v plynulosti proudění, ale i ve snížení maximální rychlosti. Plynulost znázorňuje velké zelené pole ukazující podobnou rychlost okolo $200 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. V každé analýze se na pravém konci výrazně zvyšuje rychlost proudění, viz obrázky 13–19. Tuto rychlost, kterou je potřeba vyvinout při odsávání z tohoto kanálku, však výrazně ovlivňují převážně vnitřní rádiusy. I přes výrazné zlepšení plynulosti proudění vzduchu kanálkem není tento typ kanálku ideální. Ve vnějších rozích kanálku je možno vidět modré pole, kde se zbytečně zpomaluje vzduch, tím se také zhoršuje plynulost proudění.



Obrázek 15 Analýza proudění vzduchu v kulaté drážce s vnějším i vnitřním zaoblením.

2.4.4 Analýza proudění vzduchu v kulatém plynulém kanálku

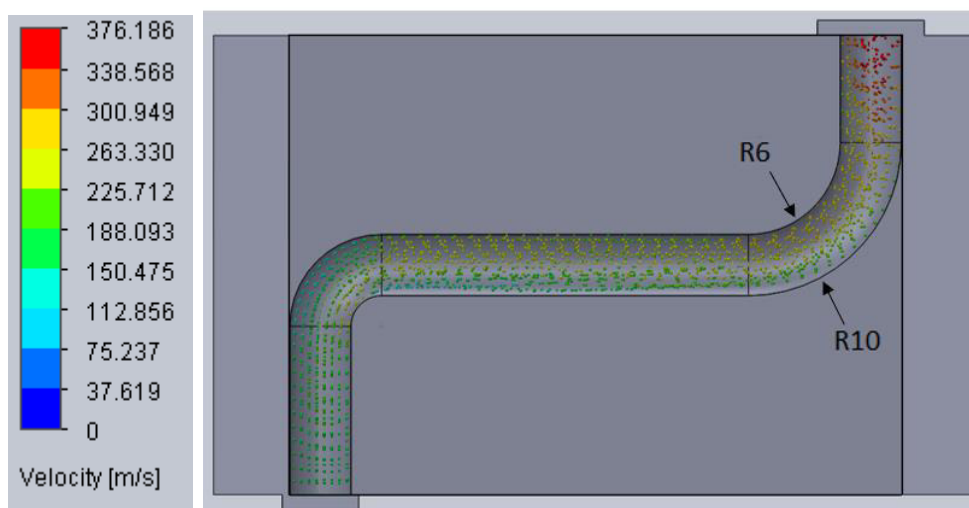
Další variantou, jak vytvořit těleso s kanálkem je použít technologii 3D tisku viz obrázky 16–19. Tato technologie umožňuje vytvořit plynulý tvar drážky, a tím zlepšit proudění vzduchu. Nedostatkem 3D tiskáren je velikost drsnosti kanálku vzniklá po tisku, viz kapitola 1.4. Na obrázku 16 je oproti předchozí analýze upraven vnější rádius kanálku R2 na R6, tak aby byl lépe veden vzduch než na obrázku 15, kde se ve vnějších rozích zbytečně zpomaluje vzduch (tmavě modrá oblast v rohu kolene). Tato změna vnějšího rádiusu mírně zlepšuje proudění, tím snižuje i maximální rychlost. Rozdíl při zvětšení vnitřního rádiusu je větší než při změně vnitřního.



Obrázek 16 Analýza proudění vzduchu v kulaté plynulé drážce.

2.4.5 Analýza proudění vzduchu v kulatém plynulém kanálku s větším pravým kolenem

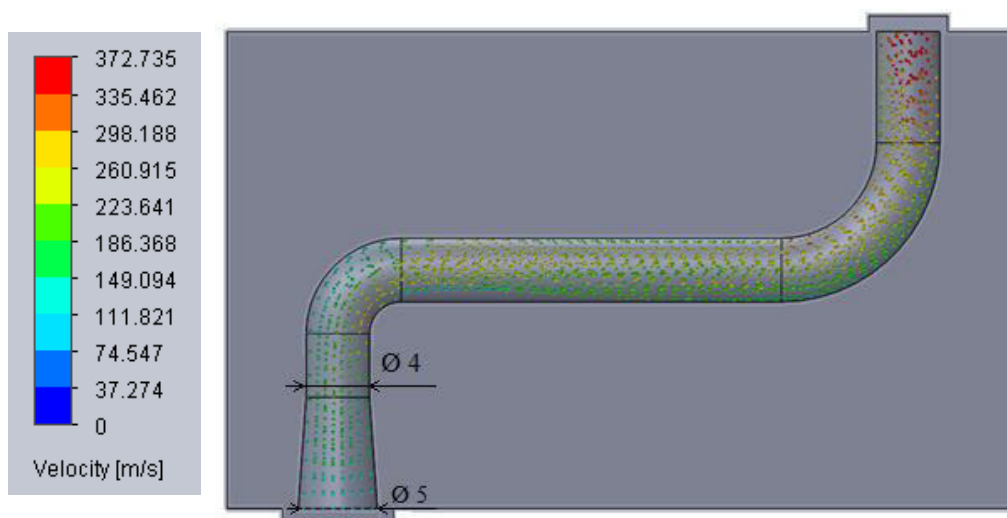
Další model pro analýzu má oproti předchozímu větší pravý vnější i vnitřní rádius (R10 a R6), který snižuje ztráty i maximální rychlost. Při použití stejného typu kolene s větším rádiusem se zlepší průchod vzduchu, to se projeví více při použití kolene s větším rádiusem u místa odsávání vzduchu než při použití stejného kolene blíže k přisáté komponentě. Obrázek 17 ukazuje, že při použití většího vnějšího i vnitřního rádiusu se zlepší plynulost proudění vzduchu v kanálku, zároveň se také sníží rychlost, kterou je nutno vyvinout pro odsátí vzduchu.



Obrázek 17 Analýza proudění vzduchu v kulaté plynulé drážce s větším pravým kolenem.

2.4.6 Analýza proudění vzduchu v kulatém plynulém kanálku s větším pravým kolenem a rozšířeným levým koncem

Analýza na obrázku 18 a 19 hodnotí rozšířený a zúžený kuželový konec místa přisátí inlaye. V rámci této analýzy byl vymodelován kuželový konec o délce 7 mm s rozšířením nebo zúžením (obrázek 19) o 1 mm na průměr. Levý rozšířený konec (obrázek 18) pomáhá při snižování celkové rychlosti, je však důležité mít malou plochu v bodě přisávání labelu, protože dokážeme lépe využít uchopovací sílu.



Obrázek 18 Analýza proudění vzduchu v kulaté plynulé drážce s větším pravým kolenem a rozšířeným koncem.

2.4.7 Analýza proudění vzduchu v kulatém plynulém kanálku s větším pravým kolenem a zúženým koncem

Další analýza byla provedena na modelu kanálku s kuželem, který se na levém konci zužuje. Obrázek 19 ukazuje nárůst rychlosti v místě přisátí labelu vlivem menšího průřezu. Tento jev objasňuje vztah rychlosti proudění a plochy, který říká, že při zmenšení průřezu na jedné straně se zvětší rychlost proudění. Vztah hodnotí kuželovou část kanálku.

Rychlost proudění na začátku a na konci kužele byla hodnocena podle vztahu [9] (1).

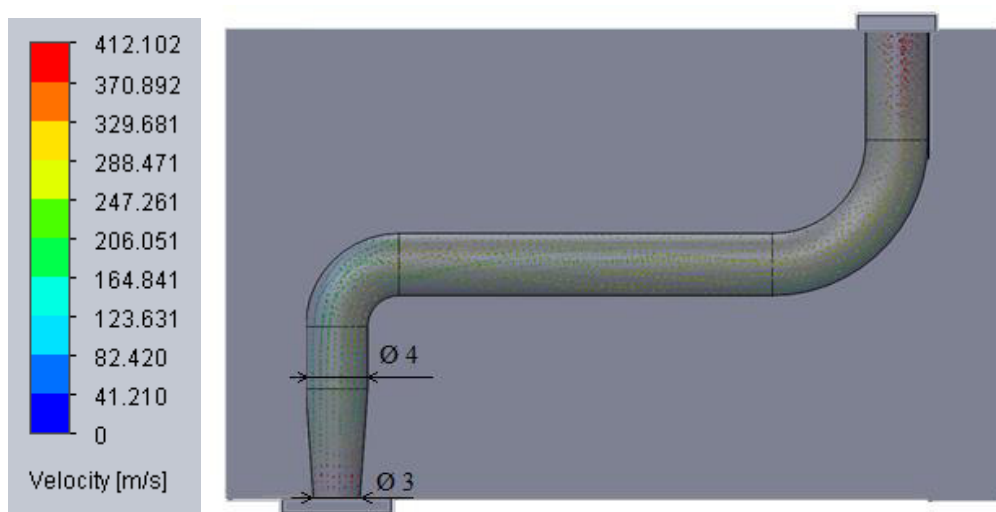
$$S_1 \cdot v_1 = S_2 \cdot v_2 \quad (1)$$

Tohoto efektu využívají i přísavky, které mají zpravidla velmi úzký prostor pro odsávání vzduchu u přenášeného tělesa po deformaci přísavky. Vztah závislost rychlosti proudění vzduchu vzhledem k ploše průřezu ukazuje, proč se zvyšuje rychlost. Na toto zjištění navazuje další vztah, který říká, že při stejné síle odsávání vzduchu se při zmenšení plochy zvýší tlak, který působí na komponentu.

Přísávací tlak byl hodnocen podle vztahu (2).

$$p = F \cdot S^{-1} \quad (2)$$

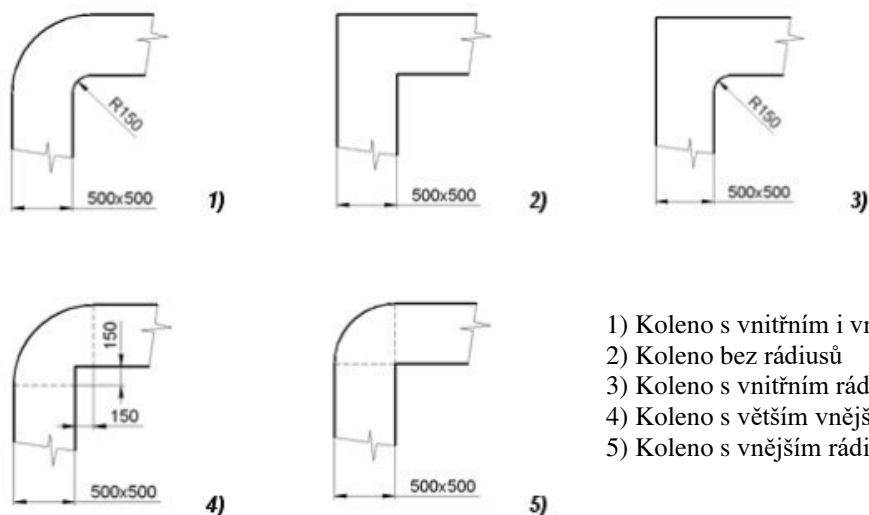
Tento efekt je známý např. z práce s vysavačem, při výměně hlavice za užší. Užší hlavice lépe odsává nečistoty vlivem zvýšeného tlaku.



Obrázek 19 Analýza proudění vzduchu v kulaté plynulé drážce s větším pravým rádiusem a zúženým koncem.

2.5 Typy kolen pro analýzu proudění vzduchu

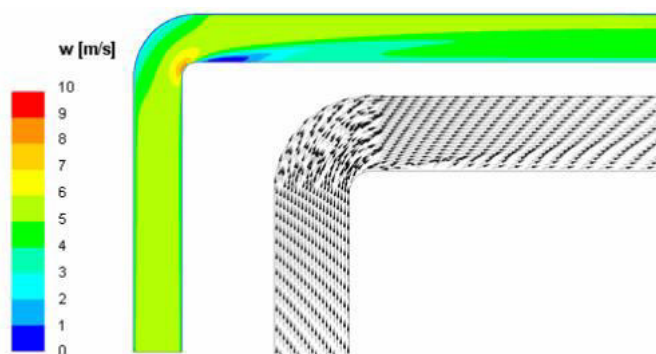
Tato pomocná analýza vychází ze čtvercového profilu trubek. Ukazuje rychlost proudění v konkrétních oblastech a tím i plynulost proudění. Analýza poukazuje na různý směr vektorů proudícího média, které jsou výrazně ovlivněny zvoleným kolenem. Tabulka 7 nacházející se v podkapitole 2.5.6 hodnotí rozdíly tlaků a ztráty, které jsou ovlivněny plynulostí proudění vzduchu. Proudění je oproti minulé analýze ovlivněno jen jedním kolenem. Tato analýza je řádově větší (cca 100×) než předešlá analýza. Proudění nacházející se v těsné blízkosti stěny, které je v kontaktu s povrchem o určité drsnosti, je zde oproti předchozí analýze v podstatě nepodstatné. Toto proudění nemá takovou validitu, protože je v porovnání s celým průřezem zanedbatelné. Obrázek 20 ukazuje jednotlivá kolena, která mají různé velikosti vnitřních a vnějších rádiusů.



Obrázek 20 Typy kolen pro analýzu proudění vzduchu [30].

2.5.1 Analýza proudění vzduchu v kolenu zaobleném zevnitř i zvenku

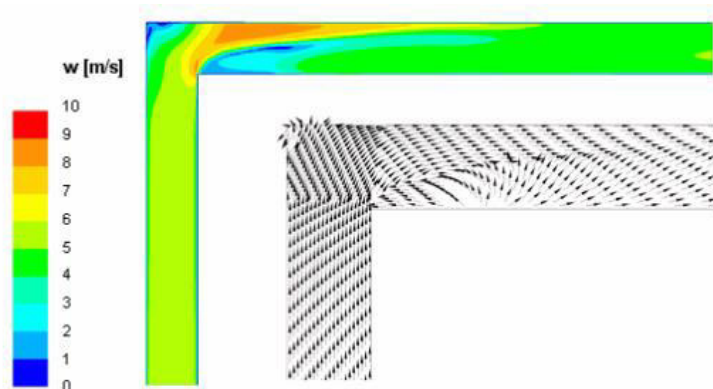
Nejvýhodnějším tvarem kolene je koleno s vnějším i vnitřním rádiusem, což podporuje předchozí analýzu modelu vytvořeného pomocí 3D tiskárny, viz obrázek 16. Na obrázku 21 je možno vidět rychlost pohybující se okolo $5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ v celém průběhu. Je žádoucí, aby vzduch proudil plynule celým dílem. Tabulka 7 ukazuje, že použitím kolene s vnitřním i vnějším rádiusem nevznikají tak velké ztráty, ani změny tlaků jako u dalších kolen znázorněných na dalších obrázcích. Lze předpokládat, že zvětšením vnitřního i vnějšího rádiusu selepší plynulost proudění podobně jako v kapitole 2.4.5.



Obrázek 21 Analýza proudění vzduchu v kolenu zaobleném zevnitř i zvenku [30].

2.5.2 Analýza proudění vzduchu v kolenu bez zaoblení

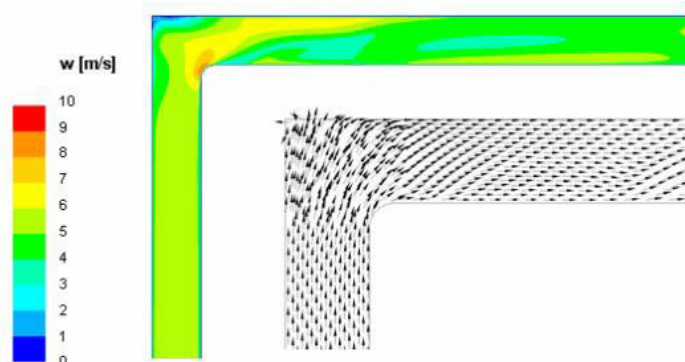
Obrázek 22 popisuje nevýhodnost ostrého vnitřního i vnějšího rohu. Ve vnějším rohu se vzduch zastavuje a může se stát místem, kde se usazují nečistoty. Vnitřní ostrý roh naopak lokálně zrychluje vzduch, vzápětí však vytváří místo neefektivně zpomaleného vzduchu, viz modrá část analýzy za ohybem. Při pohledu na detail vektorů je možno vidět výrazné změny směrů. Zvláštní oblastí této analýzy je již dříve zmiňovaný vnější roh, ve kterém se směr vektorů proudícího vzduchu otáčí proti směru proudění vzduchu [30].



Obrázek 22 Analýza proudění vzduchu v koleni bez zaoblení [30].

2.5.3 Analýza proudění vzduchu v koleni zaobleném zevnitř

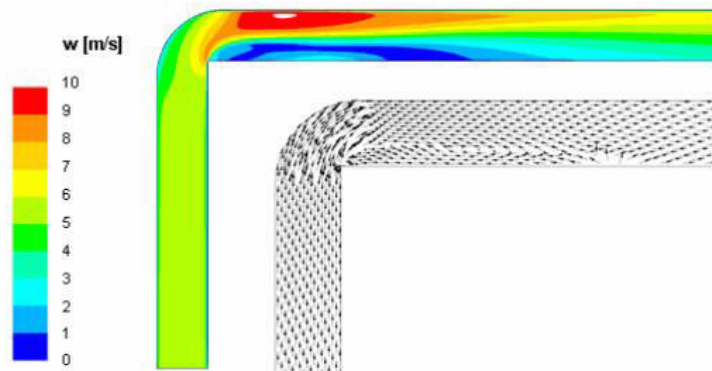
Další koleno má oproti předchozímu vnitřní rádius R 150 mm, který zlepšuje průchod vzduchu kolenem, viz obrázek 23. Stejně jako na obrázku 15, tak i zde vnitřní roh výrazně zlepšuje plynulost proudění. Díky rádiusu se za rohem netvoří tak výrazné zpomalení vzduchu jako u analýz, kde není vnitřní roh zaoblen. Při srovnání analýzy a jejich ztrát lze vidět, že vnitřní roh významně ovlivnil ztráty. Oproti případu 2, viz obrázek 22, se ztráty přidáním vnitřního rádiusu snížily o 0,35 [30]. Větší rozdíl je však při přidání i vnějšího zaoblení, a to o hodnotu 0,65, viz tabulka 7 [30]. Při srovnání vlastní analýzy provedené v programu SolidWorks a této analýzy je vidět, že má velký vliv nejen zaoblení vnitřního a vnějšího rohu, ale i tvar průřezu kanálku, který také ovlivňuje plynulost proudění vzduchu.



Obrázek 23 Analýza proudění vzduchu v koleni zaobleném zevnitř [30].

2.5.4 Analýza proudění vzduchu v koleni zaobleném zvenku

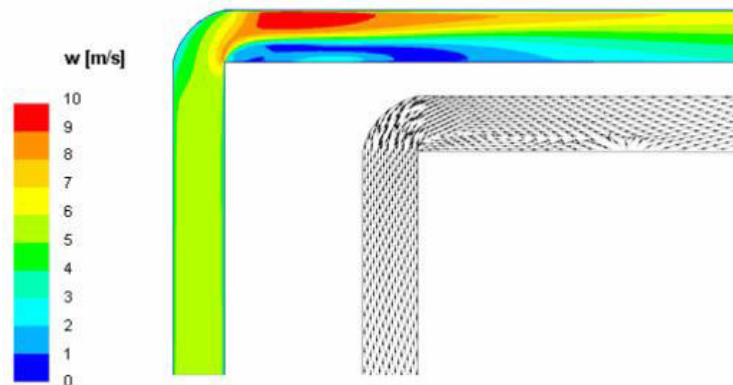
Dalším typem kolena pro zkoumání je koleno s velkým vnějším rádiusem a vnitřním ostrým rohem. V horní části obrázku 24 se za ohybem nachází velké zrychlení místy až $10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, naopak ve spodní části za ohybem se nachází modré pásmo zpomaleného vzduchu. Proudění v tomto typu kolene vytváří nerovnoměrnost rychlostí proudění vzduchu. Z nerovnoměrnosti rychlosti proudění vzduchu plynou nežádoucí ztráty, které mírně převyšují ztráty vzniklé během průchodu vzduchu kolenem s nezaobleným vnitřním ani vnějším rádiusem, viz obrázek 22, kapitola 2.5.2.



Obrázek 24 Analýza proudění vzduchu v koleni zaobleném zvenku [30].

2.5.5 Analýza proudění vzduchu v koleni s větším posunutým vnějším rádiusem

I změna vnějšího rádiusu má významný vliv na rychlost vzduchu. Na obrázku 25 je rádius R 500 mm, který lépe vede vzduch než v předešlém koleni, které má vnější rádius zvětšený o hodnotu 150 mm. Z obrázků 23 a 25 vyplývá, že zaoblení vnitřního rohu má větší vliv na výslednou plynulost rychlosti proudění a ztráty než zaoblení vnějšího rohu, viz tabulka 7. Ke stejnému závěru dospěla i analýza popsána v kapitole 2.4.



Obrázek 25 Analýza proudění vzduchu v koleni s větším posunutým vnějším rádiusem [30].

2.5.6 Rozdíly tlaků a ztrát

Tabulka 7 srovnává rozdíly tlaků na vstupu a výstupu jednotlivých kolen této analýzy. Popisuje také ztráty vzniklé průchodem vzduchu kolenem. Případ 1 na obrázku 21 je nejvýhodnější variantou kolene, protože má nejmenší rozdíl tlaku a také nejmenší ztráty. Čím je menší hodnota rozdílu tlaků, tím jsou menší i ztráty, viz tabulka 7. Obě hodnoty jsou závislé na plynulosti proudění, kterou ovlivňují vnější i vnitřní rádiusy. Obrázky 21–25 ukazují, že nejlepší plynulosti je možné dosáhnout při zaoblení vnitřního i vnějšího rohu, což podporuje nejen předchozí analýza v podkapitole 2.4, ale i tabulka 7, která popisuje konkrétní výsledky rozdílů tlaků a ztrát.

Tabulka 7 Tabulka rozdílů tlaků a ztrát [30].

Případ	Rozdíl tlaků [Pa]	ϵ [-]
1	8,29	0,23
2	23,37	1,23
3	18,06	0,88
4	23,49	1,24
5	22,59	1,18

3 PRAKTICKÁ REALIZACE

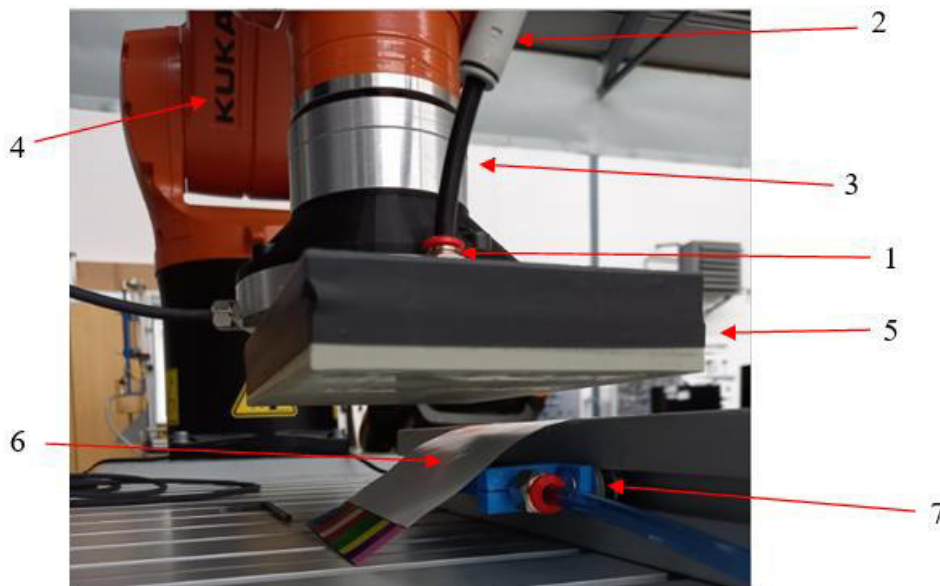
Tato kapitola popisuje návrh a výrobu prototypů koncového efektoru pro přenášení labelů a RFID inlayů. Pro efektivní přenášení RFID prvků se pro některé druhy navržených efektorů provedlo testování přísavek. Robota nebylo vždy možné použít, proto bylo navrženo nové testování využívající dostupnější zařízení. V dalším kroku byla provedena kontrola výroby. Na tuto kontrolu navazuje tvorba NC kódu pro výrobu rozváděcích drážek v prvním prototypu. Tyto drážky byly vyrobeny na frézce FV 25 CNC A, která pro výrobu využila zrychlovací hlavu.

3.1 Návrh koncového efektoru

Během vývoje efektoru bylo navrženo mnoho prototypů. Tato kapitola popisuje dva prototypy koncového efektoru, které byly vyrobeny. Dále byla pro druhý prototyp navržena úprava inspirovaná analýzami z kapitoly 2. První koncový efektor byl zhotoven pro manipulaci bez přísavek. Byl navržen pro přenášení největšího labelu o rozměrech 150×100 mm. Druhý prototyp šel cestou sekčního řešení, které dokáže uchopit všechny zadané labely i RFID inlaye. Vytvořením univerzálního efektoru se eliminovala potřeba mít pro každou velikost labelu nebo RFID inlaye nový efektor. Dále byla pro druhý prototyp provedena analýza jednotlivých přísavek zapůjčených pro testování, viz podkapitola 3.1.2. Následující podkapitoly navazují na vývoj efektorů a popisují výrobou navržených koncových efektorů, viz podkapitoly 3.2–3.4. Výkresy všech částí efektorů jsou umístěny v přílohách.

3.1.1 Koncový efektor bez přísavek

První prototyp byl navržen pro chod bez přísavek, vzhledem k ekonomickému hledisku. Při využívání efektoru bez přísavek je možné ušetřit stovky až tisíce korun dle typu a vybavení přísavek, které je jinak nutno zakoupit [9]. Dalším důvodem pro realizaci efektoru bez přísavek je, že většina přísavek ohýbá přenášený label [9]. Na obrázku 26 je možno vidět ukázkou přenášení labelu pomocí efektoru bez přísavek. Tento obrázek ukazuje začátek zkoušky přisávání labelu pomocí efektoru bez přísavek, kdy se efektor přibližuje k labelu, aby ho přisál.

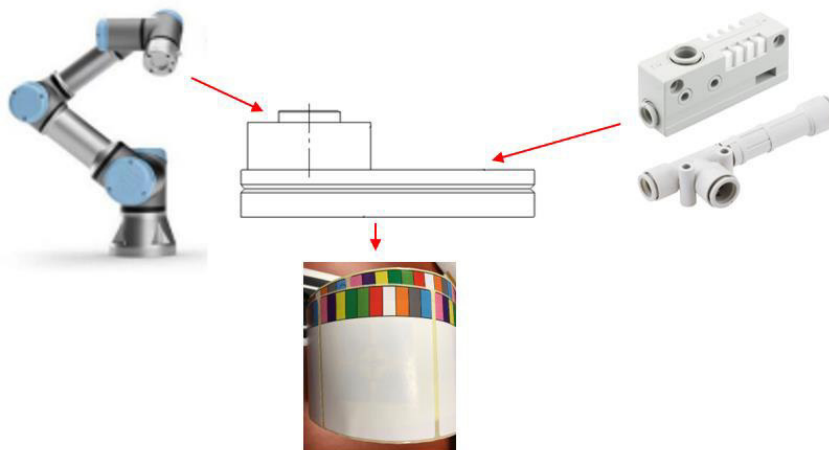


Obrázek 26 Koncový efektor bez přísavek.

Obrázek 26 ukazuje jednotlivé části, které se na přenosu podílejí. Na pozici 1 je přívod vzduchu. Stlačený vzduch přichází do ejektoru, který se nachází na pozici 2. Ejektor odsává vzduch z hadičky. Hadička (pozice 3) je do efektoru připojena pomocí zástrčkového konektoru KQ2H06-M5N [9], která je na místě přívodu vzduchu na pozici 1. Tento

zástrčkový konektor je připojen k efektoru pomocí závitu M5. Přenášení bylo realizováno pomocí robota, který je na pozici 4. V provozu bude tento robot nahrazen robotem UR3, viz podkapitola 1.2.4. Pozice 5 ukazuje efektor složený ze tří částí. Tento efektor tvoří spodní deska, horní deska a upínací válec, viz obrázek 10, podkapitola 2.3. Zde je efektor vybaven i těsněním ze silikonu, které zabraňuje odsávání vzduchu mezerou mezi horní a spodní deskou. Pozice 6 na obrázku 26 ukazuje label, který při spuštění tohoto testu bude nadnášen vzduchem, který fouká člen na pozici 7. Tento člen podporuje uchycení labelu na efektor.

Navržené schéma zapojení efektoru bez přísavek pro využití v praxi je na obrázku 27. Schéma ukazuje robota přenášejícího efektor. Do efektoru je napojen efektor. Efektor přisává label.



Obrázek 27 Schéma zapojení efektoru bez přísavek [8,13].

Při testování koncového efektoru bez přísavek bylo zjištěno, že efektor nebyl schopen udržet label, a to z několika důvodů:

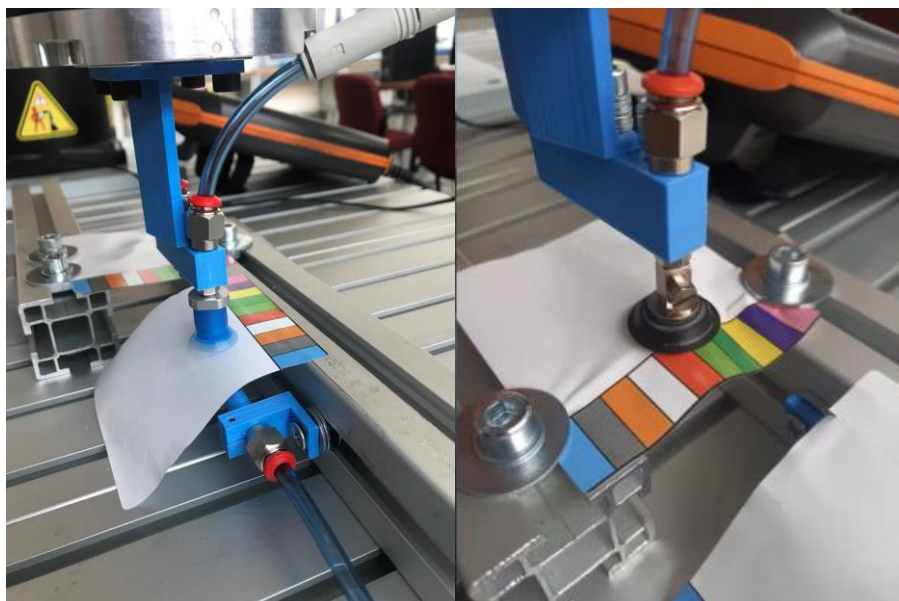
- Kontaktní plocha efektoru neměla dostatečně hladký povrch, protože při návrhu byla zvolena hodnota drsnosti Ra 3,6. Během vývoje prvního prototypu nebylo uvažováno s hodnotou Rz, která je vhodnější pro tuto aplikaci, protože dává velký význam maximálním vrcholům a údolím zkoumaného povrchu [31]. V podtlakové technice je hodnota Rz velmi důležitá. Součást nefungovala dostatečně, protože vrypy a výstupky na kontaktní ploše vytvořily otvory mezi deskou a labelem, které narušovaly vznikající podtlak. Odsávání okolního vzduchu významně snižuje přisávací sílu.
- V prvním prototypu byly použity kanálky o obdélníkovém průřezu 1,5×1,8 mm. Analýza na obrázku 19 ukazuje vhodnost širšího kanálku s úzkým přívodem (místo přisávání inlaye). Při použití úzkého kanálku je nutno odsát méně vzduchu, z testování však vyplývá, že se ztrácí i odsávací efekt.
- Dalším negativním faktorem pro tento test byl label, který byl testováním zmačkan. Nerovným povrchem label přispíval ke vzniku otvorů, které podporovaly odsávání vzduchu z prostoru, a tak neumožnily vznik dostatečného stupně vakua.
- Dalším vzniklým problémem byl mastný povrch, který držel label na stole, pro efektor bylo obtížné tento odpor překonat.

Toto testování poukázalo na důležité body, které významně přispěly při dalším vývoji efektoru:

- Bylo zjištěno, že významný vliv na funkčnost efektoru má těsnost celé sestavy, zvláště těsnost mezi efektozem a přenášeným objektem. Tuto netěsnost by měl další koncový efektor eliminovat.

3.1.2 Testování přísavek

Během vývoje efektorů probíhalo testování jednotlivých přísavek. Každá aplikace nebo materiál potřebují individuální přístup. Proto bylo nutné testovat jednotlivé přísavky na stejném typu labelu, který používá zadavatel projektu. Testováním se zjišťuje vhodnost jednotlivých přísavek pro danou aplikaci. U testování se nehodnotí jen síla nebo tlak, ale i to, jestli je přenášený díl nějak zdeformován. Testování ukázalo na vhodnost ploché přísavky, viz obrázek 3 vpravo v podkapitole 1.2.3. Na obrázku 28 se nachází label, který je testován přísavkami. Test vlevo simuluje reálné odebrání labelu z pásu, kde část labelu je přilepena k pásu. Test znázorněný na obrázku vpravo hodnotí sílu jednotlivých přísavek. Label je zde pevně upnut, zkoumaná síla se měří na dynamometru 9272, viz příloha 4.



Obrázek 28 Testování přísavek.

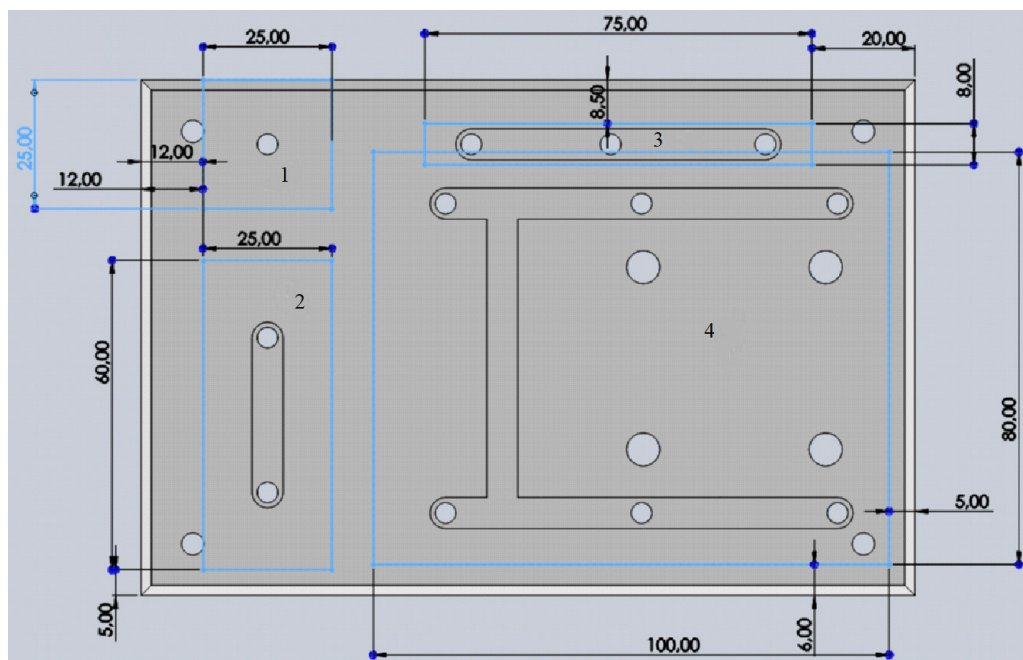
Pro testování byly zapůjčeny podtlakové komponenty od firmy SMC Industrial Automation CZ s.r.o. viz obrázek 29. Firma pro testování zapůjčila ejektory, přísavky, hadičky atd.



Obrázek 29 Zapůjčené podtlakové komponenty.

3.1.3 Návrh efektoru s přísavkami

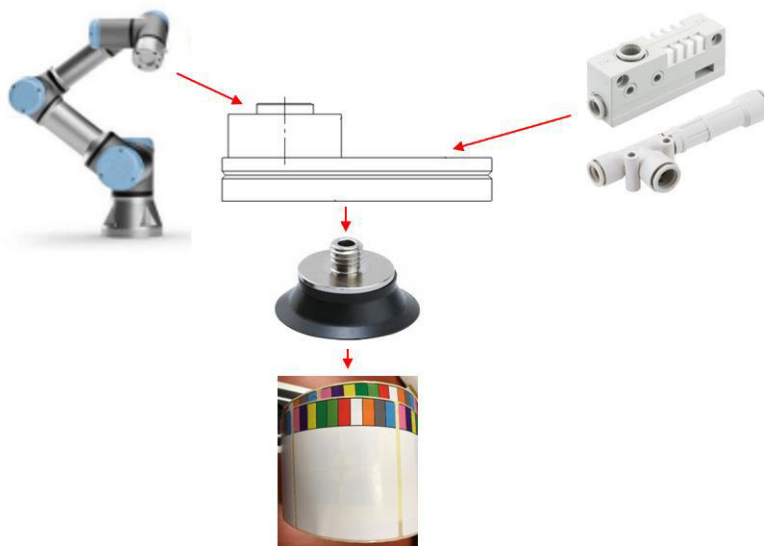
Dlouhou dobu byl efektor dimenzován jen na jeden ejektor a jen na největší label. V projektu jsou však zastoupeny různé velikosti labelů a FRID inlayů. Během dalšího vývoje koncového efektoru se dospělo k závěru, že každá velikost labelu a RFID inlaye nebude mít svůj efektor, ale že bude vytvořen univerzální efektor. Tento univerzální efektor obsáhne všechny labely a RFID inlaye, které byly zadány v projektu. Na obrázku 30 je znázorněna spodní deska efektoru. Tato deska je součástí nového efektoru, který může uchopit všechny velikosti zadaných labelů a RFID inlayů. Celý výkres dílu, viz příloha 8.



Obrázek 30 Univerzální efektor.

Modré obdelníky a čtverec na obrázku 30 ukazují umístění jednotlivých typů velikostí labelů a RFID inlayů. Každý z uvedených obdelníků má svůj vývod v horním dílu, který je napojen na vlastní ejektor, nebo jsou propojeny pomocí spojky, která svede 4 hadičky do jedné. Ejektory jsou ovládány pomocí PLC. Pro použití jednoho efektoru bylo navrženo využít aktivního členu ZP2V [9], který dokáže odpojit neaktivní přísavku (sekcí přísavek). Každá sekce samostatně dokáže uchopit konkrétní typ tak, aby se efektivně přenesl. Další výhodou je možnost tyto sekce kombinovat. Při kombinování je možné přenášet i labely nebo RFID inlaye jiných velikostí. Při přenášení největšího labelu o velikosti 150×100 mm se využívá zapojení všech sekcí, aby byl label uchopen po celé ploše. Všechny sekce kromě sekce 3 byly navrženy pro využívání stejného typu přísavky ZP2-TB10MTN-B5, která je vyrobena v měkkém silikonovém provedení. Tyto přísavky mají \varnothing 10 mm. Vzhledem k velikosti labelu znázorněného v sekci 3 na obrázku 30 bylo navrženo zakoupit 3 přísavky menšího průměru o velikosti \varnothing 6 mm. 3 přísavky o \varnothing 6 mm mohou efektivně uchopit label o velikosti 75×8 mm, který by přísavky o \varnothing 10 mm nedokázaly efektivně uchopit.

Obrázek 31 ukazuje navržené schéma znázorňující praktické zapojení koncového efektoru s přísavkami. Tento efektor je zapojen podobně jako na obrázku 27. Navíc jsou zde zapojeny přísavky.



Obrázek 31 Schéma Zapojení efektoru s přísavkami [9,14].

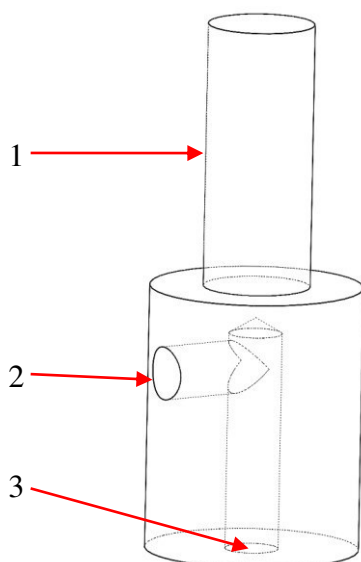
3.1.4 Návrh na měření

Již dříve zmiňovaný robot používaný pro testování přísavek a efektorů byl využíván i pro jiné projekty. Proto během realizace tohoto projektu nebylo vždy možné využívat robota pro měření nebo pro kontrolu funkčnosti vyrobených efektorů. Z tohoto důvodu byl pro pokračování tohoto projektu navržen měřicí systém, který využívá stroj FCC 16 CNC, viz obrázek 32. Protože byla výuková frézka FCC 16 CNC často nevyužitým strojem ve školní dílně, byla zvolena do pozice testovacího stroje. Tato frézka může sloužit podobně jako robot při manipulaci s materiálem. Díky zabudovaným servopohonům mohou CNC stroje pohybovat se stolem nebo vřetenem podobně jako roboti s pravoúhlým pracovním prostorem. Při měření má CNC stroj ve vřetení upnutý efektor. Naprogramovaným nebo ručním posuvem se efektor s přísavkou přiblíží k testovanému labelu nebo k jinému testovanému materiálu. Při testování síly přísavek nebo efektorů bude label přichycen k dynamometru pomocí šroubů. Pro toto testování byl navržen dynamometr 9272 pro měření silového zatížení, viz příloha 4 [35]. Tento zapůjčený dynamometr je omezen a může měřit jen sílu F_z v rozsahu 250–450 kPa [35], také kroučící moment, ale ten není v této aplikaci potřebný. Dále bude zapnut ejektor, který pomocí podtlaku přisaje lebel k přísavce. Po přisátí bude CNC stroj posouvat vřetenem a tím i efektor v ose z . Přísavka přisátá k labelu v určitém bodě pustí lebel. Zaznamenaná síla dynamometru se převede do tabulky. Každá přísavka bude měřena několikrát. Tato vytvořená tabulka bude využita pro volbu přísavky, která dokáže udržet daný label největší silou. Tzn. že bude potřebovat méně energie pro uchopení dostatečnou silou než ostatní přísavky. Dále bude zkoumána spolehlivost přisátí, hodnocená z několika měření stejné přísavky. Dalším zkoumaným parametrem bude vliv jednotlivých přísavek na deformaci labelu. Pod pojmem deformace lebelu je možno si představit např. uhýbání, zvlnění. Při volbě nevhodné přísavky může být label jejím používáním znehodnocen. Při využití tohoto principu měření je možné měřit nejen sílu a spolehlivost přísavek testujících label, ale také např. sílu přísavky na různých materiálech, protože každý přenášený materiál může mít jiné vlastnosti. Dále je také možné testovat uchopovací sílu přísavky přisávané na různý povrch nebo např. sílu efektorů při použití stejné přísavky i přisávané komponenty. Toto měření může hodnotit také vliv rychlosti posuvu na sílu uchopení přísavky nebo např. vhodnost měchového nebo odpruženého zařízení pro danou aplikaci. Podobně jako vybraný stroj FCC 16 CNC může sloužit např. 3D tiskárna nebo stavebnice od firmy Festo, s. r. o.



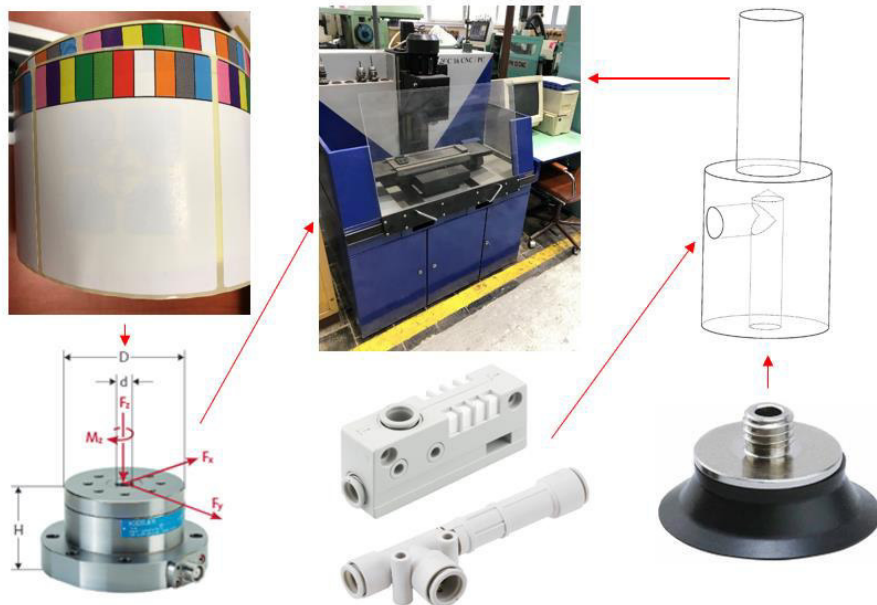
Obrázek 32 Frézka FCC 16 CNC.

Pro testování přísavek bude použit efektor, který je navržen pro upnutí do stroje pomocí kleštiny $\varnothing 10$ mm. Tento efektor propojí hadičku od ejektoru s testovanou přísavkou. Pohyb zajistí ruční nebo programem řízený posuv. Vzhledem k rovnoměrnému odsávání a celkové rychlosti testu je doporučeno stroj řídit programem. Při programovém řízení se předpokládá stejná výška přísavek. Při změně velikosti se bude muset přepsat souřadnice tak, aby byla vždy přenášená komponenta od přísavky ve stejné vzdálenosti. Pozice 1 na obrázku 33 ukazuje upínací část, která se upne do kleštiny. Pozice 2 ukazuje otvor, kterým bude připojena hadička pomocí závitu M5. Stejný závit bude připojovat přísavku k tomuto dílu (pozice 3). Pro názornost nejsou závity dokresleny. Výhodou tohoto navrženého systému měření je realizovatelnost pro mnoho různých aplikací, kde je nutné testovat přísavky.



Obrázek 33 Efektor pro jednu přísavku.

Na obrázku 34 je znázorněné schéma realizovatelného zapojení stroje pro testování např. přísavek. Dynamometr bude upnut na stůl stroje. Do vřetena stroje bude zapojen efektor nesoucí přísavku.



Obrázek 34 Schéma zapojení stroje pro testování [9,32].

3.2 Kontrola výroby grafickou simulací

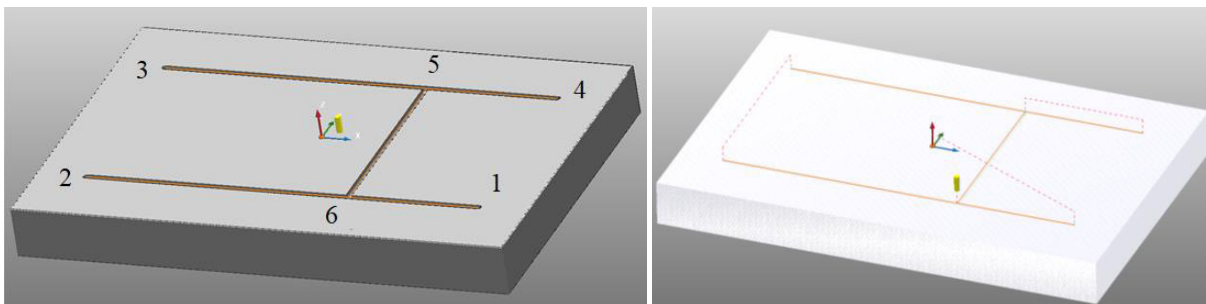
Kontrola výroby grafickou simulací se provádí pomocí CAM (*computer aided manufacturing*) programů [33]. CAM programy jsou používány nejen pro kontrolu, jestli nástroj nenarazí nebo jestli jede správně, ale převážně pro samotnou tvorbu drah nástroje. Tyto dráhy budou přeloženy pomocí postprocesoru. Postprocesor překládá kód do řídicího systému stroje, ve kterém bude použit. Tento NC kód je možné nahrát do řídicího systému stroje např. pomocí USB flash disku. Využití NC kódu umožňuje opakovatelnost výroby, tím se zvyšuje přesnost a produktivita.

Pro kontrolu obrábění prvního efektoru byl použit program Autodesk PowerMILL Viewer 2021. Licence zapůjčená školou byla omezená a nebylo možné tento program použít pro tvorbu NC kódu. Proto byl stejný tvar drážky naprogramován ručně pomocí G kódu pomocí funkce G1 a G0, viz kapitola 3.4. Díl byl vyroben na frézce FV 25 CNC A, která je na obrázku 35. Tento stroj používá řídicí systém Heidenhain iTNC 530.



Obrázek 35 CNC frézka FV 25 CNC A.

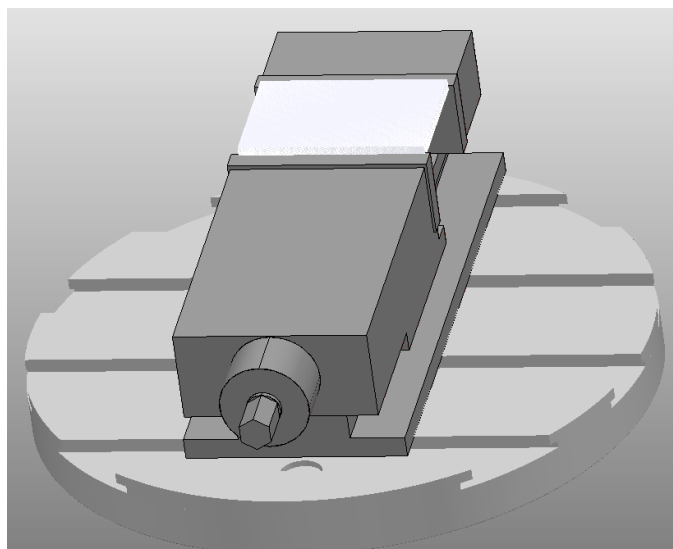
Součástí na obrázku 36 je spodní deska prvního prototypu koncového efektoru, celý výkres viz příloha 5. Rozváděcí drážky této desky byly v programu Autodesk PowerMILL Viewer 2021 obrobena. Tyto vytvořené drážky slouží k rozvodu vzduchu, respektive k propojení přísavek k jednomu ejektoru. Při frézování drážek byla využita strategie, která používala dříve nakreslenou křivku. Podle této křivky byl řízen střed nástroje tak, aby byly vyfrézované drážky tam, kde mají být. V programu Autodesk PowerMILL Viewer 2021 se tato strategie nachází v sekci „Obrábění křivky“ a jmenuje se „2D Profilování“. Obrázek 36 ukazuje simulované obrábění. Obrázek 36 vlevo ukazuje již obroběný tvar. Čísla znázorněná na tomto obrázku ukazují důležité body pro programování, více v kapitole 3.4.



Obrázek 36 Vyfrézovaná drážka a její dráha v CAM programu.

Obrázek 36 je ukázkou z CAM programu, na ukázce vpravo jsou plné a přerušované čáry, které ukazují dráhu středu nástroje. Plná čára značí pracovní posuv a přerušovaná ukazuje dráhu realizovanou rychloposuvem. Řezná část nástroje je zde znázorněna jako žlutý válec. Zbytek nástroje ani držák v této aplikaci neovlivní program. Dělník u obráběcího stroje bude volit co nejmenší vyložení nástroje.

Upínání obrobku bylo zvoleno do svěráku, viz obrázek 37. Autodesk PowerMILL Viewer 2021 může kontrolovat svěrák i další části stroje, jako jsou např. kolíbková nebo upínač nástroje podle zvoleného stroje a jeho vybavení. Stůl je zde jen pro ukázkou uložení svěráku a obrobku.



Obrázek 37 Stůl, svěrák a obrobek.

3.3 Volba nástrojů pro výrobu prototypů

Pro výrobu efektoru byla navržena monolitní fréza $\varnothing 1,8$ mm z rychlořezné oceli vhodná pro obrábění plastů, která byla dostupná na dílně. Pro obrábění byl zvolen stroj FV 25 CNC A. Zvolená fréza je podobná fréze 40020-HEMI od firmy Seco Tools CZ, s. r. o. Tato fréza o $\varnothing 2$ mm má doporučenou řeznou rychlost $125 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$, dále doporučený posuv

800 mm·min⁻¹ [34]. Při využití stejné řezné rychlosti i posuvu jako fréza 40020-HEMI je pro zvolený nástroj nutné přepočítat otáčky.

Řezná rychlost byla spočtena podle vztahu (3).

$$\begin{aligned}n &= v_c \cdot 1000 \cdot \pi^{-1} \cdot D^{-1} \\n &= 125 \cdot 1000 \cdot \pi^{-1} \cdot 1,8^{-1}\end{aligned}\quad (3)$$

Vypočtené otáčky (22 105 min⁻¹) jsou pro zvolený stroj příliš vysoké. Vřeteno vybraného stroje se nedokáže roztočit na otáčky 22 105 min⁻¹. Proto bylo navrženo snížení otáček pro daný nástroj. Proto byla k frézce připojena zrychlovací hlava, která může zvýšit otáčky až na hodnotu 20 000 min⁻¹. Pro výrobu tedy bylo navrženo 20 000 min⁻¹ a posuv 800 mm·min⁻¹.

Pro výrobu druhého prototypu byl zvolen nástroj JS412060D2SZ2.3 o Ø 6 mm, pro který firma Seco Tools CZ, s.r.o., navrhla hodnotu otáček 20 000 min⁻¹ a hodnotu posuvu 2400 mm·min⁻¹ [34].

3.1.1 Zrychlovací hlava

Zrychlovací hlava se používá pro zrychlení otáček tam, kde nestačí otáčky vřetena stroje. Zrychlovací hlava je uzpůsobena převážně pro menší nástroje. U vřetena Narex-ZP/10X od firmy NAREX MTE s.r.o., je možno upnout nástroje o průměru 1–13 mm [34]. Vybrané nástroje o Ø 1,8 mm i Ø 6 mm se do těchto hodnot bezpečně vejdu. Zrychlovací hlava Narex-ZP/10X využívá planetovou převodovku pro zrychlení otáček stroje v poměru 1:6, při maximálních otáčkách 20 000 min⁻¹ nedokáže obrábět příliš dlouho, protože se při obrábění zahřívá [35]. Navrženou zrychlovací hlavu je možno vidět na obrázku 38.



Obrázek 38 Zrychlovací hlava Narex-ZP/10X.

3.4 Ukázka NC kódu

Nulový bod obrobku se nachází ve středu horní plochy polotovaru. Od této hodnoty je NC kód programován pomocí absolutního programování. Absolutní programování je programování NC kódu vzhledem k nulovému bodu obrobku, který určuje souřadný systém [33]. Od nulového bodu obrobku jsou počítány jednotlivé souřadnice. Některé aplikace mohou využívat inkrementálního programování, toto programování počítá vzdálenosti od předešlého bodu, ne od pevně zvoleného nulového bodu jako absolutní programování [33].

Tabulka 8 ukazuje ukázkou NC kódu s poznámkami. Popisný dialog standardně používaný u řídicího systému Heidenhain není jediným možným druhem kódu, který tento řídicí systém umí přečíst. Řídicí systém Heidenhain je schopen přečíst i ISO kód, který je zde použit. Poznámky (Komentář) znázorněné v tabulce 8 v pravém sloupci slouží k lepšímu pochopení, co se v dané operaci děje. V praxi se ke psaní poznámek používá středník, ten odděluje kód,

který zpracovává program od poznámky pro obsluhu. Textový komentář (poznámka) byl pro textovou práci převeden do tabulky pro její přehlednost. Komentář blíže specifikuje jednotlivé řádky kódu. Mezi základní funkce tohoto kódu patří funkce G1, která zadává příkaz systému, aby nástroj jel do bodu označeného souřadnicí pracovním posuvem (lineární interpolace). Druhým důležitým příkazem je G0. Tento příkaz využívá maximální posuv, zvaný rychloposuv. Rychloposuv slouží k rychlému přemístění nástroje. Nástroj při použití rychloposuvu neobrábí. Komentář v tabulce 8 odkazuje na obrázek 36 vlevo, kde jsou znázorněny důležité body pro obrábění.

Tabulka 8 NC kód.

ISO kód	Komentář
M3 S20000	Start otáček vpravo o hodnotě 20 000 min ⁻¹
G0 X60 Y-30 Z5	Pohyb nástroje rychloposuvem k bodu 1 do výšky 5 od nulového bodu obrobku
G0 Z1	Pohyb do bezpečné vzdálenosti (1 mm nad součást)
G1 F800 Z-1.5	Lineární interpolace do hloubky 1,5 mm posuvem 800 mm·min ⁻¹
G1 X-60	Lineární interpolace do bodu 2
G0 Z5	Pohyb nástroje z řezu do bezpečné vzdálenosti pro přejezd (5 mm nad obrobkem)
G0 Y30	Pohyb rychloposuvem k bodu 3
G0 Z1	Pohyb do bezpečné vzdálenosti
G1 Z-1.5	Lineární interpolace do hloubky 1,5 mm
G1 X60	Lineární interpolace mezi bodem 3 a 4
G0 Z5	Pohyb nástroje z řezu do bezpečné vzdálenosti pro přejezd
G0 X20	Pohyb rychloposuvem k bod 5
G0 Z1	Pohyb do bezpečné vzdálenosti
G1 Z-1.5	Lineární interpolace do hloubky 1,5 mm
G1 Y-30	Lineární interpolace mezi bodem 5 a 6
G0 Z5	Pohyb nástroje z řezu do bezpečné vzdálenosti

Tato ukázka NC kódu je jen částí celého programu obrábění spodní desky pro první prototyp koncového efektoru. Tato část programu této jednoduché součásti zabrala jen několik řádků. Ve světě se u většiny obráběných dílů programovaných v CAM softwarech tvoří NC kód o stovkách i tisících řádcích. U těchto dílů se často poznámky píší jen k důležitým bodům, např. k výměně nástrojů, kde obsluha potřebuje vědět, jaký nástroj s jakým vyložením použít.

ZÁVĚR

Jedním z cílů bakalářské práce byl stručný rozbor materiálů vhodných pro konstrukci specializované hlavice, kde byl následně vybrán plast polypropylen. Dále bylo nutno vytvořit analýzu proudění. Z této analýzy vyplývá, že je vhodné zhotovit kanálek v efektoru s vnitřním rádiusem, protože vnitřní rádius má největší vliv na ztráty. Dalším důležitým krokem bylo vytvořit výrobní dokumentaci. Výkresy jednotlivých částí prototypů jsou umístěny v přílohách. Výroba byla zkontrolována pomocí programu Autodesk PowerMILL Viewer 2021. Tento program však kvůli omezené licenci nedokázal vytvořit NC program, proto byl NC program napsán ručně.

Prototypy byly vyrobeny třískovým obráběním, protože je to výhodné vzhledem k jednoduchosti součásti, času výroby a drsnosti povrchu. Tyto prototypy využívají podtlaku pro uchopení labelu nebo RFID inlaye. První prototyp byl zhotoven pro funkci bez přísavek. Tento prototyp je z ekonomického hlediska výhodný, jelikož přísavky jsou finančně nákladnější. Po testování se ukázalo, že efektor bez přísavek není bez úprav vhodný, protože nedokáže dostatečně utěsnit prostor mezi efektozem a přenášeným tělesem.

Druhý prototyp koncového efektoru využívá sekčního řešení pro možnost uchopení všech zadaných labelů a RFID inlayů. Svojí univerzálností předčí předchozí verze prototypů. Využívá přísavek ZP2-TB10MTN-B5, které dokážou uchopit daný label nebo RFID inlay efektivně, protože přísavky dokážou utěsnit prostor mezi nimi a přenášeným labelem nebo RFID inlayem. Tento druhý univerzální prototyp nebyl z časových důvodů testován. Z úspěšných testů přísavek však lze předpokládat, že bude fungovat, protože byl vyřešen největší problém, a to těsnost mezi efektozem a přenášeným dílem. Pro další vývoj tohoto efektoru bylo navrženo zaoblení mezi vrtanými dírami a frézovanými drážkami tak, aby zde lépe proudil vzduch.

Dále bylo navrženo schéma pro testování přísavek bez robota, které využívá dostupných zařízení pro zkoušení přísavek. Pro další práci doporučuji sestavit navržené měřicí zařízení a testovat přísavky a jiné podtlakové členy. Doporučuji také zkoumat proudění vzduchu v jednotlivých sekcích efektoru např. v programu Ansys, který dokáže hodnotit efektor komplexně.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] SMILEY, Suzanne. A Tag, A Label, & An Inlay. AtlasRFIDstore [online]. 1. 5. 2019 [cit. 2021-5-19]. Dostupné z: <https://www.atlasrfidstore.com/rfid-insider/a-tag-a-label-an-inlay>
- [2] HERŠTUS, Michal. Plastové kotoučky, karty, krabičky nebo keramická pouzdra, která jsou odolná vůči vyšším teplotám. Automa.cz [online]. https://automa.cz/Aton/FileRepository/pdf_articles/44083.pdf, 2011 [cit. 2021-03-24]. Dostupné z: https://automa.cz/Aton/FileRepository/pdf_articles/44083.pdf
- [3] RFID Readers. In: Idnova.it [online]. www.idnova.it [cit. 2021-04-16]. Dostupné z: <https://www.idnova.it/en/rfid-readers/>
- [4] VACULÍKOVÁ, Eva. Robot nebo kobot? V čem se liší? Www.talentica.cz [online]. Praha: Talentica, 2018 [cit. 2021-04-04]. Dostupné z: <https://www.talentica.cz/robotnebo-kobot/>
- [5] KOLÍBAL, Zdeněk. Roboty a robotizované výrobní technologie. Brno: Vysoké učení technické v Brně – nakladatelství VUTIUM, 2016. ISBN 978-80-214-4828-5.
- [6] KOLÍBAL, Zdeněk a Zdeněk KADLEC. Průmyslové roboty II. Konstrukce výstupních hlavic a periférií. 1. vyd. Brno: PC DIR, 1993, 165 s. ISBN 80-214-0533-3.
- [7] MAŇAS, Miroslav. Základy robotiky. 1. vyd. Brno: VUT, 1991, 99 s. ISBN 8021402792.
- [8] TAOUFIK, Ismael. *Návrh koncového efektoru pro kolaborativní robot*. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta strojního inženýrství, 2020.
- [9] Digitální katalog: Prvky pro vakuum. SMC [online]. [cit. 2021-05-20]. Dostupné z: <https://www.smc.eu/cs-cz/produkty-a-podpora/prvky-pro-vakuum~28914~nav>
- [10] *Elektrický podtlakový uchopovač pro náročné paletizační aplikace: OnRobot VGP20 poskytuje výkonné a univerzální řešení pro paletizaci těžkých a porézních předmětů*. 69. Nádražní 32, 150 00 Praha: Technický týdeník, 2021. ISSN ISBN 80-01-01563-7.
- [11] *SCHUNK otevírá s biologicky inspirovanými adhezními mechanismy nové oblasti využití v manipulaci* 69. Nádražní 32, 150 00 Praha: Technický týdeník, 2021. ISSN ISBN 80-01-01563-7.
- [12] SKAŘUPA, Jiří. Průmyslové roboty a manipulátory [online]. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita, 2007 [cit. 2021-04-25]. ISBN 978-80-248-1522- 0. Dostupné z: http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FS/PRM/Text/Skripta_PRAm.pdf
- [13] IP Code. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-2020 [cit. 2021-04-16]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/IP_Code
- [14] Universal Robots. [offline katalogový list]. Technical details e-series [cit. 2021-04-16]. Dostupné z: <https://www.universal-robots.com/products/>
- [15] Read, Compare and Choose: The Cobots Buyers Guide is Out!. In: Workfloor: Robotics News for the Factory [online]. [cit. 2021-04-16]. Dostupné z: <https://blog.robotiq.com/read-compare-and-choose-the-cobots-buyers-guide-is-out>
- [16] BĚHÁLEK, Luboš. Polymery [online]. 17. www.publi.cz, 2015 [cit. 2021-30-03]. ISBN 978-80-88058-68-7. Dostupné z: <https://publi.cz/books/180/Cover.html>
- [17] POLYPROPYLENOVÉ DESKY: ŠEDÉ RAL 7032. Multiplast: e-shop [online]. [cit. 2021-5-19]. Dostupné z: <https://www.multiplast.cz/eshop/polypropylenove-materialy-86/polypropylenove-desky-pp-h-485>

-
- [18] Průměrné měsíční ceny plastů [online]. březen 2021 [cit. 2021-03-19]. Dostupné z: <http://www.plasticportal.cz/cs/ceny-polymeru/lm/7/>
- [19] Prodej plastů. TRIBON s. r. o.: Polotovary z technických plastů [online]. Vychodilova 15, Brno, 1993 [cit. 2021-5-19]. Dostupné z: <https://www.technicke-plasty-tribon.cz>
- [20] Ehliník.cz: Váš hliníkový obchod [online]. [cit. 2021-5-19]. Dostupné z: <https://www.ehlinik.cz/ploche-a-ctvercove-hlinikove-tyce-plochace-hranoly/kat-K300000101.html>
- [21] E - shop pohodlné nakupování. KONDOR s. r. o.: Prodej a dělení hutních materiálů [online]. Výpadová 1538, Praha 5 – Radotín [cit. 2021-5-19]. Dostupné z: <https://www.kondor.cz/e-shop-pohodlne-nakupovani/t-284/>
- [22] Keramika, kompozity, polymery. Pedagogická fakulta MU Katedra Fyziky. [Online] 1998. <http://www.ped.muni.cz/wphy/fyzvla/FMkomplet3.htm>
- [23] BĚHÁLEK, Luboš. Polymery [online]. 17. www.publi.cz, 2015 [cit. 2021-30-03]. ISBN 978-80-88058-68-7. Dostupné z: <https://publi.cz/books/180/Cover.html>
- [24] ICOSA, 2009. PlasticPortal.eu: Výstavy [online]. Nitra. [cit. 2021-20-03]. Dostupné z: <http://www.plasticportal.cz>
- [25] What is 3D Printing? The definitive guide. 3D Hubs [online]. ©2017 [cit. 2021-04-10]. Dostupné z: <https://www.3dhubs.com/what-is-3d-printing>
- [26] MAREK, Jiří. *Konstrukce CNC obráběcích strojů IV.0*. Praha: MM publishing, s.r.o, 2018, 427 stran: barevné ilustrace, fotografie. ISBN 978-80-906310-8-3.
- [27] HALAMÍČEK, L. Návrh 3D tiskárny s dvojicí tiskových hlav, Brno, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. 2017, 116 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Jan Pavlík, Ph.D.
- [28] Obecný úvod do problematiky CNC programování [online]. [cit. 2021-05-11]. Dostupné z: http://www.sosbites.cz/images/stories/Pro-studenty/studijnimaterialy/VUKOV_TEXT_-_1.ST.pdf
- [29] Návod na obrábění polotovarů technických plastů. EPP plasty [online]. 2012 [cit. 2021-5-19]. Dostupné z: <https://www.eppplasty.cz/obrabeni.php>
- [30] SCHWARZER, Jan. Stanovení součinitelů místních odporů s využitím CFD (I): Kolena. *Tzbinfo* [online]. ČVUT v Praze, Fakulta strojní, Ústav techniky prostředí, 2006, 9.10.2006 [cit. 2021-5-20]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/3577-stanoveni-soucinitelu-mistnich-odporu-s-vyuzitim-cfd-i>
- [31] DAVIM, J. Paulo. *Surface integrity in machining*. London: Springer, 2010, 215 s. : čb. fot. ISBN 978-1-84882-873-5.
- [32] 4složkový dynamometr do 200 N · m: Typ 9272. *Kistler: measure, analyze, innovate* [online]. Zelený pruh 1560/99 140 00 Praha 4 [cit. 2021-5-21]. Dostupné z: <https://www.kistler.com/en/product/type-9272/>
- [33] FITZPATRICK, Michael. *Machining and CNC technology*. New York: McGraw-Hill, 2005, 1070 s. : il. ISBN 0-07-825090-0.
- [34] Návrh. Seco Tools [online]. [cit. 2021-5-19]. Dostupné z: <https://www.secotools.com/dashboard/Suggest/Suggest>
- [35] ZP-10/X – zrychlovací přístroj [online]. Praha: NAREX MTE, 2016 [cit. 2021-05-17]. Dostupné z: https://www.narexmte.cz/system/czMTE_vcc2C3_01BB.htm
-

SEZNAM ZKRATEK A SYMBOLŮ

RFID	Radio Frequency Identification, Radiofrekvenční identifikace
UR	Universal robot, univerzální robot
PE	Polyethylen
PE HD	Polyethylen s vysokou hustotou
PE LD	Polyethylen s nízkou hustotou
PP	Polypropylen
PP HOMO	Polypropylen homopolymer
PS	Polystyrén
SB	Styren-butadien
SAN	Styren-akrylonitril
ABS	Akrylonitrilbutadienstyren
ASA	Akrylonitril – styren – akryl
PC	Polykarbonát
PA	Polyamid
PVC	Polyvinylchlorid
PVC-C	Polyvinylchlorid nachlorovaný
PVC-U	Polyvinylchlorid neměkčený
PET	Polyethylentereftalát
PTFE	Polytetrafluorethylen
HDPE	Polyethylen s vysokou hustotou
LDPE	Polyethylen s nízkou hustotou
LLDPE	Lineární polyethylen s nízkou hustotou
SAN	Styren-akrylonitril
PMMA	Polymethylmethakrylát
POM	Polyoxymethylen
PTFE	Polytetrafluorethylen
TIVAR	Polyetylen
KETRON PEEK	Polyetheretherketon
TECHTRON HPV PPS	Polyphenylene sulphide
3D	Třírozměrný
CAM	Computer aided manufacturing, počítačová podpora výroby

D	[m]	Průměr
F	[N]	Síla
n	[min ⁻¹]	Otáčky
p	[Pa]	Tlak
S	[m ²]	Plocha průřezu
S _i	[m ²]	Plocha průřezu vstupu

S_2	$[m^2]$	Plocha průřezu výstupu
v_1	$[m \cdot s^{-1}]$	Rychlost na vstupu
v_2	$[m \cdot s^{-1}]$	Rychlost na výstupu
v_c	$[m \cdot min^{-1}]$	Řezná rychlost
π	$[-]$	Ludolfovo číslo
\emptyset	$[-]$	Průměr
ε	$[-]$	Ztráty
ρ	$[g \cdot cm^{-3}]$	Hustota

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 Dělení plastů

Příloha 2 Dělení plastů prezentované firmou Tribon

Příloha 3 Vlastnosti běžných

Příloha 4 Dynamometr

Příloha 5 Spodní deska

Příloha 6 Horní deska

Příloha 7 Upínací válec

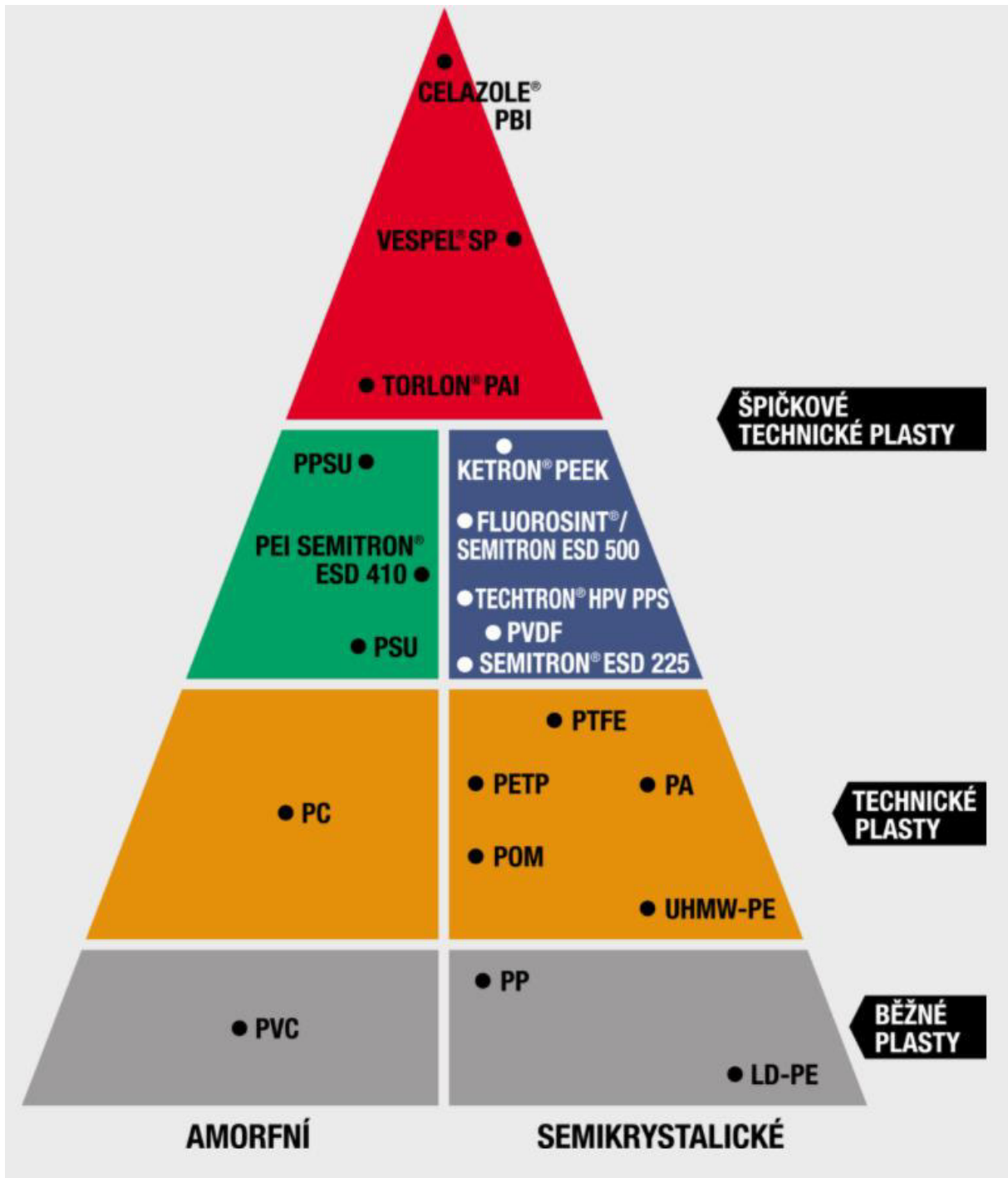
Příloha 8 Efektor

Příloha 9 Spodní deska

Příloha 10 Horní deska

Příloha 11 Efektor

Příloha 12 Spodní deska



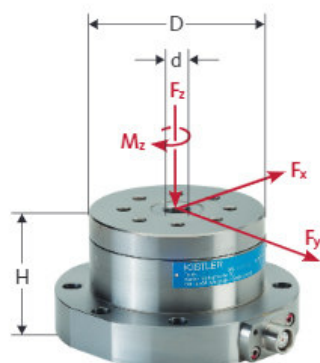
[19] Prodej plastů. TRIBON s. r. o.: Polotovary z technických plastů [online]. Vychodilova 15, Brno, 1993 [cit. 2021-5-19]. Dostupné z: <https://www.technicke-plasty-tribon.cz>

vlastnosti	Zkušební metody DIN	jednotky	PVC-U				PP		PE	PTFE
			desky		tyče	trubky	desky trubky	tyče		
			barven.	transp.						
hustota	53479	g/cm ³	1,43	1,4	1,4	1,42	0,92	0,93	0,95	2,2
mez pevnosti	53455	MPa	55	54	55	>50	34	34	23	25
průtažnost	53455	%	21	>25	>18	>15	13	13	>600	300
modul pružnosti v tahu	53457	MPa	3000	>3200	3000	3000	1350	1350	1000	400-700
vrubová houževnatost	53453	Kj/m ²	5,5	4	4	-	7	7	15	16
tvrdost (Shore)	53505	D	81	81	80	-	70	70	66	50-60
max. prac. teplota pro 20 000 hod	53460	°C	80	78	75	-	90	90	75	260
koeficient lineár. tepel. roztažnosti	53752	K x 10 ⁻⁴	0,8	0,8	0,8	0,8	1,6	1,6	1,8	1,3-1,7
tepelná vodivost	52612	W/mk	0,2	0,15	0,14	0,15	0,22	0,22	0,43	0,23
bod tání		°C	80	78	75	-	90	90	75	327
teplota křehnutí chladem		°C	-	-	-	-	-	-	-	
dielektrická pevnost	53481	kV/mm	35	20	32		>55	>55	70	>20
povrchový odpor	53482	Ohm	1013	1014	1013	1013	1013	1013	1014	>1017
dielektrická konstanta při 1 MHz	53483		3	3	3	-	2,3	2,3	2,3	2,1
hořlavost	UL94		V0	V0	V0	-	HB	HB	HB	V0
absorpce vody	53495	%	0,2	0,2	0,2	-	0,1	0,1	0,1	
netoxičita			ne	ano	ne	-	ano	ano	ano	ano
lepitelnost			ano	ano	ano	anp	omez.		ne	ne
pracovní rozsah teplot		°C	0-60	0-60	0-60	0-60	0-100	0-100	-50-80	-200-260

[19] Prodej plastů. TRIBON s. r. o.: Polotovary z technických plastů [online]. Vychodilova 15, Brno, 1993 [cit. 2021-5-19]. Dostupné z: <https://www.technicke-plasty-tribon.cz>

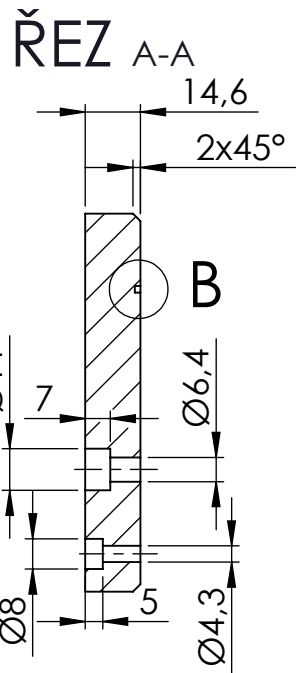
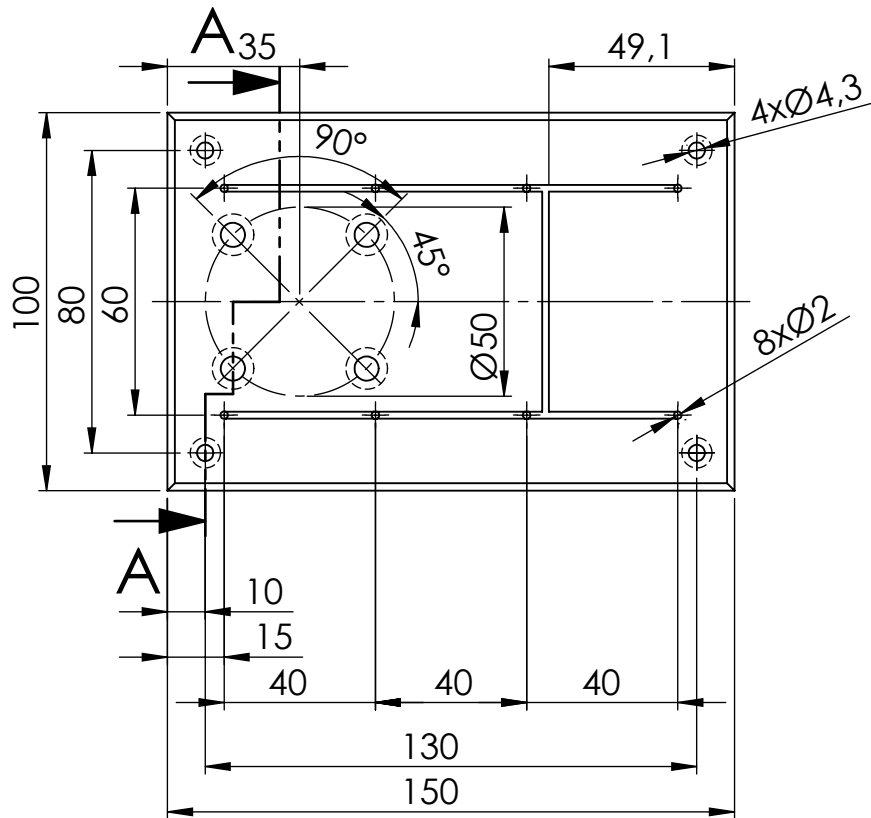
Stationary Dynamometers

4-Component Dynamometer for Cutting Force Measurement in Drilling

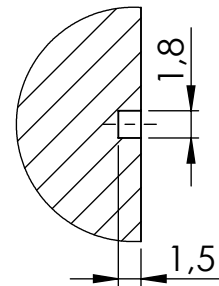


Technical Data	Type	9272
Measuring range		
F_x, F_y	kN	-5 ... 5
F_z	kN	-5 ... 20
M_z	N·m	-200 ... 200
Calibrated measuring range		
F_x, F_y	kN	0 ... 5
	kN	0 ... 0,5
F_z	kN	0 ... 20
	kN	0 ... 2
M_z	N·m	0 ... ±200
	N·m	0 ... ±20
Sensitivity		
F_x, F_y	pC/N	≈-7,8
F_z	pC/N	≈-3,5
M_z	pC/N·m	≈-160
Natural frequency		
$f_n(x), f_n(y)$	kHz	≈3,1
$f_n(z)$	kHz	≈6,3
$f_n(M_z)$	kHz	≈4,2
Pretensioning direction		
		vertikal
Operating temperature range		
	°C	0 ... 70
DxdxH		
	mm	ø100xø15x70
Weight		
	kg	4,2
Degree of protection IEC/EN 60529 (w. conn. cable)		
		IP67
Connection		
		Fischer flange 9 pol. neg.

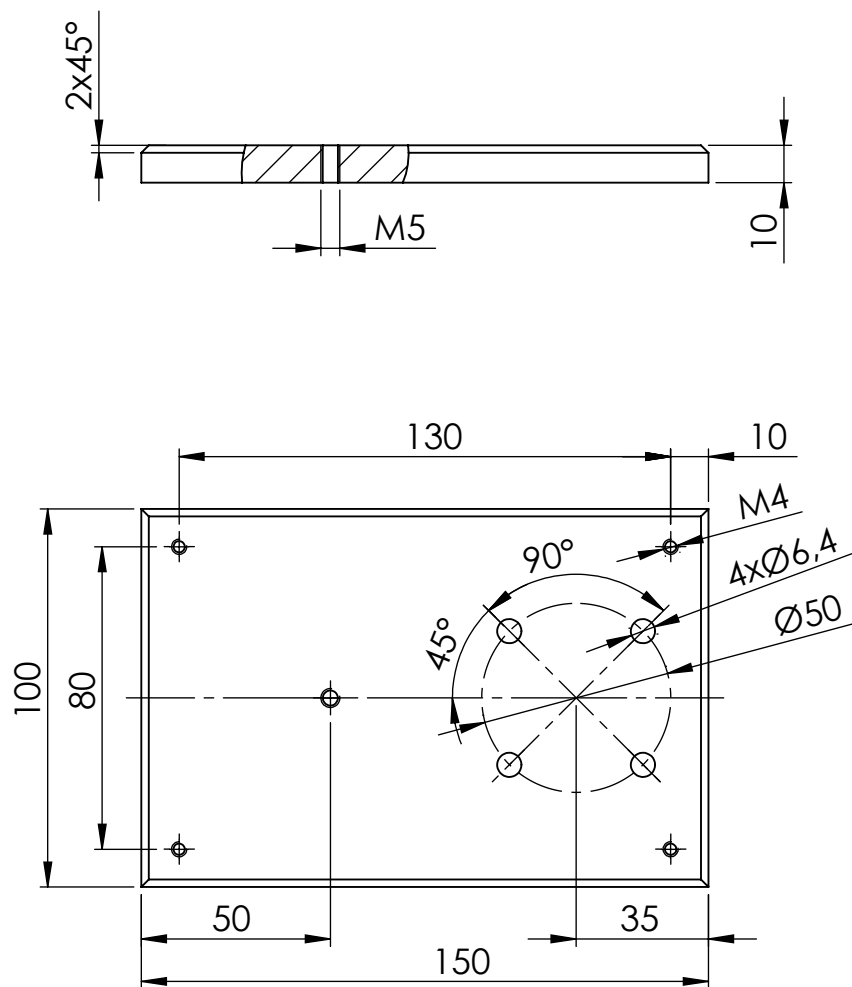
4složkový dynamometr do 200 N · m: Typ 9272. Kistler: *measure, analyze, innovate* [online]. Zelený pruh 1560/99 140 00 Praha 4 [cit. 2021-5-21]. Dostupné z: <https://www.kistler.com/en/product/type-9272/>



DETAIL B
MĚŘÍTKO 2:1

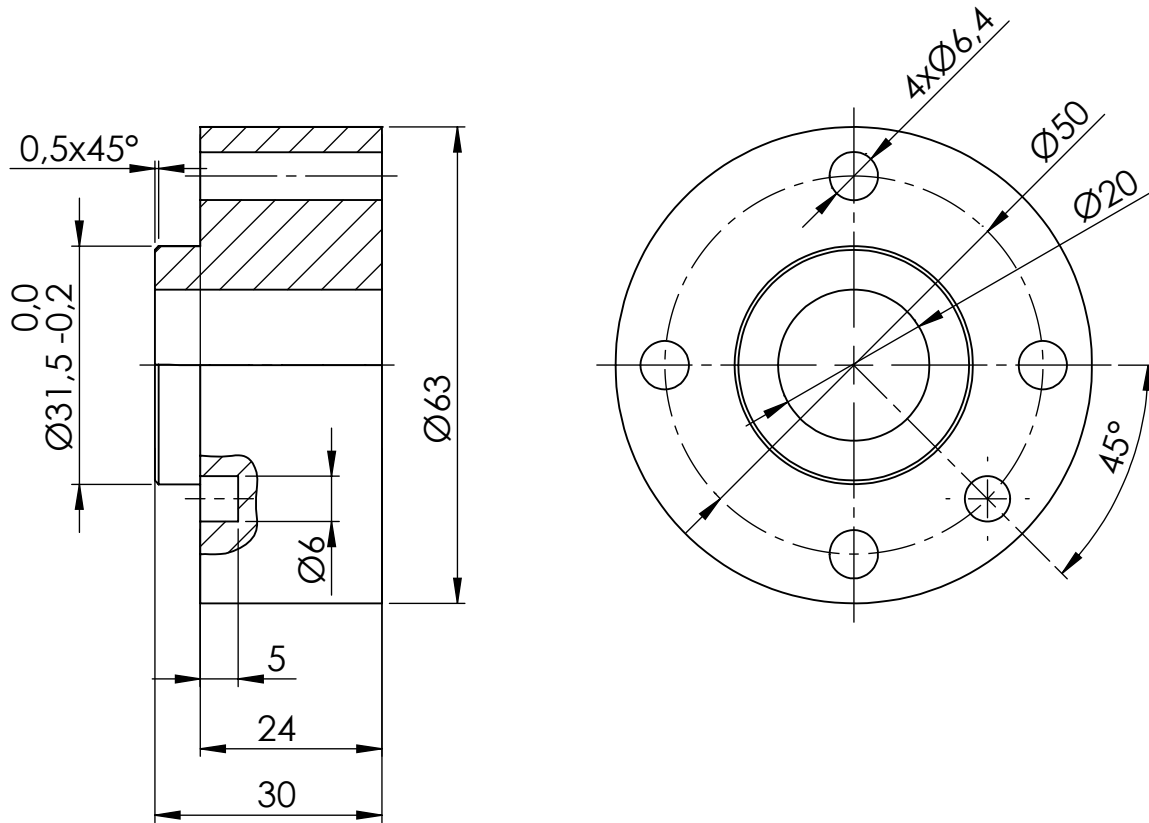


Struktura povrchu 	Hrany 	Měřítko 1:2	Přesnost ISO 2768 - mK
			Tolerování ISO 8015
			Promítání
Materiál ČSN 643050	Polotovar 150X100X14,6	Hmotnost 0,197	Chráněno podle ISO 16016
	Druh dokumentu VÝKRES SOUČÁSTI	Název SPODNÍ DESKA	
	Kreslil David Blažek	Číslo dokumentu VUT-BC-01	
	Schválil		
	Datum vydání 22.4.2021		
			List /

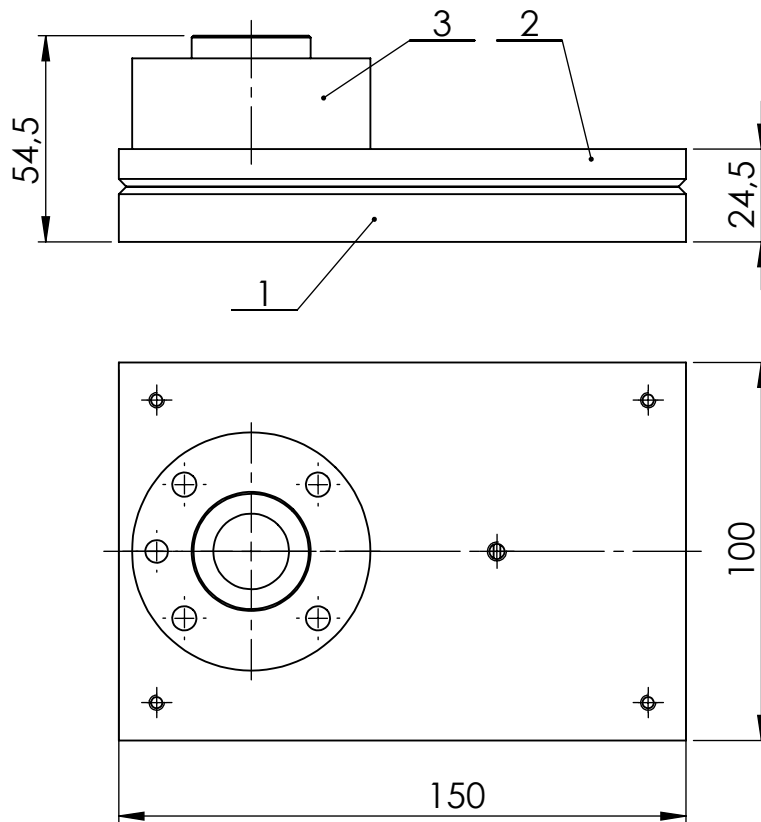


Struktura povrchu 	Hrany 	Měřitko 1:2	Přesnost ISO 2768 - mK
			Tolerování ISO 8015
			Promítání
Materiál ČSN 643050	Polotovar 150X100X10	Hmotnost 0,136	Chráněno podle ISO 16016
	Druh dokumentu VÝKRES SOUČÁSTI	Název HORNÍ DESKA	
	Kreslil David Blažek	Číslo dokumentu VUT-BC-02	
	Schválil		
	Datum vydání 22.4.2021		

List /



Struktura povrchu 	Hrany $-0,3$ $+0,3$ 	Měřítko 1:2	Přesnost ISO 2768 - mK
			Tolerování ISO 8015
			Promítání
Materiál ČSN 643050	Polotovár Ø65X35	Hmotnost 0,057	Chráněno podle ISO 16016
	Druh dokumentu VÝKRES SOUČÁSTI	Název UPÍNACÍ VÁLEC	
	Kreslil David Blažek		
	Schválil	Číslo dokumentu	
	Datum vydání 22.4.2021	VUT-BC-03	
			List /



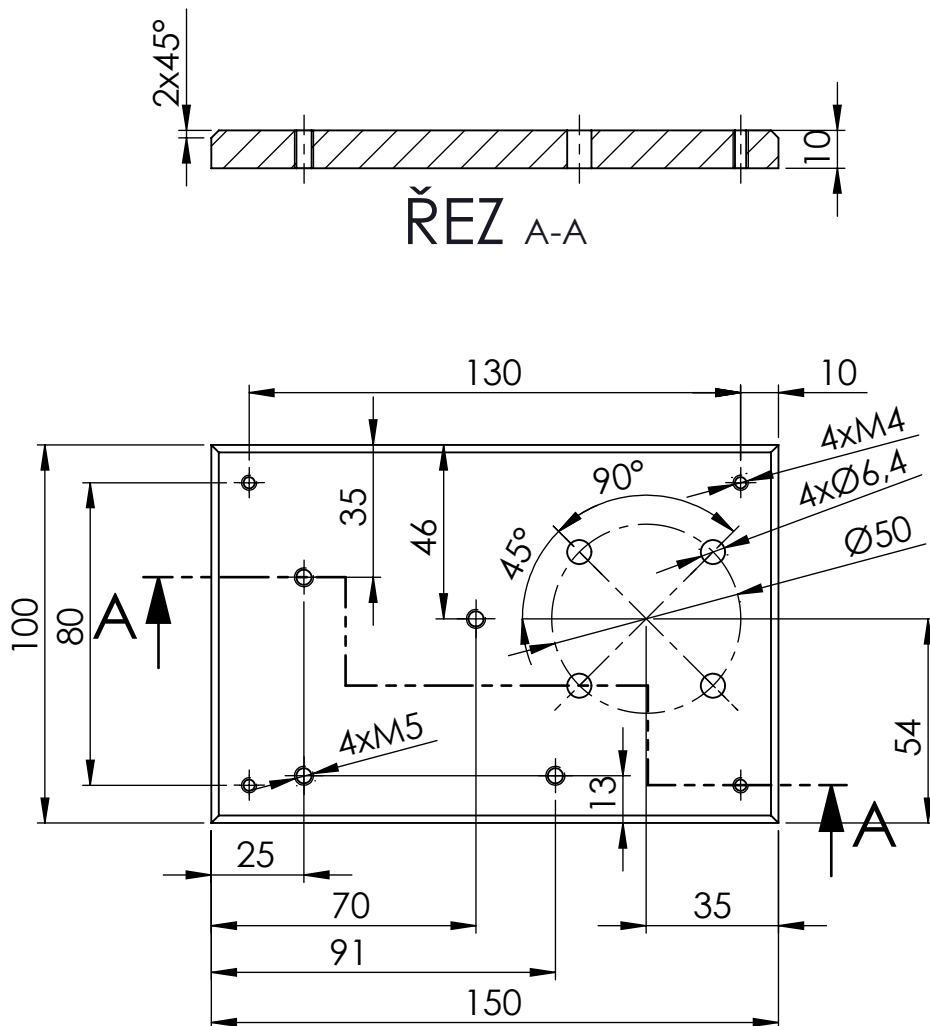
3	UPÍNACÍ VÁLEC	VUT-BC-03	0,057	1
2	HORNÍ DESKA	VUT-BC-02	0,136	1
1	SPODNÍ DESKA	VUT-BC-01	0,197	1
Č. POLOŽKY	NÁZEV	VÝKRES	HMOTNOST	MNOŽSTVÍ

Struktura povrchu	Hrany	Měřítko 1:2	Přesnost ISO 2786-MK
			Tolerování ISO 8015
			Promítání

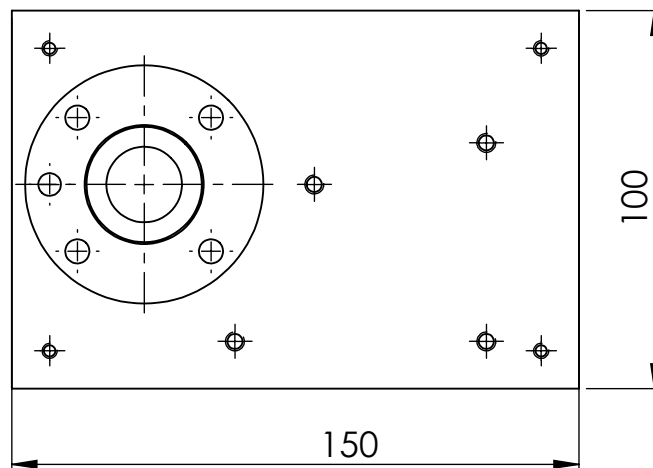
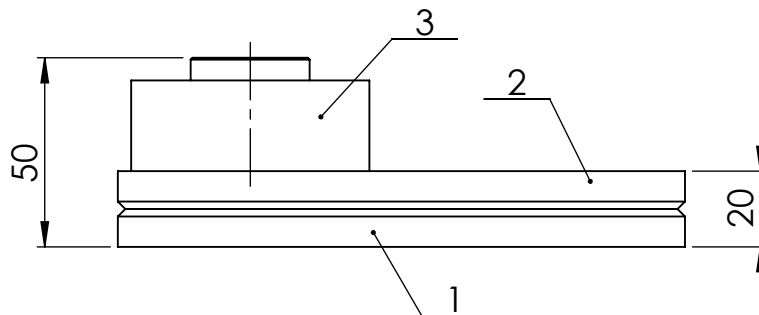
Materiál	Polotovár	Hmotnost 0,390	Chráněno podle ISO 16016
----------	-----------	----------------	--------------------------

	Druh dokumentu VÝKRES SESTAVA	Název
	Kreslil DAVID BLAŽEK	EFEKTOR
	Schválil	Číslo dokumentu
	Datum vydání 22.04.2021	VUT-BC-00

List /



Struktura povrchu 	Hrany 	Měřítko 1:2	Přesnost ISO 2768 - mk
			Tolerování ISO 8015
			Promítání
Materiál ČSN 643050	Polotovár 150x100x10	Hmotnost 0,137	Chráněno podle ISO 16016
	Druh dokumentu VÝKRES SOUČÁSTI	Název	
	Kreslil DAVID BLAŽEK	HORNÍ DESKA	
	Schválil	Číslo dokumentu	
	Datum vydání 22.4.2021	VUT-BC-11-02	
			List / 1



3	UPÍNACÍ VÁLEC	VUT-BC-03	0,057	1
2	HORNÍ DESKA	VUT-BC-11-02	0,137	1
1	SPODNÍ DESKA	VUT-BC-11-01	0,127	1
Č. POLOŽKY	NÁZEV	VÝKRES	HMOTNOST	MNOŽSTVÍ

Struktura povrchu	Hrany	Měřítko 1:2	Přesnost	ISO 2768 - mK
			Tolerování	ISO 8015
			Promítání	

Materiál	Polotovar	Hmotnost	0,321	Chráněno podle ISO 16016
----------	-----------	----------	-------	--------------------------

	Druh dokumentu	VÝKRES SESTAVY	Název	EFEKTOR
	Kreslil	DAVID BLAŽEK	Číslo dokumentu	
	Schválil		VUT-BC-11-00	List / 1
	Datum vydání	22.4.2021		

