CASE STUDIES Z PRŮMYSLOVÉ PRAXE

Zpráva o řešení praktických úloh vycházejících ze zadání průmyslové praxe formou Case studies

CASE STUDY č. 4

Název projektu:	**Zkvalitnění technického vzdělávání strojařů**
Kód projektu:	403401DYG5
Operační program:	Interreg VI-A Slovensko – Česko
Vedoucí partner:	Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava
Hlavní přeshraniční partner:	Žilinská univerzita v Žilině

Téma řešené case study:	**Návrh polohovacího přípravku pro robotické rameno**
Mentor za VŠB-TUO:	Tomáš Laňka
Firemní mentor:	Ing. Jaroslav David
Konzultant za ŽU v Žilině:	doc. Ing. Michal Šajgalík, PhD.
Zapojení studenti VŠB-TUO:	Václav Navara Ing. Robert Růžička
Zapojení studenti ŽU v Žilině:	Michal Róna Bc. Klára Huttová

Popis řešeného problému v praxi:

Současná situace na trhu nutí výrobní firmy stále snižovat své náklady a být tak konkurenceschopnými na trhu. Jednou z podstatných možností snížení nákladů na osobní chyby, vedlejší časy, mzdové náklady a další je zavedením automatizace do výroby. Není to jen osazení obráběcích strojů podavači polotovarů, ale i robotickými rameny pro odebírání hotových dílů, jejich měření a vyhodnocení.

Použití podavače tyčí pro dlouho točný automat KMX 432 je jedním z prvních kroků k automatizaci. Tímto krokem je řešena zásoba polotovarů pro bezobslužný provoz. Na druhé straně zůstává, ale stále potřeba lidského zásahu pro odběr a čištění hotových výrobků. Tuto část je možné efektivně řešit pomocí kolaborativních robotů kteří mohou součásti odebírat, čistit a ukládat do předem připravených zakladačů. Stroj samotně není vybaven zařízeními, zajišťujícím stejnou pozici hotových dílů, který by vyhovoval úchopu robotického ramene. Lopatka odebírá hotové díly z vřetene stroje a dopravuje je po „skluzavce“ mimo obráběcí prostor stroje viz Obrázek.1. Díly po dopadu mají různou pozici a pro robotická ramena, je nemožné jejich uchopení a další manipulace. Ideálním stavem je stále stejné polohování dopadajících dílů a tím možnosti jednoznačného odběru pomocí robotických ramen.
Jedním z prvních řešení je použití průmyslové kamery a softwaru, kdy je díl nasnímán a pomocí softwaru vyhodnocena informace o jeho konkrétní poloze. Informace je pak předána robotu, který flexibilně mění svou pracovní dráhu úchopové části, dle

aktuální pozice výrobku. Uváděný způsob je sice variabilní a vyřešil by problematiku odebírání obrobků, ale také je finančně náročný. Komponenty se pohybují v cenové relaci kolem 150 000,-kč a samotný vyhodnocovací software cca 100 000,-kč. Jelikož hlavním ukazatelem je ekonomická náročnost, byla zvolena cesta atypických přípravků.

Obsahem je řešení polohovacího zařízení pro dva hlavní typy vyráběných dílů a tím možnosti použití robotického ramene bez nutnosti použití vyhodnocovacího programu. První představitel zahrnuje díl tvaru čepu s přírubou a druhý hladkého čepu o různých délkách. Navrženo musí být vhodné konstrukční řešení, které bude variabilní, aby zahrnulo všechny velikosti obrobků.



Obrázek.1 Současný stav odchodu hotových dílů z obráběcího prostoru stroje[1]

Shrnutí realizace za období 04/2025 – 10/2025

V monitorovací období byla zmapována problematika výroby dílů a s firmou MD Gears s.r.o. zkonzultovány možnosti řešení od standardních, až po speciální přípravky. Hlavním ukazatelem budou pořizovací náklady a variabilita navrženého řešení.

S firemním mentorem Ing. Jaroslavem Davidem, který má dlouholeté zkušenosti s návrhy přípravků a optimalizací výrobních kroků proběhl návrh aktuálního tématu z praxe s názvem *Návrh polohovacího přípravku pro robotické rameno*. Z konzultací a průzkumu trhu vzešla nutnost pořízení speciálního polohovacího zařízení, které obsáhne všechny vyráběné velikosti vybraných představitelů. Oba přípravky budou z hliníkové slitiny z důvodu své hmotnosti (díly o nižší hmotnosti budou problematičtější – pohyb po nakloněné rovině, zadrhávání z důvodu ulpívání oleje apod.). Ze stroje je možné zasílat signál přímo k robotu s informací, kdy je díl hotov a bude dopraven mimo obráběcí prostor. Po zvážení všech možností, jsme se přiklonili k realizaci pomocí čidla, které bude dávat signál robotu o hotovém dílu (díl mimo stroj - je možné jej vyzvednout).
Byla připravena také osnova celkové náplně studie, která bude rozdělena do částí:

3) První část je zaměřena na možnosti konkrétního robotického ramene UR20 – jeho variabilita úchopu vyrobených dílů.
3) Druhá část je zaměřena na návrhy konkrétního řešení polohovacích přípravků pro zvolené představitele.
3) Třetí část zahrnuje samotnou realizaci a testování v provozních podmínkách.

Stanovené cíle studie/experimentu:

- návrhy polohovacích přípravků pro zvolené díly,

- výběr vhodného řešení,
- výroba a testování navržených řešení polohovacích přípravků,
- vyhodnocení z pohledu celkových finančních úspor.

Do probírané problematiky byli zapojeni studenti z VŠB – TUO a ŽU v Žilině, kteří spolupracovali při návrzích a podíleli se na dílčích cílech studie. Během sledovaného monitorovacího období proběhlo se studenty a mentorem několik online koordinačních schůzek, kde byli všichni členové informování o náplni studie, jednotlivých posunech v mapování výrobního procesu, zadány úkoly a následně společně vyhodnocovány k úspěšnému naplnění dané case study.

Popis výsledku:

Automatizaci odběru součástí z navržených polohovacích přípravků zajistí kolaborativní robot UR20 od společnosti Universal Robots. Uváděný model představuje nejmodernější řešení v portfoliu výrobce a je charakterizován jako nejrychlejší kolaborativní robot s vysokou nosností, který byl navržen pro náročné průmyslové aplikace.
Použití kolaborativní technologie UR20 zajišťuje, že proces odběru součástí bude nejen rychlý a produktivní, ale díky přesným a bezpečným nástrojům na konci ramene také bezpečný pro obsluhující personál. To umožňuje automatizaci bez nutnosti instalace rozsáhlých bezpečnostních bariér, které vyžadují tradiční průmyslové roboty. [2]

Technické parametry a konstrukce

- Model UR20 vyniká kombinací dlouhého dosahu a značné síly, což umožňuje jeho nasazení i v prostorově náročnějších aplikacích. Mezi jeho klíčové technické specifikace patří:
- **dosah –** maximální pracovní dosah činí 1750 mm, což je nejdelší hodnota v rámci robotů této řady, umožňující obsluhu strojů na větší vzdálenost, [2]
- **kompaktní rozměry –** i přes vysoký výkon si UR20 zachovává malé rozměry s průměrem základny (stopou) pouhých 245 mm a celkovou hmotností 64 kg, díky čemuž jej lze instalovat téměř kdekoli ve stávající výrobní hale. [2]

Využití v procesu manipulace s materiálem

- Hlavním úkolem robota je efektivní manipulace s materiálem, konkrétně odběr orientovaných kusů z přípravku a jejich následné přemístění. Kolaborativní roboti jsou v tomto případě ideální volbou, protože dokážou zefektivnit pracovní postupy při velmi malé zastavěné ploše. V kontextu navrženého pracoviště nabízí UR20 následující výhody:
- **přesné ovládání pohybu –** i při vyšších rychlostech se UR20 vyznačuje vynikajícím ovládáním pohybu, které zajišťuje plynulé a zároveň přesné pohyby. To je nezbytné pro bezpečný vjezd chapadla do těsného prostoru polohovacího přípravku, [2]
- **automatizace opakujících se úkolů –** kolaborativní roboti dokážou zvládat opakující se úkoly manipulace s materiálem, které obvykle zahrnují nakládání a vykládání dílů nebo přesun kusů po přesně stanovené dráze, [3]

- **flexibilita nasazení –** díky intuitivnímu rozhraní lze robota podle potřeby přeprogramovat a díky jeho malým rozměrům a nízké hmotnosti, rychle a snadno nasadit v případě změny polohovacího přípravku,[3]
- **všestrannost –** robot je všestranný a umožňuje automatizovat aplikace od manipulace s materiálem přes paletizaci a obsluhu strojů až po svařování či broušení a leštění. [3]

Koncové chapadlo

Pro zajištění spolehlivého odběru součástí z polohovacích přípravků je nutné robotické rameno UR20 osadit vhodným koncovým efektorem. Jako optimální řešení se jeví použití kolaborativních chapadel řady RG od společnosti OnRobot. V rámci návrhu jsou zvažovány dvě varianty: RG2 a RG6. Obě chapadla jsou plně integrována do ekosystému Universal Robots, což umožňuje jejich snadné ovládání přímo přes rozhraní robota, bez nutnosti externí kabeláže. [4], [5]

Výběr konkrétního modelu závisí na hmotnosti manipulovaných obrobků a potřebném rozsahu rozevření čelistí. Tabulka 1 popisuje klíčové rozdíly mezi oběma modely na základě jejich technických listů.

Tabulka 1 Technické parametry chapadel [4] [5]

Technický parametr	Jednotka	RG2 (Gripper)	RG6 (Gripper)
Celkový zdvih (nastavitelný)	[mm]	0–110	0–160
Svěrná síla (nastavitelná)	[N]	3–40	25–120
Hmotnost produktu	[kg]	0,65	1
Přesnost opakování	[mm]	0,1 – 0,2	0,15 – 0,3
Rozlišení polohy prstů	[mm]	0,1	

OnRobot RG2: Varianta RG2 je vhodná pro jemnější manipulaci. Její hlavní výhodou je vyšší přesnost opakování 0,1 mm a nižší vlastní hmotnost pouhých 0,65 kg, což minimálně zatěžuje užitečné zatížení robota. Se zdvihem 110 mm je plně dostačující pro vyráběné čepy a trysky. Svěrná síla do 40 N je ideální pro lehčí součásti, kde nehrozí deformace povrchu
(viz Obrázek-2). [4]



Obrázek 2 Chapadlo RG2 [4]

OnRobot RG6:

Model RG6 je robustnější verzí určenou pro těžší nebo objemnější kusy (viz Obrázek 3). Nabízí výrazně vyšší svěrnou sílu až 120 N, což je výhodné při vysokorychlostních pohybech robota UR20, kdy na obrobek působí větší setrvačné síly. Větší zdvih (160 mm) poskytuje vyšší flexibilitu, pokud by se v budoucnu spektrum vyráběných trysek rozšířilo o kusy s velkým průměrem. [5]



Obrázek 3 Chapadlo RG6

Při finálním rozhodování mezi modely OnRobot RG2 a RG6 byly klíčovými faktory především technické požadavky na přesnost manipulace a fyzikální vlastnosti odebíraných součástí (čepů a trysek). Vzhledem k tomu, že se jedná o kovové obrobky s nízkou hmotností, které jsou v přípravku typu A i B fixovány s vysokou opakovatelností, jeví se jako preferovaná varianta model RG2.

Využití standardních a modifikovaných čelistí

V základní konfiguraci budou pro manipulaci využívány originální prsty dodávané výrobcem OnRobot, které se vyznačují rovnou úchopovou plochou opatřenou gumovou vrstvou. Tato gumová povrchová úprava je klíčová pro zajištění vysokého koeficientu tření mezi čelistí a kovovým obrobkem, což zabraňuje prokluzu čepu nebo trysky i při nižších svěrných silách.

- **optimalizace úchopu –** v případě, že by standardní rovné čelisti nevykazovaly dostatečnou stabilitu při manipulaci s obrobky, je navržena výroba specificky tvarovaných čelistí z materiálu PET-G. Čelisti budou přesně kopírovat negativní tvar obrobku, čímž se zvětší styčná plocha a zvýší bezpečnost úchopu,

- **řešení opotřebení a havárií –** při dlouhodobém provozu v průmyslovém prostředí může dojít k mechanickému poškození nebo nadměrnému opotřebení kontaktních ploch prstů. Díky připraveným CAD modelům a dostupnosti 3D tisku přímo na pracovišti, je možné vyrobit náhradní sadu prstů během

několika hodin za minimální náklady, čímž se předchází dlouhým odstávkám linky při čekání na náhradní díly od dodavatele,

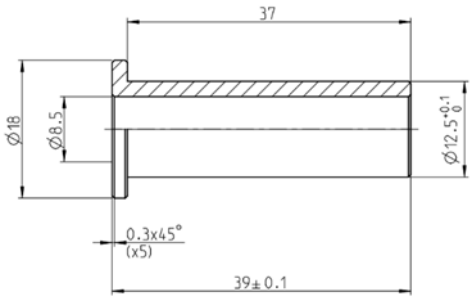
zpětná vazba procesu – obě zvažované varianty plně spolupracují s integrovaným senzorem detekce úchopu. Robot tak v reálném čase vyhodnotí, zda byl kus úspěšně odebrán z přípravku, nebo zda došlo k chybě, což zvyšuje celkovou autonomii pracoviště. [3]

Část 2 - řešení polohovacích přípravků pro zvolené představitele

Za představitele byly vybrány dva typy součástí - čep s přírubou a čep.

Návrh přípravku pro představitele součástí typu “A”

Cílem je konstrukční návrh specializovaného polohovacího přípravku, který je určen pro proces výroby dílů tvaru čep, (viz obrázek 4) nebo jiných válcovitých součástí s čelním osazením o průměru 6-10mm. Vzhledem k plánovanému objemu výroby, který přesahuje 1 000 kusů, vyvstává naléhavá potřeba maximální optimalizace celého cyklu. Návrh zařízení je tedy primárně motivován snahou o výraznou minimalizaci vedlejších časů, což přímo přispívá ke zvýšení efektivity a plynulosti automatizovaného výrobního procesu.



Obrázek 4 Náčrt představitele součásti tvaru čepu s přírubou

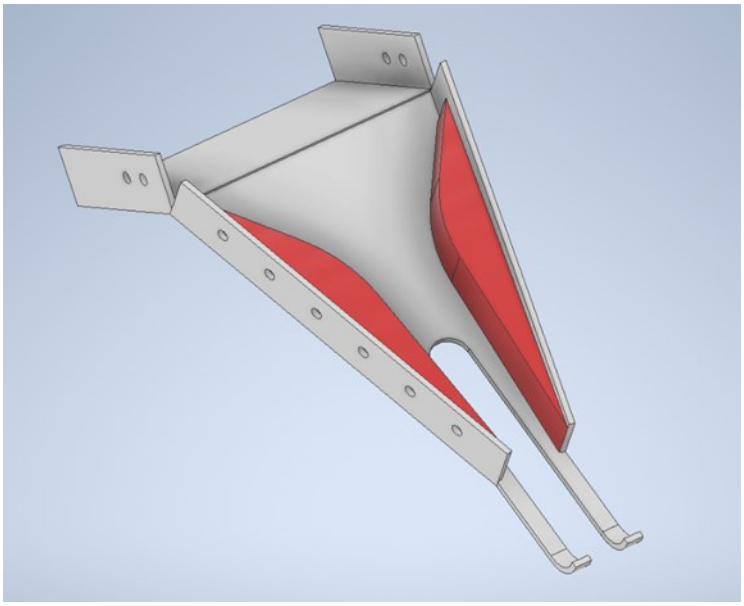
Navrhované technické řešení bude založeno na principu gravitačního usměrnění obrobku do přesně vymezené koncové polohy. Celý proces bude začínat v okamžiku, kdy hotový čep opustí pracovní prostor stroje a dopadne do horní části skluzu. Pro eliminaci náhodných odrazů a zajištění plynulosti pohybu bude vnitřní prostor přípravku vybaven vodítky, která budou mít za úkol udržet součást v centrální ose skluzu a směrovat ji k jeho zúžené části. [6]

Samotné polohování bude využívat geometrie čepu, konkrétně rozdílu mezi průměry jeho těla a čelního osazení. Konstrukce přípravku v koncové části, tzv. kolébce, bude navržena s průchozí drážkou, jejíž šířka bude lehce větší než průměr dříku čepu, ale menší než průměr čelního osazení. Uvedený konstrukční detail zajistí, že čep nepropadne a zůstane vyset za osazení.

Takto fixovaný čep bude vyčnívat z přípravku v konstantní a opakovatelné pozici, což umožní robotickému rameni najíždět do stejného bodu v prostoru. Robot tak bude moci bezpečně přistoupit k obrobku a provést jeho odběr, bez nutnosti senzorické korekce polohy.

Významným přínosem navrhovaného konstrukčního řešení je jeho vysoká míra adaptability na rozměrové změny v rámci dané typové řady obrobků. Jelikož bude přípravek fixovat součást

výhradně za její čelní osazení, stává se proces polohování nezávislým na celkové délce čepu. V případě, že se v rámci výrobní série změní délka dříku, nebude nutné provádět žádné mechanické úpravy ani měnit celý přípravek.



Obrázek 5 model přípravku typu „A“

Při volbě materiálu pro konstrukci polohovacího přípravku je kladen důraz na mechanickou odolnost, dlouhou životnost a schopnost odolávat specifickým podmínkám ve výrobě. Z těchto důvodů je navržen korozivzdorný plech o tloušťce 2 mm. Tloušťka 2 mm představuje ideální kompromis mezi dostatečnou tuhostí konstrukce, jelikož se nebude jednat o nějak zvlášť těžké výrobky, a také dobrou technologičností při stříhání a ohýbání plechu.

Volba materiálu těla přípravku

Konkrétně se bude jednat o korozivzdornou ocel označenou dle DIN X5 CrNi, která je nejběžněji užívanou ocelí, známou také pod pojmem „potravinářská ocel“. Z hlediska metalurgie jde o austenitickou svařitelnou nestabilizovanou korozivzdornou ocel, která obsahuje 18 % chromu a 10 % niklu. Ocel je vhodná především pro prostředí oxidační povahy, přičemž odolává silným anorganickým kyselinám při velmi nízkých koncentracích a v oblasti běžných teplot, což plně vyhovuje podmínkám ve strojírenské výrobě s výskytem řezných kapalin.

Ocel je vhodná k tváření za studena, umožňuje přesné ohýbání, což jsou klíčové pro dosažení požadovaného tvaru přípravku. [7] [8]

Z hlediska mechanických vlastností vykazuje korozivzdorná ocel dle DIN X5 CrNi specifické hodnoty, které definují její chování při zatížení. Materiál má pevnost v tahu v rozmezí 500 až 700 $N \cdot mm^{-2}$, tvrdost do 215 HB a hustotu 7,9 $kg \cdot dm^{-3}$ při teplotě 20 °C. [7]

Vzhledem k charakteru aplikace, kde přípravek slouží především k usměrnění pohybu lehkých obrobků (čepů s přírubou) a jejich statické fixaci pro robotický odběr, nebude materiál vystaven namáhání, které by se blížilo jeho mezím pevnosti. Podobně i tvrdost materiálu je v tomto případě druhotným faktorem, neboť ochranu proti otěru

a tlumení rázů budou primárně zajišťovat instalovaná plastová vodítka. Hlavní důraz je tedy kladen na korozivzdornost a technologickou tvárnost, zatímco tabulkové mechanické hodnoty slouží spíše jako potvrzení robustnosti zvoleného 2 mm plechu.

Návrh výroby a materiálu vodítek přípravku typu „A“

Hlavní konstrukční výhodou přípravku pro výrobky typu “A” je jeho modularita, které je dosaženo využitím výměnných plastových vodítek. Vodítka byla navržena s ohledem na variabilitu výroby, konkrétně pro skupinu válcových čepů s čelním osazením.

Primární funkcí vodítek je přesné směrování výrobku do odběrové pozice. Pro výrobu je zvolena aditivní technologie (3D tisk). Hlavním důvodem pro volbu této metody je skutečnost, že 3D tisk představuje v současnosti nejdostupnější a nejflexibilnější způsob výroby plastových součástí. Umožňuje rychlou výrobu prototypů i finálních dílů s komplexní geometrií bez nutnosti investic do drahých forem nebo speciálních – mnohdy tvarových řezných nástrojů.

Díky rozebíratelnému spojení mezi ocelovým tělem přípravku a plastovými vodítky je možné systém snadno adaptovat na různé rozměrové řady vyráběných dílů. V případě změny výroby (např. při požadavku na čepy s jiným průměrem nebo délkou) není nutné vyrábět celý přípravek znovu, ale postačuje pouze výměna plastových vodítek, která jsou geometricky přizpůsobena konkrétnímu výrobku.

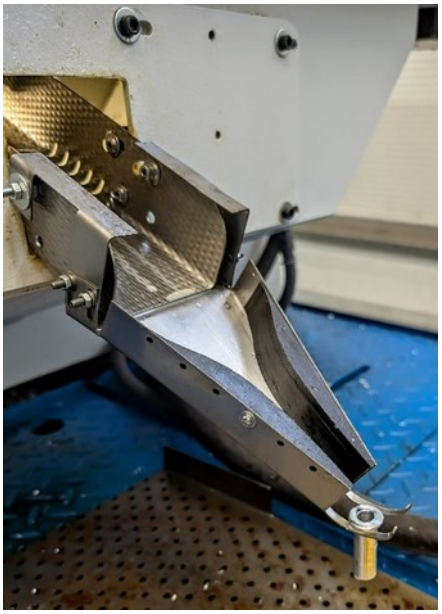
Takovýto přístup výrazně snižuje náklady na změnu sortimentu a zvyšuje životnost celého zařízení. Tělo přípravku - základna zůstává univerzální a mění se pouze specifické kontaktní části (vodítka) vyrobená technologií 3D tisku.

Vhodným materiálem pro výrobu plastových vodítek byl zvolen polyethylentereftalát-glykol (dále jen PET-G). Materiál PET-G byl vybrán pro svou kombinaci mechanické odolnosti a snadné tiskové zpracovatelnosti. Mezi jeho klíčové vlastnosti, které jsou pro aplikaci podstatné, patří:

- **vynikající přilnavost vrstev** PET-G je charakteristický velmi dobrým spojením jednotlivých vrstev při tisku, což zajišťuje vysokou pevnost a robustnost výsledného dílu. Soudržnost je natolik vysoká, že při správném nastavení parametrů tisku dosahují stěny dílu mimořádné těsnosti. [9]
- **mechanická odolnost a pružnost** materiál spojuje pevnost čistého polyethylentereftalátu s vysokou rázovou houževnatostí. Díky své pružnosti je PET-G ideální pro díly, které musí dlouhodobě odolávat opakovanému mechanickému zatížení, jako je právě dopad čepů na vodítka přípravku. [9]
- **chemická odolnost** významnou výhodou je odolnost vůči vodě a široké škále chemikálií. Tato vlastnost rozšiřuje možnosti použití přípravku v průmyslovém prostředí, kde součásti přicházejí do styku s řeznými (většinou emulzními) kapalinami a mazivy. [9]
- **uživatelská přívětivost při tisku** v technické praxi je PET-G stále oblíbenější u uživatelů, kteří vyžadují vyšší mechanickou pevnost, než jakou nabízí Polylactic Acid tedy PLA. Samotný tisk z PET-G je mnohem jednodušší než z náročnějších materiálů, jako jsou ABS, ASA nebo nylon.[9]

Finální montáž přípravku pro díly typu “A”

Po vypálení tvaru těla přípravku je polotovar ohnut dle zadání do finálního tvaru. Před samotnou montáží na stroj je tělo přípravku osazeno plastovými vodítky. Vzhledem k požadavku na snadnou údržbu jsou vodítka zajištěna mechanicky pomocí šroubů. Kompletní sestava je, instalována zase pomocí šroubů na výstup ze stroje viz obrázek 6.

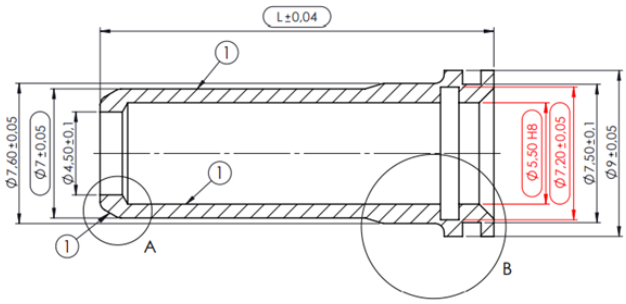


Obrázek 6 Umístění polohovacího přípravku pro díly typu "A" na stroji

Návrh přípravku pro představitele součástí typu "B"

Koncepční návrh druhého polohovacího zařízení, které je v rámci práce označeno jako přípravek typu "B" je určen pro obrobky typu hladkého čepu, (příklad trysky viz Obrázek č. 7) nebo jiného válcovitého obrobku v rozmezí 6-10mm. Vzhledem k odlišnému tvaru trysky oproti čepu vyžaduje návrh komplexnější přístup k vedení a polohování kusu.

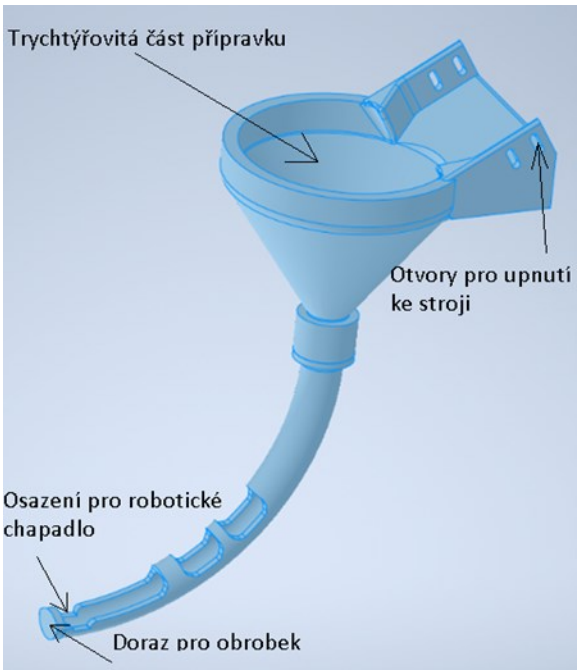
Stejně jako u předchozí varianty, i tento přípravek bude navržen jako pasivní systém využívající gravitační sílu. Hlavním úkolem mechanismu je přijmout trysku v libovolném okamžiku jejího uvolnění z výrobního stroje a pomocí soustavy vodicích drah ji nepolohovat vždy do stejné polohy připravené pro odběr.



Obrázek 7 Náčrt představitele součásti tvaru hladkého čepu

Návrh se musí vypořádat se specifickým zadáním, kdy je v rámci výrobní série produkováno několik variant trysek (tvaru hladkého čepu) s proměnlivou celkovou délkou. Cílem je tedy vyvinout jeden univerzální přípravek, který zajistí napolohování bez ohledu na to, jak je trysky dlouhá. Toho je možné dosáhnout zapolohováním dílu do vodorovné pozice, ze které je možné bezpečně robotickým ramenem odebrat.

Pro realizaci celého těla přípravku typu “B” byla zvolena pokročilá aditivní technologie Selective Laser Sintering (dále jako SLS). Technologie SLS pracuje na principu selektivního spékání práškového materiálu pomocí laserového paprsku, což umožňuje výrobu monolitických dílů s vysokou tvarovou svobodou.



Obrázek 8 Návrh přípravku pro díly typu „B“

Volba technologie SLS pro výrobu přípravku typu “B” přináší několik zásadních technických výhod, které přímo řeší problematiku komplexní geometrie vodicích drah. Metoda byla upřednostněna před běžným 3D tiskem z dilamentu především z důvodu specifických nárokům na vnitřní uspořádání kanálku. Hlavní přínosy zvolené technologie lze shrnout do následujících bodů:

- **realizace komplexní vnitřní geometrie –** technologie odstraňuje limity kladené geometrií klasických řezných nástrojů a umožňuje vytvořit naprosto plynulé přechody a vnitřní křivky,
- **absence podpůrných konstrukcí –** v průběhu výrobního procesu slouží nespečený prášek jako přirozená opora pro další vrstvy, což dovoluje výrobu i velmi složitých vnitřních dutin bez nutnosti následného mechanického odstraňování podpěr,
- **zajištění plynulosti vodicích drah –** díky absenci podpěr v uzavřených částech kanálku zůstávají funkční plochy hladké, což je naprosto klíčové pro to, aby se tryska při průchodu přípravkem nezasekla a vlastní vahou sklouzla do požadované polohy,
- **vysoká tvarová svoboda a přesnost –** proces spékání vrstev laserem umožňuje dosáhnout vysoké rozměrové přesnosti a detailního vykreslení náběhových hran, které jsou nezbytné pro správné usměrnění obrobku,

- **efektivita prototypování –** technologie umožňuje v případě potřeby provést rychlou korekci vodicí dráhy v CAD softwaru a během několika hodin vyrobit novou, optimalizovanou verzi bez nutnosti měnit výrobní postup. [10]

Jako konstrukční materiál byl vybrán EOS PA 2200 (dále jen PA 2200), což je jemný bílý prášek na bázi Polyamidu 12. Materiál je v průmyslu standardem pro technologii SLS díky své vyvážené kombinaci vlastností. Klíčové mechanické a fyzikální vlastnosti:

- **vysoká pevnost a tuhost –** materiál vykazuje vynikající mechanickou odolnost, což je nezbytné pro součásti, které jsou vystaveny neustálému kontaktu s kovovými obrobky,
- **chemická odolnost –** PA 2200 je odolný vůči většině paliv, olejů a řezných kapalin. To je pro tuto aplikaci kritické, neboť přípravek přichází do styku se zbytky emulzí z obráběcích strojů,
- **biokompatibilita a stabilita –** materiál PA 2200 je charakteristický svou stabilitou, ačkoliv vykazuje mírnou hygroskopičnost (schopnost pohlcovat vlhkost). V solných nebo vlhkých prostředích může dojít k mírnému nárůstu hmotnosti (kolem 0,5–1,2 % v závislosti na orientaci tisku), což však nemá zásadní vliv na rozměrovou přesnost vodicího kanálu přípravku, [10]
- **izotropní chování –** díky technologii spékání laserem mají výsledné díly velmi dobré mechanické vlastnosti ve všech směrech, což u složitého kolínka zabraňuje praskání v místech ohybu.

O materiálu PA 2200 je třeba vzít v úvahu, že dlouhodobé vystavení agresivním látkám (např. soli nebo vysoce koncentrované emulze) může mírně ovlivnit mez kluzu a materiálu. Pro účely polohovacího přípravku, který není vystaven extrémnímu cyklickému namáhání v tahu, jsou tyto změny zanedbatelné. Klíčovým faktorem zůstává otěruvzdornost, volba materiálu PA 2200 je plně funkční a zaručuje tak dlouhou životnost vodících ploch i při vysokém počtu cyklů robotického odběru.

Při testování funkčnosti prototypu přípravku typu “B” v reálném výrobním prostředí byl identifikován kritický problém související s přítomností řezných kapalin na povrchu obrobků. Trysky opouštějí pracovní prostor stroje značně znečištěné chladicí emulzí. V průběhu pracovní směny, docházelo k postupnému vysychání této kapaliny na vnitřním povrchu vodicí dráhy přípravku, což vedlo k vytvoření lepivého filmu z mírně zaschlé mastnoty.

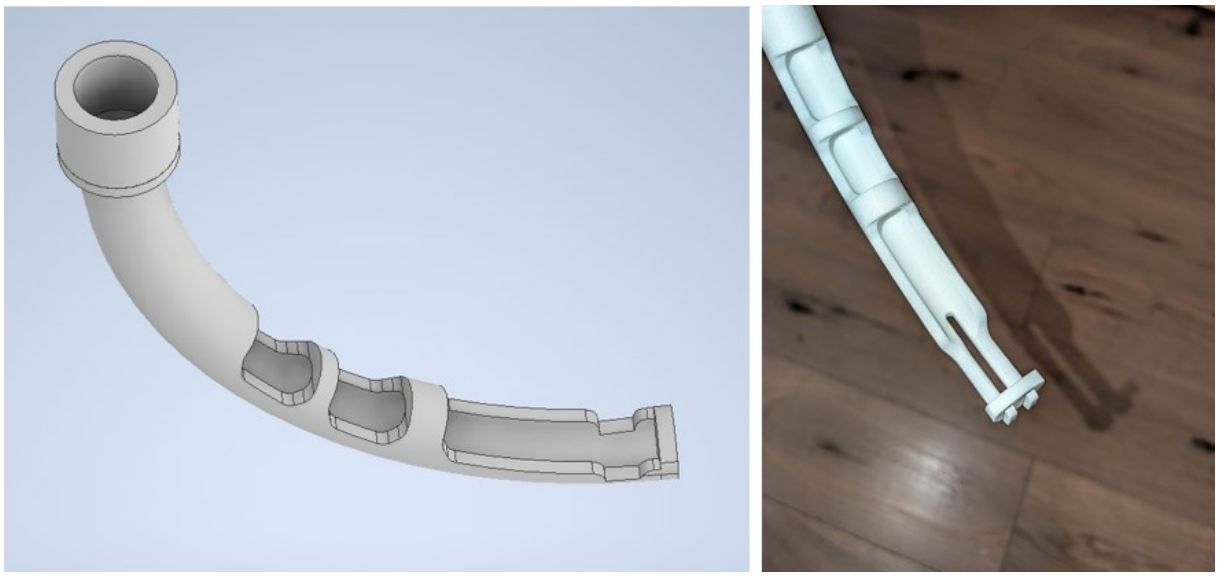
Příslušný jev negativně ovlivnil kluzné vlastnosti vodicího kanálu. Trysky vlivem zvýšeného tření nedojížděly až k dorazu a docházelo k jejich zasekávání v zakřivené části dráhy (viz Obrázek 9 levá část). Takový stav je nepřípustný, neboť narušuje cyklus robotického odběru a vyžaduje manuální zásah obsluhy.

Z výše uvedených důvodů byl navržen a realizováno vylepšení vodicího kolínka. Hlavní změnou oproti původnímu uzavřenému profilu (viz Obrázek 9 pravá část) je implementace podélné odkapávací drážky v koncové části přípravku.

Následující úprava přináší několik klíčových výhod:

- **odvod nečistot –** otevřený profil umožňuje průběžný odtok přebytečné kapaliny a odpadávání drobných nečistot (např. zbytkových třísek) mimo vodicí dráhu, čímž se zabraňuje jejich hromadění,
- **snížení kontaktní plochy –** drážka výrazně zmenšuje plochu, po které se obrobek pohybuje, čímž se redukuje vliv adhezních sil způsobených zasychající emulzí,
- **zvýšení provozní spolehlivosti –** i při větším znečištění emulzí je nyní zajištěno, že tryska díky gravitaci je dopravena s vysokou spolehlivostí, až do definované pozice pro odběr.

Nová verze dílu byla opět vyrobena technologií 3D tisku z materiálu PET-G, což umožnilo velmi rychlou implementaci této změny do výrobního procesu. Zkušenost potvrzuje dříve zmíněnou výhodu aditivní výroby, kdy lze na základě reálných dat z provozu operativně modifikovat geometrii složitého dílu bez vysokých nákladů na nové nástroje.



Obrázek 9 - levá část uzavřený vodicí kanálek; pravá část upraveny kanálek s drážkou a vyztuženým dorazem

Odzkoušení upraveného přípravku pro díly typu “B” bylo provedeno na stroji KMX stejně jako u verze přípravku pro díly typu “A”. Přípravek je namontován na výstupní část stroje a ukotven šrouby.



Obrázek 10 Umístění polohovacího přípravku pro díly typu "B" na stroji

Závěr

Zavedením obou přípravků do provozu spolu s robotickým ramenem UR20 a chapadlem OnRobot RG došlo k úplné eliminaci lidského faktoru při manipulaci s hotovými díly. Při doplnění o kontrolní pracoviště dojde k zásadnímu posunu k automatizovanému provozu. Navržená řešení jsou funkční a efektivní pro nasazení v moderním průmyslovém provozu.

Přípravek pro součásti typu "A" - byl navržen jako hybridní konstrukce využívající tělo z oceli dle DIN X5 CrNi a plastová vodítka z materiálu PET-G. Uváděné řešení zajišťuje vysokou odolnost proti řezným kapalinám a šetrnou manipulaci s obrobkem.

Přípravek pro součásti typu "B" - v průběhu testování prototypu pro druhý zvolený typ součástí (tryska) byl identifikován problém se zasekáváním kusů vlivem zasychající emulzní kapaliny. Na základě těchto zkušeností, byla provedena zásadní změna vodicího kolínka. Implementace podélné odkapávací drážky a spodních zpevňujících výztuh zajistila spolehlivý odvod nečistot a plynulý dojezd obrobku do koncové polohy.

Univerzálnost řešení: Navržený systém je díky své geometrii vhodný nejen pro trysky, ale i pro širší spektrum válcových obrobků s průměry v rozmezí 6 až 10 mm.

Literatura:

[1] Tajmac-ZPS Dlouhotočné automaty Manuhrin [online]. [cit. 2025-08-13]. Dostupné na: https://www.tajmac-zps.cz/dlouhotocny-cnc-automat-k%E2%80%99mx-432

[2] *UR20*. Online. Universal Robots. © 2026. [online]. [cit. 2026-04-21] Dostupné na: https://www.universal-robots.com/products/ur20/.

[3] *Material handling with collaborative robots*. [online]. [cit. 2026-04-21] Universal Robots. 2026. Dostupné na: https://www.universal-robots.com/applications/material-handling/.

[4] *RG2 GRIPPER*. Online. DREAMland. 2026. Dostupné z: https://www.dreamland-robots.cz/produkty/rg2-gripper/. [cit. 2026-04-21]

[5] *RG6 GRIPPER*. Online. DREAMland. 2026. [online].[cit. 2026-04-21] Dostupné na: https://www.dreamland-robots.cz/produkty/rg6-gripper/.

[6] MRKVICA, M. Přípravky a obráběcí nástroje: II. díl, Přípravky. Ostrava : Ediční středisko VŠBTechnická univerzita Ostrava. 1991.

[7] *Jakost 1.4301/7 (ČSN 17240, 17 241, AISI 304, DIN X5 CrNi)*. [online].[cit. 2026-04-21] ARTEON. 2026. Dostupné na: https://www.atreon.cz/jakost-1-4301/.

[8] *1.4301 | AISI 304 | ČSN 17240 | X5CrNi18-10 | Austenitická ocel*. [online]. [cit. 2026-04-21] AGST Draht & Biegetechnik GmbH. Dostupné z: https://www.agst.de/4301?lang=cs.

[9] *Co je to PETG? Vlastnosti a škodlivost*. [online].[cit. 2026-04-21] Botlandblog. 14 září 2023. Dostupné na: https://botland.cz/blog/co-je-to-petg-vlastnosti-a-skodlivost/.

[10] MESICEK, J., et al. EXPLORING THE IMPACT OF SALINE ENVIRONMENTS ON THE PROPERTIES OF EOS PA2200: A STUDY ON WEIGHT GAIN AND MECHANICAL CHARACTERISTICS. *MM Science Journal*, 2024