

STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST

Obor č. 9: Strojírenství, hutnictví, doprava a průmyslový design

Návrh přípravku pro cyklické zkoušky

STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST

Obor č. 9: Strojírenství, hutnictví, doprava a průmyslový design

Návrh přípravu pro cyklické zkoušky

Jig design for cyclic testing

Autoři: Filip Klier a Richard Kokštein
Škola: Střední průmyslová škola Ostrov
Klínovecká 1197, 363 01 Ostrov
Kraj: Karlovarský kraj
Konzultant: Ing. Zuzana Lešková, Ing. Josef Teplý, Jiří Kodera

Ostrov 2018

Prohlášení

Prohlašujeme, že jsme svou práci SOČ vypracovali samostatně a použili jsem pouze prameny a literaturu uvedené v seznamu bibliografických záznamů.

Prohlašujeme, že tištěná verze a elektronická verze soutěžní práce SOČ jsou shodné.

Nemáme závažný důvod proti zpřístupnění této práce v souladu se zákonem č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších předpisů.

V Ostrově dne 9. března 2018

.....
Filip Klier

.....
Richard Kokštein

Poděkování

Děkujeme panu Ing. Teplému a panu Koderovi z firmy Amphenol-Tuchel Industrial GmbH (Odštěpný závod), paní Ing. Leškové a paní Ing. Kaprové za jejich čas, obětavou pomoc, podnětné připomínky, cenné rady a informace, které během práce poskytovali. Bez jejich pomoci bychom tuto práci s těžší zvládli.

Anotace

Ve své práci SOČ jsme navrhovali přípravek pro cyklické zkoušky. Přípravek bude v provozu sloužit k opotřebení konektorů simulací pravidelného používání a pomůže při kontrole kvality nebo zjišťování životnosti. Práce začala uvažováním o základní konstrukci přípravku, pokračovala sepsáním základních potřebných dílů a jejich vzájemným spojením a uložením na základní desce. Využily se zde znalosti z široké oblasti strojírenství, především znalost obecných přípravků, únavových zkoušek cyklických a znalosti materiálů a jejich vlastností. Nutné byly i všeobecné schopnosti – komunikace s vedoucími projektu, vytváření modelu přípravku na počítači a následné vytvoření výrobních výkresů. Práce je průřezem činností, před kterými jsme, jako konstruktéři a tým, stáli.

Klíčová slova

Přípravek; návrh; cyklické zkoušky; životnostní zkoušky; průmyslové konektory

Annotation

In this work, we designed a jig for cyclic testing. The jig will be used to wear industrial connectors by simulating regular usage. This will allow checking the quality and determining the lifespan of the connectors. The work started with thinking about a basic design and continued with writing down the basic components of the jig and adding them together and fixing them on a base plate. We used knowledge from all sorts of engineering areas, especially knowledge about jigs, cycle fatigue testing, and materials including their properties. General skills were also important. It was necessary to be able to communicate with project managers and create a 3D model of the jig with production drawings. The work describes a cross-section of the things that we, as designers and also a team, had to overcome.

Keywords

Jig; design; cyclic testing; life-time test; industrial connectors

Obsah

Úvod.....	7
1 Přípravky obecně.....	8
1.1 Příklady z praxe.....	8
1.2 Možnosti přípravků.....	9
1.3 Dělení přípravků.....	9
1.3.1 Podle rozsahu použitelnosti.....	9
1.3.2 Podle operačního určení.....	10
1.3.3 Podle zdroje upínací síly.....	10
2 Zkoušky únavové.....	11
2.1 Zátěžové cykly.....	11
2.2 Únavový lom.....	11
2.2.1 Opatření materiálu.....	11
2.3 Průběh obecné zkoušky.....	12
3 Zahájení práce.....	13
3.1 Zadání práce.....	13
3.1.1 Konzultace.....	14
3.2 Určení přípravku.....	14
3.3 Činnost přípravku.....	15
3.4 Využití konektorů.....	16
4 Průběh návrhu.....	17
4.1 Základní díly a materiál.....	17
4.1.1 3D Tisk.....	17
4.1.2 Dural.....	18
4.2 Rotační pohyb matice kabelového konektoru.....	19
4.2.1 Upnutí matice.....	19
4.2.2 Upnutí zadní části konektoru.....	19
4.2.3 Rotační pohyb.....	21
4.3 Lineární pohyb panelového konektoru.....	22
4.3.1 Upevnění panelového konektoru.....	22
4.3.2 Řešení nesouososti.....	22
4.3.3 Lineární pohyb.....	23
5 Dokončení.....	24

5.1 Výroba vlastních dílů.....	24
5.2 Samotný přípravek.....	25
5.3 Chybějící části přípravku.....	26
5.4 Vyřešené problémy v návrhu.....	26
5.5 Odladění možných problémů.....	26
5.5.1 Vyladění nesouososti.....	26
5.5.2 Napnutí řemene.....	27
5.5.3 Vylepšení zadního držáku kabelového konektoru.....	27
5.5.4 Vylepšení držáku matice kabelového konektoru.....	27
5.6 Získané zkušenosti.....	27
5.7 Cenová kalkulace.....	27
Závěr.....	28
Použitá literatura.....	29
Seznam obrázků a tabulek.....	30
Příloha 1: Deník.....	31
Záznamy.....	31
Příloha 2: Seznam použitých dílů.....	33
Příloha 3: Seznam výkresů.....	34
Výkresy sestav.....	34
Výkresy součástí.....	34

ÚVOD

Práce je zaměřena na popis a rozbor přípravku, který jsme měli za úkol navrhnout. Návrh je součástí projektu ve firmě **Amphenol-Tuchel Industrial GmbH (Odštěpný závod)** (dále jen Amphenol) a má za cíl vytvoření funkčního přípravku. Projekt byl ve firmě zahájen a byla nabídnuta spolupráce studentům **Střední průmyslové školy Ostrov**. Usoudili jsme, že výsledek našeho snažení můžeme prezentovat v rámci **středoškolské odborné činnosti**.

Samotná práce je rozdělena na dvě části – obecnou a praktickou.

První část obsahuje popis dvou oblastí strojírenství, které zasahují do našeho problému a z kterých jsme čerpali inspiraci a informace. Čtenář by si díky této obecné části měl rozšířit povědomí o funkci přípravků a cyklických zkoušek únavových a o důvodu, proč se používají. S nabytými vědomostmi poté lépe porozumí druhé části práce.

Druhá část práce obsahuje popis jednotlivých částí přípravku. Čtenář nalezne i popis překážek, na které jsme narazili. Vysvětlujeme zde “dobrodružství”, které začalo u papírového náčrtku a skončilo u 3D modelu přípravku.

1 PŘÍPRAVKY OBECNĚ

Přípravky jsou výrobní pomůcky, které nám usnadňují výrobu a zároveň ji činí produktivnější. Každá výroba – ruční, strojní, kusová, sériová, hromadná – vyžaduje některý z mnoha druhů přípravků.

1.1 Příklady z praxe

Nejjednodušším přípravkem, který si každý dokáže představit, je truhlářský svěrák. V dílně se používá pro upnutí ručně obráběné nebo jinak upravované součásti. Na obráběcích strojích (např. frézce) se pro upínání součástí používají různé druhy strojních svěráků.



Obr. 1: Truhlářský svěrák

Definice přípravků ovšem sahá dál než na pouhý truhlářský svěrák. Přípravky v praxi většinou plní funkci držáků, které přidržují obrobek při obrábění. Pevně upnutá součást ve správné poloze zvyšuje bezpečnost dělníka při obrábění a dovoluje mu zvýšit rychlost své práce.

Mimo obrábění přípravky na upínání využijeme u spojování dvou nebo více součástí dohromady – např. svářením. Je nutné, aby součásti byly vůči sobě ve správné (předepsané) poloze. Dosažení přesného vzájemného umístění za použití konvenčních přípravků, jako dříve zmíněného svěráku, může být časově i technologicky náročné. V takovémto případě využijeme právě přípravky, které jsou na tyto součásti a jejich spojení navrženy.

1.2 Možnosti přípravků

Z výše uvedených příkladů můžeme vyvodit, co přípravky umožňují:

- 1) správné, rychlé a bezpečné upnutí součástí
- 2) vedení nástrojů
- 3) pomoc při dosahování požadované jakosti povrchu a geometrických tolerancí
- 4) dosažení vzájemně přesné polohy – dvou a více součástí nebo obrobku a nástroje

Přípravky také umožňují zkrátit výrobní časy, snížit fyzickou námahu dělníka a umožnit dělníkovi ovládat dva a více strojů najednou. S výběrem správných přípravků lze snížit úroveň potřebné kvalifikace dělníka, nebo snížit počet potřebných dělníků na stanovišti.

1.3 Dělení přípravků

Přípravky se dají dělit podle mnoha hledisek. Dnes díky různorodosti přípravků může být složité je zařadit do přesně vymezených kategorií – existují přípravky, které do nich nemusejí zcela spadat.

1.3.1 Podle rozsahu použitelnosti

Víceúčelové přípravky (univerzální) - slouží k upínání více druhů obrobků a součástí. Některé součásti vyžadují výměnu částí přípravku pro jejich správné uchycení/obrobení – např. změna čelistí u svěráku. Možnou podskupinou této kategorie mohou být normalizované a katalogové přípravky. Příklady z této kategorie: svěrák, sklíčidlo, jiné upínací a stahovací pomůcky.



Obr. 2: Univerzální sklíčidlo

Skupinové přípravky - přípravky z této kategorie slouží pro skupinu součástí, které se od sebe liší tvarem, funkčností a rozměry, ale každá součást z této skupiny potřebuje stejný druh přípravku, aby dělník mohl správně dokončit výrobní operaci. Přípravek je rozdělen na stálé a vyměnitelné součásti. Vyměnitelné části se vyměňují vždy po dokončení výrobních operací u jednoho druhu součástí a přechodu na další druh. Příklady z této kategorie: držák + soustava brusných kamenů s různou zrnitostí.

Jednoučelové přípravky (speciální) - některé sériové výroby obsahují součásti, které lze správně vyrobit pouze za použití speciálního přípravku pro ně určeného. Speciální přípravky jsou navrženy pro jednu součást. Dovolují rychlejší a snazší výrobu, ale z ekonomického hlediska není vždy možné mít pro každou součást jeden přípravek. Příklady z této kategorie: upínací soustava pro svařování složitějších konstrukcí, vrtací přípravky.

Stavebnicové přípravky - přípravek je v tomto případě sestaven převážně z normalizovaných a typizovaných dílů. Nejčastěji můžeme vidět využití hliníkových profilů nebo upínacích desek s T drážkou. Oprava stavebnicových přípravků spočívá většinou ve vyměnění defektního dílu za nový, stejný díl – objednaný přes katalog. Po dosloužení přípravku se může rozebrat a jeho zachovalé díly lze použít pro výstavbu nových přípravků.

1.3.2 Podle operačního určení

Obráběcí přípravky - slouží k upnutí obrobku v určité poloze vůči nástroji.

Montážní přípravky - slouží k přidržení součástí, při jejich montáži a demontáži.

Svařovací přípravky - jsou podobné jako montážní přípravky. Slouží pro upnutí svařovaných součástí.

Kontrolní přípravky - slouží ke kontrole rozměrů, mechanických vlastností nebo vad na výrobku. Patří sem i přípravky na cyklické zkoušky.

Rýsovací přípravky - pomáhají při orýsování součástí před obráběním.

Ostatní přípravky - do této kategorie spadají všechny ostatní přípravky. Jejich funkčnost sahá od přípravků zlepšujících možnosti stroje až po přípravky určené pro manipulaci s těžkými, velkými obrobky, výkovky a odlitky.

1.3.3 Podle zdroje upínací síly

Toto dělení obsahuje dva zástupce a to **přípravky s ručním upínáním** a **přípravky s mechanickým upínáním**, kterého může být dosaženo za pomoci vzduchu, oleje, elektřiny, magnetů a dalších způsobů upínání.

2 ZKOUŠKY ÚNAVOVÉ

Únavové zkoušky zjišťují mez únavy materiálu (viz kapitola 2.3). Vzorek materiálu, nejčastěji v podobě tyčinky (etalonu), je zatěžován silou menší, než je mez kluzu daného materiálu.

Na materiálu zatěžovaném větší silou, než je mez kluzu, by se projevovaly trvalé deformace. Součást v takovém případě selže kvůli velikosti deformace a ne kvůli únavě materiálu. V praxi se vše navrhuje tak, aby síly na součásti působící byly v bezpečném rozmezí a v materiálu nevznikala napětí větší než mez kluzu.

2.1 Zátěžové cykly

Dalším faktorem, který ohrožuje životnost součásti, je únava materiálu. Únava materiálu se objevuje, je-li vzorek (v praxi součást) dlouhodobě vystaven vysokým počtům zátěžových cyklů.

Zátěžové cykly můžeme přirovnat k ohybu drátu, kdy opakovaně střídáme směr ohybu, dokud se drát nepřelomí. Únavové zkoušky cyklické, aby jejich výsledek byl spolehlivý, se dostávají do tisíců až milionů zátěžových cyklů.

2.2 Únavový lom

Únava materiálu se projeví vytvořením trhlinky, kterou lidským okem nemusíme spatřit. Trhlina se nazývá únavový lom a vzniká obvykle v místě, kde se koncentruje napětí – vruby, ostré hrany a rohy. Vzniklý únavový lom poté negativně ovlivňuje životnost a mechanické vlastnosti součásti.

2.2.1 Opotřebení materiálu

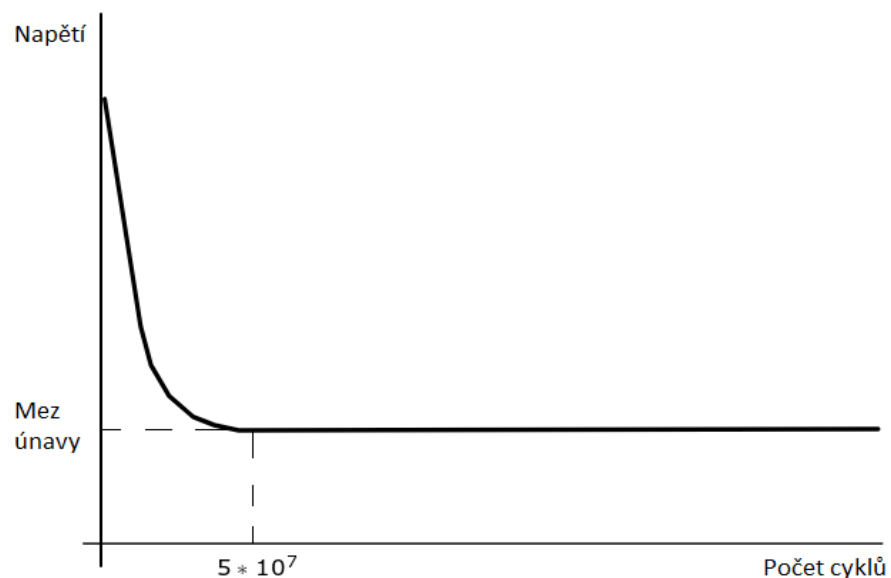
Únavový lom je obecným následkem únavy materiálu. V praxi můžeme narazit i na postupné opotřebení materiálu a ničení součásti jejím používáním. Právě na tento jev se zaměřuje náš přípravek (viz kapitola 3.3).

2.3 Průběh obecné zkoušky

Do stroje/přípravku se upne zkušební tyčinka a začne být namáhána zátěžovými cykly. Typické způsoby namáhání jsou ohyb nebo tah za rotace. Jedna zkouška může řádově zabrat hodiny až celé dny.

Zkouška jednoho materiálu se opakuje, přičemž po každé tyčince, na které se projeví lom, snížíme velikost zatížení a celou zkoušku opakujeme s novou zkušební tyčinkou. Ze získaných údajů vytváříme graf – Wöhlerovu křivku. Jedná se o závislost mezi velikostí zatížení a počtem zátěžových cyklů, které tyčinka vydržela.

Cílem je najít **mez únavy**, při které materiál vydrží teoreticky neomezený počet zatěžujících cyklů. Neomezený počet bývá vyjadřován $5 \cdot 10^7$ cykly.



Obr. 3: Wöhlerova křivka

3 ZAHÁJENÍ PRÁCE

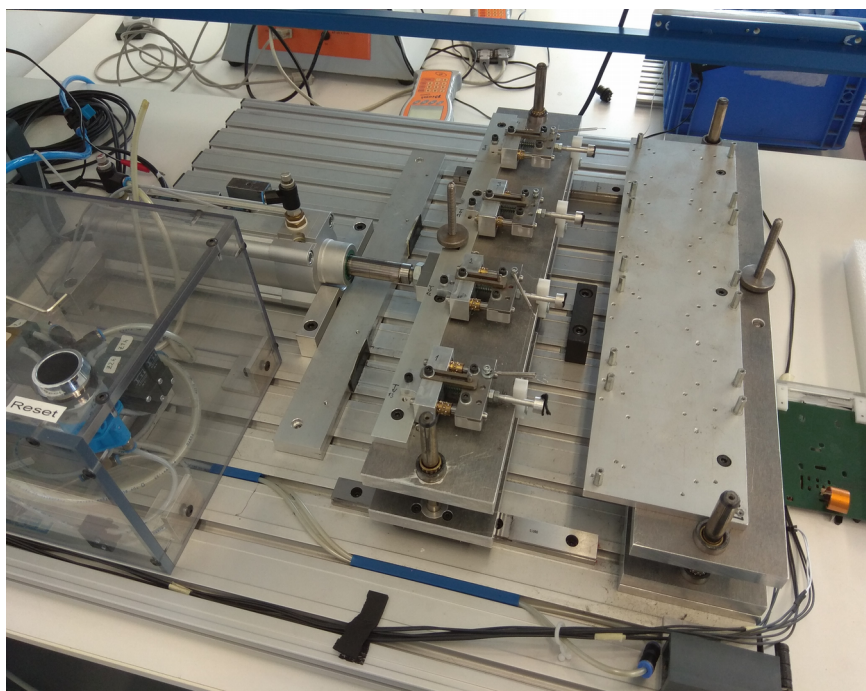
Společnost Amphenol nám dala možnost podílet se a převzít zodpovědnost za návrh a konstrukci přípravku, který by jim umožnil testovat jejich průmyslové konektory. Zadání práce jsme si první den vyslechli od vedoucího laboratoře pana **Ing. Josefa Teplého** a jeho kolegy **Jiřího Kodery**, kteří se v tento den stali vedoucími tohoto projektu.



Obr. 4: Budova firmy Amphenol

3.1 Zadání práce

Laboratoř ve firmě potřebovala univerzální přípravek na cyklické zkoušky, který by prováděl cykly se zapojováním, vypojováním a zajišťováním konektorů. Laboratoř v té době vlastnila i jiné přípravky, proto od začátku měla hrubou představu, jak by žádaný přípravek mohl vypadat.



Obr. 5: Obdobný přípravek z laboratoře

Práce se rozdělila na dvě oblasti. První oblastí byl návrh a promyšlení funkčnosti přípravku. Druhá oblast se týkala návrhu pneumatických a elektrických obvodů, které jsou potřeba pro zprovoznění přípravku. My, studenti, jsme na starost dostali první oblast, odborníci z praxe si vzali druhou.

Na naší první schůzce nám byly představeny tyto požadavky:

- Do přípravku musí jít upnout více druhů kruhových konektorů (všechny zkoušené konektory jsou podobného tvaru a způsobu zajištění)
- Přípravek musí být kompatibilní s prostředím laboratoře (základem bude upínací deska s T drážkou, součásti budou pocházet převážně z katalogů ověřených firem)
- Celková cena přípravku by měla spadat do dostupného cenového rozmezí. Přesné cenové rozmezí určeno nebylo, ale je třeba mít na paměti ekonomičnost projektu
- Přípravek musí být kompaktní, bezpečný a lehce modifikovatelný

Od nás se v té době očekávalo, že splníme zadané požadavky a navrheme funkční přípravek.

3.1.1 Konzultace

Naši vedoucí z Amphenolu nám nabídli pravidelné konzultace – jednou týdně. Na konzultacích jsme diskutovali o možných řešeních problémů, se kterými jsme se potýkali. Ukazovali jsme zde průběh našeho návrhu a dostávali cenné rady, jak náš návrh vylepšit.

Po každé konzultaci jsme přidali záznam do deníku, který jsme si psali, kdybychom na něco zapomněli nebo si chtěli informace připomenout/ověřit. Stručná verze deníku je umístěna v příloze.

3.2 Určení přípravku

Z kapitol 1 a 2 víme, v jakých oblastech se použití našeho přípravku pohybuje, proto můžeme určit jeho zařazení. Jedná se o kontrolní přípravek na cyklické zkoušky únavové.

Přípravek bychom mohli prohlásit rovněž za stavebnicový, ovšem na jeho kompletaci jsme kromě katalogových součástek (viz kapitola 4.1) použili i na zakázku vyrobené díly z duralových desek a plastové díly vytisknuté na 3D tiskárně.

3.3 Činnost přípravku

Laboratoř v Amphenolu potřebuje vědět, jak se změní funkčnost a spolehlivost jejich průmyslových konektorů po určitém počtu použití. Při častém a opakovaném zapojování a vypojování konektorů včetně zajištění a odjištění bajonetem nebo maticí se kontakty konektorů mohou narušit, jistící matice omačkat a opotřebit – způsobí nezajištění, ztrátu kontaktu nebo těsnosti a samovolné povolování.



Obr. 6: Ecomate konektor

Povědomí o těchto jevech a jejich příčinách může napomoci zlepšit konektor v mnoha ohledech – v jeho životnosti, funkčním období, odolnosti vůči určitým druhům namáhání a těsnosti spoje a konektoru.

Náš přípravek má za úkol provádět cykly, při kterých bude simulovat opakované zapojení, vypojení a zajištění konektoru. Postupně v průběhu zkoušky bude u konektoru zjišťována jeho funkčnost pomocí jiných přípravků a pomůcek.

Dovoluje to firmě zjistit vady a nedokonalosti, které by jinak zjistily až ze zpětné vazby od uživatelů v rámci zákaznických reklamací. V takové případě je již pozdě, protože zákaznické reklamace stojí firmu peníze, čas a jméno.

3.4 Využití konektorů

Průmyslové konektory od firmy Amphenol mají široké a univerzální využití. Díky modulárnosti pinů si zákazník může konektor sestavit přesně podle svých potřeb. Jednotlivé kanály v konektoru mohou přenášet data nebo elektrický proud s přiměřeným napětím. Konektory jsou zároveň vhodné pro práci ve vlhkém nebo nepříznivém prostředí.

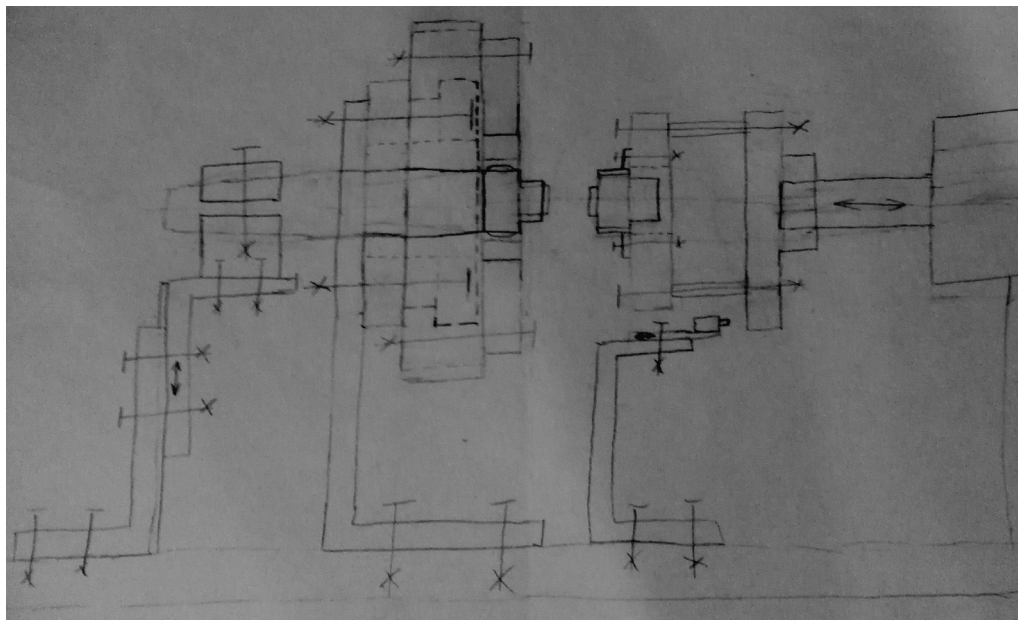
Využívají se především v solárních elektrárnách, vysílacích věžích nebo zemědělských strojích – např. my jsme našli konektor Ecomate použitý u startovacího zařízení Omega.



Obr. 7: Příklad využití konektorů

4 PRŮBĚH NÁVRHU

Naše navrhování začalo náčrty na papír. Věděli jsme, že přípravek bude provádět dva druhy pohybu. Prvním pohybem je lineární pohyb, jenž bude zapojovat a vypojoovat konektory. Druhým pohybem bude pohyb rotační, který zajistí zašroubování jisticí matice konektoru nebo zajištění bajonetu. Také jsme věděli, že přípravek bude obsahovat dva upínací systémy, jeden pro první část konektoru (pod pracovním názvem: kabelový konektor) a druhý pro druhou část konektoru (pod pracovním názvem: panelový konektor).



Obr. 8: První náčrtek přípravku

Rozhodli jsme, že bude nejjednodušší, když každý upínací systém bude vykonávat jeden pohyb. Přípravek proto otáčí maticí na kabelovém konektoru a vykonává lineární posuv s panelovým konektorem.

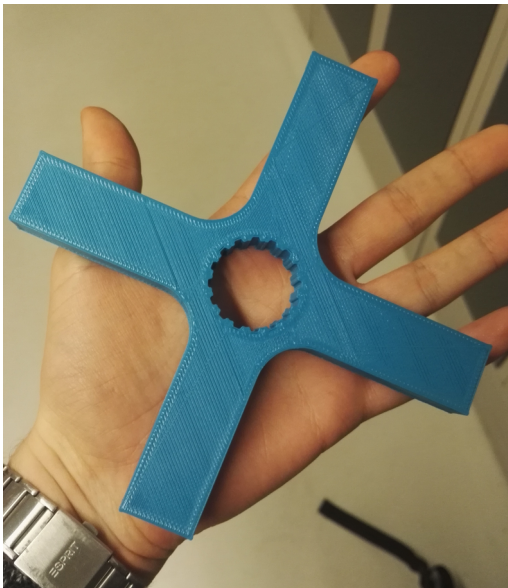
4.1 Základní díly a materiál

Ostatní přípravky v laboratoři byly zhotoveny z katalogových součástek a dílů. Základ tvořily převážně hliníkové konstrukce a na míru zhotovené duralové desky. Naše hlavní díly jsme vybírali ve stejném duchu. Pro výběr jsme použili katalogy firem **Hennlich (igus®)**, **Festo**, **Microcon**, **Isel Prag** a **Alfun**. Seznam použitých katalogových dílů je umístěn v příloze.

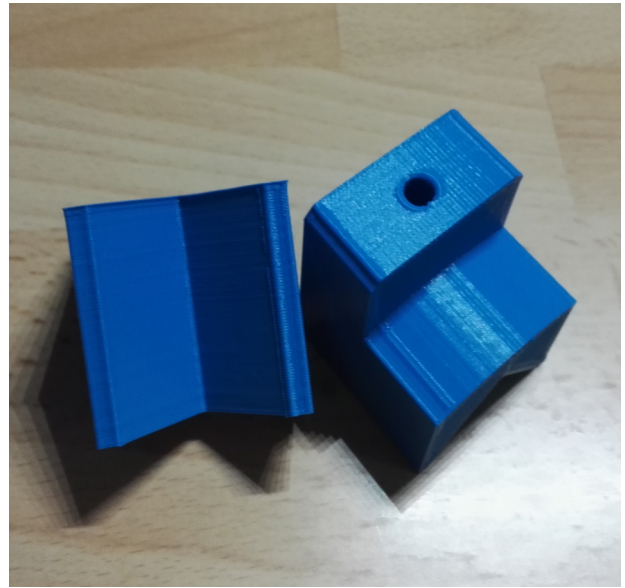
4.1.1 3D Tisk

Pro výměnné díly, které budou sloužit jako nástavce pro konektory, jsme vytvořili plastové verze dílů vytisknutých na 3D tiskárně. Řešení se ukázalo dostačujícím a v některých ohledech i lepším.

Prvním důvodem byla záminka laboratoře poříditi si vlastní 3D tiskárnu. Druhým důvodem je fakt, že vytisknuté plastové díly jsou velice jednoduché na nahrazení – opakované vytisknutí. Třetím důvodem je rychlost 3D tisku a jeho nízká cena.



Obr. 9: Vytisknutý nástavec na konektor

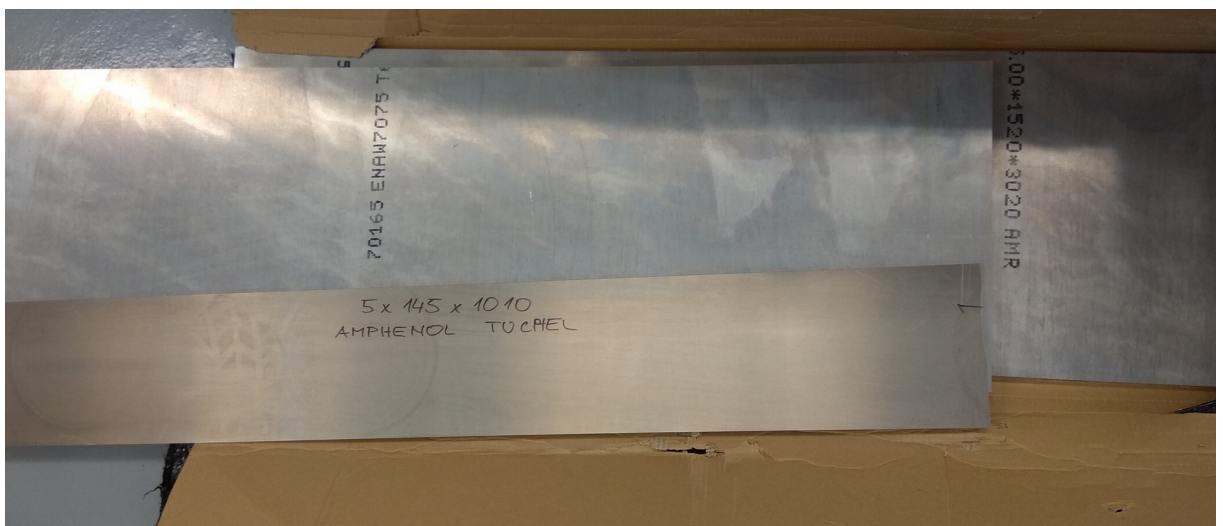


Obr. 10: Vytisknuté prizmatické čelisti držáku

4.1.2 Dural

Dural je slitina hliníku, mědi a hořčíku, kde 90% až 96% tvoří hliník. Oproti čistému hliníku je tvrdší a pevnější. V našem případě je dural lepší volbou než např. konstrukční ocel, která by byla obtížnější na obrábění a díky její vyšší hustotě by přípravek vážil mnohem více. Zároveň lze přípravek umístit do klimatické komory bez obav z následné koroze.

V našem přípravku používáme duralové desky, které spojují dohromady nakoupené díly. Jako polotovary duralových desek poslouží dlouhý duralový pás, ze kterého se jednotlivé desky vyříznou. Zbytky z pásu poslouží pro další nástavce pro jiné typy konektorů nebo pro další projekty.



Obr. 11: Duralové desky

4.2 Rotační pohyb matice kabelového konektoru

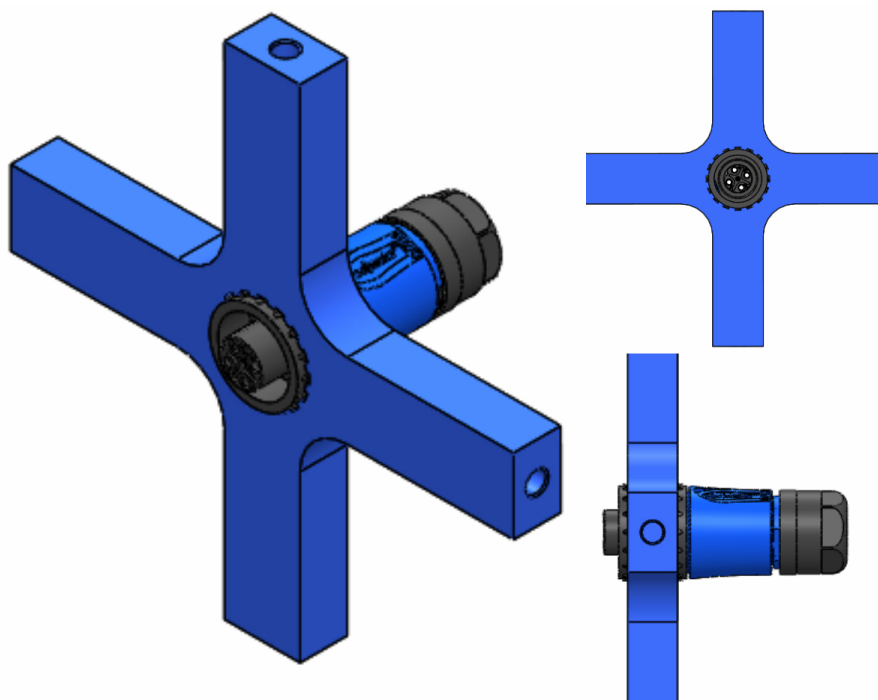
4.2.1 Upnutí matice

První problém u rotačního pohybu matice se týkal způsobu upnutí matice konektoru tak, aby bylo možné upnout různé velikosti a zároveň bylo možné s maticí rotovat.

Tento problém byl dlouho zvažován a po několika přijatelných variantách se vybrala ta nejvhodnější – plastový nástavec s otvorem přesně pro profil matice vytisknutý na 3D tiskárně.

Nástavec tvarem připomíná kříž. Uprostřed je otvor ve tvaru negativu profilu matice konektoru. Do nástavce se zasune konektor s maticí a nástavec se poté zajistí ve vnějším duralovém rámečku, který je připevněný k ložisku, přes které získá rotační pohyb. Nástavec je zajištěn čtyřmi jisticími šrouby, které se přes rámeček zašroubují do středících otvorů na jeho bocích.

Tvar kříže byl zvolen záměrně. Dovoluje obsluhu dobrou vizuální kontrolu během cyklických zkoušek.

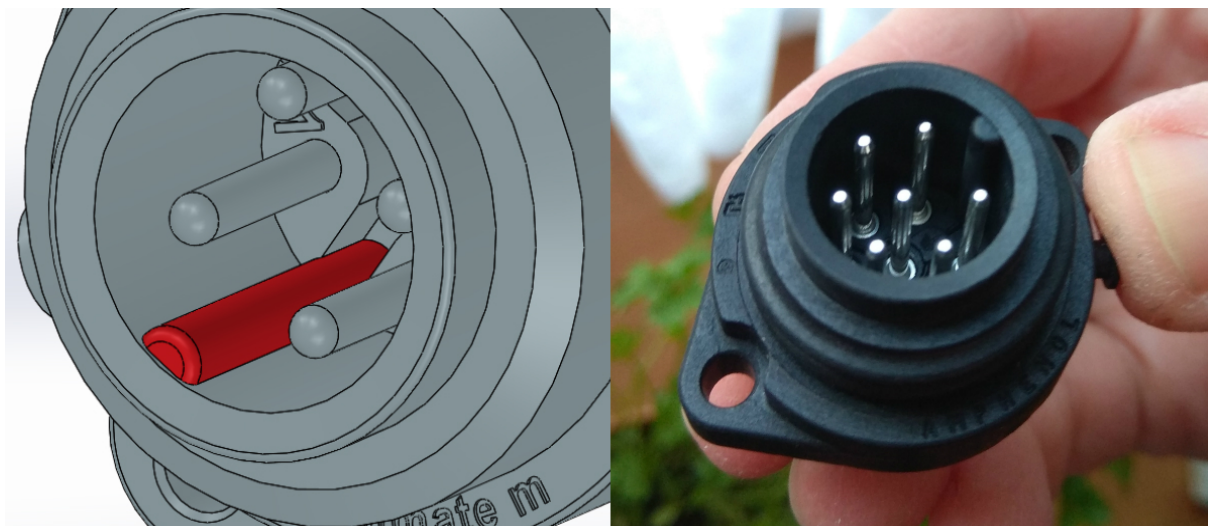


Obr. 12: Upnutí kabelového konektoru

4.2.2 Upnutí zadní části konektoru

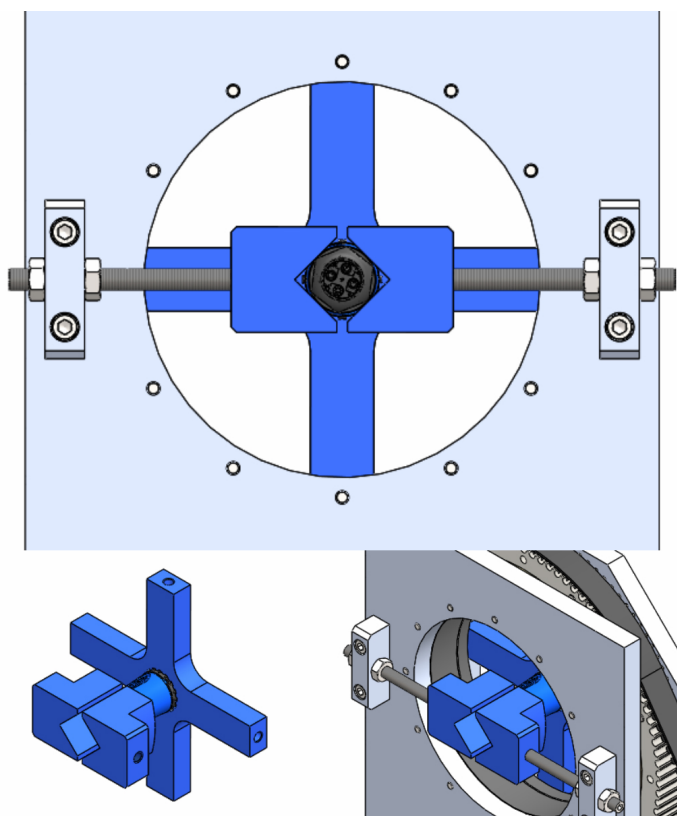
Druhým problémem, který zde nastal, bylo upnutí zadní části kabelového konektoru. Měli jsme pocit, že je zde potřeba solidní upnutí, které by zamezilo protáčení konektoru a tím i nezašroubování matice. Tento pocit vycházel z neznalosti celkové konstrukce konektoru.

Ve funkční části konektoru se nachází vedle kontaktů plastové kódování (žebro), která se zajistí v protikusu – ve druhém konektoru. Kódování zamezí jakémukoliv pootočení konektoru. Zjištění této informace ovlivnilo návrh celého přípravku.



Obr. 13: Kódování v konektoru

Držák se skládá ze dvou symetrických protikusů, které v sobě mají prizmatickou drážku, jenž dokáže upínat různé průměry konektorů. Čelisti (protikusy) držáku jsou z plastu a jsou také vytisknuty na 3D tiskárně. Zajišťují se dlouhými šrouby, které umožňují jejich posun kolmo ke konektoru.



Obr. 14: Zadní držák kabelového konektoru

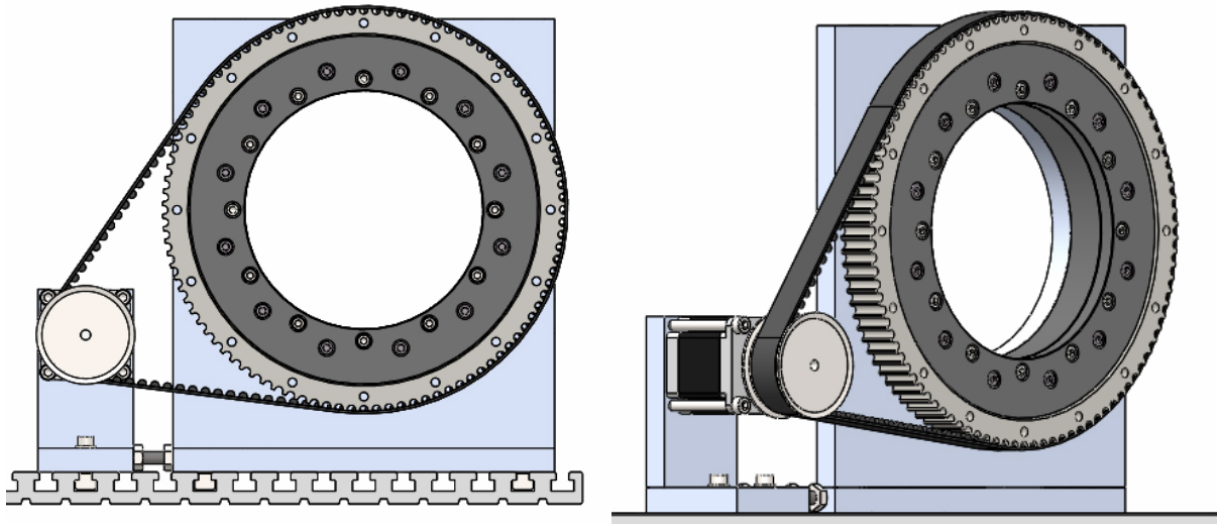
4.2.3 Rotační pohyb

Rotační pohyb v tomto případě umožní ložisko s ozubeným vnějším kroužkem, ke kterému bude připevněn rámeček držící nástavec s kabelovým konektorem. Krokový motor poté převede kroutící moment přes ozubený řemen na ložisko a celý rámeček s nástavcem se roztočí a matice se zašroubuje na závit panelového konektoru.

Ozubený řemen byl zvolen z důvodu vhodnějších vlastností oproti řetězu nebo přímému převodu ozubených kol. První vlastností je tichý a klidný chod řemene v provozu.

Druhou užitečnou vlastností je možnost zubů řemene přeskočit z jedné drážky ozubeného kola do další. Takováto situace v našem případě může nastat v době, kdy řemen přenáší kroutící moment z pastorku el. motoru na ozubené ložisko, které se v daný moment zasekne. Řemen, kvůli odporu ložiska, vyskočí ze zubů pastorku a zabrání přenášení kroutícího momentu, který by mohl poškodit upnutý konektor nebo jinou část přípravku.

Pokud se ložisko ve chvíli, kdy na něj přestala působit síla, uvolní a je možné s ním znovu otáčet, řemen opět sám naskočí do drážek pastorku a bude pokračovat v přenášení kroutícího momentu.

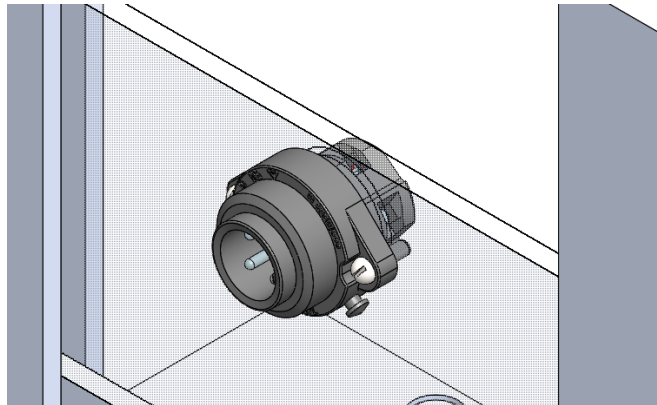


Obr. 15: Soustava zajišťující rotační pohyb

4.3 Lineární pohyb panelového konektoru

4.3.1 Upevnění panelového konektoru

Panelový konektor obsahuje otvory, které ho umožňují jednoduše připevnit na desku – tím nám ulehčil práci s vymyšlením upínacího systému. Deska obsahuje otvor, skrze který povedou kabely a zadní část konektoru. Samotný konektor bude připevněn šrouby do duralové desky, která bude zasunuta do drážek vodících desek.



Obr. 16: Upevnění panelového konektoru

4.3.2 Řešení nesouososti

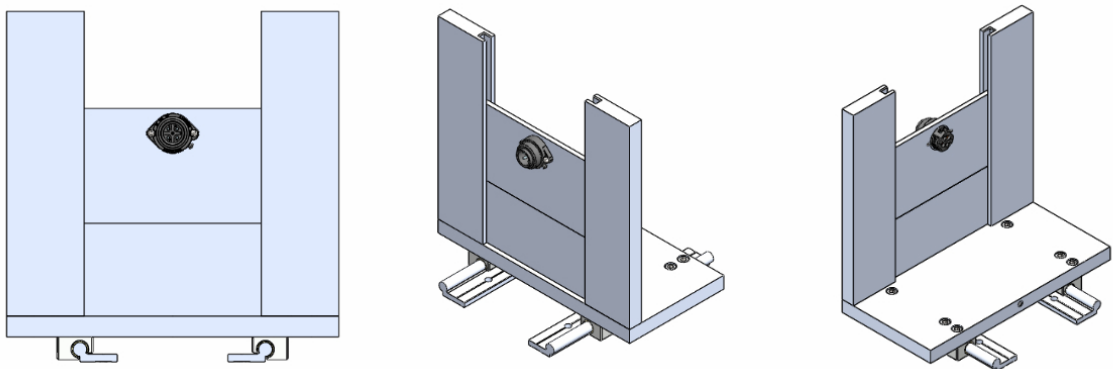
Drážka ve vodící desce je vyrobena s vůlí, aby poskytla desce možnost se mírně pohybovat do stran. Deska s kabelovým konektorem nemůže být vyrobena přesně na jmenovitý rozměr – může se objevit mírná nesouosost konektorů. Vůle v drážce vyrovná případnou nesouosost a zajistí správné a volné zapojení konektorů. Přesné a pevné uložení může být naopak nežádoucí, kvůli nadměrnému opotřebení konektorů.

4.3.3 Lineární pohyb

Drážka s deskou s panel. konektorem bude připevněna na pojízdném vozíku, který se bude pohybovat na kolejnici.

Zdroj lineárního pohybu v tomto případě mohl být pohybový šroub s motorem nebo pneumatický válec. Laboratoř mající pozitivní zkušenosti s pneumatickým válcem nám doporučila použít právě jejich řešení – pneumatický válec. Ten poskytne dostatečnou sílu a rychlost pohybu a vhodné prostředky pro určení pozice pojízdného vozíku.

V případě použití vhodného pneumatického ventilu je možné, pomocí vstupního napětí, měnit sílu pneumatického válce. Změna síly může probíhat sektorově – v různých polohách lze nastavit různou sílu válce.



Obr. 17: Vozík na kolejnicích

5 DOKONČENÍ

Výsledkem práce byl návrh konstrukce funkčního přípravku a vytvoření potřebné dokumentace pro jeho sestavení. Návrh byl postupně zhotoven za stálého dohledu vedoucích z Amphenolu.

5.1 Výroba vlastních dílů

Jako polotovary pro kostru celého přípravku a pomocné díly se použily duralové desky. Před zhotovením přípravku bylo potřeba objednat duralové pásy, které se později rozdělily a vyhotovily se z nich vlastní díly pro náš přípravek.

Do desek bylo potřeba vyvrtat otvory, do některých se udělaly závity a hrany desek byly ohroťovány, aby se o ně nemohl někdo pořezat. Prováděné úkony nebyly nijak neobvyklé a celé zpracování duralových desek zařídila nástrojárna v budově firmy Amphenol.

Plastové části jsme vytiskli na 3D tiskárně, kterou vlastní naše škola. Ve volném čase máme prostor vytisknout si potřebné díly pro soukromé projekty – samozřejmě pod dohledem vyučujícího.



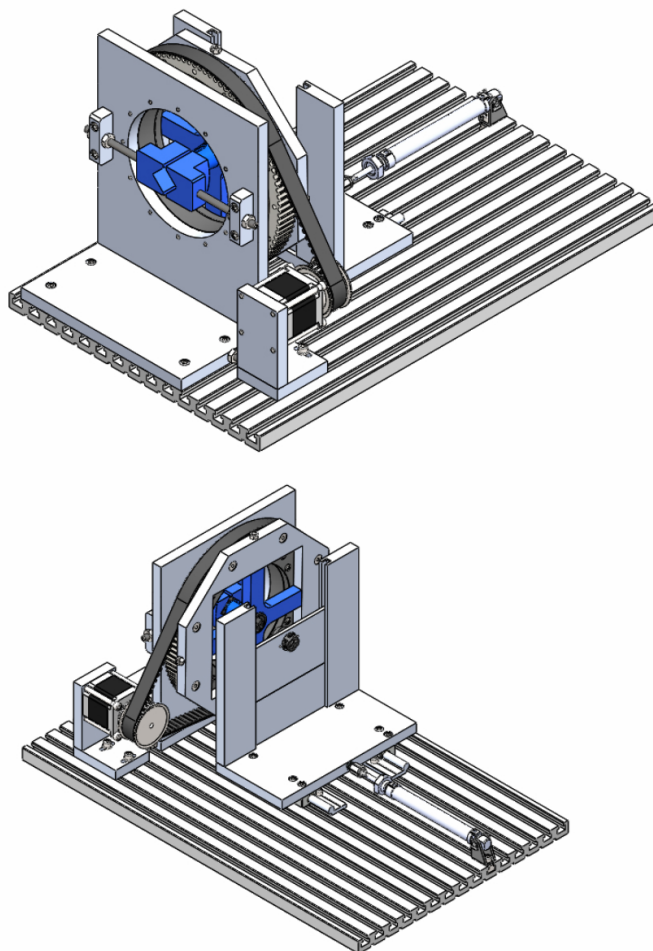
Obr. 18: Školní 3D tiskárna

5.2 Samotný přípravek

Přípravek se celkem skládá z 26 dílů – 12 vlastních dílů a zbylých 14 dílů je koupeno od externích firem (viz kapitola 4.1).

V přípravku je také velký počet spojovacích součástek – šroubů s maticemi a podložkami. Převážně se v přípravku vyskytují šrouby s válcovou hlavou a vnitřním šestihranem (imbusové šrouby), v některých případech byly použity i zápusťné šrouby s vnitřním šestihranem. Průměry šroubů se pohybují od M5 až do M8.

Bylo nám doporučeno používat šrouby s vhodnou povrchovou úpravou proti korozi, jiné speciální požadavky (např. na pevnost) nebyly.



Obr. 19: Model sestavy přípravku

5.3 Chybějící části přípravku

Pro úplné dokončení přípravku je potřeba dopracovat pneumatický systém, který bude ovládat pneumatický válec, a elektrický řídicí systém, jenž zajistí správnou funkci krokového motoru.

Po dokončení návrhu nám byla nabídnuta firmou Amphenol další spolupráce, která se týká právě těchto chybějících oblastí – sestavení přípravku a řídicích jednotek pro pneumatický válec, krokový motor a přípravek celkově.

5.4 Vyřešené problémy v návrhu

V průběhu navrhování jsme se setkali s celou řadou problémů. Předložíme Vám zde výpis problémů a jejich stručné řešení, jak jsme problém vyřešili anebo potlačili.

Upnutí zadní části konektoru - problém a řešení bylo detailně popsáno v kapitole 4.2.2.

Možná nesouosost rotační a lineární části přípravku - problém a řešení bylo detailně popsáno v kapitole 4.3.2.

Napnutí řemene - soustava, kterou jsme pro rotující pohyb zvolili, vyžadovala možnost regulovat napnutí řemene. Řešením bylo vytvoření drážek do držáku elektrického motoru a pomocí napínacích šroubů a kontramatek opřených o spodní desku kola přibližovat nebo oddalovat motor, a tím napínat nebo povolovat řemen.

Uchycení konce pístnice za lineární vozík – kvůli délce pneumatického pístu jsme se báli, jestli se vozík s pístem vejde na základní desku. V našem případě je pístnice upnutá za konec vozíku a celá lineární soustava končí přesně s okrajem základní desky. Pokud by se pneu. píst na desku nevešel, museli bychom pístnici upnout za kolmou část vozíku a zadní uchycení pístu podložit např. duralových hranolem. Tato změna je možná i v budoucnu, ukáže-li se prostor za vozíkem nedostačující, nebo pokud budeme potřebovat pneu. píst s větším zdvihem.

5.5 Odladění možných problémů

Po kompletním dokončení přípravku se mohou vyskytnout problémy, které jsme řešili už v průběhu návrhu, ale naše řešení bylo chybné/špatné. S touto možností počítáme a jsme připraveni řešit možné problémy.

5.5.1 Vyladění nesouososti

Jedním z problémů může být nesouosost rotační a lineární části přípravku. Tento problém jsme na papíře vyřešili vůlí v panelovém konektoru. Po prvotních testech můžeme zjistit, že vůle je příliš velká nebo naopak malá. Pokud je vůle velká, do spár v drážce se nalepí tenký proužek gumy. Pokud je vůle malá, vodící desky s drážkou se budou muset předělat a prostor v drážce zvětšit.

5.5.2 Napnutí řemene

Pokud se zajišťování konektoru zasekne, rotační část by mohla matici nebo bajonet ztrhnout, a tím znehodnotit výsledky prováděných operací. Řemen a jeho míra napnutí může tento problém vyřešit (viz kapitola 4.2.3). Řemen proto bude potřeba napnout a nastavit tak, aby bylo možné zamezit ztrhnutí matice/bajonetu. Dalším možným řešením je nainstalování nového mechanismu nebo systému, který by tento jev kontroloval.

5.5.3 Vylepšení zadního držáku kabelového konektoru

Zadní držák kabelového konektoru může mít problém pevně uchytit konec konektoru. Možným řešením je přidání gumové vložky do prizmatických čelistí držáku. Vložka by měla zlepšit úchyt a zvětšit možnou sílu uchycení.

5.5.4 Vylepšení držáku matice kabelového konektoru

Držák matice je usazen v rámečku a zajištěn čtyřmi šrouby. Držák je plastový a v oblastech, kde se dotýká s jisticími šrouby, se může častým používáním omačkat a opotřebit – špatné zajištění držáku / nepřesné umístění. Protože se jedná o díl vytisknutý na 3D tiskárně, můžeme držák snadno a rychle vytisknout znova. Kdybychom požadovali odolnější a dlouhodobější řešení, můžeme otvory, sloužící pro zajištění držáku, vyztužit kovovými vložkami.

5.6 Získané zkušenosti

V průběhu práce jsme se my, studenti, zlepšovali v mnoha ohledech, které se týkají navrhování přípravku. Zlepšili jsme se hlavně v samostatnosti a ve schopnosti nacházet kompatibilní díly a sestavit z nich funkční celek. V průběhu návrhu nám pomohli hlavně naši vedoucí, učitelé, literatura a internet, což určitě využijeme i v budoucích projektech.

5.7 Cenová kalkulace

Laboratoř, pro kterou jsme přípravek navrhovali, získala od firmy rozpočet na přípravek v hodnotě 3 900 €, přibližně 99 tisíc Kč (ke dni 21.3.2018). Tato částka slouží pouze pro nákup potřebných dílů a součástí (do částky nejsou např. započítané odpracované hodiny dělníků v nástrojárně).

Čím více potřebných dílů bude nakoupeno, tím přesněji můžeme určit závěrečnou cenu celého přípravku. Pro zajímavost, mezi nejdražší díly patří:

- **Ložisko s ozubeným vnějším kroužkem**
(přibližně 18 350 Kč)
- **Části pneumatického vedení**
(např. proporcionální ventil vyšel přibližně na 10 560 Kč)

ZÁVĚR

Tato práce měla dát čtenáři informace potřebné pro plné pochopení funkce a konstrukce přípravku. Návrh nebyl v realitě tak přímočarý, jak se z textu může zdát. Předcházelo mu hodně pokusů a předešlých verzí, které nebyly použity kvůli jejich složitosti nebo nekompatibilitě s ostatními částmi přípravku.

Přípravek toho času leží na stole v podobě výkresů, dokumentace, vytisknutých dílů na 3D tiskárně a nakoupených katalogových dílů. Firma dokupuje a objednává poslední chybějící díly. Před jeho sestavením se do firmy určitě ještě podíváme. A až bude sestaven? Chceme stát vedle zrodu přípravku a pozorovat, jak 6 měsíců práce vyústilo v něco funkčního a hmatatelného.

Krásné a zároveň znepokojující na této práci je, že se každý den mohou objevit nové problémy, které je potřeba vyřešit. Projekt nekončí dokončením návrhu nebo uvedením přípravku do provozu. V budoucnu je možnost, že přípravek bude potřeba přizpůsobit podle informací, které zjistíme po jeho zprovoznění.

U těchto úprav už možná my stát nebudeme, ale původ přípravku a snaha vložená do jeho návrhu bude uložena v těchto dokumentech.

POUŽITÁ LITERATURA

ADAM, J. *Technologie vrtání a vrtací přípravky*. Brno: Vysoké učení technické, Fakulta strojního inženýrství, 2013. 34 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Milan Kalivoda.

FRANK, Augustin, Rudolf KOPEC, Felix KUMPF, Miroslav POSPÍŠIL a Miroslav SMIČKA. *Strojírenská technologie 4: Výrobní pomůcky*. Praha: SNTL, 1978.

GEISTOVÁ, M. *Přípravky* [online]. 2013 [cit. 2018-02-25]. Dostupné z: <https://www.spszengrova.cz/texty/texty/ZAV/ZAV4-P%C5%99%C3%ADpravky-UT.pdf>

CHVÁLA, Břetislav a Josef VOTAVA. *Přípravky*. Praha: SNTL/ALFA, 1988.

PROCHÁZKA, Karel. *Zkoušky únavové: Cyklické* [online]. Opava, 2012 [cit. 2018-02-25]. Dostupné z: http://www.sspu-opava.cz/UserFiles/File/_sablony/KOM_III/VY_52_INOVACE_J-05-27.pdf

VÁVRA, Pavel, Jaromír ANÝŽ, Jaroslav HORÁK, et al. *Strojnické tabulky pro SPŠ strojnické*. Praha: SNTL, 1984.

Wikipedie, otevřená encyklopedie [online]. [cit. 2018-02-25]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Hlavn%C3%AD_strana

Fanyco [online]. c2009 [cit. 2018-02-25]. Dostupné z: <http://www.fanyco.cz/>

SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

Seznam obrázků

Obr. 1: Truhlářský svěrák.....	8
Obr. 2: Univerzální sklíčidlo.....	9
Obr. 3: Wöhlerova křivka.....	12
Obr. 4: Budova firmy Amphenol.....	13
Obr. 5: Obdobný přípravek z laboratoře.....	13
Obr. 6: Ecomate konektor.....	15
Obr. 7: Příklad využití konektorů.....	16
Obr. 8: První náčrtek přípravku.....	17
Obr. 9: Vytisknutý nástavec na konektor.....	18
Obr. 10: Vytisknuté prizmatické čelisti držáku.....	18
Obr. 11: Duralové desky.....	18
Obr. 12: Upnutí kabelového konektoru.....	19
Obr. 13: Kódování v konektoru.....	20
Obr. 14: Zadní držák kabelového konektoru.....	20
Obr. 15: Soustava zajišťující rotační pohyb.....	21
Obr. 16: Upevnění panelového konektoru.....	22
Obr. 17: Vozík na kolejničích.....	23
Obr. 18: Školní 3D tiskárna.....	24
Obr. 19: Model sestavy přípravku.....	25

Seznam tabulek

Tab. 1: Částečný seznam použitých dílů.....	33
Tab. 2: Seznam výkresů sestav.....	34
Tab. 3: Seznam výkresů součástí.....	34

PŘÍLOHA 1: DENÍK

Deník zachycuje události, které se děly během konzultací. Na konzultace jsme se dostavovali do firmy Amphenol každé úterý, pokud to bylo možné – některé konzultace se zrušily, nebo se přesunuly na jiné dny.

Deník je do přílohy zkopírován s minimálními úpravami. Důvodem je zachování autentičnosti deníku a tím i poukázání na naše tehdejší myšlenkové pochody.

Možné následky minimálních úprav:

- Názvy některých dílů se mohou lišit od nynější podoby (např. maticovým konektorem se myslí kabelový konektor).
- V deníku se může psát o událostech v práci vynechaných.

Záznamy

Konzultace č. 1 dne 31.8.2017

- počáteční schůzka
- seznámení s problematikou
- ujasnění našeho cíle, výměna kontaktů a zadání práce

Konzultace č. 2 dne 14.9.2017

- všeobecné zhodnocení problému
- seznámení s výrobcí a dodavatelem součástek
- diskuse ohledně převodu krouťícího momentu z krokového motoru na matici konektoru - rozhodnuto použít otočný stůl s ozubeným kolem (otočné kruhové ložisko se zuby pro řemen)
- ukázka a rozhodnutí o použití metody upevnění maticového konektoru pomocí tvrdnoucí hmoty
- rozhodnutí o použití kolejnic a pneumatického válce pro axiální pohyb panelového konektoru (v návrhu byl i pohyb pomocí pohybového šroubu)
- ujasnění základního listu součástek - krokový motor, otočný stůl, kolejnice, pneumatický válec

Konzultace č. 3 dne 21.9.2017

- diskuse ohledně vytvořeného náčrtku soustavy
- ukázka a rozhodnutí o použití T-drážkové desky PT25 pro podstavu soustavy
- rozhodnutí o metodě držení výměnné desky pro konektor
- problém: hřídel motoru držící ozubené kolo, které otáčí přes řemen ozubeným kolem otočného stolu, bude zatěžována silou kolmou k ose motoru - mohlo by způsobit snížení životnosti motoru, řešení: přidání ložiska / nízká cena motoru

- úkol: rozvrhnout v 3D sestavě největší a nejdůležitější části, kvůli rozměru T-drážkové desky, která se musí objednat.

Konzultace č. 4 dne 5.12.2017

- diskuse ohledně vytvořeného modelu soustavy (držák otočného stolu + držák motoru)
- diskuse ohledně upevnění matice k ozubenému kolu otočného stolu - výsledek: upevnění 4x šrouby
- seznámení s dodavateli, od kterých máme vybrat vhodné produkty - krokový motor (Microcon) + pneumatika (Festo)

Konzultace č. 5 dne 12.12.2017

- doporučení vyměnit šrouby, které drží výměnný nástavec maticového konektoru, za šrouby s válcovou hlavou s vnitř. 6hranem
- diskuse ohledně řemenu a pneu. válci (bude stačit kratší)

Konzultace č. 6 dne 20.12.2017

- domluvení se na vytvoření 2. modelu, který ponese myšlenku prvního návrhu přípravku (otočný stůl bude blíže panelovému konektoru)
- důvod: požadavek na vytvoření prostoru pro nahlížení na konektor (pro lehčí nastavení atd.)

Konzultace č. 7 dne 16.1.2018

- diskuse ohledně zadního uchycení maticového konektoru (vymyšlena verze, kdy držák bude uchycen za kolmou část držáku otočného stolu)
- zvolení druhé varianty sestavy (otočný stůl blíže pojezdu) jako hlavní model
- připomenutí a domluvení se na drobnostech, které je třeba dodělat

Konzultace č. 8 dne 23.1.2018

- ukázka 3D modelu sestavy
- doporučení použití šroubů z přiděleného katalogu
- dohodnutí na opravě drobných chybek v modelu sestavy
- započítání vytváření výkresů pro jednotlivé díly sestavy

Konzultace č. 9 dne 30.1.2018

- ukázka nástavce pro maticový konektor vytisknutý na 3D tiskárně
- ukázka finální verze 3D modelu sestavy
- ukázka výkresu spodní části držáku el. motoru
- domluvení na další schůzce až budou hotové všechny výkresy

PŘÍLOHA 2: SEZNAM POUŽITÝCH DÍLŮ

Seznam obsahuje hlavní katalogové díly. Ve skutečnosti bylo dílů použitých na navržení - sestavení přípravku mnohem více (jedná se pouze o stručný seznam). Pokud daný díl nebyl dostupný, použila se typově stejná součást od jiného výrobce. V tabulce najdete praktický (lidový) název dílu, jméno firmy, výrobní označení dílu a odkaz na stránky firmy, kde můžete zjistit více informací o daném díle.

	Obecný název	Výrobce / Dodavatel	Označení
Odkaz na webové stránky			
1.	Krokový motor	Microcon	SX23-1011
	http://www.microcon.cz		
2.	Ložisko s ozubeným vnějším kroužkem	Hennlich*	PRT-01-150-TO-HTD8M
	https://www.igus.eu/wpck/7238/PRT_mit_Verzahnung		
3.	Kolejnice	Hennlich*	WS-10 200mm
	https://www.igus.eu/product/736		
4.	Pojezdové ložisko	Hennlich*	WJ200UM-01-10
	https://www.igus.cz/wpck/2002/DryLin_W_Einzelschiene_rund		
5.	Pneumatický válec	Festo	DSNU-16-100-PPV
	https://www.festo.com/cat/cs_cz/products_DSNU		
6.	Vyrovnávací spojka pro pístnici	Festo	2061 FK-M6
	https://www.festo.com/cat/cs_cz/products_DARP_FK		
7.	Ložiskové těleso pro upevnění válce	Festo	6058 LBN-12/16
	https://www.festo.com/cat/cs_cz/products_ZM_LB		
8.	Deska s T drážkou	Isel Prag	PT 25 W 375 x H 20 mm
	http://www.iselprag.cz/hlinikove-profilu.html		

*přesněji dceřiná společnost Iigus®

Tab. 1: Částečný seznam použitých dílů

PŘÍLOHA 3: SEZNAM VÝKRESŮ

Výkresy sestav

	Název	Označení
1.	PŘÍPRAVEK CYKL. ZKOUŠ. KUSOVNÍK LIST 1 KUSOVNÍK LIST 2	SOČ-18-10000 SOČ-18-10000K SOČ-18-10000K
2.	SESTAVA ROTAČNÍ ČÁST	SOČ-18-1000
3.	DRŽÁK TĚLA KONEKTORU	SOČ-18-1100
4.	DRŽÁK MATICE	SOČ-18-1200
5.	SESTAVA LINEÁRNÍ ČÁST	SOČ-18-2000
6.	SESTAVA EL. MOTOR	SOČ-18-3000

Tab. 2: Seznam výkresů sestav

Výkresy součástí

	Název	Označení
1.	SPODNÍ DESKA LOŽISKA	SOČ-18-101
2.	KOLMÁ DESKA LOŽISKA	SOČ-18-102
3.	DRŽÁK VEDENÍ	SOČ-18-103
4.	PRIZMATICKÁ ČELIST	SOČ-18-104
5.	RÁMEČEK PRO NÁSTAVCE	SOČ-18-105
6.	NÁSTAVEC ECOMATE	SOČ-18-106
7.	ZÁKLADNA VOZÍKU	SOČ-18-201
8.	VODÍCÍ DESKA	SOČ-18-202
9.	RÁMEČEK PRO ECOMATE	SOČ-18-203
10.	VYMEZOVACÍ DESKA	SOČ-18-204
11.	SPODNÍ DESKA MOTORU	SOČ-18-301
12.	KOLMÁ DESKA MOTORU	SOČ-18-302

Tab. 3: Seznam výkresů součástí