



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ

INSTITUTE OF MACHINE AND INDUSTRIAL DESIGN

KONSTRUKCE PŘÍPRAVKU NA SLOUČENÍ RUČNÍCH OPERACÍ PŘI VÝROBĚ TERMOSTABILNÍCH ROZBUŠEK

DESIGN OF A DEVICE FOR THE COMBINATION OF MANUAL OPERATIONS DURING PRODUCTION OF
THERMOSTABLE DETONATORS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Josef Mikeš

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Petr Svoboda, Ph.D.

BRNO 2021

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav konstruování
Student: **Josef Mikeš**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce: **doc. Ing. Petr Svoboda, 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:

Konstrukce přípravku na sloučení ručních operací při výrobě termostabilních rozbušek

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Smyčky vodičů k rozbuškám se vyrábí ručně obtočením vodiče kolem dvou kovových kolíků. Vodiče jsou izolovány nylonem a při ručním obtočení kladou velký odpor. Pro další postup výroby se musí z vodiče odstranit také izolace z obou jeho konců. Vodič se musí vložit v předepsané vzdálenosti od smyčky do přípravku, provede se naseknutí izolace a pak se silou stáhne izolace z vodiče. Tento proces je náročný a je možné ho usnadnit pomocí vhodně navrženého přípravku.

Typ práce: vývojová – konstrukční

Cíle bakalářské práce:

Hlavním cílem je konstrukce přípravku na sloučení ručních operací při výrobě termostabilních rozbušek.

Dílčí cíle bakalářské práce:

- analyzovat problém a provést rešerši současného stavu výroby,
- definovat vhodné parametry pro konstrukční řešení,
- navrhnout varianty konstrukčních řešení,
- zpracovat výkresovou dokumentaci vybrané varianty,
- vyhodnotit časovou úsporu.

Požadované výstupy: průvodní zpráva, výkresy součástí, výkres sestavení, digitální data.

Rozsah práce: cca 27 000 znaků (15 – 20 stran textu bez obrázků).

Časový plán, struktura práce a šablona průvodní zprávy jsou závazné:

<http://www.ustavkonstruovani.cz/texty/bakalarske-studium-ukonceni/>

Seznam doporučené literatury:

CHILDS, P. R. N. Mechanical design engineering handbook. Amsterdam: Butterworth-Heinemann, 2014, ISBN 978-0-08-097759-1.

MATTHEWS, C. Case studies in engineering design: a project-based introduction. 2nd ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 1998, ISBN 03-406-9135-2.

KOSKY, P., G. WISE, R. BALMER, W. KEAT. Exploring Engineering: An Introduction for Freshman to Engineering and to the Design Process, Elsevier 2006, ISBN 978-0-12-369405-8.

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

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Martin Hartl, Ph.D.
ředitel ústavu

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

ABSTRAKT

Tato práce se zabývá problematikou výrobního přípravku potřebného ke sloučení ručních operací při výrobě termostabilních rozbušek. Cílem bylo navrhnout ergonomické, praktické a funkční zařízení, které nahradí stávající nevyhovující způsob výroby. Práce je zaměřena na popis a následné využití normalizovaných dílů. Po určení potřebných parametrů byl zvolen návrh přípravku s využitím pneumatických prvků. Zadaný cíl i dílčí cíle se podařilo naplnit. Výstupem je hotový návrh výrobního přípravku, který odstraní náročné ruční stažení izolace z vodiče. Pro výslednou variantu přípravku byl proveden odhad změny času jednotlivých výrobních úkonů, které provádí operátor přípravku. Po zavedení přípravku dojde také k úspoře času seřizovače, který operátorovi nemusí pomáhat se stahováním izolace. Práce obsahuje základní vhled do problematiky roznětných systémů, principu jejich činnosti, způsobu výroby vybraných částí, přehled použitelných normalizovaných prvků a samotné řešení konstrukce celého přípravku včetně výrobní dokumentace a popisu obsluhy.

KLÍČOVÁ SLOVA

výrobní přípravek, rozbuška, pneumatické saně, stažení izolace

ABSTRACT

This thesis deals with problematics of a production jig needed for the combination of manual operations during production of thermostable detonators. The goal was to propose ergonomic, practical and functional device which replaces current inconvenient type of manufacture. The thesis focuses on a description and a following usage of standardized parts. Having determined the required parameters, the design of the production jig with the use of pneumatic elements was chosen. The assigned goal as well as the partial goals were fulfilled. The result is a complete design of the production jig, which excludes difficult manual stripping of insulation from a conductor. The assessment of time savings for each one of the operations performed by an operator of the production jig was made for the final design. By the implementation of the jig to the manufacture the time of a higher qualified worker, who does not need to help the operator with stripping of the insulation anymore, is saved as well. The thesis contains basics of the problematics of the detonators, principles of their function, way of production of selected parts, overview of usable standardized parts and the actual solution of construction of the whole production jig including the construction documentation and usage guideline.

KEYWORDS

production jig, detonator, pneumatic sledge, stripping of insulation

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Mikeš, Josef. *Konstrukce přípravku na sloučení ručních operací při výrobě termostabilních rozbušek*. Brno, 2021, 48 s. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav konstruování. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Petr Svoboda, Ph.D.

PODĚKOVÁNÍ

V této části bych rád poděkoval vedoucímu své bakalářské práce panu doc. Ing. Petru Svobodovi, Ph.D. za dobře mířené poznámky, odborné vedení a čas věnovaný této práci. Děkuji také zástupcům firmy Austin, zejména paní Mgr. Šárce Trochtové, Karlu Cedivodovi a Lubomíru Kováčikovi za uvedení do problematiky. Dále bych chtěl poděkovat své rodině a přítelkyni za podporu při studiu.

PROHLÁŠENÍ AUTORA O PŮVODNOSTI PRÁCE

Prohlašuji, že diplomovou práci jsem vypracoval samostatně, pod odborným vedením doc. Ing. Petra Svobody, Ph.D. Současně prohlašuji, že všechny zdroje obrazových a textových informací, ze kterých jsem čerpal, jsou řádně citovány v seznamu použitých zdrojů.

.....

Podpis autora

OBSAH

1	ÚVOD	12
2	PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ	13
2.1	Austin Detonator s.r.o.	13
2.2	Průmyslová rozbuška	14
2.3	Druhy rozbušek nabízené firmou Austin	14
2.3.1	Elektrické rozbušky	15
2.3.2	Elektronické rozbušky	16
2.3.3	Neelektrické rozbušky	16
2.4	Přehled pneumatických pohonů	17
2.4.1	Pneumatické válce standartní	18
2.4.2	Pneumatické válce kompaktní	18
2.4.3	Pneumatické válce s integrovaným lineárním vedením	19
2.5	Význam a přehled výrobních přípravků	19
2.5.1	Rozdělení přípravků	20
2.5.2	Zásady při navrhování přípravků	20
2.5.3	Přehled v současnosti používaných přípravků ve firmě Austin	20
2.6	Současný technologický postup výroby smyček k termostabilním rozbuškám A-96L, A-105, A-105/100	22
2.7	Přehled hygienických předpisů	25
3	ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE	26
3.1	Analýza problému	26
3.2	Cíl práce	27
4	KONCEPČNÍ ŘEŠENÍ	28
4.1	Varianta 1	28
4.2	Varianta 2	29
4.3	Varianta 3	30
5	KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ	31
5.1	Popis jednotlivých součástí konstrukce	32
5.1.1	Základové těleso	32
5.1.2	Středové těleso s motacími trny	33
5.1.3	Pneumatické saně	33

5.1.4	Mechanismus k zastřížení a nařezání izolace	35
5.1.5	Těleso s nařezávacími čepelími na straně bez těsnění	38
5.2	Popis obsluhy	39
5.3	Cenová kalkulace	39
5.4	Zhodnocení časové úspory	40
6	DISKUZE	41
7	ZÁVĚR	42
8	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	43
9	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK, SYMBOLŮ A VELIČIN	45
10	SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ	46
11	SEZNAM TABULEK	47
12	SEZNAM PŘÍLOH	48
12.1	Výkresy	48

1 ÚVOD

Práce se zaměřuje na konstrukci nového přípravku k usnadnění výroby smyček přívodních vodičů k termostabilním rozbuškám ve firmě Austin Detonator. Austin je největší výrobce rozbušek v České republice. Je součástí nadnárodní korporace Austin Powder se sídlem v Clevelandu, Ohio, USA.

Rozbuška je zařízení sloužící k iniciaci výbuchu trhaviny, která koná námi požadovanou práci. Sama rozbuška tedy slouží pouze k předání energie trhavině, která je sama o sobě méně náchylná k výbuchu.

V současné době se ve firmě Austin některé typy smyček k rozbuškám vyrábí z drátu izolovaného nylonem na dvou od sebe vzdálených pracovištích za pomoci jednoduchých pákových nůžek a motacích trnů s nařezávacími čepemi k naříznutí izolace, kterou je potřeba z konců vodiče odstranit. Vodič je sám o sobě značně tuhý a izolace odolná poškození. Po naříznutí izolace ji musí operátor silou stáhnout. Operace stažení je fyzicky nejnáročnější částí výroby smyčky. Dochází zde k přetěžování operátora a je častým terčem stížností. Dalšími nedostatky při současné výrobě jsou časové a finanční ztráty. Vzniklé problémy je potřeba vyřešit novým přípravkem, který bude pracovat na jednoduchém principu a nebude zatížen vysokými pořizovacími náklady. Při navrhování nového přípravku je potřeba dbát na dostatečnou ergonomii i bezpečnost celého přípravku. V práci jsou popsány souvislosti s výrobou rozbušek, jejich základní rozdělení, popis oblasti řešení, možnosti konstrukčního řešení, a popis zvoleného způsobu řešení.

2 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ

2.1 Austin Detonator s.r.o.

Společnost Austin Detonator s.r.o. sídlí ve Vsetíně, Jasenicích (obr. 2-1). Austin je součástí nadnárodní korporace Austin Powder, s hlavním sídlem v Clevelandu, Ohio, USA. Firma zahájila svou činnost 1. ledna 1999, kdy odkoupila výrobu rozbušek po dnes již zaniklé Zbrojovce Vsetín. Počátek výroby rozbušek na Vsetíně sahá do roku 1953, kdy byla ve Zbrojovce Vsetín vyrobena první rozbuška určená k důlní těžbě.

Austin Detonator je jedním z největších výrobců rozbušek v Evropě. Roční produkce za rok 2020 se pohybuje kolem 35 mil. kusů. Konkurenční firmy jsou Orica (Kanada) a Maxam (Španělsko). Dále se zabývá výrobou a distribucí iniciačních systémů pro trhací práce ve stavebnictví, těžbě a průzkumu zemského povrchu. Ročně firma Austin vyrobí kolem 50 milionů kusů rozbušek. Až 98 % firemní produkce je určeno k exportu do 40 států po celém světě, přičemž 23 z nich je mimo Evropskou Unii. Společnost vlastní významnou technologickou a výzkumně-vývojovou vybavenost, která slouží ke zkvalitňování produktů a jejich výroby [1].

Firma Austin je známým a významným zaměstnavatelem blízkého i vzdálenějšího okolí Vsetína. K 31. 3. 2021 firma eviduje 878 zaměstnanců¹.



Obr. 2-1 Sídlo firmy Austin Detonator s.r.o., Vsetín [1]

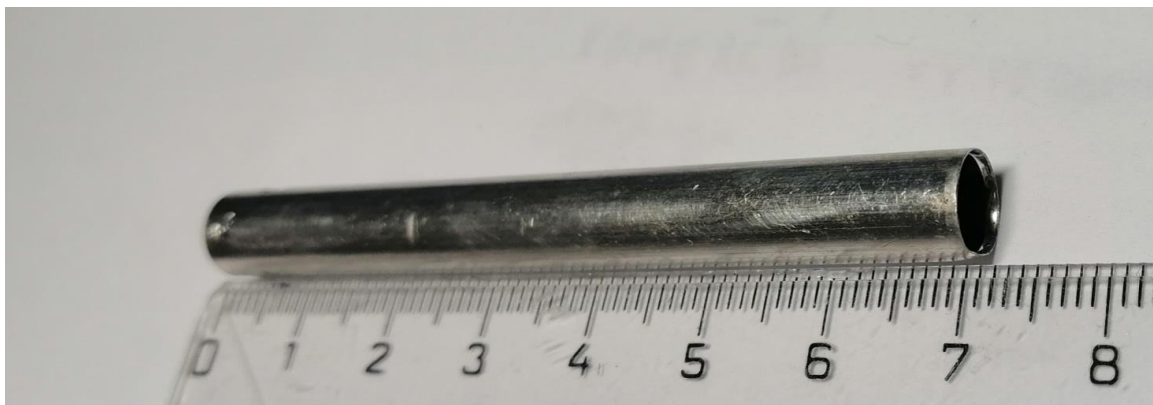
¹ Uvedený počet zaměstnanců byl zjištěn k datu 31. 3. 2021 z personálního úseku, který vydává stavy zaměstnanců vždy ve známost k poslednímu pracovnímu dni v daném měsíci. 13

2.2 Průmyslová rozbuška

Rozbuška slouží k iniciaci výbuchu trhaviny, která koná námi požadovanou práci. Vlastní rozbuška slouží pouze k předání energie trhavině, která je sama o sobě méně náchylná k výbuchu [2].

Rozbuška se skládá z kovové dutinky, která je dlouhá nejčastěji 5 až 10 centimetrů. Je tvořena z kovu, lisovaného do požadovaného tvaru (obr. 2-2). Polotovarem je kovový drát. Nejčastější materiál dutinky je hliník a měď. V prostředí s nebezpečím výbuchu prachu nebo plynu se musí použít dutinka z mědi [2]. Do dutinky jsou v předem předepsaném pořadí technologickými postupy lisovány tři základní složky: trhavina, třaskavina a pyrotechnické složky různých typů zajišťujících mimo jiné také dobu zpoždění rozbušky [3].

Kompletní rozbuška se na místě odstřelu vloží do předem připraveného otvoru ve výbušnině, tzv. trhavině. Trhavina je podstatně méně náchylná k výbuchu než rozbuška. Rozbuška musí být s trhavinou v přímém kontaktu, již vzdálenost 2 cm může způsobit selhání iniciace [3].



Obr. 2-2 Prázdná hliníková dutinka

2.3 Druhy rozbušek nabízené firmou Austin

Firma Austin nabízí širokou škálu rozbušek pro všechny typy využití, např. důlní i povrchovou těžbu, ražbu tunelů, demoliční práce a seismický průzkum. Podle způsobu přívodu energie a celkového principu fungování dělíme rozbušky na elektrické, elektronické a neelektrické.

2.3.1 Elektrické rozbušky

Elektrické rozbušky jsou nejrozšířenějším a nejpoužívanějším druhem rozbušek. Jejich základním principem je zahřátí odporového můstku, který svým rozžhavením zapálí primární slož elektrické pilule. Díky tomuto procesu se iniciuje buď předřadná zpožďovací směs, nebo primární výbušná směs, která způsobí výbuch rozbušky [3]. K přivedení iniciačního signálu se používá nejčastěji měděný izolovaný vodič. Iniciaci můžeme vyvodit buď 12 V baterií nebo nabitým kondenzátorem [4].

Konstrukce elektrických rozbušek umožňuje mít dobrou kontrolou nad roznětným systémem a tím přispívá k stabilním a rovnoměrným výkonům trhacích prací. Hlavními přednostmi elektrických rozbušek je jejich rozněčující síla, odolnost proti naindukovaným proudům, která zabraňuje samovznícení, skvělá odolnost vůči vodě, nenáročná manipulace a skladování [5].

Termostabilní rozbuška

Termostabilní rozbušky jsou speciálně navržené elektrické rozbušky. Tyto rozbušky jsou nejčastěji využívány při těžbě ropy a zemního plynu, proto jejich konstrukce musí odolávat účinkům prostředí ropného vrtu, především nežádoucím vlivům vysokých teplot a tlaku [8]. Tyto rozbušky jsou ve firmě označovány také jako Oil*Star Detonators (OSD). Rozbušky mají zaručenou odolnost teplotě 177 °C po dobu 60 minut. Nežádoucí je také selhání z důvodu vysokého tlaku vody, proto musí mít zaručenou odolnost tlaku 100 MPa po dobu 4 hodin. Dalším nežádoucím jevem způsobujícím selhání je indukované napětí, rozbušky musí odolávat napětí 25 kV. Nabídka termostabilních rozbušek firmy Austin je zobrazena na obr. 2-3 [9].



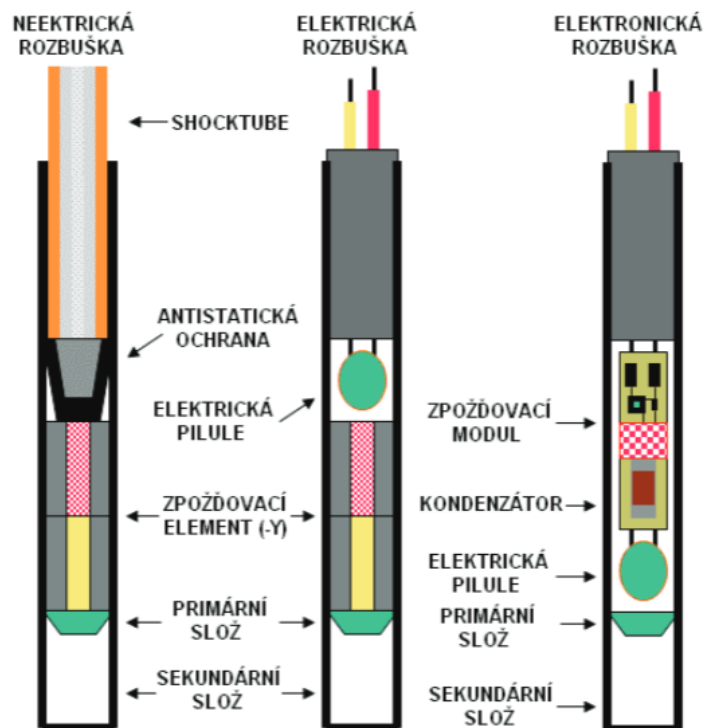
Obr. 2-3 Termostabilní rozbušky firmy Austin [9]

2.3.2 Elektronické rozbušky

Elektronické rozbušky jsou firmou Austin označovány také jako E*STAR. Elektronické rozbušky jsou svou konstrukcí podobné elektrickým. Jejich výhody jsou v možnosti přesného časování, jehož odchylka činí pouze 0,01 % a možnost kontroly jednotlivých rozbušek [5]. Nedílnou součástí těchto rozbušek je také elektronický iniciační modul (EIM). Jedná se o komplexní součást elektronické rozbušky, která rozbušku řídí a časuje. Skládá se z pilule, elektronické části a kondenzátoru. Pro přívod energie využívá také vodič z Cu nebo FeSn. Hlavní nevýhodou jsou jejich vysoké výrobní náklady [7].

2.3.3 Neelektrické rozbušky

U neelektrických rozbušek se k přívodu energie používá místo kovových vodičů plastová trubice, tzv. shocktube, která je na vnitřní straně potažena výbušným práškem. Tato trubice převede energii z odpalovacího stanoviště až k rozbušce, ve které iniciuje výbuch [7]. Náčrty základních rozdílů ve složení, principu a funkci jednotlivých typů rozbušek je zobrazený na obr. 2-4.



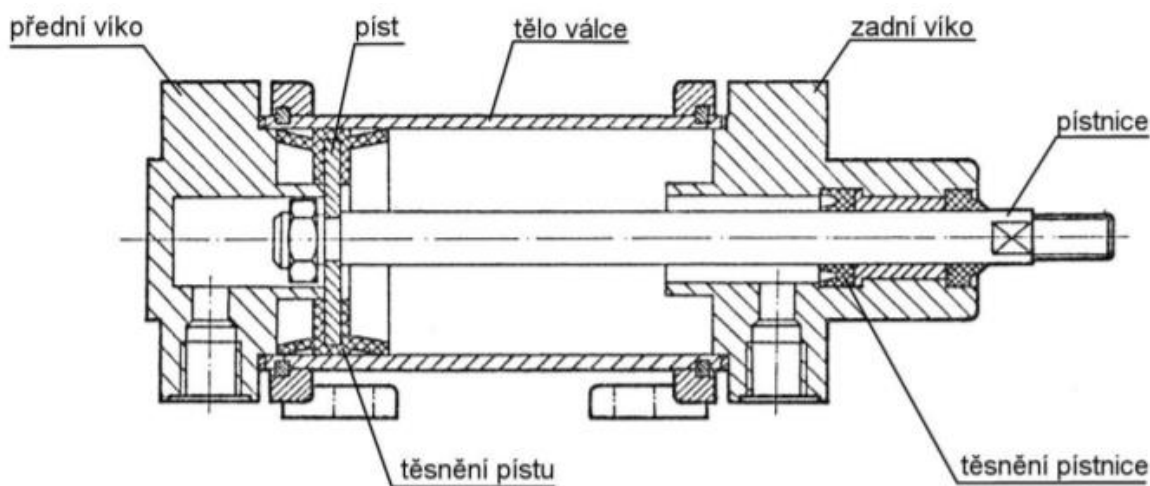
Obr. 2-4 Schéma neelektrické, elektrické a elektronické rozbušky [7]

2.4 Přehled pneumatických pohonů

Jako vhodná volba pro konstrukci přípravku pro výrobu rozbušek se jeví využití účinků stlačeného vzduchu. Stlačený vzduch je médium, které přenáší energii ze zdroje, kompresoru, do mechanismu, který tuto energii převádí na mechanickou práci. Tyto mechanismy můžeme definovat jako pneumatické pohony.

Pneumatické přímočaré motory zajišťují přeměnu kinetické energie uchované v dodaném stlačeném vzduchu na mechanickou energii. Nespornou výhodou vzduchu je jeho dostatečné množství v okolním prostředí, možnost vypouštět jej zpět do okolí a rychlost pohybu pístu při využití v pneumatickém válci. Nevýhody v porovnání s hydraulickým válcem jsou menší síla působící na píst a větší nebezpečí poranění při havárii. U pneumatických pohonů se užívá maximální tlak vzduchu přibližně 1 MPa a to z důvodu bezpečnosti [10].

Válce můžeme rozdělit do dvou základních kategorií, jednočinné a dvojčinné. Jednočinné válce využívají k návratu pístu, po ukončení působení tlaku, do počáteční polohy nejčastěji pružinu. Obvykle nedokážou vyvinout stejnou sílu jako při cestě do horní úvratí. Dvojčinný píst využívá k dosažení počáteční polohy stlačený vzduch, který však působí na protější stranu pístu [11]. Přímočarý motor definuje lineární trajektorii pístu. Schéma a základní části dvojčinného přímočarého pneumatického motoru jsou zobrazeny na obr. 2-5.



Obr. 2-5 Základní části dvojčinného přímočarého pneumatického motoru v řezu [13]

2.4.1 Pneumatické válce standartní

Standartní pneumatické válce se vyrábějí a dodávají dle norem ISO 15552 a ISO 6431. Jsou dostupné v různých normalizovaných průměrech v rozmezí od 8 do 125 mm. Dostupné zdvihy jsou od 25 do 1000 mm. Hlavními přednostmi díky konstrukci je pevnost a spolehlivost. U těchto válců je kladen důraz hlavně na výkon a zatížitelnost při posunech. Nevýhodou mohou být jejich větší rozměry a hmotnost. Možné tlumení v koncových polohách může být provedeno magnetickou silou a tu je možno nastavit stavěcími šrouby [13].

2.4.2 Pneumatické válce kompaktní

Kompaktní pneumatické válce jsou pneumatické pohony, které jsou navrženy, aby vyhovovaly široké škále aplikací v automatizaci. Jsou vybaveny prvky, které slouží k jejich modulárnosti, jsou to například speciální drážky a normalizované otvory. Standardizované rozměry kompaktních pneumatických válců odpovídají normě ISO 21287 a 6431. Dodávají se ve standardních průměrech pístu 20, 25, 32, 40, 50, 63 mm. Možnosti zdvihu 5 až 150 mm. Rychlostí pohybu pístu v rozsahu 50 - 500 mm/s. Tyto válce umožňují provoz s použitím relativně nízkého tlaku vzduchu v rozsahu 0.05 až 1 MPa. Hlavní předností kompaktních pneumatických válců jsou jejich dobrý poměr rozměrů a výkonu. Jejich tvar umožňuje aplikaci několika kusů vedle sebe a to i bez mezer. Další výhodou je možnost montáže bez speciálních montážních prostředků. Na obr. 2-6 je zobrazen obvyklý kompaktní pneumatický válec od firmy Aignep [12].



Obr. 2-6 Kompaktní pneumatický válec v částečném řezu [13]

2.4.3 Pneumatické válce s integrovaným lineárním vedením

Pneumatické válce s integrovaným lineárním vedením najdeme taky pod názvem kompaktní suport. Tyto zařízení spojují dva prvky, lineární vedení a pneumatický motor, v jeden komplexní funkční celek. Příklad tohoto zařízení je na obr. 2-7.

Lineární vedení je zařízení, které umožňuje regulovatelný pohyb v jedné ose a zvyšuje zatížitelnost navazujících prvků. Díky lineárnímu vedení můžeme zaručit relativně přesný pohyb v daném směru. V lineární technice se jako vodivý element používá nejčastěji tyč nebo kolejnice a jako pohyblivé prvky kluzná nebo kuličková pouzdra a rolny. Aplikace lineárních systémů je rozšířená do všech odvětví a v dnešní době častá. Nalezneme je například v dopravě, dřevozpracujícím průmyslu, zemědělství, potravinářství, v automobilovém průmyslu, ve slévárenství, v důlním průmyslu a v letectví [14].



Obr. 2-7 Kompaktní suport firmy SMC [13]

2.5 Význam a přehled výrobních přípravků

Pro výrobu rozbušek se i v současnosti používají jednoúčelové přípravky, jejich základní přehled a popis je uvedený v této kapitole.

Výrobní přípravek nebo přípravek je funkční celek, který slouží ke zjednodušení výroby, zvýšení efektivity, ustavení potřebných rozměrů výroby, ulehčení lidské práce a zvýšení kvality výroby. Přípravky jsou nezbytnou součástí každé specializované výroby. Jejich vyšší pořizovací hodnota způsobuje, že se nejčastěji uplatňují v sériové výrobě.

Základními částmi přípravků jsou tyto prvky:

- prvky pro ustavení
- těleso přípravku
- prvky upínací
- prvky pro případné vedení nástroje
- pomocné prvky (rukojeti, řetízky, spojovací prvky)

2.5.1 Rozdělení přípravků

Základní rozdělení přípravků uvádíme podle rozsahu použití:

- jednoúčelové přípravky – hromadná, sériová výroba a absence jiného způsobu výroby
- stavebnicové přípravky – sestavované z normalizovaných, typizovaných nebo seřiditelných součástí
- univerzální přípravky – kusová výroba

Výhodami jednoúčelových přípravků je jejich maximální využitelnost a efektivita. Nevýhodou je jejich vyšší pořizovací cena a složitější přestavitelnost při změně výroby [15].

2.5.2 Zásady při navrhování přípravků

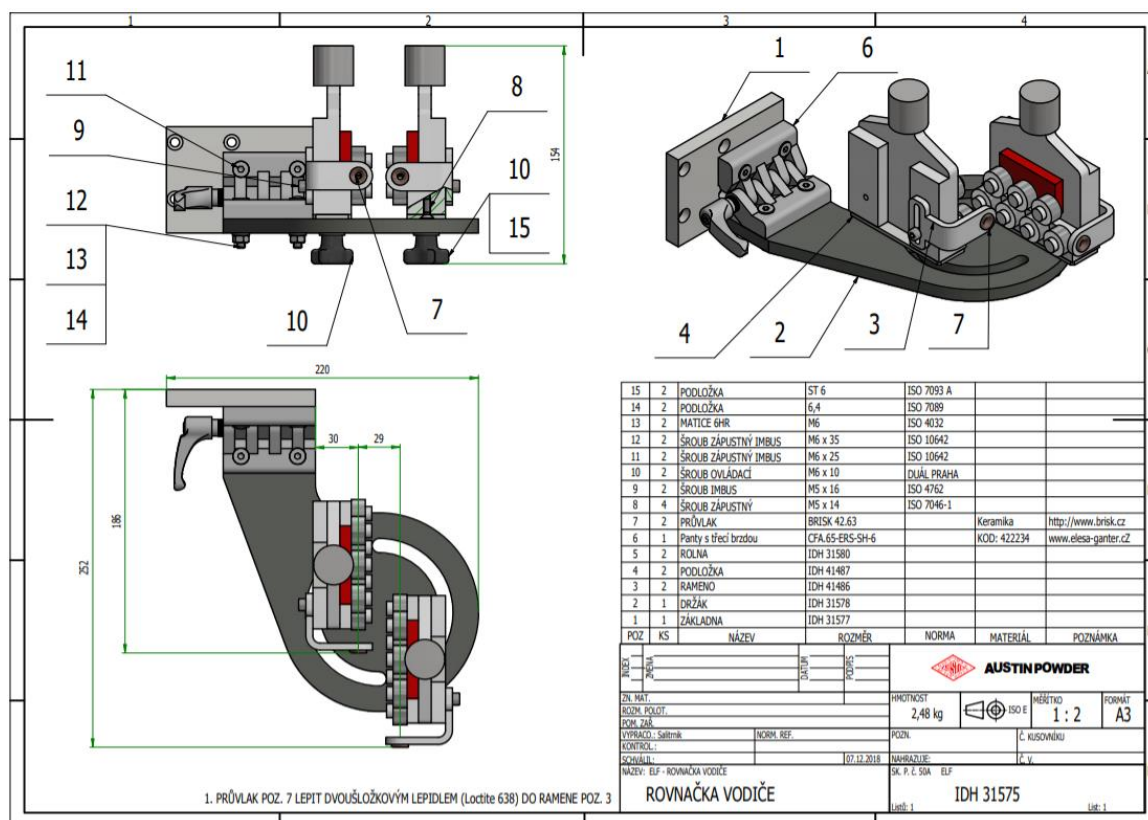
Přípravek má být ergonomický a snadný na obsluhu. Při instalaci je nezbytné zajistit pevné ustavení součástí v potřebné poloze, aby nedocházelo k jeho nevyžádanému pohybu. Samozřejmostí je snadné, bezpečné vložení a vyjmutí opracovávané součásti. Zároveň musí být minimalizován počet ovládacích prvků. Hrany přípravku je třeba navrhnout jako zaoblené, zkosené, nebo je jinak ošetřit proti možnosti zranění. Části, které se při provozu opotřebovávají, musí být navrženy jako vyměnitelné. Vhodné je využití normalizovaných součástí, což současně snižuje celkové pořizovací náklady [15].

2.5.3 Přehled v současnosti používaných přípravků ve firmě Austin

Ve firmě Austin se využívá mnoho jednoúčelových zařízení a přípravků. V nadcházející části je zobrazen náhled na dva z nich. Je zde patrné, jakým způsobem se k tvorbě přípravků přistupuje. Tyto přípravky se používají pro výrobu různých typů rozbušek či jejich komponent.

Přípravek na rovnání drátu pro automatickou linku

Tento přípravek byl realizován jako vylepšení automatické linky dodané externí firmou. Na této lince se vyskytovaly problémy, jež způsoboval drát, který nebyl dostatečně narovnaný. Při průchodu drátu linkou se zasekával a vypadával z upnutí. Z tohoto důvodu s nimi měl při uchopování robot problémy a vznikaly neshodné kusy. Nejdůležitějším úkolem bylo vhodné zakomponování do výrobní linky, aby nepřekáželo a nebránilo funkci ostatním komponentám. Z důvodu údržby je celé zařízení uchyceno na pantech kvůli snadnějšímu přístupu. Přípravek je zobrazen na výkresu (obr. 2-9). Jako hlavní součásti jsou volně se otáčející rolny, mezi kterými se drát srovná do požadovaných mezí.



Obr. 2-8 Výkres přípravku sloužícího k rovnání vodičů

Přípravek k ohýbání konců vodičů

Tento přípravek je využíván k ohýbání konců vodičů, aby bylo možné jejich vhodné připojení k elektrickým pilulím. Je zde využita energie stlačeného vzduchu pohánějící pneumický válec, pomocí kterého se uskuteční ohyb konců vodičů. Operátor vloží vodič do ohýbacích čelistí v dolní části a stlačí tlačítko, čímž spustí přívod vzduchu. Fotka tohoto přípravku je zobrazena na obr. 2-9.



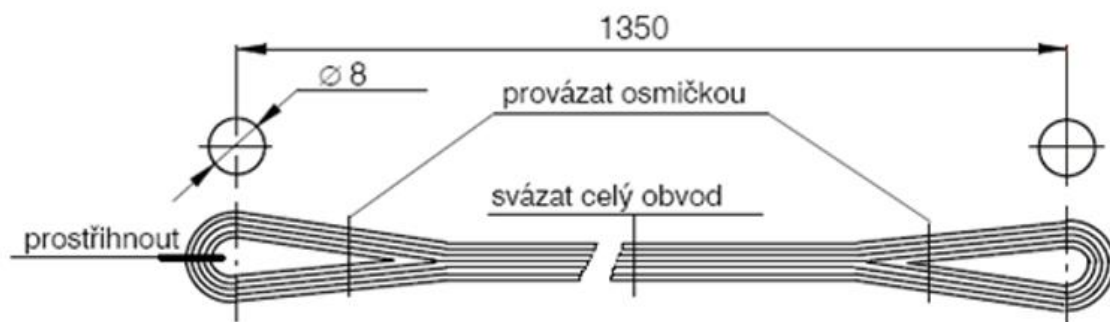
Obr. 2-9 Snímek přípravku používaného k úpravě konců vodičů

2.6 Současný technologický postup výroby smyček k termostabilním rozbuškám A-96L, A-105, A-105/100

Přívodní vodič, který přivádí energii z odpalovacího zařízení do rozbušky je z důvodu přepravy a skladování namotaný do smyčky, která má definované přesné tvary a rozměry. Pro případ rozbušek A-96L, A-105, A-105/100 je vodič namotaný do tvaru osmičky s největší celkovou přípustnou délkou 114 mm. Při použití rozbušek se vodič narovná a umístí do požadovaných míst.

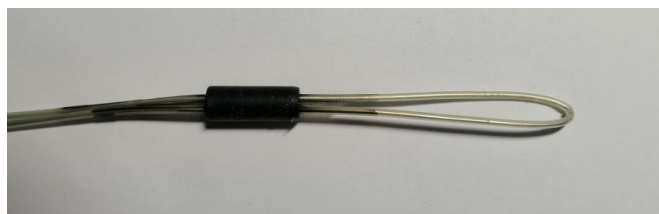
K výrobě přívodního vodiče termostabilních rozbušek se jako polotovar používá vodič izolovaný nylonem. Průměr kovového vodiče je 0,65 mm, průměr vodiče s izolací je 1,4 mm. Vodič je dodáván externím dodavatelem, navinutý na dřevěné cívce.

Z těchto cívek následně pracovník odmotává vodič a navíjí jej na připravené kolíky s roztečí 1350 mm, aby se vždy překrývaly přibližně uprostřed. Tímto způsobem namotá 100 smyček (50 závitů). Následně je sváže podle obr. 2-10 a odstříhne od cívek.



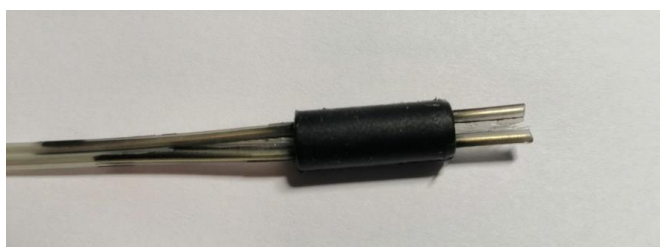
Obr. 2-10 Náčrt pozice vodiče při navíjení na trny

Po svázání pracovník tento svazek sejme z navíjecích trnů a přestříhne ručními nůžkami na místě kolíku vzdálenějšího od čela, kde se nacházejí cívky. Svazek pracovník označí datem výroby a osobním číslem. Tímto procesem vznikne vodič zastřižený na délku 2700 mm, přeložený v polovině. Takto připravený vodič je v kartonových krabicích odeslán do dodavatelské firmy, která provede nástřik plastového těsnění (obr. 2-11).



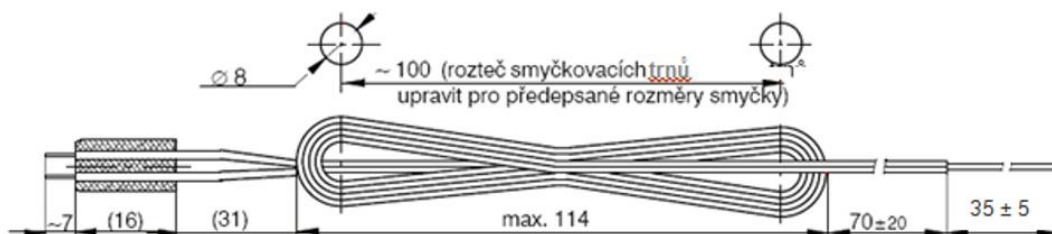
Obr. 2-11 Plastové těsnění na konci vodiče vyrobené v dodavatelské firmě

Ze svazku vodičů s nástříknutým těsněním postupně pracovník odebírá jednotlivé vodiče a vizuálně je zkontroluje. Dalším krokem je odstřížení ohybu vodiče pákovými nůžkami za nástřikem těsnění ve vzdálenosti 7 mm od čela nástřiku. Tato vzdálenost je zajištěna dorazem na pákových nůžkách. Odstřižený vodič je na obr. 2-12.



Obr. 2-12 Odstřižený vodič v délce 7 mm za těsněním

Při následující operaci pracovník namotá vodič na trny seřízeného výrobního přípravku 5 osmiček. Výsledný tvar smyček musí být podle náčrtu na obr. 2-13. Důležité je, aby výsledná smyčka nepřesáhla celkový vnější rozměr 114 mm. Konec vodiče bez těsnění narovná přes zdrhovací a stříhací přípravek.



Obr. 2-13 Náčrt motané myčky s hlavními rozměry

Dalším krokem je zastřížení vodiče pomocí nůžek na koncovou délku 1200 mm. Tolerance tohoto rozměru je -12 mm až +18 mm. Po ustřížení strhne zároveň z obou konců nastříženou nylonovou izolaci. Hotovou smyčku uprostřed sváže připraveným odstrižkem drátu jiné barvy a celou smyčku sesune z trnů. Na obr. 2-14 je zobrazen přípravek, který je používán k této operaci v současné době.



Obr. 2-14 Současný stav konstrukce přípravku pro namotání, zdrhnutí a zastřížení vodiče

Následuje stržení izolace na straně těsnění. Pracovník nasune vodiče na trny páky pro zdrhování těsněním co nejtěsněji k nařezávacím břitům zdrhovacího přípravku a plynulým posunem páky provede odizolování vodičů. Pokud po zdrhnutí zůstanou na straně těsnění nečistoty, začistí je pracovník zalamovacím nožkem. Hotové smyčky vloží do regálové přepravy v počtu 50 ks. Připravené smyčky jsou poté transportovány k dalšímu zpracování a montáži.

2.7 Přehled hygienických předpisů

Vyhláška č. 432/2003 Sb. stanovuje jednotlivé kategorie a limitní hodnoty biologických expozičních testů při určení podmínek jejich odběru pro testování a sledování. Vyhláška zahrnuje předpisy Evropské unie. Hlavními faktory pro kategorizaci jsou fyzikální, chemické a biologické činitele, prach a fyzická zátěž. Přesná kritéria, faktory a limity pro zařazení prací do konkrétní kategorie určuje příloha č. 1 vyhlášky.

Pro operátory používající současný přípravek je zásadní skupina č. 6 vyhlášky, která upravuje maximální přípustné hodnoty fyzické zátěže, která vzniká při použití nynějšího přípravku při ručním zdrhování nylonové izolace. Při této operaci je nezbytné, aby operátor vyvinul sílu přibližně 150 N, která byla naměřena klasickým pružinovým siloměrem (obr. 2-15). Takto velká síla je zařazena do druhé kategorie fyzické zátěže. Její časté, opakované a monotónní působení způsobuje časté onemocnění svalů, šlach zápěstí a prstů. Při současném způsobu výroby je značně rostoucí pravděpodobnost negativních dopadů na zdraví pracovníka. Výsledná síla, kterou by měl pracovník působit na přípravek či přímo na zpracovávanou součástku by neměl přesáhnout 100 N [16].



Obr. 2-15 Pružinový siloměr sloužící k určení zátěže při zdrhování [17]

3 ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE

3.1 Analýza problému

Současný způsob zpracování přívodních vodičů k termostabilním rozbuškám typu A-96L, A-105, A105/100 je nevyhovující v několika ohledech. Prvním důvodem je nutnost použití dvou přípravků na dvou od sebe vzdálených pracovištích, čímž vzniká časová ztráta při přenosu smyček a s tím související potřeba lidské činnosti vyplývající k přemístění souboru vodičů z jednoho pracoviště na druhé.

Druhým a hlavním důvodem potřebné změny je překračování hygienických limitů, kdy při zdrhování izolace musí pracovník opakovaně vyvinout sílu přibližně 150 N. potřebnou ke stažení naříznuté izolace. Tato operace se provádí ručně, přímým uchopením izolace vodiče a jejím následným stažením. Izolace a vodič jsou značně tuhé. Nevhodnou pozicí při této činnosti dochází k nadměrnému namáhání zápěstí, dlaně a prstů. Tento proces zapříčiňuje zvýšené riziko vzniku onemocnění svalů a šlach na prstech, dlani a zápěstí. Tato činnost je častým terčem stížností.

Dalším prostorem pro zkvalitnění výroby je časová úspora, která vznikne vhodně navrhnutým přípravkem. Zanikne potřeba zpracovávanou součást přenášet a znovu ustavovat pro každou operaci. Tuto operaci bude možné provést na jedno ustavení.

Na základě rešerše se jako vhodnou součástí pro vymezení zdrhovacího pohybu jeví požití pneumatických saní, které usnadní fyzicky náročnou práci zdrhování. Tento náročný pohyb při vhodném rozvržení vyvolá upravený stlačený vzduch. Na pozici budoucího pracoviště osazeného přípravkem je stlačený vzduch přiveden z centrálního rozvodu.

Vytvořením nového přípravku a uspořádáním pracoviště vznikne časová úspora způsobená zánikem opakovaného přenášení vodičů a dojde současně k výraznému snížení fyzické zátěže pomocí přípravku, kdy náročný pohyb vlastního zdrhnutí zajistí při vhodném rozvržení upravený stlačený vzduch budoucího přípravku.

Následuje také zhodnocení ekonomické úspory, která se projeví po zavedení přípravku. Přínos ergonomický, časový a finanční je značný.

3.2 Cíl práce

Hlavním cílem této práce je komplexní konstrukční řešení přípravku pro zdrhování izolace a zastřížení vodičů do požadované délky při výrobě vodičů k termostabilním rozbuškám ve firmě Austin Detonator. Tato operace bude provedena na jedno ustavení v přípravku. Hotový přípravek nahradí nevyhovující systém používaný k této operaci v současnosti. Přípravek bude splňovat tyto definované kritéria:

- bude bezpečný,
- snadný na obsluhu a ergonomický,
- bude jej možno přenastavit při změně rozměrů smyčky,
- bude spolehlivý.

Nejdůležitějším aspektem k výběru konstrukčního řešení bude odstranění namáhavého ručního stažení izolace. Přípravek bude založen na jednoduchém principu a nebude zatížen vysokými pořizovacími náklady.

Výstupem také bude zhodnocení časové a ekonomické úspory. Porovnání bude provedeno na počtu vyrobených kusů za jednu směnu OSD rozbušek typu A-96L, A-105 a A-105/100 při použití starého a nového přípravku.

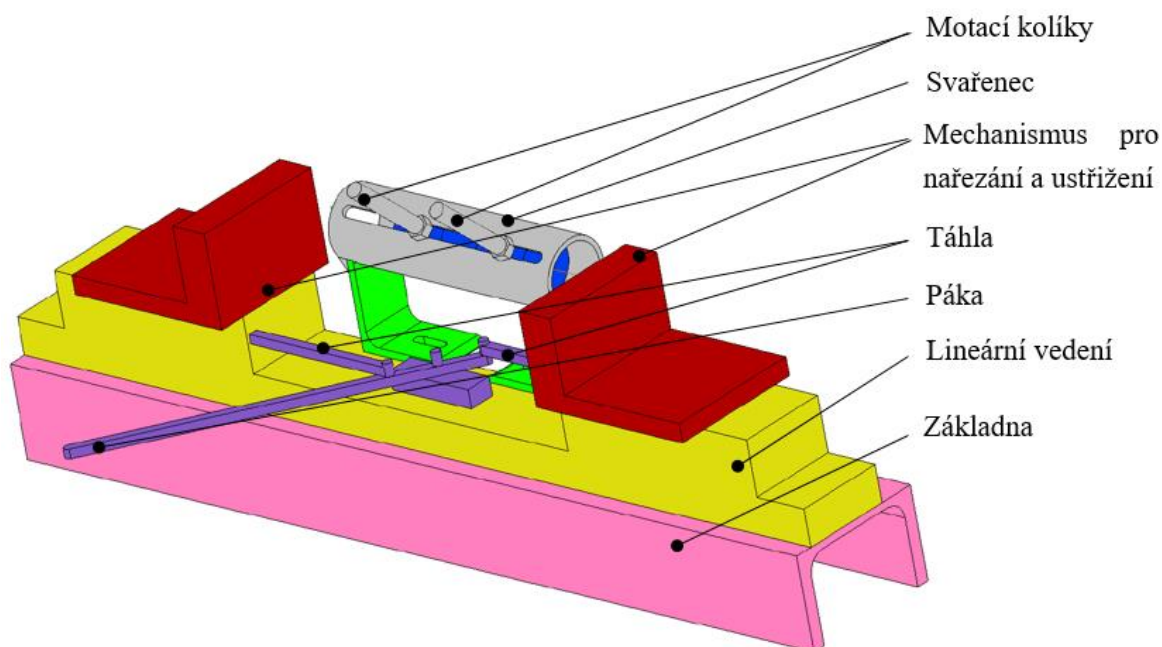
4 KONCEPČNÍ ŘEŠENÍ

V této kapitole jsou navrženy tři hlavní přístupy ke konstrukčnímu řešení. Rozdíly uvedených konceptů spočívají ve způsobu vyvození dostatečně výkonného přímočarého pohybu, který zajistí jednoduché zdrhnutí izolace z vodiče. Tento pohyb je pro přípravek klíčový, protože právě tento úkon je nejnáročnější na vyvození dostatečné síly. Z tohoto důvodu se koncepční řešení budou věnovat právě způsobu vyvození tohoto pohybu.

4.1 Varianta 1

Tato koncepční varianta se zabývá využitím lidské síly ke zdrhnutí izolace. Operátor vyvodí sílu na páku, pomocí které bude pohyb převeden přes táhla do směru zdrhnutí. Směr zdrhnutí bude udržen pomocí lineárního vedení. Pevná část lineárního vedení je připevněna k základně pomocí šroubů. Na pohyblivé části lineárního vedení budou taktéž pomocí šroubů připevněny mechanismy pro nařezání a ustřížení vodiče do požadované délky. Ve středové části bude umístěn a připevněn pomocí šroubů svařenec zaručující správnou pozici a rozteč motacích kolíků. Náhled této konstrukční varianty je zobrazen na obr. 4-1.

Výhody této varianty jsou levnější pořizovací náklady na výrobu a sestavení. Značnou nevýhodou je velká spotřeba lidské práce.

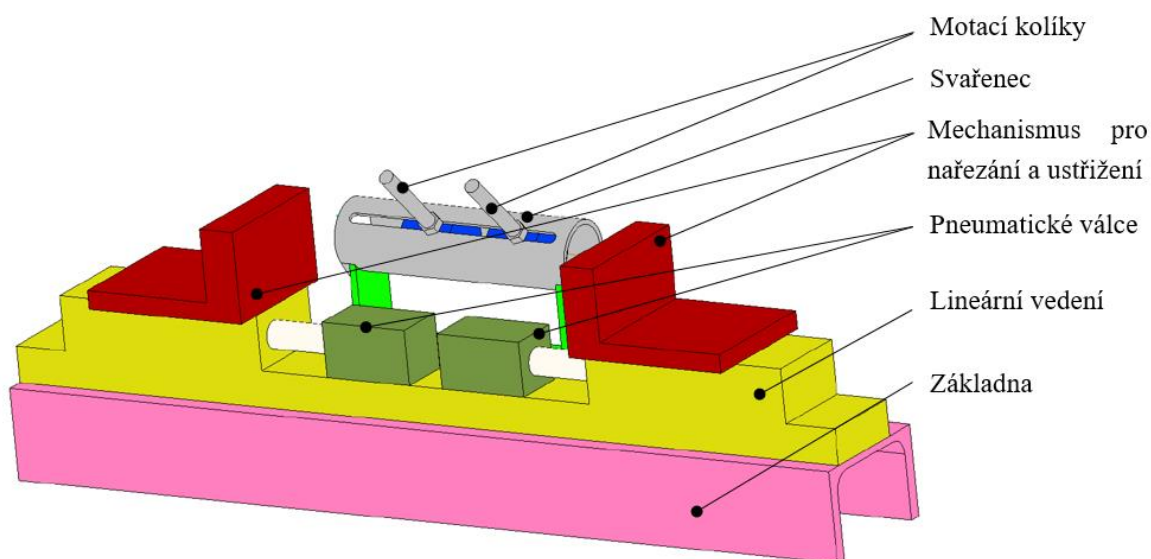


Obr. 4-1 Náhled první koncepční varianty s popisem součástí

4.2 Varianta 2

U této koncepční varianty je jako zdroj síly potřebný ke zdrhnutí izolace využit účinek stlačeného vzduchu převedený pomocí pneumatického pístu na sílu. Operátor po namotání smyčky a jejím vložení do stříhacího a nařezávacího mechanismu stlačí ovládací prvek. Díky stlačenému vzduchu se vysune píst, který je spojen s pohyblivými částmi lineárního vedení a skrze něj i se stříhacím a nařezávacím mechanismem, který stáhne izolaci. Lineární vedení je zde využito z důvodu udržení směru pohybu. Pevná část lineárního vedení je připevněna k základně pomocí šroubů. V prostřední části se nachází prvek s kolíky, na které se smyčka namotává. Uspořádání této koncepční varianty je zobrazeno na obr. 4-2.

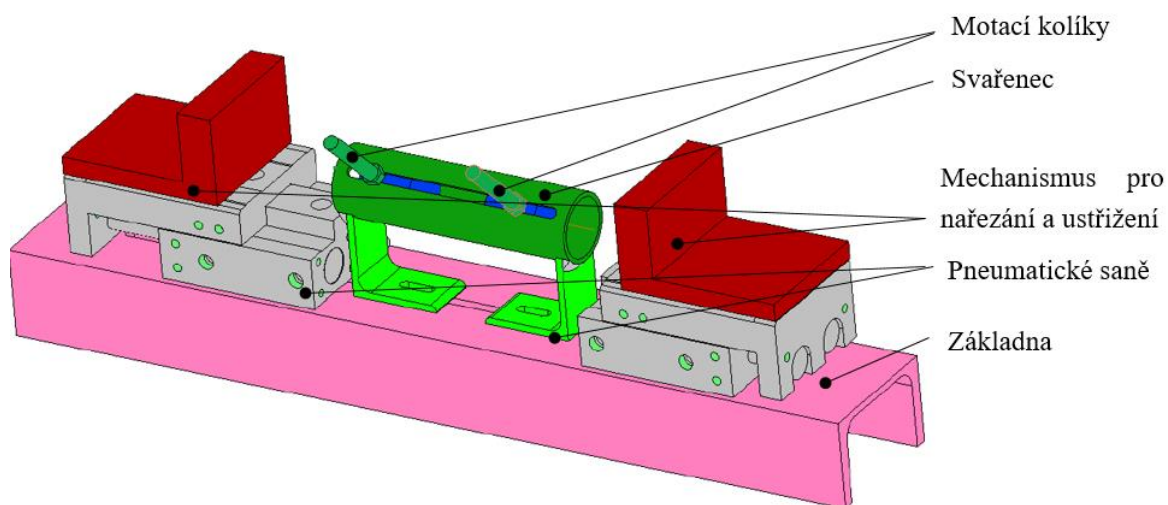
Výhodou této koncepční varianty je vyšší úspora lidské práce. Nevýhodou je složitější umístění prvku pro namotání smyčky z důvodu stísněného prostoru v prostřední části. Další nevýhodou je složitější konstrukce a montáž.



Obr. 4-2 Náhled druhé koncepční varianty s popisem využitých součástí

4.3 Varianta 3

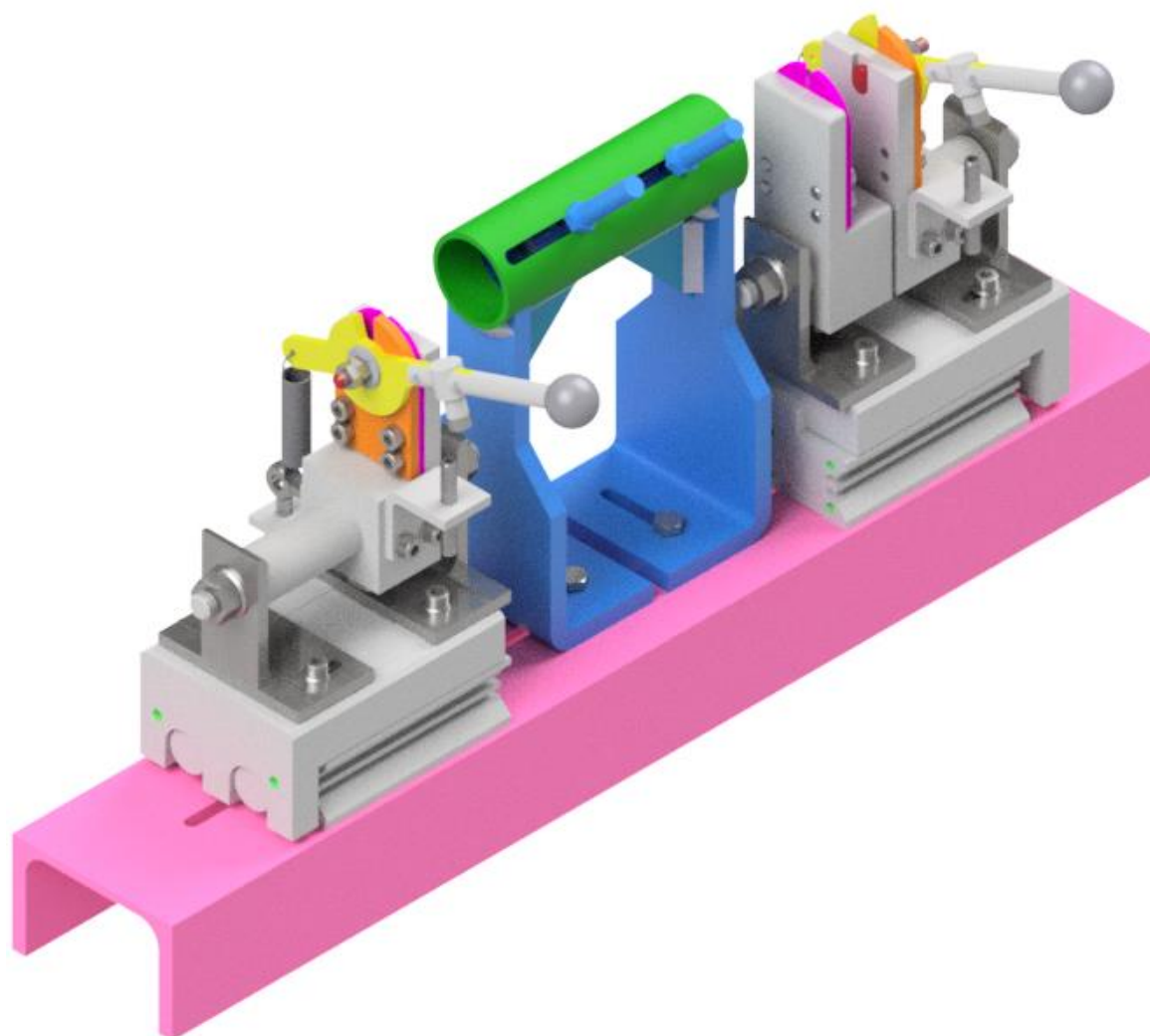
U tohoto návrhu je hlavním zdrojem zdrhovací síly stlačený vzduch. Jako převaděče energie stlačeného vzduchu na přímočarý pohyb je využito páru pneumatických saní. Ty jsou připevněny pomocí šroubů k základně. Na jejich pohyblivé části je pomocí šroubů připevněn mechanismus k naříznutí izolace a zastřížení vodiče. Pneumatické saně nepotřebují další prvky k udržení přímočarého pohybu. Ke stažení izolace dojde po otevření přívodu vzduchu operátorem a následným vysunutím saní. Smyčka bude namotána na kolíky, které se budou nacházet mezi nimi. Náhled uspořádání konceptu s využitím pneumatických saní je na obr. 4-3.



Obr. 4-3 Náhled třetí koncepční varianty s využitím pneumatických saní

5 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

Jako výsledné konstrukční řešení byla po konzultaci se zástupci firmy Austin vybrána varianta 3. Tato varianta byla komplexně zpracována se všemi náležitostmi. Hlavním kritériem byla velká úspora lidské práce a ergonomičnost konstrukce. Tato varianta zahrnuje dva kusy pneumatických saní k vyvození pohybu potřebnému pro zdrhnutí izolace, jeden mechanismus k zastřížení a zdrhnutí izolace za těsněním, jeden mechanismus sloužící k úpravě volného konce vodiče a středovou součást sloužící k namotání vodiče. Základní těleso tvoří U profil UPE 80. Díly budou chráněny proti korozi galvanickým zinkováním. Náhled na 3D model sestavení je na obr. 5-1.



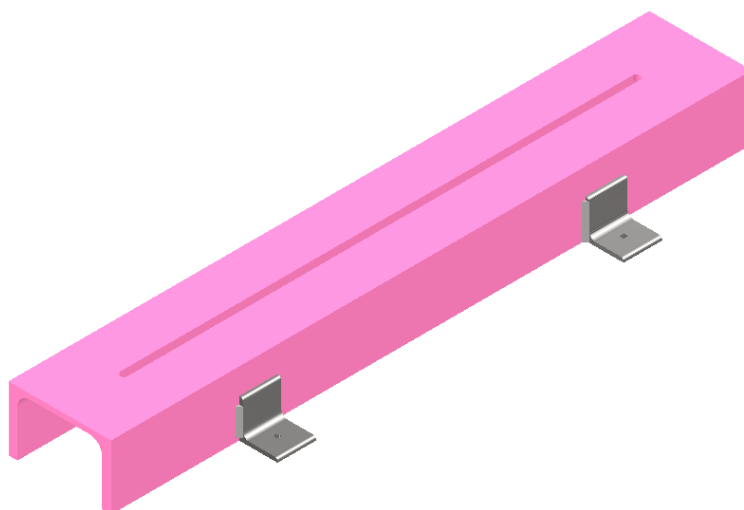
Obr. 5-1 Náhled na hotovou sestavu konstrukčního řešení

5.1 Popis jednotlivých součástí konstrukce

Součástí této kapitoly je popis konstrukce a jejich jednotlivých prvků. Obsahuje volbu materiálu u důležitých a namáhaných součástí. U některých součástí bylo také potřeba zkontrolovat navržené rozměry.

5.1.1 Základové těleso

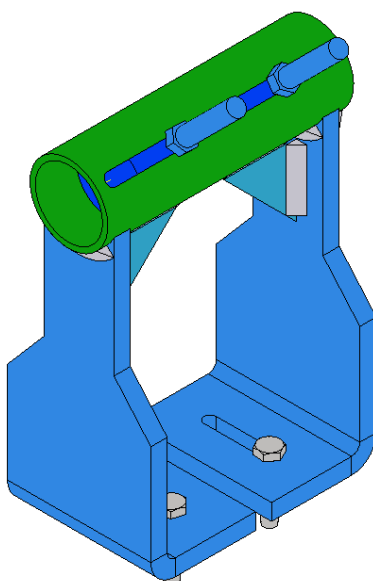
Základové těleso je v kontaktu s dřevěným pracovním stolem. Ke stolu bude připevněno pomocí vrtů v otvorech dvou patek přivařených k zadní straně základového tělesa. V ose tělesa bude vyfrézována drážka šířky 6 mm pro uchycení navazujících součástí konstrukce pomocí šroubů M6. Tato drážka začíná i končí 47 mm od okraje profilu, čímž bude zaručena soudržnost a zároveň dostatečná rozměrová variabilita. Materiál U profilu i přivařených patek je S235JR. Tento materiál je vhodný především díky zaručené svařitelnosti a nízké ceně. Pohled na zadní stranu základového tělesa je na obr. 5-2.



Obr. 5-2 Náhled na zadní stranu základového tělesa

5.1.2 Středové těleso s motacími trny

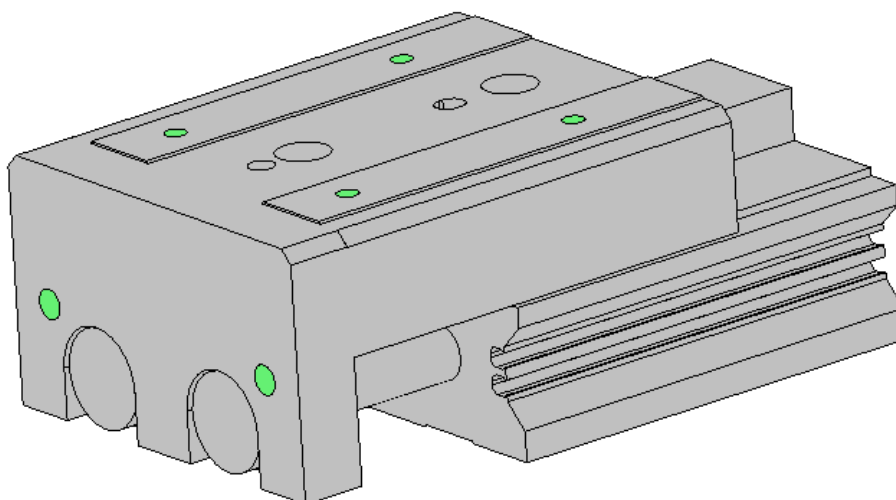
Nosnou součástí středového tělesa je svařenec. Skládá se z bezešvé trubky o průměru 38 mm s tloušťkou stěny 2,6 mm. V trubce je vyfrézována drážka. K trubce jsou přivařeny nosníky z plechu tloušťky 8 mm. Vše je kvůli poměrnému vyložení vyztuženo vzpěrami. Se základovým tělesem bude spojeno šrouby se šestihrannou hlavou velikosti M6. Ty prochází drážkou, která umožňuje příčný pohyb pro nastavení vzdálenosti od operátora. Do trubky s drážkou jsou vloženy válcové tělesa, ve kterých je vytvořen závit M6. Do těchto otvorů budou vešroubovány motací čepy, čímž se vytvoří dostatečná přitlačná síla. Vzdálenost těchto čepů je možno nastavit podle požadavků technologie. Celý 3D model sestavy středového tělesa je na obr. 5-3.



Obr. 5-3 Náhled na sestavu středového tělesa

5.1.3 Pneumatické saně

Hlavním prvkem zajišťující stažení izolace z konců vodiče bude pneumatický válec s lineárním vedením. Dodavatelem pneumatických saní je Stránský a Petržík. Tato součást zajistí jak vyvození dostatečné síly pro stažení izolace, tak směr, ve kterém ke stažení dojde. Na obr. 5-4 jsou zobrazeny saně s písty vysunuté do horní pozice.



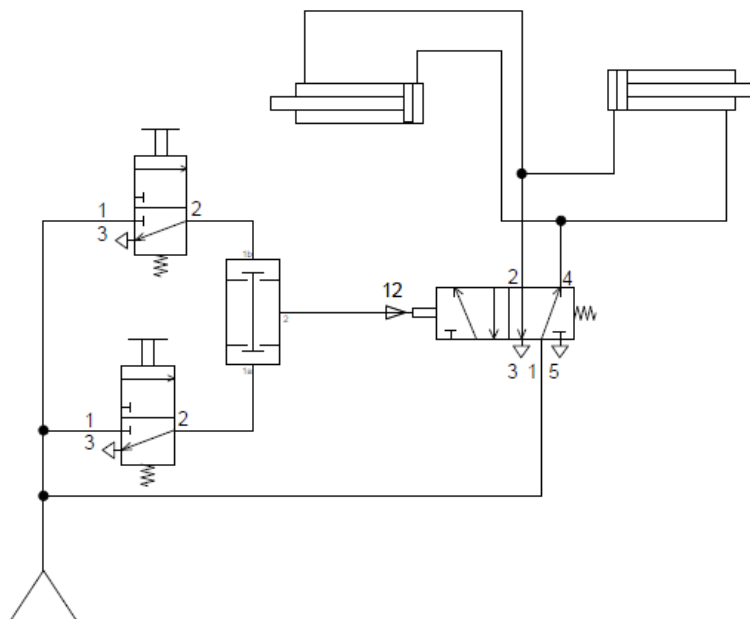
Obr. 5-4 Vysunuté pneumatické saně pro levou stranu přípravku ve 3D zobrazení

Hlavním aspektem při návrhu pneumatických saní je zatěžující moment vyvozený silou působící mimo osu saní. Síla 150 N je od horní plochy saní vzdálená 0,112 m. Výsledný moment vyvozený touto silou při stahování izolace je tedy 16,8 Nm. Pneumatické saně zkonstruovány pro toto momentové zatížení mají průměr pístu 25 mm. Tyto saně odolávají zatěžujícímu momentu 26 Nm. Vstupní parametry pro výpočet bezpečnosti ke stavu poškození saní jsou zatěžující moment a maximální moment, kterému tyto saně při provozu odolávají.

$$k = \frac{M_{O\text{MAX}}}{M_O} = \frac{26}{16,8} = 1,54$$

Bezpečnost vůči dosažení horní hranice momentového zatížení je dostatečná, pneumatické saně jsou tedy způsobilé toto zatížení snášet.

Nezbytnou součástí využití pneumatických prvků je také schéma zapojení. Při spouštění přívodu vzduchu je nutno pamatovat na bezpečnost operátora. Z tohoto důvodu bylo zvoleno spouštění přívodu do pneumatických válců pomocí dvou od sebe vzdálených tlačítek. Toto uspořádání zaručí, že každé tlačítko operátor zmáčkne jednou rukou. Díky tomu nemůže dojít ke kontaktu horních končetin operátora s rychle se pohybujícími prvky přípravku. Schéma tohoto bezpečnostního zapojení je zobrazeno na obr. 5-5.



Obr. 5-5 Bezpečnostní schéma zapojení prvků pracujících se stlačeným vzduchem

5.1.4 Mechanismus k zastřižení a nařezání izolace

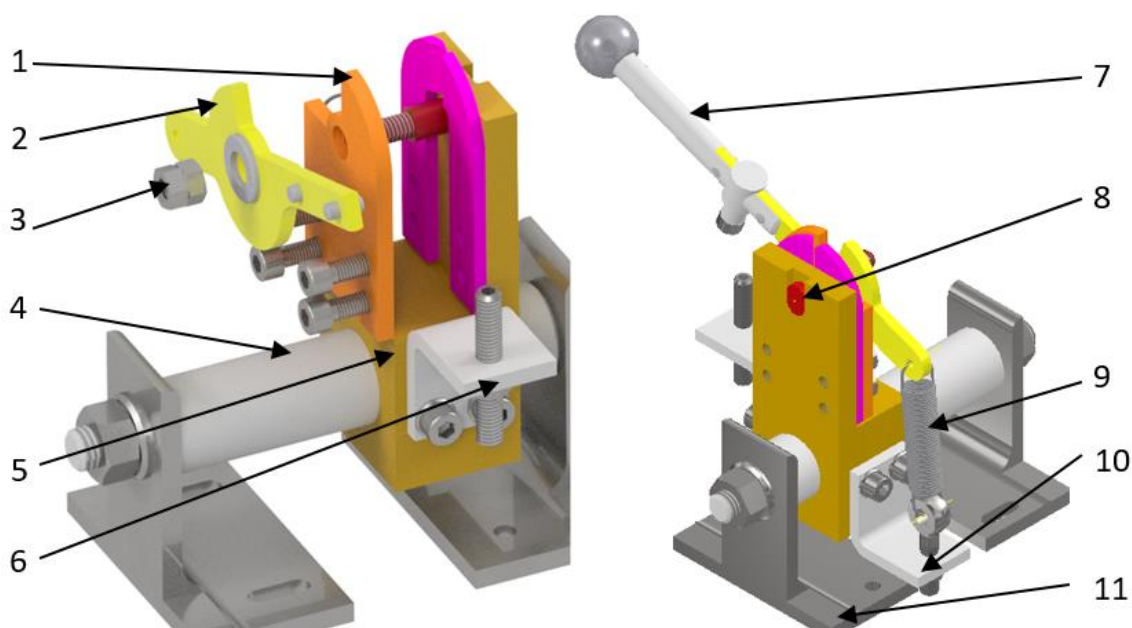
Celý mechanismus bude připevněn pomocí šroubů M5 k pneumatickým saním. Mechanismus na levé straně bude zároveň sloužit jako prvek k ustavení pozice drátu. Ustavení proběhne pomocí nařezávacích čepelí, o které se opře těsnění na vodiči. Pevná část nůžek bude k nosnému tělesu připevněna spolu s nařezávacími čepelími pomocí šroubů s válcovou hlavou a vnitřním šestihranem. Sestavení a nastavení bude zaručeno díky zvětšeným otvorům v čepelích a pevné části nůžek. Otvory budou mít průměr 5,5 mm. Tolerance jejich polohy bude zaručena příslušným označením na výkrese. Pohyblivá část nůžek je k pevné části nůžek připevněna pomocí speciálního šroubu. Pohyblivé části nůžek je umožněn volný otáčivý pohyb kolem dřívku šroubu nastavením vhodné přítlčné síly maticí zajištěnou pomocí kontra matice. Tím bude zaručen dostatečný přítlak při stříhu. Šroub je proti otáčení zajištěn svou oválnou hlavou, která je vložena do drážky v nosném tělese.

Na zadní straně nosného tělesa je připevněn pomocí šroubů M5 držák pružiny s nastavitelným šroubem s okem, ve kterém je tažná pružina z jedné strany zaháknuta. Z druhé strany je pružina uchycena v oku tělesa pohyblivých částí nůžek. Tímto je zajištěn návrat nůžek po ustřižení do počáteční polohy. Vhodná tuhost pružiny bude zvolena v další části. Ze přední části tělesa je obdobným způsobem připevněn stavitelný doraz.

Nosné těleso je umístěno na ose přitlačením pomocí šroubů ze spodní strany. Osa umožňuje větší rozměrovou variabilitu a na pravé straně umístění nářezávacích nožů na předsazeném nosném tělese pro nářezávací čepele. Osa prochází otvory v upravených L profilech, které jsou připojeny k pneumatickým saním. Popis jednotlivých prvků mechanismu je zobrazen na obr. 5-6. Soupis důležitých prvků a jejich materiálů nebo označení je v tab. 5-1.

Tab. 5-1 Soupis důležitých prvků mechanismu pro zastřížení a nářezání

Číslo součástí	Název součástí	Materiál / Norma
1	Pevná stříhací hrana	C55E
2	Pohyblivá stříhací hrana	C55E
3	Kontra matice	ČSN EN ISO 4032
4	Osa	S235JR
5	Nosné těleso	S235JR
6	Doraz	S235JR
7	Páka	S235JR
8	Šroub s dříkem a oválnou hlavou	E335
9	Pružina	EN 10270-1
10	Úchyt šroubu pružiny	S235JR
11	Upravené L profily	S235JR

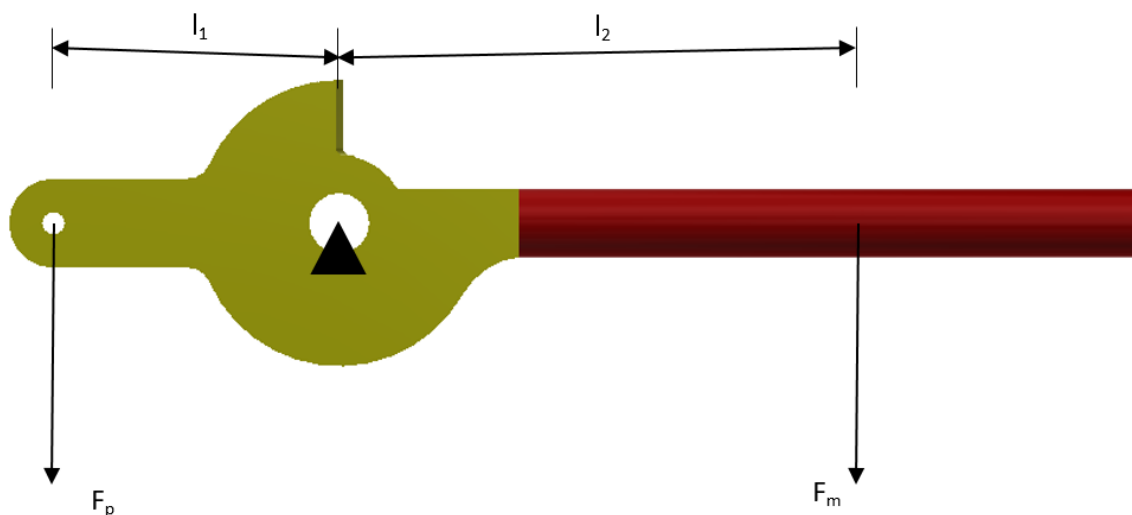


Obr. 5-6 Náhled mechanismu pro zastřížení a nářezání s označením důležitých součástí

Volba pružiny k návratu do původní polohy

U nůžek je potřeba zvolit vhodnou pružinu, která zajistí návrat pohyblivé části nůžek do polohy, která umožní vložit další opracovávaný kus do nůžek popř. do nařezávacích čepelí. Pružina musí být dostatečně tuhá, aby byla schopna nůžky s pákou vytáhnout do horní polohy. Při zvolení přehnaně tuhé pružiny zde však vzniká riziko přehnaného namáhání horních končetin operátora. Podle vybrané tuhosti budou zvoleny vhodné rozměry pružiny. Korekce chování pružiny bude po uvedení do výroby provedena pomocí šroubu s okem, ve kterém bude pružina zaháknuta.

Při výpočtu bylo použito momentové rovnováhy. Hlavní vstupní parametry jsou od gravitační síly působící na páku a síly od pružiny. Vzhledem k tvaru samotného tělesa nůžek můžeme zanedbat gravitační sílu od tělesa nůžek. Plastová kulička rukojeti na konci páky je taky zanedbatelná v porovnání s kovovou pákou. Náčrt způsobu určení tuhosti pružiny je na obr. 5-7.



Obr. 5-7 Náčrt pro výpočet tuhosti pružiny

Níže je vyjádřena síla, kterou musí pružina působit na oko nůžek pomocí rovnice momentové rovnováhy. Vzdálenosti byly určeny z hotové součásti ve 3D modelu: $l_1 = 40 \text{ mm}$, $l_2 = 65,5 \text{ mm}$:

$$F_p \cdot l_1 - F_g \cdot l_2 = 0$$

$$F_p = \frac{F_g \cdot l_2}{l_1}$$

Dalším krokem je výpočet gravitační síly, působící na páku. Délka páky je 83 mm, průměr 9 mm.

$$F_g = g \cdot \rho \cdot l \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 9,81 \cdot 7,85 \cdot 10^{-6} \cdot 83 \cdot \frac{\pi \cdot 9^2}{4} = 0,406 \text{ N}$$

$$F_p = \frac{0,406 \cdot 65,5}{40} = 0,66 \text{ N}$$

Výpočet tuhosti z koncové polohy při orientačním protažení pružiny o 1 mm.

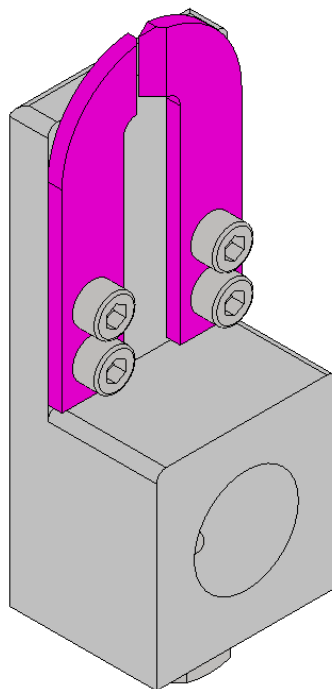
$$F_p = k \cdot x$$

$$K = \frac{F_p}{x} = \frac{0,66}{1} = 0,66 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-1}$$

Dle vypočtených parametrů volím pružinu: Tažná pružina T 1×7×51×40. Pružina byla vybrána z katalogu firmy FEVOS. Její udávaná tuhost je 1,164 N · mm⁻¹. Úpravy funkce lze v praxi seřídít pomocí nastavovacího šroubu s okem. Jedná se o pružinu vyrobenou dle normy ČSN EN ISO 2162-1.

5.1.5 Těleso s nařezávacími čepeli na straně bez těsnění

Na straně přípravku, kde bude probíhat zastřížení vodiče a stažení izolace z vodiče bez těsnění, je nutné z důvodu větší odizolované délky předsunout nařezávací čepel o požadovanou hodnotu před nůžky. Čepel budou k nosnému tělesu připevněny pomocí šroubů M5. Těleso bude k ose připevněno stejným způsobem jako těleso se zastříhovacím mechanismem. Těleso s připevněnými čepeli je vidět na obr. 5-8.



Obr. 5-8 Pohled na 3D model předsazeného nosného tělesa s čepeli

5.2 Popis obsluhy

Přípravek bude připevněn ke stolu a seřízen na požadované rozměry na zkušebním kusu. Operátor vloží do nařezávacích čepelí vodič na straně za těsněním a ustříhne jej. Vodič v nařezávacích čepelích drží a může namotat 5 smyček ve tvaru osmičky. Zbylý vodič vloží do nařezávacích čepelí a nůžek na pravé straně. Ustříhne jej. Vodič v prostřední části v křížení smyčky převáže odřezkem drátu jiné barvy. Stlačí dvě od sebe vzdálené tlačítka, která spustí přívod vzduchu do pneumatických válců, které přesunou celý mechanismus do polohy vzdálenější od středu a dojde tak ke stažení izolace. Následně celou smyčku stáhne z trnů a vloží do přiložené přepravky.

5.3 Cenová kalkulace

Odhad pořizovací ceny přípravku je důležitý aspekt při rozhodování o pořízení přípravku. Při konstrukci byl kladen důraz na co nejnižší pořizovací ceny materiálu a všech použitých normovaných komponent. Ceny uvedené v tabulce jsou pouze orientační a můžou se lišit dle aktuálních cen u dodavatelů. Výroba bude probíhat v dílnách firmy Austin. Všechny ceny v tabulce jsou v Kč bez DPH.

Tab. 5-2 Přehled cenové kalkulace celého přípravku

Název součásti	Cena za kus (Kč)	Počet kusů	Cena celkem (Kč)
Základové těleso	550	1	550
Svařenec středového tělesa	1 400	1	1 400
Válcové protikusy	270	2	540
Motací trny	400	2	800
Pneumatické saně	5 391	2	10 782
Příslušenství k saním (spínače, AND prvek)	8 500	1	8 500
Mechanismus na straně těsnění	7 800	1	7 800
Mechanismus na straně bez těsnění	8 600	1	8 600
Spojovací materiál	400	1	400
Cena celkem bez DPH	-	-	39 372

Celková přibližná cena realizace je 39 372 Kč bez DPH. Tato cena byla schválena zástupci firmy Austin.

5.4 Zhodnocení časové úspory

Tato část kapitoly se zabývá popisem časové úspory a změny ve výrobě. V současnosti musí úkon stažení izolace provádět seřizovač, protože se jedná o namáhavou práci. Zbylé úkony provádí operátorka. Normované výkony jsou pro seřizovače 1000 ks stažených kusů za směnu a pro operátorku 800 ks za směnu. Přehled časů jednotlivých úkonů obsluhy nového přípravku je uveden v tabulce 5-3.

Tab. 5-3 Přehled časové kalkulace při požívání nového přípravku

Název operace	Čas operace v sekundách
Vyjmutí 1 kusu ze svazku	2
Vsunutí vodiče na straně s těsněním	5
Zastřížení vodiče na straně s těsněním	1
Smyčkování	7
Vsunutí vodiče na straně s těsněním	7
Zastřížení vodiče na straně bez těsnění	1
Stažení izolace	1
Uchopení vázacího drátu	2
Svázání smyčky	4
Sejmutí a odložení smyčky s přípravku	2
Čas celkem v sekundách	32

Z uvedeného přehledu je patrné, že pracovník za minutu stihne vyrobít $n_{1m} = 1,875$ smyčky. Pracovní doba ve firmě Austin je 7,5 hodiny, ze které musíme odečíst přestávku 30 minut a 3×10 min bezpečnostní přestávku. Výsledný využitelný čas, t_v , je tedy 6,5 hodiny za směnu, což je 390 minut. Počet vyrobených smyček za směnu, n_s , můžeme vypočítat jako:

$$n_s = t_v \cdot n_{1m} = 390 \cdot 1,875 = 731 \text{ smyček}$$

Tento čas je však pouze teoretický a je ideální. V praxi však bude docházet k prostojům (náhodná kontrola výsledné smyčky, seřízení přípravku, zavedení nového svazku) a proto je vypočtená hodnota snížena na 680 ks za směnu. Tato hodnota je reálná a v praxi dosažitelná. Je patrné, že výrobní kapacita po zavedení nového přípravku klesne. Vznikne zde však úspora práce více kvalifikovaného seřizovače, protože operátor pracuje samostatně.

6 DISKUZE

Při analýze aktuálního stavu výroby byly popsány všechny nedostatky při výrobě smyčky a přiřazených úkonů. Hlavní nedostatky jsou přetěžování horních končetin operátora, časové ztráty při manipulaci se smyčkami a celkové zlepšení ergonomie výroby. V práci také byly popsány souvislosti s výrobou rozbušek, možnosti využití normalizovaných komponent a přehled normy, která se zabývá pracovním prostředím člověka.

V dalším kroku byla vytvořena 3 koncepční řešení, ze kterých bylo vybráno jedno k dalšímu řešení. Při řešení byl kladen důraz na vytvoření dostatečné variability celého přípravku, na sjednocení materiálu z důvodu úspory ceny výroby a na celkovou jednoduchost obsluhy přípravku.

Toto řešení, které se zabývá pouze ulehčením práce obsluhy a ne celkovou automatizací bylo zvoleno především z důvodu počtu vyráběných kusů, které se pohybují v desítkách tisíc ročně. Možnost úplné automatizace byla zavrhnuta již před samotným řešením tohoto problému vedením výroby. Řešení úplnou automatizací by v tomto případě nemělo návratnost. Automatizovaná úprava smyček je ve firmě Austin zavedena při výrobě běžných rozbušek, jejichž počty vyrobených kusů se pohybuje v milionech kusů za rok.

Možným nedostatkem přípravku bude rychlost pojezdu pneumatických saní. Tato skutečnost se projeví při zavádění do výroby. Problém bude možno vyřešit přidáním škrtících ventilů do pneumatického obvodu. Dalším prostorem ke změně je možnost zkrácení délky motacího kolíku. Tato změna se bude dát odvodit podle cvičného kusu a zkušeností při zavádění. Je zde také riziko, že na motacích trnech dojde při sundávání hotových smyček k jejich zaseknutí v důsledku utahení smyčky při stahování izolace z jejích konců. V současné výrobě však k tomuto jevu nedochází. Pokud by se tento jev vyskytoval, bude možno jej vyřešit umístěním jednoho z trnů na jednoduchý výstředníkový mechanismus. Při sundávání smyčky z trnů by se vzdálenost mezi trny zmenšila a došlo by k uvolnění smyčky a jejímu jednoduchému stažení.

Důležitým faktem je i zmíněná úspora práce seřizovače, na kterého jsou vyčleněny vyšší mzdové náklady. Náklady na mzdu seřizovače jsou přibližně 30 tis. Kč. Po zavedení přípravku může seřizovač provádět odbornější činnost a tyto náklady jsou z této operace odejmuty a přeneseny k jiné činnosti. V praxi však uspořená částka bude nižší ze dvou důvodů. Prvním důvodem je nutnost dohledu a namátkové kontroly pracoviště seřizovačem a druhým důvodem je nestabilita počtu rozbušek měsíčně vyrobených na tomto přípravku. Nedojde tak k plnému využití přípravku a s tím spojeným projevem finanční úspory.

Součástí celého projektu je výkresová dokumentace, díky které bylo možno přípravek vyrobit. Výroba v současné době probíhá.

7 ZÁVĚR

Cílem práce bylo zhotovit konstrukci přípravku pro sloučení ručních operací při výrobě vodiče k termostabilním rozbuškám ve firmě Austin. Všechny cíle byly splněny. Po zpracování rešerše současného stavu byly, se zakomponováním získaných poznatků, vytvořeny 3 koncepční varianty. Výsledná varianta 3 byla vybrána k dalšímu řešení. Byl vytvořen 3D model celé sestavy přípravku, který byl konzultován s konstrukčním oddělením firmy. Následně byla jeho konstrukce schválena k výrobě a byla vytvořena potřebná výkresová dokumentace. Hlavním prvkem zajišťujícím sdrhnutí konců izolace vodiče jsou pneumatické saně pro každý konec vodiče, na kterých je připevněn zkonstruovaný mechanismus.

Cena pneumatickým saní a rozvaděče bude 11 990 Kč bez DPH. Odhad ceny celého přípravku činí přibližně 40 tisíc Kč bez DPH. Časová úspora je nejvíce vidět na úspoře práce seřizovače, který již nemusí stahovat izolaci. Tím byla ušetřena práce více kvalifikované osoby. Tato skutečnost je vykoupena snížením výrobní kapacity z 800 ks na 680 ks za směnu. Hlavním důležitým faktorem je úspora fyzické práce operátora. Tato úspora je značná, protože již nedochází k tak extrémnímu namáhání horních končetin operátora při stažení izolace. Výsledkem je celkové zvýšení ergonomie. Další výhodou nového přípravku je snížení potřeby manipulace se samotnou smyčkou a jejími polotovary.

Před uvedením do výroby bude na přípravku potřeba nastavit a zkontrolovat rozměry na cvičných kusech.

V diskuzi byly zhodnoceny jednotlivé části závěrečné práce. Přílohou této práce jsou výrobní výkresy a výkres sestavení. Dále se v přílohách nachází užité katalogy.

8 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] Austin Detonator [online]. AD s.r.o., 2021 [cit. 2021-02-10]. Dostupné z: <https://www.austin.cz/o-nas/>
- [2] Hornická skripta [online]. 2015 [cit. 2021-02-11]. Dostupné z: <http://podzemi.solvayovylomy.cz/prirucka/technika/odstrely.htm>
- [3] DOJČÁR, Ondrej, Jiří HORKÝ a Robert KORŘÍNEK. Trhacia technika. Ostrava: Montanex, 1996. ISBN 80-857-8069-0.
- [4] Rozbuška. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-, 8. 5. 2019 [cit. 2021-02-26]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Rozbu%C5%A1ka>
- [5] Austin Detonator s.r.o. Electric Detonators [online]. 06/2019 [cit. 2021-02-25]. Dostupné z: <https://www.austin.cz/files/download/nrKTfullIO6bsmkKSogjbTKAfUCTYEHMu/>
- [6] E*Star: Produktový list. In: <https://www.austin.cz> [online]. 10/2020 [cit. 2021-02-26]. Dostupné z: <https://www.austin.cz/files/download/TznXzcaZVDOPOSGQp4XnJN1aAWT9IVdV/>
- [7] KŘIVÁNEK, Pavel. E*Star: elektronické rozbuška [online]. [cit. 2021-02-26]. Dostupné z: <https://slon.diamo.cz/hpvt/2011/Technika/H%2004.pdf>
- [8] Oil*Star Detonators: Produktový list. In: <https://www.austin.cz> [online]. 1/2020 [cit. 2021-03-03]. Dostupné z: <https://www.austin.cz/produkty-sluzby/produkty/>
- [9] OSD_A-96L_A-105: Produktový list. In: <https://www.austin.cz> [online]. 1/2020 [cit. 2021-03-03]. Dostupné z: <https://www.austin.cz/produkty-sluzby/produkty/>
- [10] KOPÁČEK, Jaroslav. Pneumatické mechanismy. Žilina: Vysoká škola dopravy a spojov, 1991.
- [11] MAJUMDAR, S. R. Pneumatic systems: Principles and Maintenance. New Delhi: Tata McGraw-Hill Publishing Company, 1996. ISBN 0-07-460231-4.
- [12] PALÁT, Hynek. Pneumatické mechanismy [online]. 2011 [cit. 2021-03-05]. Dostupné z: https://www.sspu-opava.cz/static/UserFiles/File/sablony/SPS_III/VY_32_INOVACE_C-08-20.pdf
- [13] <https://www.gms.cz> [online]. 2021 [cit. 2021-03-05]. Dostupné z: <https://www.gms.cz/technika-stlaceneho-vzduchu-pneumaticke-valce-a-prislusenstvi-kompaktni-pneumaticke-valce>
- [14] <https://www.matis.cz>: Lineární soustavy [online]. 2021 [cit. 2021-03-10]. Dostupné z: <https://www.matis.cz/cs/kategorie/linearni-vedeni>

[15]FRANK, Augustin. Strojírenská technologie 4: Výrobní pomůcky 1. Praha: SNTL, 1978.

[16]Č. 432/2003 SB. Vyhláška, kterou se stanoví podmínky pro zařazování prací do kategorií. Praha, 2003.

[17]Pružinový siloměr [online]. [cit. 2021-03-24]. Dostupné z:

https://www.google.com/search?q=pru%C5%BEinov%C3%BD+silom%C4%9Br&rlz=1C1AVNE_enCZ730CZ730&sxsrf=ALeKk03lmYEI150lwRZLyGFsnsxq2Riq4Q:1616585024215&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=2ahUKEwir5ffA6MjvAhXyplsKHY4LBLwQ_AUoAXoECAEQAw&biw=1536&bih=722#imgrc=X3SVkL1Ssx7FqM

9 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK, SYMBOLŮ A VELIČIN

F_p	síla od pružiny
F_g	gravitační síla
M_o	ohybový moment
$M_{o,max}$	maximální ohybový moment
K	tuhost pružiny
k	koeficient bezpečnosti
x	délka stlačení pružiny
l	délky páky nůžek
ρ	hustota oceli
n_{1m}	počet kusů vyrobených za 1 minutu
n_s	počet kusů vyrobených za 1 směnu
t_v	využitelný čas směny

10 SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ

Obr. 2-1 Sídlo firmy Austin Detonator s.r.o., Vsetín [1].....	13
Obr. 2-2 Prázdná hliníková dutinka	14
Obr. 2-3 Termostabilní rozbušky firmy Austin [9]	15
Obr. 2-4 Schéma neelektrické, elektrické a elektronické rozbušky [7]	16
Obr. 2-5 Základní části dvojčinného přímočarého pneumatického motoru v řezu [13]... 17	
Obr. 2-6 Kompaktní pneumatický válec v částečném řezu [13].....	18
Obr. 2-7 Kompaktní suport firmy SMC [13].....	19
Obr. 2-8 Výkres přípravku sloužícího k rovnání vodičů	21
Obr. 2-9 Snímek přípravku používaného k úpravě konců vodičů	22
Obr. 2-10 Náčrt pozice vodiče při navíjení na trny	23
Obr. 2-11 Plastové těsnění na konci vodiče vyrobené v dodavatelské firmě	23
Obr. 2-12 Odstřižený vodič v délce 7 mm za těsněním	23
Obr. 2-13 Náčrt motané myčky s hlavními rozměry	24
Obr. 2-14 Současný stav konstrukce přípravku pro namotání, zdrhnutí a zastřižení vodiče	24
Obr. 2-15 Pružinový siloměr sloužící k určení zátěže při zdrhování [17]	25
Obr. 4-1 Náhled první koncepční varianty s popisem součástí	28
Obr. 4-2 Náhled druhé koncepční varianty s popisem využitých součástí	29
Obr. 4-3 Náhled třetí koncepční varianty s využitím pneumatických saní	30
Obr. 5-1 Náhled na hotovou sestavu konstrukčního řešení	31
Obr. 5-2 Náhled na zadní stranu základového tělesa	32
Obr. 5-3 Náhled na sestavu středového tělesa	33
Obr. 5-4 Vysunuté pneumatické saně pro levou stranu přípravku ve 3D zobrazení	34
Obr. 5-5 Bezpečnostní schéma zapojení prvků pracujících se stlačeným vzduchem	35
Obr. 5-6 Náhled mechanismu pro zastřižení a nařezání s označením důležitých součástí 36	
Obr. 5-7 Náčrt pro výpočet tuhosti pružiny	37
Obr. 5-8 Pohled na 3D model předsazeného nosného tělesa s čepelemi	38

11 SEZNAM TABULEK

Tab. 5-1 Soupis důležitých prvků mechanismu pro zastřižení a nařezání	36
Tab. 5-2 Přehled cenové kalkulace celého přípravku	39
Tab. 5-3 Přehled časové kalkulace při požívání nového přípravku	40

12 SEZNAM PŘÍLOH

12.1 Výkresy

Příloha 1.	00Sestava
Příloha 2.	01
Příloha 3.	02
Příloha 4.	03
Příloha 5.	04
Příloha 6.	05
Příloha 7.	06
Příloha 8.	07
Příloha 9.	08
Příloha 10.	09
Příloha 11.	10
Příloha 12.	11
Příloha 13.	12
Příloha 14.	13
Příloha 15.	14
Příloha 16.	15
Příloha 17.	16
Příloha 18.	17
Příloha 19.	18