



Fakulta zemědělská
a technologická
Faculty of Agriculture
and Technology

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH FAKULTA ZEMĚDĚLSKÁ A TECHNOLOGICKÁ

Katedra techniky a kybernetiky

Diplomová práce

Návrh konstrukce přípravku pro svařovacího robota

Autor práce: Bc. Jan Hamr

Vedoucí práce: Ing. František Špalek, Ph.D.

Konzultant práce: Ing. Josef Vacík

České Budějovice
2024

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem autorem této kvalifikační práce a že jsem ji vypracoval(a) pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu použitých zdrojů.

V Českých Budějovicích dne 1. dubna 2024

.....
Podpis

Abstrakt

Robotické svařování je v současné době hojně využíváno v oboru strojírenské technologie. Pro potřebu robotizovaných pracovišť se konstruuje svařovací přípravky pro možnost upnutí, zvýšení efektivity či přesnosti výroby. Společnost Engel se zabývá překlápěním svařenců z ručního svařování na robotické svařování. V rámci literární rešerše této práce byla popsána technologie robotického svařování používaná ve společnosti Engel. Rešerše se dále zaměřila na popis konstrukce aktuálně používaných svařovacích přípravků a na popis alternativních způsobů upínání. Na základě literární rešerše byly navrženy tři inovativní varianty konstrukce svařovacího přípravku pro robotizované pracoviště od společnosti Valk Welding pro zadaný svařenec. Byly vytvořeny přesné 3D CAD modely a výkresy jednotlivých variant konstrukce svařovacího přípravku s různými druhy upínacích prvků a jednotlivé varianty byly porovnány.

Klíčová slova: Svařovací přípravek, robotické svařování, konstrukce, pneumatické upínání

Abstract

Robotic welding is currently widely used in the field of Engineering Technology. At the robotic workplaces, welding fixtures are designed for the possibility of clamping, increase of the efficiency and the accuracy of production. The Engel company concerns with the conversion from manual welding of weldments to robotic welding. The literature review of this paper describes the robotic welding technology used at Engel. The review focuses on describing the design of the welding fixtures currently in use. Moreover, it focuses on the description of alternative clamping methods. Based on the literature review, three innovative variants of welding fixture design of the specified weldment were proposed for the robotic workstation of the Valk Welding company. Accurate 3D CAD models of the different variants of the welding fixture design with different types of clamping elements were created and variants were compared.

Keywords: Welding fixture, robotic welding, machine construction, pneumatic clamping

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat všem, kteří byli při tvorbě této práce nápomocni. Obzvláště děkuji vedoucímu této práce Ing. Františku Špalkovi, Ph.D. za ochotu a cenné rady při tvorbě práce. Poděkovat bych chtěl také společnosti Engel zvláště konzultantovi práce Ing. Josefu Vacíkovi a dalším pracovníkům za poskytnuté zázemí, cenné rady a materiály nezbytné pro tvorbu této diplomové práce. Zvláštní dík patří i mým nejbližším, kteří mi byli při tvorbě práce oporou.

Obsah

Úvod.....	7
1 Literární přehled.....	8
1.1 ENGEL strojírenská spol. s.r.o.	8
1.2 Robotizace svařování	9
1.2.1 Příprava před robotickým svařováním	9
1.2.2 Svařovací robot společnosti Valk Welding.....	10
1.2.3 Svařovací kolaborativní robot.....	12
1.3 Svařování metodou MIG/MAG	14
1.4 Svařovací přípravky	15
1.4.1 Dělení svařovacích přípravků	18
1.4.2 Jednouúčelové přípravky	22
1.4.3 Stavebnicové přípravky.....	22
1.5 Svařovací přípravky ve firmě Engel	24
1.5.1 Svařovací přípravky určené pro svařovacího kolaborativního robota společnosti Trumpf.....	25
1.5.2 Svařovací přípravky určené pro svařovacího robota Valk Welding ..	30
1.6 Upínací zařízení pro zrychlení a usnadnění upínání svařenců do přípravků 40	
1.6.1 Pneumatické upínací prvky	41
1.6.2 Hydraulicky ovládané upínací prvky	45
2 Cíl.....	48
3 Metodika	49
3.1 Konstrukce strojního zařízení	49
3.1.1 Koncepční konstrukční návrh	49
3.1.2 Ztělesňující konstrukční návrh.....	50

3.1.3	Detailní konstrukční návrh.....	50
3.2	Výpočet ceny materiálu a komponentů konstrukce	50
4	Popis variant konstrukce svařovacího přípravku	52
4.1	Specifikace polohovadla svařovacího robota společnosti Valk Welding ..	52
4.2	Rozbor upínaného svařence	53
4.3	Použitý CAD software	54
4.4	První varianta konstrukce svařovacího přípravku.....	54
4.5	Druhá varianta konstrukce svařovacího přípravku	57
4.6	Třetí varianta konstrukce svařovacího přípravku.....	60
4.7	Potřebné prvky pneumatického obvodu.....	63
4.7.1	Návrh pneumatického rozvodu	64
5	Výsledky a diskuse.....	65
5.1	Cena materiálu a použitých komponentů jednotlivých variant konstrukce	65
5.2	Hmotnost a další limitující faktory konstrukce jednotlivých variant svařovacího přípravku.....	66
	Závěr	68
	Seznam použité literatury	70
	Seznam obrázků	79
6	Seznam tabulek	81
	Seznam příloh.....	82

Úvod

V oblasti strojírenské technologie se přípravkem rozumí strojní zařízení nebo nářadí, které usnadňuje a zrychluje výrobu. V sériové výrobě umožňují přípravky přesnou a snadno opakovatelnou výrobu. Využívají se v různých oblastech výroby od obrábění, svařování až po montáž. Umožňují upínání složitých obrobků a svařenců nebo zajistí a urychlí montáž. Přípravky také šetří lidskou práci ve strojírenské výrobě. Mají většinou vyšší pořizovací náklady, protože je nutné přípravek složitě konstruovat, zajistit jeho přesnou výrobu, anebo ho koupit od externí firmy. Z dlouhodobého hlediska však výrobní náklady ušetří díky značnému usnadnění a urychlení upínání, pozicování, montáže, manipulace a zvýšení rozměrové přesnosti výroby.

V současné době automatizace výroby přichází na scénu CNC (Computer Numeric Control) centra a robotizované systémy. U těchto automatizovaných systémů výroby přichází nové problémy a výzvy. Vznikají zde nové specifické konstrukce přípravků, bez kterých se často tento druh výroby neobejde. Výrobní společnosti s těmito systémy často experimentují, dělají výzkumy a porovnávají tyto automatizované systémy se staršími systémy výroby. Klíčová je návratnost investic po pořízení těchto systémů, ve kterých přípravky často značně navyšují pořizovací cenu celého systému.

V oblasti robotického svařování jsou přípravky nutností pro umožnění upnutí svařence na polohovadlo nebo na svařecí stůl. Přípravky zde umožňují určení přesné pozice svařovaných dílů, snadnější a rychlejší sestavení svařence, popřípadě poskytují předepnutí proti tepelné deformaci materiálu při svařování. Přípravky zde také definují přesné rozměry a odebírají stupně volnosti svařovaných dílů. Při implementaci robotického svařování do výroby musí výrobce počítat s náklady na konstrukci a výrobu nebo pořízení svařovacích přípravků. U robotického svařování přípravky využívají běžné systémy upínání jako jsou šroubové spoje atd. Tyto přípravky však mnohdy disponují prvky automatizace jako například pneumaticky nebo hydraulicky ovládané upínací systémy.

1 Literární přehled

1.1 ENGEL strojírenská spol. s.r.o.

Hlavní činnost společnosti Engel je vývoj a výroba vstřikovacích lisů a jejich automatizace. Český výrobní závod se nachází v Kaplici viz obrázek 1.1. Stroje, které firma Engel vyrábí, se používají k výrobě plastových dílů v různých výrobních odvětvích. V kaplickém závodě se vyrábí jednotlivé komponenty pro vstřikovací lisy (Engel.jobs.cz, 2023).



Obrázek 1.1: Engel strojírenská spol. s.r.o. (Impulsprokarieru.cz, 2023)

Společnost se zabývá výrobou vstřikovacích lisů. Zákazník si dále může sám vstřikovací lisy modifikovat a konfigurovat dle jeho potřeby. Nejedná se tedy čistě o sériovou výrobu, ale na strojích mohou být rozdílné komponenty, jako jsou například pásové dopravníky, robotické ruce pro manipulaci s hotovými výlisky a další komponenty. Proto i konstrukce a výroba může být často kusového charakteru. To klade větší náročnost na oddělení konstrukce a technologie (Engel.jobs.cz, 2023).

V rámci této diplomové práce jsme se pohybovali na oddělení s názvem „Stahlbau“, což je oddělení kovovýroby. Toto oddělení se skládá z přípravy výroby, kde jsou jednotlivé díly strojů nejprve modelovány v CAD (Computer Aided Design) softwaru Siemens NX. Oddělení se zabývá přípravou laserového řezání plechů. Probíhají zde také operace jako ohýbání a ohraňování plechů pomocí ohraňovacích lisů. Další důležitou operací je svařování. Svařování ocelových rámu vstřikovacích lisů probíhá jednak manuálně, ale také pomocí svařovacího pracoviště s robotem od společnosti Valk

Welding. Pracovníci jednotlivé rámy a díly strojů sestaví, nabodují dohromady a takto svařovaný soudržný kus se předá svařovacímu robotovi na dokončení dlouhých svárů. Jako finální úprava dílů se provádí lakování v práškové lakovně, která disponuje dvěma automatickými lakovacími boxy a jedním manuálním, je možno lakovat až 160 různých odstínů barev (YouTube.com, 2021).

1.2 Robotizace svařování

Robotizace svařování je jednou z nejrozšířenějších oblastí nasazení průmyslových robotů. Přispívá ke zvýšení produktivity a efektivity práce (možný 2 až 3 směnný provoz), přesnosti a kvality svarů a bezpečnosti. Umožňuje snížení nákladů na pracovníky a šetří čas výroby. Zvyšuje se také míra flexibility pracoviště. Robotizace se využívá v oblasti obloukového svařování, a je také hojně využívána v oblasti bodového svařování například v automobilovém průmyslu. Nově také je možno programování robotů z modelů CAD. Při robotickém obloukovém svařování je nutnost využívat metody v ochranných atmosférách MIG/MAG (Metal Inert Gas/ Metal Active Gas), popřípadě TIG (Tungsten Inert Gas) viz obrázek 1.2 (Novotný et al., 2020). Robotické svařování přispívá ke zvýšení přesnosti svařování, je ale nutná kvalifikovaná obsluha.

1.2.1 Příprava před robotickým svařováním

Nejvýhodnější využití má robotické svařování při vícekusové sériové výrobě, jelikož je třeba náročná příprava před samotným svařováním. Tato příprava zahrnuje upnutí svařovaných pozic, popřípadě samotnou konstrukci svařovacího přípravku, který určí svařenci pozici a poskytne přesné a pevné upnutí i při následném polohování při svařování. Při zakládání svařenců do přípravků se často řeší sestavení nebo seřízení daného přípravku, protože přípravek může být například víceúčelový pro více svařenců a potřebuje nastavení pro daný svařenec nebo se provádí například seřízení a nastavení upínek a upínacích prvků. Nejdůležitějším krokem při přípravě robotického svařování je samotné programování drah pohybu robotického ramene, které je časově náročné a provádí jej kvalifikovaný programátor. Programuje a seřizuje se různými způsoby podle typu a složitosti robota. Tyto všechny operace se mohou provádět před svařováním robotem, proto je nutné při překlápění svařenců na robotické svařování ideálně uvažovat spíše velké série dílů.



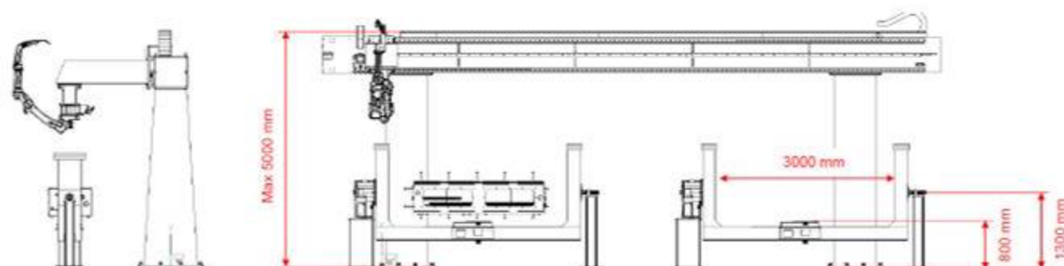
Obrázek 1.2: Příklad robotického svařovacího pracoviště od společnosti Valk Welding (Val-kwelding.com, 2021)

1.2.2 Svařovací robot společnosti Valk Welding

Koncepce robotického stanoviště se nejčastěji skládá z robotického ramene a systému na upnutí svařence s polohovadlem a z upínacího rámu nebo nosníků, které zajišťuje přesné upnutí svařence a natáčení svařence pro lepší přístup robotického ramene na místo svaru. Společnost Valk Welding nabízí dva druhy koncepce, a to systémy ramene s tuhým rámem (stacionární robotické rameno) a systémy na tuhém rámu s pojezdem (rámy s podélným pojezdem robotického ramene). Svařovací roboty Valk Welding využívají robotické rameno firmy Panasonic. Rameno je vybaveno senzory na vyhledávání pozice svarového spoje (například dotykové vyhledávání koncem svařovacího drátu).

V případě robotického pracoviště ve společnosti Engel se jedná o portálového robota, to znamená, že robot pojíždí v horizontálním směru po nosníku o dvou podpěrách viz obrázek 1.3. Počet os robotického ramene Panasonic pracoviště je 6. Svařovací robot Valk Welding je zde vybaven systémem dotykového vyhledávání koncem svařovacího drátu. Tento systém vyhledávání pozic svaru značně usnadňuje programování i požadavky na přesnost svařovacích přípravků. Rameno přijede hořákem do rohu, kde má být svár a dotkne se koncem svařovacího drátu příslušných stěn. Pozice těchto stěn si uloží. Díky uložení pozic stěn se pak dohledává přesná pozice svaru v příslušném rohu. Tím se eliminují případné nepřesnosti při ručním bodování a

kompletační svařovací pozice svařence při přípravě na robotické svařování, popřípadě nepřesnosti při upnutí do svařence v přípravku. Na pracovišti se používají dvouosá polohovadla typu drop center. Na tomto typu polohovadla se s daným svařencem upnutým v přípravku otáčí jak v horizontální, tak i ve vertikální ose. To zajistí lepší dostupnost na místa, kde mají být svary pro robotické rameno s hořákem. Portálový robot pojíždí mezi dvěma těmito dvouosými polohovadly.



Obrázek 1.3: Robot Valk Welding ve společnosti Engel

Na určenou pozici nosníku polohovadla se upne svařovací přípravek, který je na míru zkonstruován pro potřeby upnutí daného svařence. Důležitým bodem je zde upínací deska na polohovadle robotického pracoviště. Tato deska je velmi přesně frézována, aby zaručovala přesné upnutí přípravku. Na desku pak zapadá pomocí čepů opět přesně frézovaná deska, která je pomocí šroubových spojů upnuta na svařovací přípravek. Toto řešení je třeba pro zajištění přesné pozice upnutí svařence pro správné referenční body pro souřadnicově řízené robotické rameno. Nutnost u robotického svařování je bezpečnost. Zóna pracoviště je ohraničena stěnami s přístupovými dveřmi se závěsnými optickými zábranami proti záření svařovacího oblouku na ochranu zraku obsluhy. Je také umožněno odsávání zplodin ze svařování pomocí pevné digestoře (Valkwelding.com, 2021).

Programování svařovacího robota probíhá pomocí softwaru DTSPS (Desktop Programming and Simulation Software). DTSPS je nástroj pro programování a simulaci dráhy svařovacích robotů Panasonic. Off-line programovací software nahrazuje programování pomocí teachpadu (programovacího boxu) přímo na robotu. Díky tomu není nutné kvůli programování pozastavovat výrobu a lze maximalizovat využití průmyslových robotů. Do softwaru lze importovat 3D CAD modely svařenců v různých formátech (WRL, XGL, ZGL, 3DXML, STL, IGES nebo DXF). V softwaru je také zobrazován přesný 3D model polohovadla, upínací desky, svařovacího přípravku a robotického ramene s hořákem. Při programování se určují dráhy robotického ramene

a díky vyobrazení na 3D modelech je možné vidět přístupnost svarů. Pomocí dalších nástrojů lze definovat polohy jednotlivých svarů. V softwaru lze dále provádět simulace pohybů ramene a na 3D CAD modelech lze vidět a snadno odstranit případné kolize (Valkwelding.com, 2023).

Svařovací robot Valk Welding se hodí pro rozměrově větší a složitější svařence, které se rozměrově vejdu do dvouosého polohovadla. Ve společnosti Engel se používá převážně pro svařování složitějších rámu vstřikovacích lisů, pro svařování olejových nádrží strojů a podobně. Na robota se překlápí větší výrobní série dílů a rámu.



Obrázek 1.4: Robotické svařovací pracoviště ve společnosti Engel

Na obrázku 1.4. vidíme dvě svařovací buňky obsluhované portálovým robotem ve společnosti Engel.

1.2.3 Svařovací kolaborativní robot

Kolaborativní roboti neboli coboti jsou nejnovější technologií v oblasti robotiky a výrazně změnili svět automatizace. Tito roboti jsou kolaborativní, protože mohou bezpečně spolupracovat s lidmi. Coboti jsou vybaveni citlivými senzory, které dávají cobotovi „cit“. Pokud je robot ve své práci vyrušen, vystřelí do bezpečnostního režimu. Tradiční roboti by jednoduše pokračovali ve své cestě a mohli by například zranit obsluhu. Coboti se hodí i pro menší malosériové výroby. Kolaborativní automatizace se stala univerzální, nákladově efektivní a uživatelsky přívětivou technologií, která umožňuje firmám prakticky jakékoli velikosti (a jakékoli úrovně technických znalostí) zvýšit produktivitu, zlepšit kvalitu a rychleji reagovat na měnící se požadavky zákazníků. Využití cobotů pro svařování je tedy velmi výhodné. Přinášejí větší přesnost a relativně snadné programování a nastavení. Coboty lze využít na různé druhy

svařování, a to svařování metodou MIG/MAG, TIG, bodové svařování, obloukové svařování, svařování ultrazvukem a plazmové svařování (Wiredworkers.io, 2023).

Legislativní omezení v oblasti použití kolaborativních robotů při svařování

Při použití cobotů pro svařování je třeba brát na vědomí skutečnost, že v České republice legislativa neumožňuje člověku přímo kolaborovat s cobotem při svařování. Je proto nutné, aby cobot byl při svařování v krytu, kleci nebo byla použita světelná závara. Otevření tohoto krytu a vniknutí člověka do pracovního prostoru robota musí vyvolat okamžité zastavení pohybu robota, aby nedošlo k úrazu. Vývoj cobotů jde stále dopředu, avšak s legislativou je to u těchto zařízení složitější a mnohdy je problém takové zařízení implementovat do výroby, aniž by se neporušovali legislativní bezpečnostní předpisy (Mokrá, 2021). Riziko se zde posuzuje stejně jako je tomu u průmyslových robotů a k tomu ještě musí být zohledněna specifikace normy ISO/TS 15066. Tato technická specifikace specifikuje bezpečnostní požadavky na kolaborativní průmyslové robotické systémy a pracovní prostředí a doplňuje požadavky a pokyny pro provoz kolaborativních průmyslových robotů uvedené v normách ISO 10218-1 a ISO 10218-2 (Iso.org, 2016).

Kolaborativní robot Trumpf TruArc Weld 1000

Ve společnosti Engel se využívá cobot od společnosti Trumpf TruArc Weld 1000 viz obrázek 1.5. Toto pracoviště s cobotem je v modulárním provedení a skládá se z děrovaného upínacího stolu, do kterého se upínají upínací prvky jako například upínky a svařovací svěrky, do kterých se následně přímo na stůl upnou jednotlivé pozice svařence v požadované pozici pro svařování. Na stůl se také mohou upínat přípravky, do kterých se upínají jednotlivé pozice svařence do požadovaných pozic pro svařování. Jsou zde dva svařovací boxy oddělitelné teleskopickou stěnou, mezi kterými pojíždí rameno cobota lineárně v horizontálním směru doprava a doleva. V jednom boxu může tedy například probíhat svařování a v druhém příprava stolu. Rameno cobota je opatřeno svařovacím hořákem a opět se zde používá svařovací metoda MIG/MAG. Cobot disponuje snímačem momentu síly a šesti osami (Trumpf.com, 2023).



Obrázek 1.5: Kolaborativní robot Trumpf TruArc Weld 1000

Dále je zde dotykový průmyslový tablet se zvýšeným krytím a pryžovým obalem, na kterém probíhá jednoduché programování robota. Po začátku svařování svářeče odděluje stěna s optickými zábranami. V jednom ze svařovacích boxů je také Cobot vybaven polohovadlem, které má děrovaný nosník s dírami stejných rozměrů jako na základním upínacím stole, je tedy možné upnuté svařence při svařování polohovat a naklápět do různých úhlů.

Programování probíhá na rozdíl od ramene Valk Welding kolaborací obsluhy s ramenem. Musí se tedy zastavit svařování pro možnost programování. Svářeč přímo uchopí rameno a může jej volně ovládat ve všech jeho stupních volnosti. Přijede hořákem k místu, kde má být svár a na tabletu označí bod svaru. Rameno také může ovládat tabletem pomocí ovládacích prvků. Zkouší rovnou i dostupnost svarů hořákem a po nasnímání všech míst svarů může odjet dráhu ramene nanečisto bez svařování.

Na rozdíl od Valk Welding svařovacího robota, kde se na zbodovaných svařencích dokončují dlouhé svary, zde se pozice skládají a bodují od začátku, a pak se dokončují dlouhé svary. Svařovací pracoviště s Cobotem Trumpf se využívá pro svařence menších rozměrů menších sérií. Rameno operuje do výšky a šířky 600 mm.

1.3 Svařování metodou MIG/MAG

Metodou MIG/MAG je obloukové svařování v ochranné atmosféře plynu s tavicí se kovovou elektrodou. Také se v literatuře někdy uvádí jako "svařování plynem / svařování plynovým obloukem nebo MIG / MAG svařování s tavicí elektrodou (s drátem)" (Intecro.com, 2020). Obloukové svařování je celosvětově nejrozšířenější

metoda ve svařování ocelových konstrukcích. Metoda MIG/MAG je nejpoužívanější metoda také v oboru robotizace svařování. Obloukové svařování MIG je v ochranné atmosféře inertního plynu a využívá se pro svařování hliníkových konstrukcí stále více používaných v různých odvětví průmyslu (Kolektiv, 2016). V této metodě došlo k vývoji, jako je práce s nízkými proudovými hustotami a pulzním proudem, použití na různé kovy a použití aktivních plynů (CO₂) a směsí plynů jako ochranného plynu (Intecro.com, 2020). MAG je obloukové svařování v ochranné atmosféře aktivního plynu. Ve světě je nejrozšířenější pro svařování nelegovaných a nízkolegovaných ocelí (Kolektiv, 2016).

Elektrický oblouk u metod MIG/MAG hoří mezi svařovacím drátem a svařovaným materiálem v ochranné atmosféře ochranného plynu (Kolektiv, 2016). Při obloukovém svařování v proudu plynu vzniká teplo potřebné ke svařování díky odporu, který vytváří svařovací proud procházející drátem. Když se svařovací drát dotýká dílu, taví se při vysoké teplotě a dochází k přenosu a akumulaci kovu prostřednictvím oblouku vytvořeného mezi kontinuálně podávaným svařovacím drátem a obrobkem. Oblast, kde dochází ke svařovacímu oblouku (svařovací lázeň), by neměla být vystavena rušivým a negativním účinkům vzduchu v okolí (Intecro.com, 2020).

Charakter přenosu kovu obloukem závisí na parametrech svařování a ochranném plynu, přičemž běžný je zkratový (el. napětí 14-22 V a zvýšení svařovacího proudu na 200 A) pro tenké plechy a sprchový přenos (el. napětí 28-40 V a svařovací el. proud 200-500 A) pro větší tloušťky plechů. U vysokých proudů (el. proud 450 až 750 A a zvýšení el. napětí až na 65 V) se mění charakter přenosu kovu obloukem a vlivem elektromagnetických sil se dosahuje rotujícího oblouku. Teplota kapek se při MAG svařování pohybuje v rozmezí 1700 až 2500 °C a teplota tavné lázně se v závislosti na technologii, parametrech svařování, chemickém složení a vlastnostech materiálu pohybuje mezi 1600 až 2100 °C (Kolektiv, 2016).

1.4 Svařovací přípravky

Žádný druh výroby, ať už jde o výrobu ruční, strojní nebo automatizovanou, se neobejde bez přípravků. Přípravky se využívají v mnoha fázích výroby. Přípravky můžeme dělit podle operačního určení na obráběcí, svařovací, montážní, kontrolní (měřicí), rýsovací přípravky a ostatní pomocná a dílenská zařízení. Dále přípravky můžeme rozdělovat podle zdrojů upínací ovládací síly na přípravky s ručním upínáním a na přípravky s mechanizovaným upínáním (vzduchovým, olejovým, elektro-

mechanickým, magnetickým nebo kombinovaným z několika těchto mechanickým upínáním). Také se přípravky dají rozdělit podle rozsahu použitelnosti na univerzální přípravky k upínání několika druhů obrobků téhož typu, skupinové přípravky na upínání celé skupiny obrobků, stavěcích přípravků (sestavují se z určitých typizovaných dílů v určitý přípravek) a speciálních jednoúčelových přípravků pro jeden obrobek nebo svařenec (Chvála a Votava, 1988).

Svařovací přípravky jsou zařízení konstruované pro přesné upnutí a podepření svařence a zajištění přesného svařování. Mají podobné vlastnosti jako montážní přípravky a to například, že jejich konstrukce umožňuje přidržovat několik dílů (svařovacích pozic) při sobě v předepsané poloze a značně tak usnadňují spojení dílů buď spojovacími elementy, nebo svařením. Jejich použitím se velmi výrazně sníží podíl lidské práce při konkrétních úkolech. Konstrukce svařovacích přípravků vychází vždy z geometrického tvaru svařence (Chvála a Votava, 1988).

Při automatizovaných systémech jako je robotické svařování by efektivita nebyla zajištěna bez přípravků umožňujících přesné upnutí a zároveň rychlou montáž a demontáž pro zkrácení vedlejších časů výroby. Cílem je snížit tyto časy výroby pro snížení nákladů a tím případně i snížení ceny výrobku pro lepší konkurenceschopnost. Svařovací přípravek musí definovat a dodržet správné rozměry. Musí umožnit přesné pozicování svařence a v případě robotického svařování umožnit přesné polohování svařenců vůči robotickému rameni a také zajistit přesné pozice upnutí svařence pro správné referenční body pro souřadnicově řízené robotické rameno. Svařovací přípravek by také měl umožňovat svaření co nejvíce svarů na jedno upnutí. Prvky svařovacích přípravků by měli být jednoduché a snadno vyměnitelné. Při robotickém svařování musí přípravek zajistit přístup ramene s hořákem. Je požadováno, aby přípravek udržel svařenec i při otáčení polohovadla. Zde bývají definované i maximální povolené klopné momenty přípravku na polohovadle viz výše tabulka 1.1. Svařovací přípravky také mimo jiné přispívají ke zvýšení bezpečnosti práce na pracovišti tím, že nedovolují práci s neupnutými díly na hranici rizika a v kombinaci s robotickým svařováním, kde odpadá lidský svářeč, dochází nejenom k zvýšení bezpečnosti ale také k ušetření lidské práce a zvýšení přesnosti (Jcmetal.cz, 2019).

Rozdíl od obráběcích přípravků a dalších přípravků je, že svařování tepelně ovlivňuje materiál. K odvodu tepla ze svaru se může použít například měděná podložka. Přes svařovací přípravky také může být veden svařovací proud. Přípravky musí odolávat tepelným deformacím svařence při svařování. Také přípravek musí být odolný

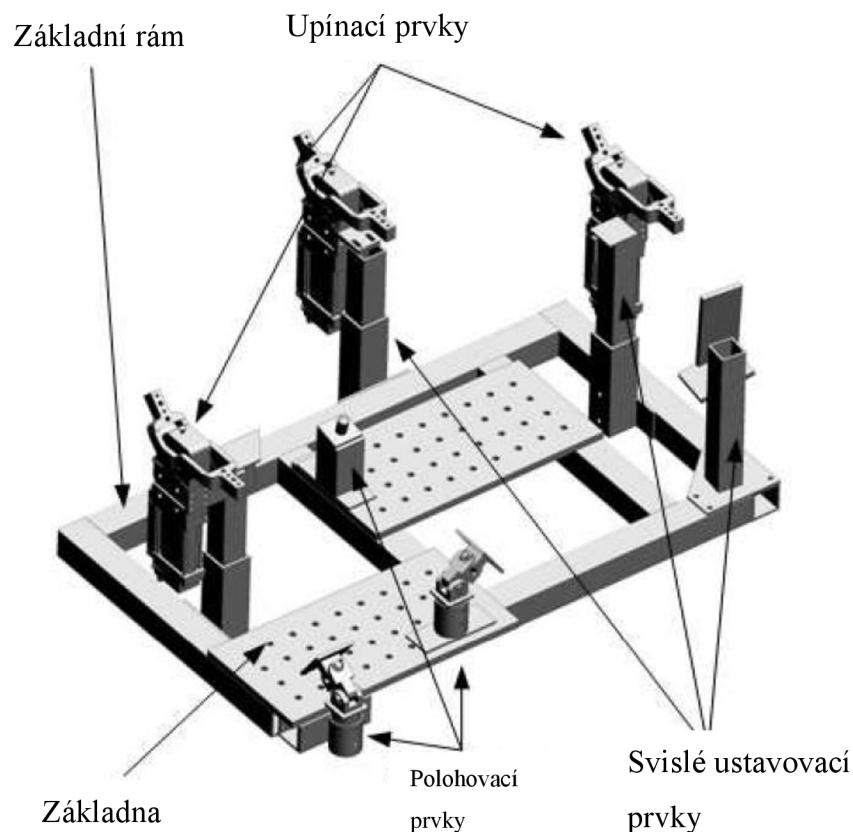
proti ukapávání svařovaného kovu v tekuté fázi dosažené při svařování. Je důležité také zaoblit hrany. Používá se také opracování pracovní plochy, tedy středící a upínací plochy a dorazy (Černoch & Vávra, 2014).

Svařovací přípravky mohou být jednoduché nebo složité v závislosti na složitosti svařence. Vyrábějí se z různých materiálů, včetně oceli, hliníku a plastu. Jsou určeny buď k upnutí jednoho svařence nebo více svařenců současně. Svařovací přípravky se běžně používají ve výrobě při výrobě velkého množství svařovaných dílů tedy při sériové výrobě, ale mohou se využívat i při kusové malosériové výrobě. Používají se také při opravách a údržbě, kde je pro úspěšnou opravu rozhodující přesné upnutí svařence. Příklad svařovacího přípravku je na obrázku 1.6. Existují různé typy svařovacích přípravků. Každá svařovací operace vyžaduje jiný svařovací přípravek (Eliteautomationusa.com, 2023).

Základní části svařovacích přípravků

Mezi základní části svařovacích přípravků patří (Semjon, et al., 2013):

- základní rámy, desky,
- vodorovné a svislé ustavovací prvky,
- polohovadla,
- dorazové a polohovací prvky,
- upínací prvky,
- spojovací prvky, konzoly,
- snímače, rozvody energie.



Obrázek 1.6: Model svařovacího přípravku pro robotické svařování (Semjon, et al., 2013)

Základní rám má nosnou funkci všech prvků a částí přípravku a také samotného svařence. Musí zajišťovat pevnost a tuhost a soudržnost celého svařence zároveň také musí mít co nejnižší možnou hmotnost a musí obsahovat prvky pro upnutí například na polohovadla. Polohovací prvky slouží k vyvození správné a přesné pozice svařovaných dílů vůči sobě nebo k ustavení samotného svařence například na díry šroubů nebo jiných upínacích prvků na správné a snadné upnutí. Polohovací prvky většinou zamezují horizontálnímu pohybu svařence tedy odebrání stupně volnosti pohybu svařence. Upínací prvky vyvozují upínací sílu tedy drží svařenec nebo svařované díly pohromadě na přípravku.

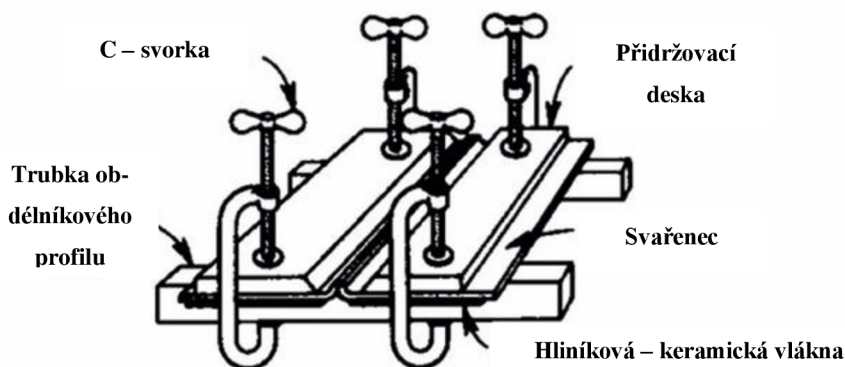
1.4.1 Dělení svařovacích přípravků

Rozdělení svařovacích přípravků může být na jednoúčelové, univerzální a stavěcí přípravky. Také se mohou svařovací přípravky rozdělovat podle použití k velkosériové nebo malosériové a kusové výrobě. Svařovací přípravky můžeme rozdělovat podle druhu svařování.

Svařovací přípravky pro svařování plamenem

Toto svařování se provádí spalováním paliva za přítomnosti kyslíku, při kterém vznikají extrémně vysoké teploty, při kterých se materiál v místě svaru a přídavný materiál roztaví a dojde ke spojení materiálovým stykem. V případě svařování plamen by měly být tepelné ztráty minimální, aby se zabránilo vzniku trhlin ve svárech. Přípravky by měly být navrženy tak, aby části rámu přípravku byly umístěny mimo linii svaru a zároveň poskytovaly dostatečnou oporu svařencům (Eliteautomationusa.com, 2023).

Při svařování mědi a hliníku je nutná zvláštní opatrnost kvůli nadměrným tepelným ztrátám z těchto materiálů. Aby se tato obtíž vyřešila, je třeba svařovat na místech vzdálených od kontaktních bodů přípravku a zbytek svařování se následně provádí mimo přípravek. Dále se používají C-svorky a přídržné desky, které podpírají svařence a zabraňují deformaci svaru viz obrázek 1.7 (Cyclotronautomation.com, 2023).

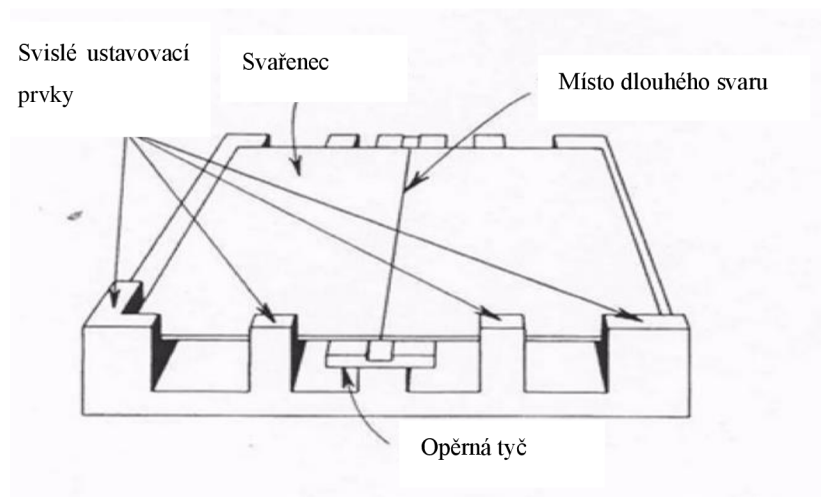


Obrázek 1.7: Přípravek pro svařování plamenem s C-svorkami (Vishnudutt, 2014)

Přípravky pro obloukové svařování

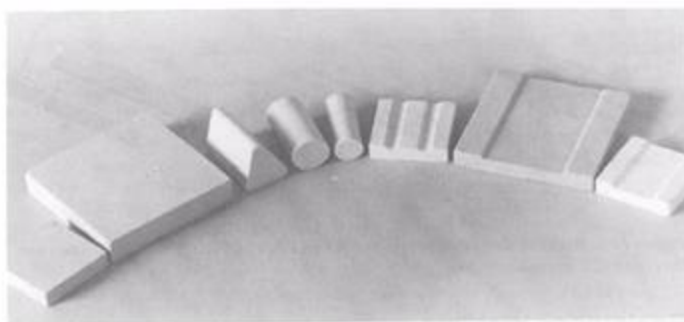
Teploty vznikající při obloukovém svařování jsou mnohem vyšší než při svařování plamenem. Proto se používají při svařování ocelových konstrukcí a vozidel. Při obloukovém svařování vzniká ve svaru více tepla než při svařování plamenem.

Přípravek by proto v tomto případě měl poskytovat dobrou oporu, správné vyrovnání se svařencem, a také by měl umožňovat odvod tepla z oblasti svaru. Přípravky by měli vyvinout dostatečnou sílu k pevnému vyrovnání svařence. Tuto sílu vyvíjejí ve vhodných bodech svorky nebo upínky podepřené opěrnými tyčemi. Opěrné tyče poskytují pevnou oporu svařenci, ale také je chrání před deformací (Cyclotronautomation.com, 2023).



Obrázek 1.8: Přípravek pro obloukové svařování (Vishnudutt, 2014)

Opěrné tyče jsou běžně vyrobené z nerezové oceli, keramiky, mědi nebo slitinami různých kovů. Měly by být rovnoběžné s liniemi svaru. Jednoduchá opěrná tyč může mít například obdélníkový profil s malou drážkou přímo pod svarem viz obrázek 1.8. Opěrná tyč podporuje odvod tepla ze svarové linie, podpirá roztavený svar, reguluje obrys svaru a chrání kořen svaru před atmosférou. Velikost opěrné tyče závisí na druhu svařovaného materiálu a tloušťce svařence. Svařenec o menší tloušťce vyžaduje použití opěrné tyče větších rozměrů, protože vyžaduje větší odvod tepla. Materiál s horší tepelnou vodivostí vyžaduje podpěru větších rozměrů (Vishnudutt, 2014). Různé profily opěrných tyčí jsou vidět na obrázku 1.9.

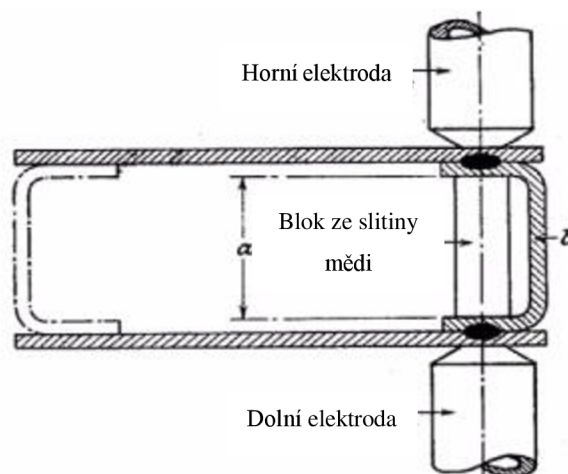


Obrázek 1.9: Různé profily podpěrných tyčí (Vishnudutt, 2014)

Svařovací přípravky pro odporové svařování

U přípravků pro odporové svařování záleží na druhu odporového svařování (například bodové nebo švové svařování). Obecně jsou dva typy přípravků pro odporové svařování. První typ je přípravek pro svařování ve standardním stroji s jednou elektrodou. Druhý typ je přípravek a stroj navržený jako jeden celek, obvykle pro dosažení vysoké výrobní rychlosti. Přípravky pro odporové svařování musí být zbaveny třísek otřepů a

dalších nečistot. Je třeba udržet všechny magnetické, zejména ocelové materiály mimo svařovací stroj. Izolovat je třeba všechny měřicí kolíky, svorky, lokátory a další součásti. Musí být také zajištěno dostatečné vodní chlazení, aby nedošlo k přehřátí systému. Rám přípravku tvoří mezeru, která je ohraničená horním a dolním ramenem, v němž jsou umístěny elektrody, a základnou stroje, v níž je umístěn transformátor viz obrázek 1.10. Tato mezera je intenzivním magnetickým polem, v němž bude ovlivněn jakýkoli magnetický materiál. V některých případech je známo, že se materiály skutečně roztaví. Tato ztráta energie neúmyslným zahřátím upevňovacího materiálu snižuje svařovací proud a snižuje účinnost svařování. Proto je třeba izolace a konstrukce přípravků z nemagnetických materiálů. Tuto ztrátu výkonu lze někdy využít: pokud chceme snížit svařovací proud, přidání magnetického materiálu do hrdla zvýší impedanci, sníží maximální proud a zastaví tavení dílu (Vishnudutt, 2014).



Obrázek 1.10: Přípravek pro odporové svařování (Vishnudutt, 2014)

Svařovací přípravky pro laserové svařování

Laserové svařování je známé svou univerzálností a rychlostí při výrobě úzkých a hlubokých svarů s minimálním zkreslením a nízkým tepelným ovlivněním materiálu. Získalo si velkou oblibu mezi díly, které nevyžadují žádné nebo jen malé dodatečné zpracování svaru. Laserové svařování s vhodným přípravkem usnadňuje práci s nástroji, výsledkem je přesný výrobek v kratším čase (Vishnudutt, 2014).

Přípravek pro laserové svařování by měl být navržen tak, aby byl laser umístěn na tuhém rámu, který zabrání nežádoucím vibracím. Mezi pracovním stolem a čočkou je dostatečný prostor pro umístění různých polohovacích nástrojů. Pokud je potřeba použít více než jeden přípravek, je nutná kontrola pracovní výšky obou přípravků vůči

sobě, aby bylo zabráněno náhodnému rozostření, které může mít za následek špatnou kvalitu svaru (Vishnudutt, 2014).

1.4.2 Jednouúčelové přípravky

Jednouúčelové přípravky jsou přípravky určené a konstruované pro jeden určitý svařenec. Jejich konstrukce je složitější. Podle zadaného svařence se navrhuje nosný rám obvykle s použitím trubek čtvercového nebo obdélníkového profilu. Dále se používají různé podpěrné rámy. Jak již bylo zmíněno výše, u obloukového svařování se používají opěrné tyče různých průřezů. Na nosný rám se montují upínací prvky jako upínky, svěrky atd, do kterých se svařenec upne. Využití jednouúčelových přípravků je tedy primárně do velkosériové výroby. Jednouúčelové přípravky se hojně používají v robotizovaných pracovištích. Pro robotické svařování bývá zvykem, že svařence jsou nejprve zkompletovány z připravených dílů ručním svařováním. Zde vytvořeny základní bodové svary tím se zajistí základní soudržnost a poté se předávají do robotického pracoviště, kde robot dokončuje dlouhé sváry. Přípravky by měli splňovat potřebu jednoduché montáže a demontáže. Musí umožňovat přesné a tuhé upnutí svařence. Jelikož vyžadují vlastní konstrukční návrh a výrobu jsou dražší než jiné druhy variabilnějších přípravků (Jcmetal.cz, 2019).

1.4.3 Stavebnicové přípravky

Stavebnicové přípravky jsou modulární přípravky, to znamená, že mohou být přizpůsobeny pro různý svařence. Jejich využití je tedy rozsáhlejší a dají se používat jak v sériové, tak v kusové výrobě. Stavebnicové řešení přípravku je konstruováno jako sada standardizovaných nebo normalizovaných součástí s relativně úzkými geometrickými tolerancemi, které se upínají na speciálním stole. Může být použit stůl s příčnými T drážkami, viz obrázek 1.11. Zde se přesně určují polohy upínaných součástí pohybem a umístěním v T drážkách. K odebrání stupňů volnosti upínacích prvků se používají šroubové spoje.



Obrázek 1.11: Stavebnicový přípravek se stolem s T drážkami (Jcmetal.cz, 2019)

Další způsob konstrukce stolu může být Systém Otvor – čep viz obrázek 1.12. V tomto systému jsou v desce stolu (popřípadě i v postranních nosnících) díry pro průchozí šrouby nebo speciální upínací čepy. V porovnání se systémem T drážky má tento systém tužší a pevnější upnutí, umožňuje rychlejší montáž a demontáž a opakovatelnost ustavení (Jcmetal.cz, 2019).



Obrázek 1.12: Stavebnicový přípravek se systémem Otvor – čep (Jcmetal.cz, 2019)

Tyto systémy upínání umožňují rychlou výměnu a kompletní přestavení přípravku na jiný typ svařence dle požadavků na výrobní přesnost. Proto jsou přípravky jednoznačně výhodné pro kusovou výrobu. Pro součásti stavebnicového přípravku bývá často zřízen speciální sklad. Přípravky jsou ekonomicky výhodné díky tomu, že odpadá konstrukční návrh, tvorba výkresové dokumentace a výroba přípravku jako je tomu u jednoúčelového přípravku. Svářeči mohou přípravky i sestavit sami a na složitějších se podílí konstruktéři (Jcmetal.cz, 2019).

1.5 Svařovací přípravky ve firmě Engel

Společnost Engel si sama vyvíjí a konstruuje vlastní svařovací přípravky. Svařovací přípravky jsou zde určeny pro dvě robotizovaná svařovací pracoviště, a to svařovacího kolaborativního robota společnosti Trumpf a velkého svařovacího robota společnosti Valk Welding, které jsou popsány viz výše. Přípravky u robotického svařování mají za cíl zvýšit přesnost upínání, usnadnit sestavení svařence a držet správné předepsané polohy jednotlivých pozic svařence vůči sobě. Slouží také k samotnému umožnění upnutí na polohovadlo svařovacího robota. Jejich úkolem je ušetřit lidskou práci při zakládání svařence do přípravku, urychlit upínání a tím zkrátit výrobní časy a ušetřit náklady z dlouhodobého hlediska. Musí se správně a strategicky rozhodovat jaké svařence překlápět z ručního na robotické svařování, a tedy pro jaké svařence investovat do konstrukce mnohdy složitých drahých přípravků. Největší vhodnost a návratnost mají svařence, které se vyrábějí ve větších sériích. Specifikum společnosti Engel je, že vyrábějí spíše zakázkově a malosériově, takže stále ve firmě převažuje ruční svařování. Na robotických pracovištích probíhají také zkoušky svařování různých svařenců pro zjištění vhodnosti použití robotického svařování a případného zrychlení výrobních časů a přesnosti. Přípravky ve společnosti Engel jsou současně určeny pouze pro svařování elektrickým obloukem MIG/MAG.

Ve společnosti Engel se současně u přípravků využívá ručního mechanického upínání svařenců do přípravku nejčastěji pomocí šroubových spojů a upínek, popřípadě pákových svislých upínek dodávaných od společnosti JC Metal. Přípravky je mnohdy nutno obsluhou seřadit a nastavit dle potřeb a geometrického tvaru svařence. Přípravky bývají nejčastěji podle rozsahu použitelnosti univerzální pro upnutí více svařenců, anebo jednoúčelové pro upnutí jednoho specifického svařence. Také se zde využívají i stavebnicové přípravky.

Zakládání svařenců do přípravků probíhá buď ručně nebo strojně pomocí mechanizace jako je halový mostový jeřáb nebo paletizační vysokozdvíhový a nízkozdvíhový vozík. Se samotnými přípravky se pak manipuluje ručně v případě menších rozměrů a hmotností nebo strojně opět pomocí jeřábů a paletizačních vysokozdvíhových a nízkozdvíhových vozíků. Složitější přípravky v Engel musí zajišťovat také stohovatelnost na normalizovaných euro paletách a musí obsahovat prvky k možnosti manipulace. Větší přípravky jsou opatřeny jeřábovými manipulačními oky a tyto přípravky disponují podpěrami, které jsou přizpůsobené tak, aby mohly být přesně uloženy na Euro paletu a mohly být manipulovány pomocí paletových vozíků nebo

vysokozdvíhacích vozíků. Přípravky jsou pak stohovány a skladovány ve skladech přípravků. Každý přípravek bývá označen identifikačním číslem, díky kterému se určí, jaký svařenec se do přípravku upíná. Často bývají přípravky z jednoho celku, nebo s více na sobě nezávislých dílů. Jako konstrukce to bývají svařované rámy z ocelových trubek čtvercového nebo obdélníkového profilu nebo z tlustostěnných ohýbaných plechů a pásů. Na výrobu přípravků Engel využívá možností přesného ohýbání a obrábění na frézovacích centrech. Mnohé přesné prvky hlavně jednoúčelových a univerzálních víceúčelových přípravků pak bývají spojované se základním rámem pomocí šroubových spojů.

Ruční svařování rámu a dalších součástí strojů je ve společnosti Engel stále nejvíce využíváno kvůli potřebě malosériové výroby. Přípravky se zde obvykle nevyužívají, většinou se využívá pouze různých mechanických ručně ovládaných svěrek, upínek a svářečských kleští. Pro pozicování do úhlu 90 ° i jiných úhlů se u ocelových konstrukcí používá také úhlových magnetů. Také se využívá děrovaných typizovaných stolů pro upínání pomocí šroubových spojů nebo pomocí speciálních čepů a upínek.

1.5.1 Svařovací přípravky určené pro svařovacího kolaborativního robota společnosti Trumpf

Svařovací přípravky na tomto pracovišti můžeme rozdělit podle rozsahu použitelnosti na stavebnicové přípravky a na jednoúčelové přípravky.

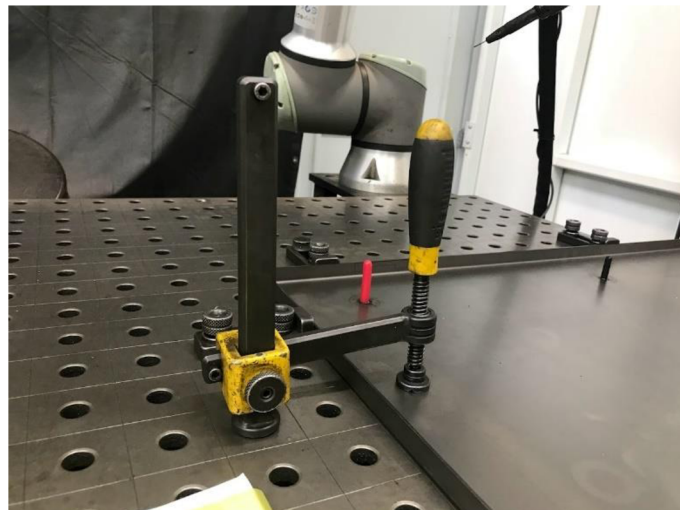
1.5.1.1 Stavebnicové přípravky pro svařovacího kolaborativního robota společnosti Trumpf

Jak již bylo zmíněno výše u cobota od společnosti Trumpf se hojně využívá stavebnicových přípravků, které si obsluha sestaví sama z dostupných komponentů dle potřeby geometrického tvaru svařence. Využívá se 3D svařovacího stolu se vzorem děr D16 v mřížce 50 × 50 mm s kaleným povrchem. Rozměry: 2000 × 1000 × 100 mm viz obrázek 1.13 (Trumpf.com, 2023).



Obrázek 1.13: Děrovaný upínací stůl cobota od společnosti Trumpf

Jako upínací prvky se zde využívají ručně ovládané upínací svěrky, upínky, upínací kleště a dorazy. Nejvíce jsou zde využívány speciální svěrky pro upnutí do svařovacího stolu. Svěrka se zasune do díry svářečského stolu. Rameno svěrky je výškově nastavitelné ve vertikálním směru a nastavená poloha se dotahuje šroubem. Na konci ramene je závitová tyč se závitem s velkým stoupáním a na jejím konci se tlačí pomocí speciální hlavy ve vertikálním směru na pozici svařence viz obrázek. Upínky bývají použity většinou v kombinaci s dorazovými prvky. Tyto prvky se upínají pomocí speciálních čepů do děr svařovacího stolu viz obrázek 1.14.



Obrázek 1.14: Příklad možnosti upnutí a polohování pomocí svěrek a dorazů

Po umístění upínací součástí a zasunutí čepů do díry se začne otáčet hlavou čepu a na obvodu dříku čepu se vysunou pojistné kuličky, které brání proti axiálnímu

posuvu. Také svařence mohou být upnuty do děrovaného nosníku polohovadla, které se nachází v jednom z dvou boxů viz obrázek 1.15.



Obrázek 1.15: Polohovadlo s děrovaným nosníkem

Upínky a svěrky nejenom, že zajišťují pozicování, přesné upnutí a usnadňují práci obsluhy, ale také poskytují předpínání před deformacemi vzniklými při svařování. Součástí stavebnicových přípravků bývají také podpěrné úhlové ustavovací prvky zajišťující například úhel 90° při svařování pozic vůči sobě. Vždy se při montáži a skládání stavebnicového přípravku na svařovacím stole musí dbát na dostupnost ramene cobota. Se svařovacím hořákem obsluha tento požadavek kontroluje při volném pohybu ramene ovládaném obsluhou a na zkouškách drah ramene nanečisto bez svaření, aby nedošlo ke kolizi. V tomto směru pak také pomáhá polohovadlo v jednom z boxů, které umožňuje větší dostupnost natočením do různých úhlů.

1.5.1.2 Jednoúčelové přípravky pro svařovacího kolaborativního robota společnosti Trumpf

Pro složitější svařence překlápěné na svařovacího cobota společnosti Trumpf je nutno pro správné přesné svaření konstruovat jednoúčelové přípravky, které se upnou do svařovacího stolu. Tyto svařence jsou určeny pro jeden určitý geometrický tvar svařence. Hlavním účelem těchto jednoúčelových přípravků je odebírání stupňů volnosti upínaných pozic určených ke svaření. Konstrukční prvky přípravků pro svařovací pracoviště s cobotem jsou základní rámy přípravků a upínací prvky pro upnutí a držení pozic svařence. Rámy těchto přípravků bývají z plechů řezaných laserem nebo ohýbaných na ohýbacích strojích. Také se na rámy používají trubky čtvercových nebo

obdélníkových profilů. Rámy samy o sobě jsou svařence z těchto plechů viz obrázek 1.16.

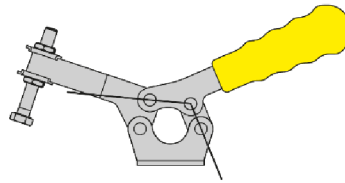


Obrázek 1.16: Jednúčelový přípravek pro pracoviště s cobotem společnosti Trumpf

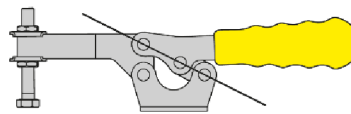
Důležité prvky těchto rámu jsou díry pro upínací čepy pro upnutí na svařovací stůl. Dále v rámech bývají díry pro šrouby pro upnutí upínek. Často plechy rámu bývají děrované na ušetření hmotnosti a materiálu. V rámu bývají dále různé vybrání a drážky pro zasunutí a zajištění správného pozicování jednotlivých svařovaných dílů svařence. Tyto prvky v rámu slouží jako polohovací prvky pro správné umístění svařovaných dílů pro svaření.

Jako upínací prvky se používají nejčastěji mechanické ručně ovládané pákové upínky upínané na rámy svařenců pomocí šroubových spojů. Tyto upínky umožňují hlavně rychlé a dostatečně pevné upínání. Upínka má tři pozice: otevřenou polohu, nulovou polohu a polohu za mrtvým bodem viz obrázek 1.17.

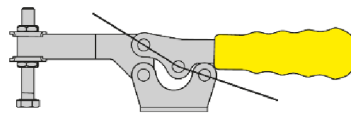
Průběh upínání u vodorovné upínky



upínka v otevřené poloze



upínka v nulové poloze



upínka v poloze za mrtvým bodem

Obrázek 1.17: Průběh upínání u vodorovné upínky (Jcmetal.cz, 2019)

Obsluha zatáhne za madlo páky, upínka se zajistí a tlačí určitou silou dle druhu upínky přes hlavu seřizujícího šroubu. Na standartním ramenu těchto upínek se používá přítlačného šroubu posuvného jak ve vertikální, tak i v horizontální ose. Při montáži přípravků a zakládání pozic svařenců do přípravku je tedy nutné seřízení těchto šroubů pro správnou funkci upínky. V pozici za mrtvým bodem, kam se upínka dostane po překročení nulové polohy, se přes pákový mechanismus pásnic spojených pomocí tepelně zpracovaných nýtů zapřou tyto pásnice tak, že ve směru, ve kterém upínka tlačí na pozici svařence, ji nelze uvolnit. Upínka je tedy v této pozici samosvorná a materiál zůstane pevně upnutý a upínač zavřený i při poklesu upínací síly. Díky tomuto kloubovému mechanismu můžeme vyvodit velkou upínací sílu relativně malou ovládající silou. Uvolnění upínky je možné jen zatažením za madlo páky. Jedná se o rychlý jednoduchý upínací mechanismus. Upínky se ve společnosti Engel nevyrábějí, ale jsou nakupovány převážně u společnosti JC Metal, která se zabývá výrobou

těchto upínek. Nejvíce jsou na tomto pracovišti viděny svislé upínky různých velikostí. Dále mohou být viděny upínky vodorovné, přímé nebo hákové (Jcmetal.cz, 2019).

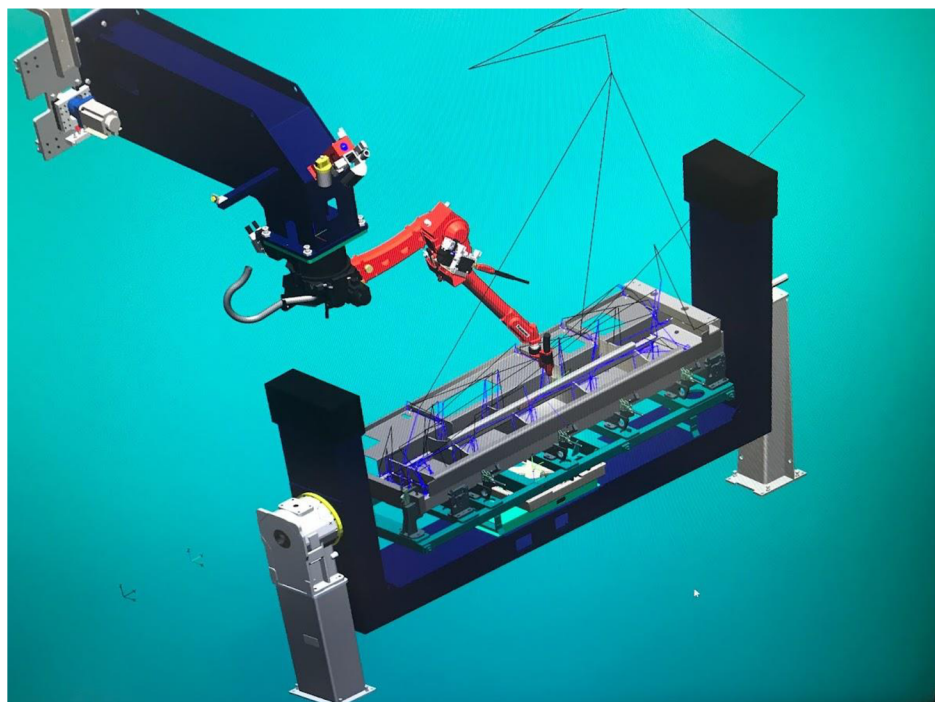
S přípravky na tomto pracovišti se manipuluje převážně ručně díky jejich nízké hmotnosti a relativně malým rozměrům. Přípravky se skladují v přilehlém skladišti přípravků v poličkách, paletizace se v tomto případě nevyužívá.

1.5.2 Svařovací přípravky určené pro svařovacího robota Valk Welding

Svařence svařované na svařovacím robotu společnosti Valk Welding potřebují nutně ke svému umístění na polohovadlo robota přípravek. Bez přípravku není možné svařenec na polohovadlo upnout. Tyto přípravky se upínají pomocí přesné desky na polohovadlo robota. Druhy přípravků, které se zde na tomto pracovišti využívají jsou dle rozsahu použitelnosti jednorúčkové přípravky konstruované pro jeden specifický svařenec nebo univerzální víceúčelové přípravky, které lze modifikovat pro několik různých svařenců. Skupinové ani stavebnicové přípravky se v současné době na tomto pracovišti nevyužívají. Dle zdroje ovládací upínací síly se zde používají jen ručně ovládané upínací prvky jako upínky, šroubové spoje a podobně.

Koncepčně můžeme rozdělit přípravky na robotu společnosti Valk Welding na přípravky pro velké předem nabodované svařence a přípravky pro malé nenabodované svařence.

Přípravky pro velké nabodované svařence jsou oproti pracovišti přípravků pro nenabodované svařence odlišné tím, že nemusí odebírat všechny stupně volnosti svařovaných pozic, jelikož svařence jsou bodovány ručně již před umístěním na robotické pracoviště robota, který dokončuje dlouhé svary, jak již bylo zmíněno výše. Mezi velké svařence zde patří nejvíce rámy vstřikovacích lisů a olejové nádrže. Hlavní účel těchto přípravků je tedy to, aby byl nabodovaný svařenec pevně a přesně a stabilně upnout na přesnou frézovanou desku polohovadla viz obrázek 1.18.



Obrázek 1.18: Jednúčelový svařovací přípravek s upnutým svařencem upnutý na desce polohovadla zobrazený v CAD programovacím prostředí robota Valk Welding

Na přípravky jsou kladeny různé specifické požadavky jako to, aby společně se svařencem nepřekročily nejvyšší povolenou hmotnost polohovadla, aby nepřekročily nejvyšší možné rozměrové možnosti polohovadla, a to i při otáčení ve vertikální rovině (musí se počítat s největší délkou svařence, takže například s uhlopříčkou), a aby nepřekročily společně s upnutým svařencem nejvyšší dovolené klopné momenty. Přípravky musí umožňovat snadné rychlé ustavení a pozicování svařence do přípravku a co nejsnazší rychlé a pevné upnutí. Dále tyto přípravky musejí mít prvky pro manipulaci, která probíhá pomocí mostového jeřábu a paletizační prvky pro možnost uložení na paletu a stohování a skladování.

V menší míře se dále na robotickém pracovišti Valk Welding používají i rozměrově menší přípravky pro nenabodované svařence o stejné koncepci jako na robotickém pracovišti od společnosti Trumpf, tedy jednúčelové přípravky, které slouží hlavním účelem k odebrání stupňů volnosti a úplnému držení přesných poloh jednotlivých pozic, ze kterých se svařenec skládá. Pro tyto přípravky je univerzálně navržena děrovaná deska koncepčně stejná jako svařovací stůl, do kterého se přípravky upínají do děr pomocí speciálních čepů stejné koncepce jako u robotického pracoviště od společnosti Trumpf viz výše. Pro tak malé přípravky by bylo nevýhodné pro každý jeden přípravek vyrábět přesně frézovanou desku. Proto byla vyrobena jedna univerzální

děrovaná deska, která v sobě má zabudovanou přesnou desku s čepy pro upnutí do přesné základní desky na polovadlo robota Valk Welding.

1.5.2.1 Konstrukční prvky přípravků svařovacího robota společnosti Valk Welding

Rámy

Přípravky pro větší nabodované svařence určené pro svařovacího robota Valk Welding se skládají z několika konstrukčních prvků. Jako základ každého přípravku je únosný tuhý rám s deskou s dírami pro upnutí přípravku na přesnou frézovanou upínací desku polohovadla. Základy rámu jsou svařence z řezaných ocelových trubek obdélníkového nebo čtvercového průřezu u přípravků větších rozměrů viz obrázek 1.19.



Obrázek 1.19: Ukázka rámu přípravku pro předem nabodované svařence pro robotizované svařovací pracoviště Valk Welding

Různé další polohovací prvky mohou být z plechů různých tloušťek. Na tyto základní trubkové rámy jsou přivařeny desky z tlustostěnných plechů, které jsou po spojení pomocí svarů s rámem přesně frézovány na CNC frézovacích centrech, aby zde byla vytvořena přesná rovná plocha pro ustavení a pozicování svařence a upínacích prvků a tím byly eliminovány nepřesnosti vzniklé svařováním základního trubkového rámu. Na těchto přesných deskách jsou dále díry se závity pro šrouby, které spojují a upínají na tyto plochy upínací prvky nebo přímo svařence, pokud má tento svařenec díru, kterou je tento šroub možno prostrčit. U rámu větších rozměrů a hmotností se musí počítat

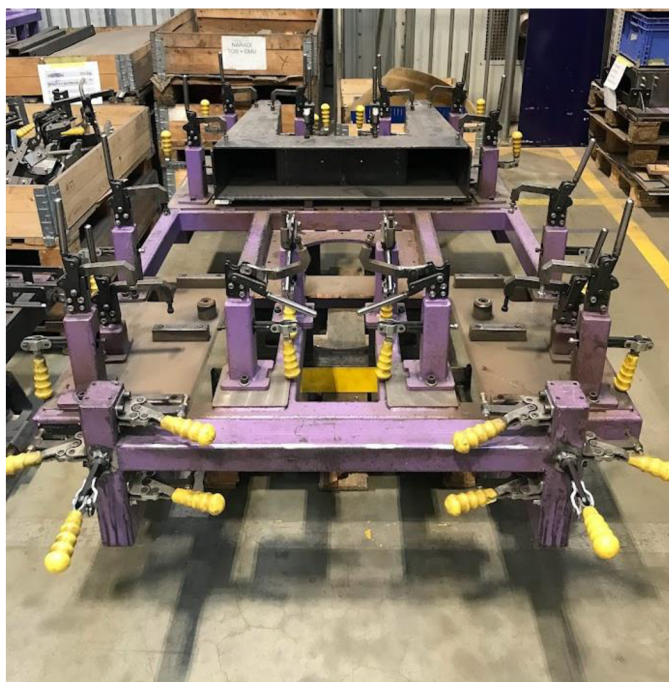
s tím, aby splnily i s upnutým svařencem maximální povolenou hmotnost polohovadla. Proto je možné vidět u některých rámu a na frézovaných deskách přípravků vyříznuté otvory v místech, kde není potřeba umístění žádných polohovacích ani upínacích prvků přípravku. Tyto otvory různých rozměrů zajistí ušetření hmotnosti a také materiálu, ale zároveň nesmí narušit pevnost a soudržnost rámu přípravku. U přípravků menších rozměrů pro nenabodované svařence viz obrázek 1.20 jsou základní rámy a koncepce upínání stejné jako u robotického pracoviště od společnosti Trumpf viz výše.



Obrázek 1.20: Přípravek pro nenabodované svařence menších rozměrů

Upínací prvky

Dalšími důležitými konstrukčními prvky jsou upínací prvky. Na robotickém pracovišti se používají ručně upínané a seřizované upínací prvky. Používají se ručně ovládané samosvorné upínky dodávané od společnosti JC Metal, jejichž princip byl popsán viz výše. Používají se svíslé a vodorovné upínky, přímé upínky a ve velkém zastoupení se také používají upínky v těžkém přesném provedení, které byly ve společnosti konstruovány s různým provedení ramen viz obrázek 1.21.



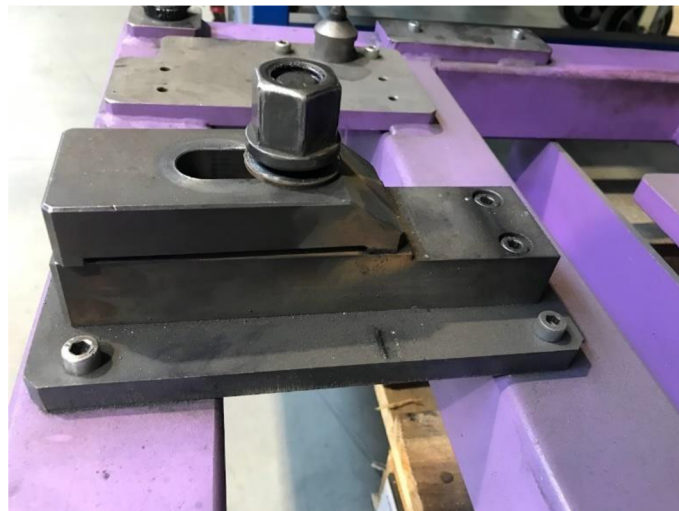
Obrázek 1.21: Použití upínek JC Metal v různých provedení ramen na přípravku

Ve velké míře se používají šroubové spoje. Tyto spoje jsou samosvorné, levné, jednoduché pevné s velkou únosností. Šroubové spoje v přípravku nezabírají tolik prostoru, a proto nebrání ve svaření složitěji přístupných svarů. Nevýhodou je nutnost relativně přesného pozicování na díru, kterou poté musí přípravek zajistit. Také je nutnost, aby se ve svařenci nacházeli volné díry, kterými bude možno šroub prostrčit, což také nemusí být jistota u každého svařence. Rychlost montáže se odvíjí od nástrojů na utažení šroubu. Pokud použijeme například rázový pneumatický nebo elektrický utahovák montáž bude při snadném pozicování na díry rychlá a efektivní. Pokud ale obsluha z důvodu například nepřístupnosti šroubu pro rázové utahováky bude muset utahovat šrouby ručně rychlost a efektivita tohoto upínacího prvku se značně sníží. Ve společnosti Engel má obsluha možnost přípravy šroubovat pomocí elektrických akumulátorových rázových utahováků, aku vrtaček, momentových klíčů, sad ráčen s nástrčnými nástavci a pomocí běžných klíčů. Díry pro šrouby se závitem se na samotném přípravku vyvrtávají nejčastěji do podpěrných válečků, které se pomocí šroubových spojů upnou na přesně frézované rovinné desky rámu přípravku. Svařenec je pak na přípravku ve vyvýšené pozici a zajišťuje tak případný přístup svařovacího hořáku viz obrázek 1.22.



Obrázek 1.22 – Podpěrný váleček s dírou pro šroub se závitem

Jako další upínací prvky se používají šroubové upínky konstruované přímo ve společnosti Engel. Tyto upínky se dají rozdělit na šroubové upínky svislé (tlačí na upínanou součást ve vertikálním směru přes rameno) a šroubové upínky přímé (tlačí na součást přímo v horizontálním směru). Sílu zde vyvozují mechanicky šroubové spoje, které utahuje obsluha po zakládání ráků do přípravku. Výhoda těchto upínek je stejně jako u šroubových spojů pevnost, únosnost, tuhost a samosvornost spoje. U upínek ve svislém provedení je nejčastěji používána upínka ze dvou kusů spojená T šroubem viz obrázek 1.23.



Obrázek 1.23 – Svislá šroubová upínka ze dvou kusů spojená T šroubem

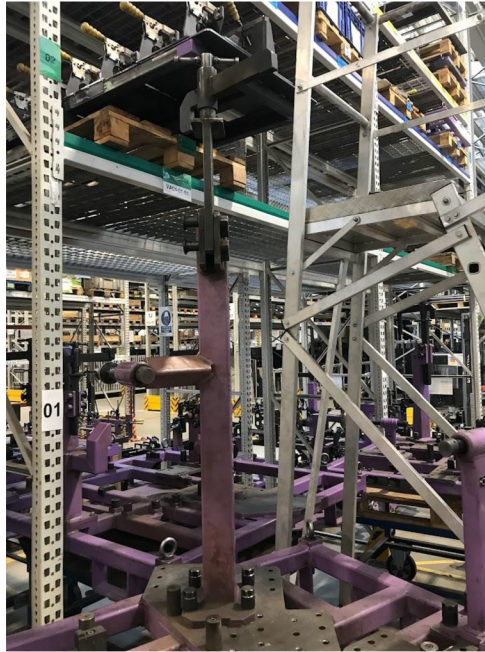
Ve spodní části je v otvoru nasunut T šroub, provedení tvaru hlavy T šroubu zamezuje jeho otočení v axiálním směru. Dřík T šroubu kouká ven a na něj se nasune drážka vrchní části upínky, která tlačí při upnutí přes rameno. Na vrchní ploše dílu s

drážkou se utáhne upínka přes matici. Díky provedení drážky ve vrchním kusu upínky se tento kus může vysunout v horizontálním směru a tím umožnit ustavení a polohování svařence na spodní část upínky. Dalším provedením je svislá upínka s horní posuvnou částí, kde horní část je na vyvýšené vertikální stojně viz obrázek.



Obrázek 1.24 – Svislá upínka s horní posuvnou částí na vyvýšené vertikální stojně

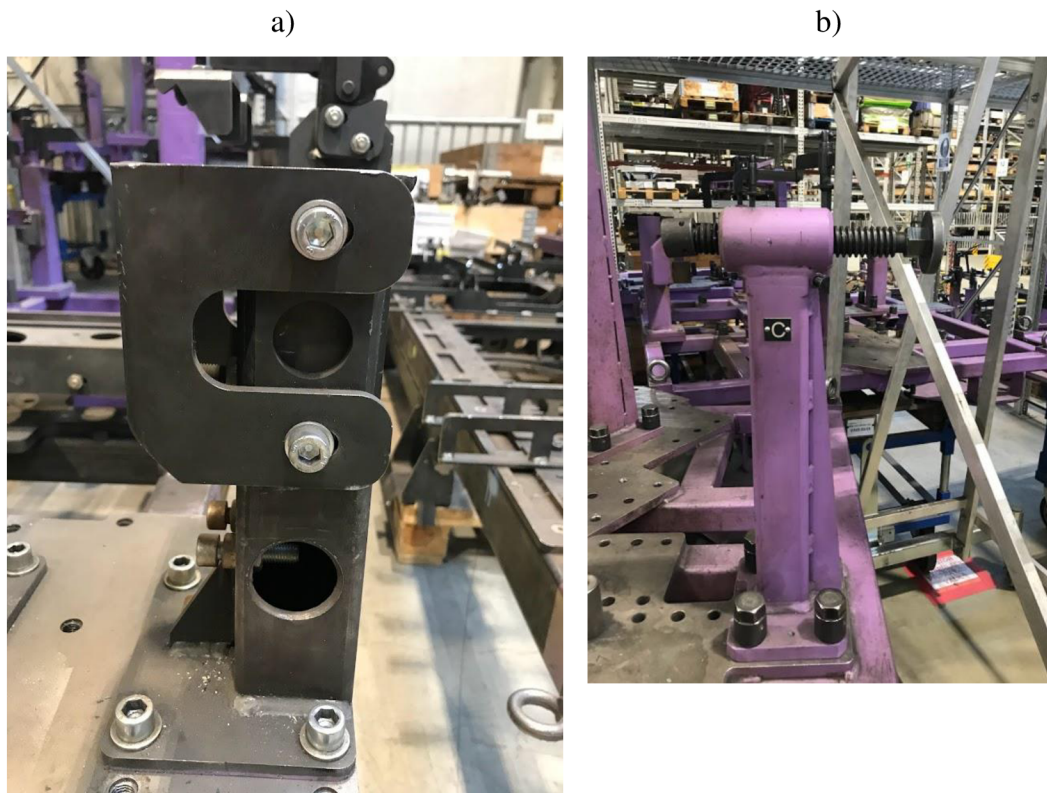
V této stojně bývá ještě horizontální polohovací prvek jako závitová tyč s kyvně uloženou přítlačnou destičkou, která tlačí na svařenec v horizontálním směru. Stojna bývá vyrobena z trubek čtvercového profilu stejně jako rám přípravku. Ve spodní části upínky je opět plocha, na kterou se polohuje svařenec. Celá upínka se pak opět šroubuje na přesně frézované desky rámu přípravku. Další používané provedení svislých upínek je s pohyblivým vřetenem s válcovým lichoběžníkovým závitem s kolíkovou rukojetí pro jednoduchý přenos síly při napínání viz obrázek 1.25.



Obrázek 1.25: Svislá upínka s pohyblivým vřetenem

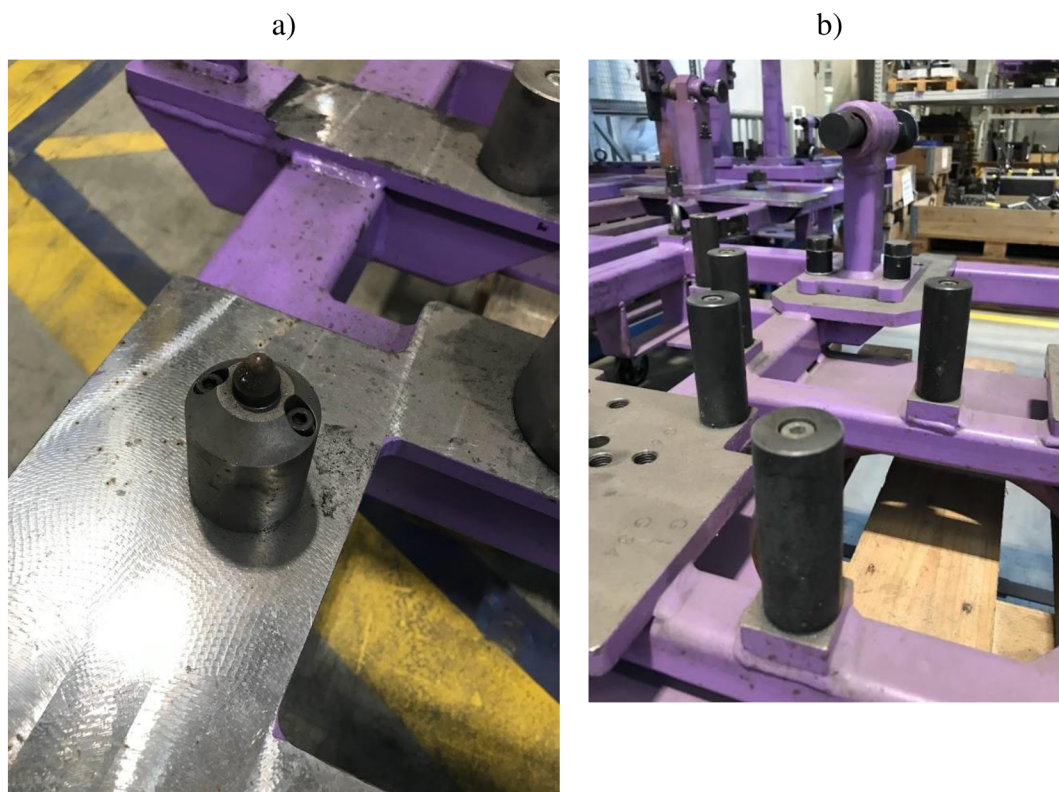
Polohovací prvky

K polohování se u přípravků pro robotické pracoviště Valk Welding používá paleta prvků jako jsou dorazy různých provedení, přímé horizontální šroubové polohovací prvky, trny, podměrné válečky nebo podpěrné desky. Polohovací prvky jsou u těchto typů přípravků šroubované na přesně frézované desky základního rámu přípravku. U víceúčelových přípravků se pak tyto prvky mohou přestavovat podle potřeby svařence. Dorazy jsou v různých provedeních na stojnách nebo jako samostatné prvky odebírající stupně volnosti v horizontální rovině viz obrázek 1.26 a). Tyto dorazové prvky bývají většinou pevné nepřestavitelné. Zvláštním případem dorazů je pak posuvný přímý horizontální upínací prvek, což je vlastně závitová tyč s válcovým lichoběžníkovým závitem s kyvně uloženou přítlačnou destičkou (používaný i jako součást šroubových upínek viz výše) viz obrázek 1.26 b).



Obrázek 1.26: a) pevný dorazový prvek b) posuvný přímý horizontální upínací prvek

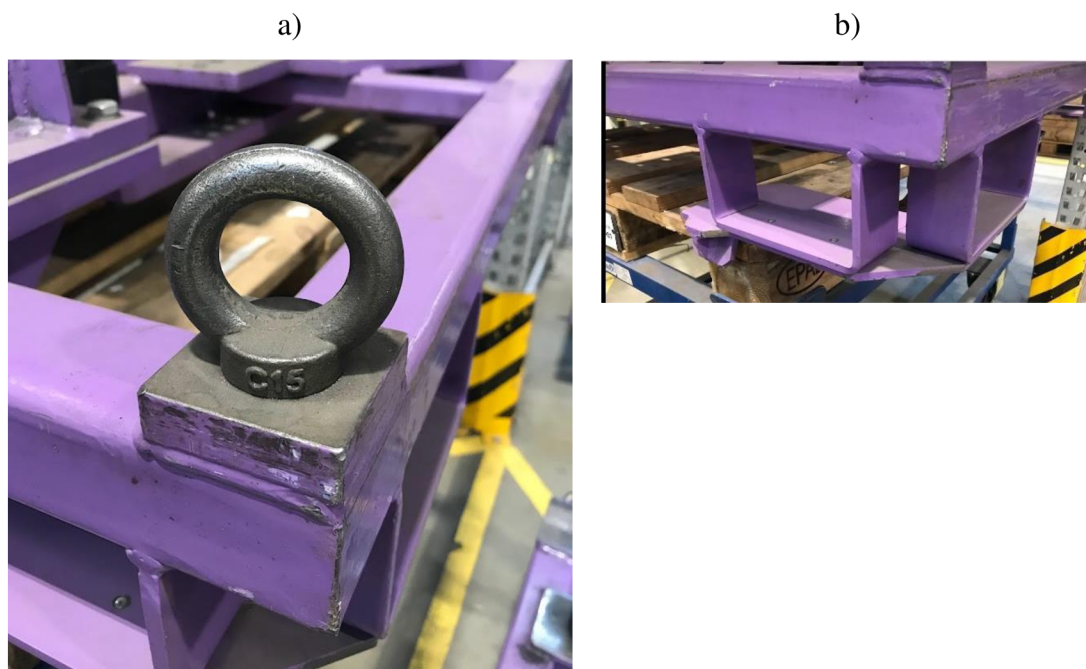
Hojně využívané jsou také polohovací trny, pro které je nutnost, aby ve svařenci byla díra pro trn. Ve společnosti Engel se často za účelem polohování vyhotovily do svařence díry pro tyto polohovací trny viz obrázek 1.27 a). Na trny se nasune svařenec a chytí se tak správná poloha děr pro upínací šrouby nebo poloha pro jiné upínací prvky. Při jeřábové manipulaci se svařenci o vysoké hmotnosti jsou tyto prvky potřeba a ušetří čas při ustavení a upínání svařence. Podpěrné válečky viz obrázek 1.27 b) a desky slouží k podepření svařence v různých bodech a vyvození tak správné přesné roviny, bývají přesně frézované.



Obrázek 1.27: a) Polohovací trn b) Podpěrné válečky

Manipulační prvky

Jako manipulační prvky se u přípravků pro robotické pracoviště Valk Welding používají jeřábová oka přišroubovaná k základnímu rámu svařence. Ty bývají šroubované do rohů rámu svařence viz obrázek 1.28 a). Dále jsou přípravky pro velké svařence přizpůsobeny ke stohování na palety. Přípravky jsou konstruovány tak, že mají na spodní části podpěry na ustavení na paletu. Tyto podpěry jsou většinou z ohýbaných pásů nebo z plechů různých tloušťek. Podpěry umožňují bezpečné a stabilní ustavení a na Euro paletu musejí tedy rozměrově odpovídat paletě (ve společnosti Engel se používají dlouhé Euro palety s rozměry 2000 mm délky 800 mm šířky a 140 mm výšky pro skladování a manipulaci s přípravky pro velké svařence) viz obrázek 1.28 b). Musejí odebírat stupně volnosti v horizontálním směru, aby nedošlo k pádu z palety při manipulaci. Některé přípravky mají nohy tvarově přizpůsobené, tak aby umožnily zasunutí vidlí paletizačního vozíku.



Obrázek 1.28: a) Jeřábové oko b) Podpěry pro ustavení na paletu s možností zasunutí paletizačních vidlí

Přípravky pro svařence menších rozměrů se skladují na palety, ale díky menším rozměrům a nutnosti upínání těchto přípravků na univerzální upínací desku tyto přípravky nemají nohy a pokládají se volně na palety. Všechny přípravky pracoviště Valk Welding se poté skladují na paletách nad sebou do regálů pomocí vysokozdvíhných vozíků ve skladu přípravků. Tento sklad je v blízkosti samotného robotizovaného pracoviště. Obsluha má tady všechny přípravky k dispozici.

1.6 Upínací zařízení pro zrychlení a usnadnění upínání svařenců do přípravků

V rámci automatizace průmyslových technologických procesů se začaly využívat různá technická řešení na zrychlení a usnadnění práce obsluhy strojních zařízení a ušetření nákladů na výroby. V kapitole výše byly popsány systémy s ručním upínáním, kde obsluha musí vyvodit sílu na upnutí svařenců do přípravku a po upnutí už je upínací síla vyvozena, mechanicky například pákou nebo samosvorností závitů šroubu. Například při utahování šroubů obsluha musí každý šroub utahovat jednotlivě nebo pákové mechanické upínky musí obsluha sepnout každou zvlášť. Tyto procesy přípravy přípravku prodlužují čas výroby a zdražují celý výrobní proces. Možností, jak zrychlit a usnadnit tento proces jsou upínací prvky s mechanickým upínáním, kde síla na samotné sepnutí například upínky a následná upínací síla je vyvozena pneumaticky, hydraulicky, elektromechanicky nebo kombinací těchto

systemů (Chvála a Votava, 1988). Tyto upínací prvky na přípravku v kombinaci s robotickým svařováním přispějí automatizaci celého technologického procesu. Vhodnost těchto systémů upínání je zejména do procesů velkosériové výroby, protože pořizovací cena těchto upínacích prvků je vyšší. Přípravek pak značně nabývá na ceně, když použijeme místo jednoduchých pákových upínek například pneumaticky ovládané upínky.

1.6.1 Pneumatické upínací prvky

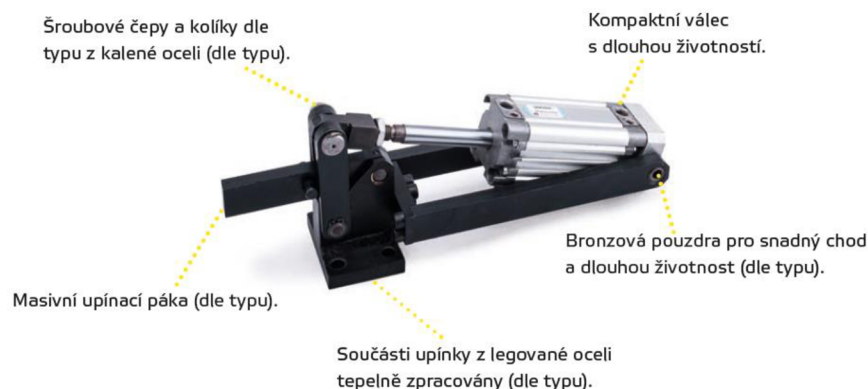
U pneumatických prvků se využívá jako médium na přenos síly stlačený vzduch. Většinou je využíváno přetlaku, může však být použit i podtlak. Stlačený vzduch lze dopravovat vedením a uchovávat v zásobnících. Zdrojem stlačeného vzduchu jsou kompresory. Pneumatické systémy jsou vhodné i na použití v prostředí nebezpečí požáru (což může být i svařovna), protože stlačený vzduch není citlivý na změny teploty. Pneumatické upínací prvky umožňují být stále zatíženy, mají velkou počáteční upínací sílu a momenty síly. Jsou také odolné proti přetížení, protože se nezničí při zablokování pohybu. Vzhledem k vysokému výkonu těchto prvků mají malou hmotnost, avšak disponují velkými rozměry. Pneumatické systémy jsou v případě závady lehce opravitelné. Nevýhodou pneumatických systémů upínání je vysoká hlučnost, kvůli chodu kompresorů. Projevují se zde velké ztráty na těsnosti systému a ve srovnání s hydraulickými systémy nelze dosáhnout tak velkých sil upínání. Také může docházet ke znečištění pracovního prostoru od olejové mlhy, kterou obsahuje vypouštěný vzduch (Vlček, 2008).

U pneumatických upínacích prvků se používají pneumatické válce. V pneumatickém válci je píst, na který z jedné strany tlačí stlačený vzduch a tím se píst uvádí do pohybu. Využívá se tedy přetlaku. Rychlost pohybu pístu v pneumatických válcích dosahuje až $3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ (Vlček, 2008). Vzduch může působit na jednu nebo na obě strany pístu pneumatického válce a podle toho jsou pak jednočinné nebo dvojčinné. Dále můžeme pneumatické válce dělit podle způsobu upevnění na pevné a uchycením za patky, zadní přírubu a se závitem okolo pístnice, nebo mají výkyvné uchycení pomocí přední příruby, střední příruby a zadní příruby (Chvála a Votava, 1988).

1.6.1.1 Pákové pneumaticky ovládané upínky

Tento druh pneumatických upínacích prvků je nejrozšířenější. U těchto je hlavní součástí pneumatický válec, který při vysunutí tlačí na pákový mechanismus upínky a ten sepne upínku do zavřené polohy a přes rameno různých možností provedení tlačí na

upínaný díl viz obrázek 1.29. Nejčastěji jsou k vidění upínky, které přes rameno tlačí ve vertikálním směru. Vyrábějí se ale i upínky, které tlačí v horizontálním směru. U těchto upínek odpadá ruční uzavírání jednotlivě každé upínky. Upínky lze ovládat každou zvlášť anebo je lze sepnout všechny najednou, což značně šetří čas přípravy přípravků.



Obrázek 1.29: Páková pneumaticky ovládaná upínka JC Metal (Jcmetal.cz, 2019)

Je možné buď ruční nebo strojní softwarové ovládání pneumatického spínání a tím je možná i automatizace celého procesu upínání. Je zde systém s lomenou pákou stejně tak jako u ručně ovládaných pákových upínek popsaných výše. Ten zajišťuje to, že upínka je zavřena i při přerušení dodávky tlakového vzduchu. Další výhodou je, že spotřeba vzduchu při spínání upínky je malá díky velkému koncovému převodu. Díky odklopení upínacího ramene je dost prostoru pro správné polohování upínaného svařence (Norelem.com, 2023). Další možnosti konstrukčního provedení těchto horizontálních upínek nebo upínek s vertikálně postaveným pneumatickým válcem, jsou vidět na obrázku 1.30.



Obrázek 1.30 – Možnosti konstrukčního provedení pneumaticky ovládaných pákových upínek (Jcmetal.cz, 2019)

Mohou se vyskytovat i přímočaré pákové upínky se zakrytovaným pákovým mechanismem a výkyvným ramenem o 135 °, které značně šetří prostor na přípravku. U tohoto konstrukčního řešení je pohyblivý mechanismus, který je chráněn před vniknutím odlétajících okují a prachem a tyto upínky jsou tedy vhodné pro automatizované procesy svařování (Stranskyapetrzik.cz, 2023).

1.6.1.2 Otočné pneumaticky ovládané upínky

Upínka vykonává přímočarý pohyb při vysunutí nebo zasunutí pneumatického válce. Při tomto pohybu se ještě rameno pootočí o různý úhel daný výrobcem. Tím se opět zvýší prostor pro pozicování dílů a není omezení výškou páky. Tyto upínky mají celkově menší rozměry než předchozí varianta, ušetří tak místo na přípravku. Nevýhodou je, že při přerušení dodávky tlakového vzduchu se upínka může otevřít (Norelem.com, 2023).



Obrázek 1.31 – Otočná pneumaticky ovládaná upínka (Norelem.com, 2023)

1.6.1.3 Upínky s přímočarým pohybem

Tyto upínky se skládají z pneumatického válce a přítlačné desky. Vykonávají přímočarý vratný pohyb v horizontálním směru. Nemají tedy žádný přídavný mechanismus

ani rameno. Opět je zde nevýhoda, že při přerušení dodávky tlakového vzduchu se upínka může otevřít.



Obrázek 1.32: Pneumatický válec s přítlačnou deskou (Exactec.com, 2019)

1.6.1.4 Vakuové upínací prvky

Předchozí systémy využívaly přetlaku vzduchu k uvedení do pohybu pneumatických válců. Vakuové upínací systémy využívají vakuum tedy podtlak k odsání vzduchu z prostoty, tím se vytvoří upínací síla. Vytvoří se tlakový rozdíl mezi upínací a upínaným dílem. Tím je obrobek přítlačován na upínací stůl. Podtlak může vytvořit například vývěva (Naros.cz, 2010). S rostoucími požadavky na rovnoběžnost a rovinnost tenkostěnných plochých dílů se v přesné výrobě hojně používají vakuové přípravky. Vzhledem k nízké tuhosti struktur tenkostěnných plechů je však pružná deformace tenkého plechu způsobená upnutím téměř nevyhnutelná. Pro snížení deformace se používají speciální upínací desky (Ju et al., 2022).

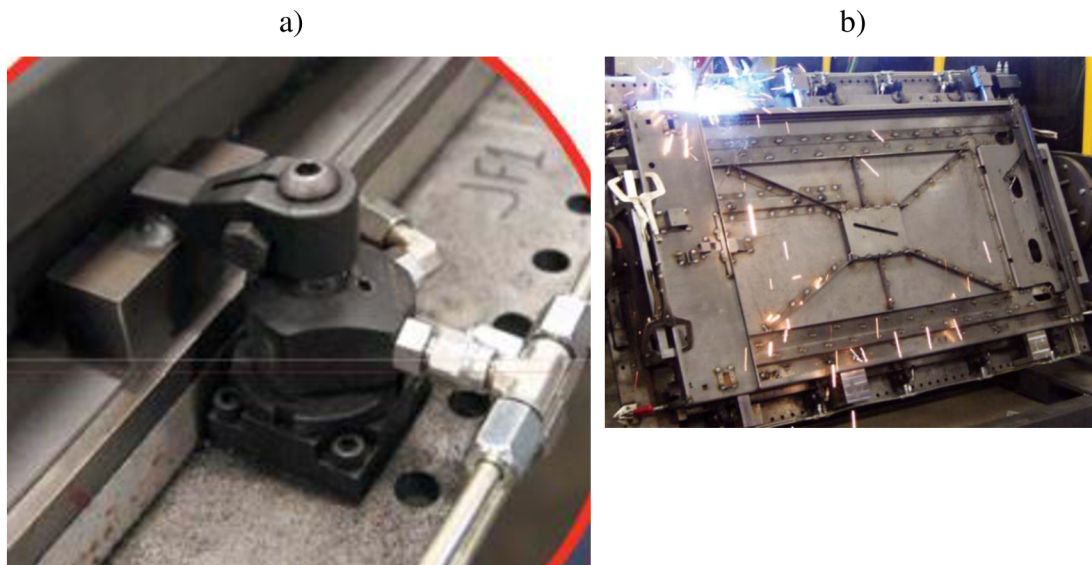
Vakuový upínací systém Forster VacufixSystem Vakufix viz obrázek 1.33 jako první využívá vysokoteplotní vakuové upínací desky. Umožňují uživateli rychle a bezpečně upnout díly přímo v linii tepla. Systém materiál udrží na místě a zároveň svářeči umožní úplný přístup ke švům. Vzhledem k tomu, že plechové díly jsou na místě drženy velmi malou vakuovou plochou, je snadné s nimi pohybovat a korigovat jejich polohu. Pokud se zvětší síly související s pnutím, plocha vakua se automaticky zvětší, aby se vyrovnala. Každá vakuová deska může generovat sílu 400 N až 450 N. Tím se omezí tepelné deformace, které způsobují tolik problémů při zpracování nerezové oceli (Forsteramerica.com, 2020). Tento systém může tedy také přispět k předejpínání.



Obrázek 1.33: Vakuový upínací systém Forster VacufixSystém Vakufix (Forsteramerica.com, 2020)

1.6.2 Hydraulicky ovládané upínací prvky

Další možností pro zrychlení upínání svařenců jsou hydraulicky ovládané upínky. Jelikož je kapalina nestlačitelná, nabízí nám hydraulické prvky vyšší upínací síly v porovnání například s pneumaticky ovládanými upínkami. Hydraulické upínací systémy se pojí s obavami požáru. Společnost Vickers vyvíjí hydraulické prvky pro svařovací přípravky a nabízí systémy s nehořlavou kapalinou. Tyto systémy nabízí velmi přesné opakovatelné upínání svařovaných dílů. Na obrázku 1.34 a) je vidět otočná hydraulická upínka. U těchto systémů je nutné mít přímo na přípravku potrubí na rozvod hydraulické kapaliny viz obrázek 1.35 b) (Vektek.com, 2019).



Obrázek 1.34: a) Otočná hydraulická upínka b) Svařovací přípravek s použitím hydraulických upínek a s rozvodem hydraulické kapaliny (Vektek.com, 2019)

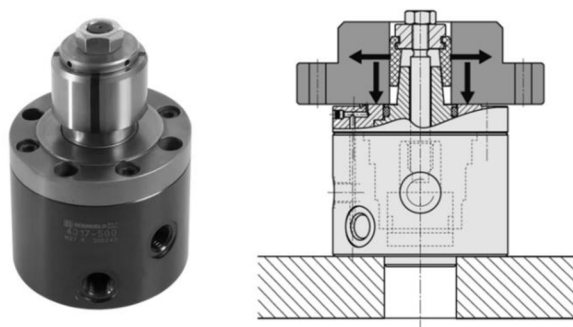
Další možností pro hydraulické upínání při svařování jsou kruhové upínky na švové svařování trubek viz obrázek 1.35. Skládají se z dvou půl kruhových čelistí, které k sobě tlačí přímočarý hydromotor. Čelisti jsou dostupné pro různé normalizované průměry trubek a přímočarý hydromotor lze použít univerzálně pro všechny rozměry čelistí. Nesouosost hran trubek lze odstranit pomocí zvedacích šroubů nebo klínu, který se umístí pod vyrovnávací můstek. Vzduchovou mezeru lze nastavit pomocí dláta (Dwt-pipetools.com, 2023).



Obrázek 1.35: Hydraulická kruhová upínka pro švové svařování trubek (Dwt-pipetools.com, 2023)

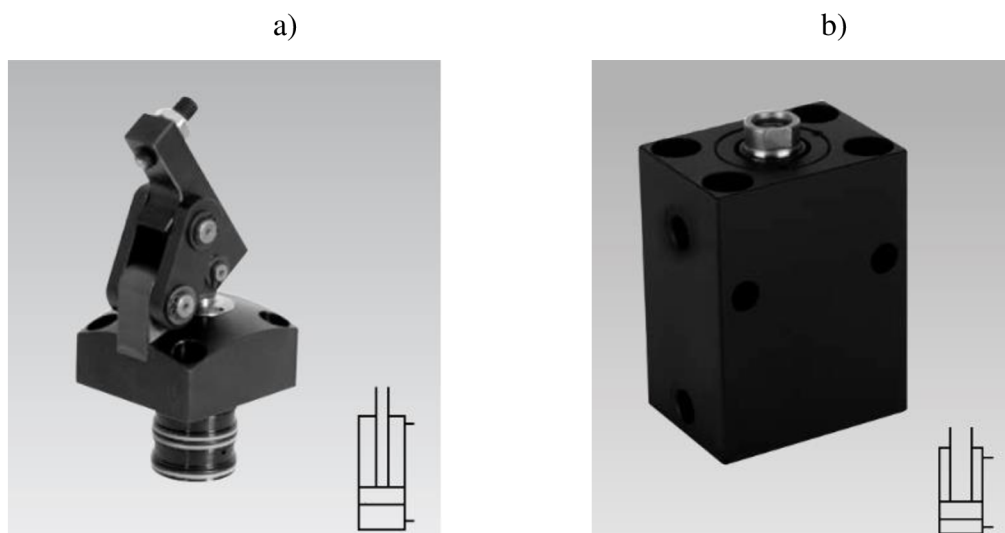
Hydraulické upínací trny viz obrázek 1.36 jsou další efektivní variantou pro upínání dílu. U těchto upínacích prvků je zapotřebí mít v upínaném dílu díru. Tyto trny umožňují nejen upnutí, ale zároveň i polohování dílu na přípravku. Tyto trny jsou vhodné

zejména pro středění a upínání dílů s hladce opracovanými dírami o průměru od 16 do 46 mm s opěrnou plochou kolmou k ose díry. Tyto upínací trny jsou kombinací dvojitě činného hydromotoru vybaveného segmentovým kleštinovým upínacím pouzdem, které je taženo táhlem přes pevný kužel. Tím se segmentové upínací pouzdro radiálně rozšiřuje na průměr díry upínaného dílu. Současným axiálním pohybem se obrobek utpne na kalenou podpěru na pouzdře. Dosažitelná nízká upínací síla závisí na součiniteli tření v otvoru a na provozním tlaku (Roemheld.de, 2023).



Obrázek 1.36: Hydraulicky ovládané upínací trny (Roemheld.de, 2023)

Opět lze také využívat podobné konstrukce jako u pneumatických systémů jako jsou různé pákové upínky s ramenem, které se dá vyklopit viz obrázek 1.37 a) nebo upínky s přímočarým pohybem s použitím přímočarého hydromotoru viz obrázek 1.37 b) (Roemheld.de, 2023).



Obrázek 1.37: a) páková hydraulická upínka b) upínka s použitím přímočarého hydromotoru (Roemheld.de, 2023)

2 Cíl

Cílem diplomové práce je rešerše přípravků ve firmě ENGEL CZ s. r. o. Navrhnout konstrukční řešení svařovacího přípravku, vytvořit výkresovou dokumentaci a vypočítat cenu použitého materiálu. Přípravek musí splňovat tyto podmínky:

- Musí jej být možno upnout na přesně frézovanou desku polohovadla svařovacího robota
- Musí zajišťovat pevné a tuhé upnutí svařence
- Nesmí přesáhnout maximální povolené rozměry přípravku pro polohovadlo svařovacího robota
- Nesmí překročit maximální povolenou nosnost polohovadla i s upnutím svařencem
- Musí umožnit přístup ramenu svařovacího robota ke svarům
- Musí obsahovat prvky pro manipulaci a stohování na normalizovaných paletách

3 Metodika

3.1 Konstrukce strojního zařízení

Konstrukční návrh strojního zařízení je komplexní a interaktivní proces, při kterém konstruktér využívá znalosti z různých inženýrských věd. Jedná se především o mechaniku, mechaniku tekutin, termodynamiku, 3D modelování, technické kreslení, geometrie, matematika, materiálové vědy a chemie. K těmto teoretickým inženýrským vědám přidává konstruktér praktické znalosti a zkušenosti strojů a strojních součástí. Je nutná i znalost norem v rámci technické normalizace. Konstrukční proces má většinou 3 stádia, a to koncepční návrh, ztělesňující návrh a detailní návrh.

3.1.1 Koncepční konstrukční návrh

Při tomto stádiu konstrukce se při konstrukci běžné strojní součásti nebo stroje vymýšlí základní koncept a funkce pro splnění požadavků trhu. Zjišťují se konstrukční podmínky, které musí daný stroj nebo součást splňovat. Vybírají se vhodně strojní součásti, které při návrhu použijeme. Konstruktér zvažuje všechny dostupné alternativy řešení a jejich kombinace. Tvoří první skici a schémata na vizualizaci variant konceptu konstrukce. Také již uvažuje o skupině konstrukčních materiálů a normalizovaných polotovarů, které zvolí (například konstruktér vybírá mezi kovem nebo polymerem atd.) (Janovec 2018).

V případě koncepčního návrhu svařovacího přípravku se jedná o technologickou součást, která vychází ze svařence nebo svařenců, které se do přípravku budou upínat. Důležitou součástí je zde rozbor upínaného svařence, kde se zjistí rozměry, hmotnost, tvar, výrobní postup (metoda svařování atd.) a materiál. Dále je důležité se seznámit s požadavky výroby a různými problémy, které při výrobě mohou vzniknout. U svařovacího přípravku musíme volit konstrukční materiály, které zajišťují tuhost a pevnost a zároveň odolávají vysokým teplotám a vodivost. Typicky se pro svařovací přípravky volí kovy nejčastěji ocele. V tomto návrhu volíme, jaké prvky v přípravku použijeme (například rozhodnutí o použití vhodných upínacích prvků) pro splnění konstrukčních podmínek přípravků.

Konstrukčních podmínek, které musí přípravek splňovat je několik. Musí se uvažovat o přístupu svařovacího hořáku ke svarům. Další je podmínka přesnosti a opakovatelnosti. V rámci velkosériové výroby se klade důraz na rychlost a přesnost upínání pro zkrácení výrobních časů. Dalšími podmínka jsou maximální životnost, nízké

servisní náklady, skladovatelnost a popřípadě stohovatelnost (možnost odložit přípravek stabilně na paletu) (Jcmetal.cz, 2019).

3.1.2 Ztělesňující konstrukční návrh

V tomto stádiu konstrukčního procesu již máme koncepční návrh a možné varianty konstrukce ztělesňujeme. Zkoumá se funkční struktura a analyzují se jednotlivé činnosti. Vybírají se již přesné polotovary pro konstrukci. V tomto návrhu se vymýšlí rozměry a přesný tvar konstrukce. Výstupem ztělesňujícího konstrukčního návrhu jsou již výkresy dílů nebo sestav jednotlivých variant konstrukce. K sestavám je nutné vytvořit také kusovníky jednotlivých pozic(dílů) sestavy. V současné době bývají výstupem i přesné 3D CAD modely jednotlivých variant konstrukce. V případě svařovacích přípravků jsou samotné přípravky konstrukčně svařence nebo tvářené (nejčastěji ohýbané) díly. Modelují se jednotlivé svařované pozice jako samostatné modely a poté se spojují do sestavy svařence (využívaný postup ve společnosti Engel) nebo specializované strojírenské CAD softwary nabízejí nástroje pro modelování svařenců z normalizovaných profilů například pomocí 3D skici. Je tedy na konstruktérovi, jaký způsob 3D modelování zvolí. Z hlediska výběru materiálů se v tomto stádiu volí úzká skupina materiálů, které nejlépe vyhoví požadavkům konstrukce například ocele určité třídy (Janovec 2018).

3.1.3 Detailní konstrukční návrh

V tomto stádiu konstrukce dochází ke konečnému návrhu stroje nebo strojní součásti. Vybírá se většinou jedna varianta z vytvořených variant konstrukce na základě 3D CAD modelů popřípadě výkresů z ztělesňujícího návrhu. Když je potřeba, provádí se výpočty a simulace na jednotlivých variantách konstrukce (například pevnostní výpočty). Mohou se provádět ekonomické výpočty, která varianta návrhu je cenově nejvýhodnější. Dochází k výběru jednoho finálního materiálu nebo přesné kombinace použitých materiálů (například výběr jedné ocele z určité třídy). V rámci detailního konstrukčního návrhu může probíhat i zkušební výroba navrženého stroje nebo součásti (Janovec 2018).

3.2 Výpočet ceny materiálu a komponentů konstrukce

Po konečném výběru materiálů a polotovarů se provádí výpočet ceny konstrukce. Vyhledávají se dodavatelé normalizovaných polotovarů jako jsou například tyče a trubky různých profilů průřezů nebo tabule plechů. Výpočet ceny materiálu se pak provádí dle ceny za měrnou jednotku daného polotovaru, kterou udává prodejce.

Měrná jednotka může být 1 m u trubek a tyčí. U plechů to může být měrná jednotka určitá hodnotu plochy v m². Měrnou jednotkou může být také hmotnost typicky 1 kg. Po výběru vhodných dodavatelů polotovarů se vybírají také dodavatelé různých dalších nakupovaných komponentů a spojovacích materiálů například šroubových spojů. Tyto součásti konstrukce mají udanou cenu většinou v jednotlivých kusech. Výpočet ceny se poté provádí na základě kusovníků, kde je přesný počet, určené přesné materiály, polotovary a hmotnost jednotlivých pozic. Do hodnot potřebných rozměrů polotovarů se také započítávají různé technologické přídatky například přídatky na obrábění. Tím je vypočtena cena materiálů a komponentů konstrukce. Dále pro určení celkové ceny navržené konstrukce technolog určuje výrobní postup, počítá výrobní časy, započítá cenu práce a režii dané výrobní společnosti.

4 Popis variant konstrukce svařovacího přípravku

Byly vytvořeny 3 varianty možné konstrukce svařovacího přípravku pro svařovacího robota společnosti Valk Welding s použitím různých druhů upínacích a polohovacích prvků.

4.1 Specifikace polohovadla svařovacího robota společnosti Valk Welding

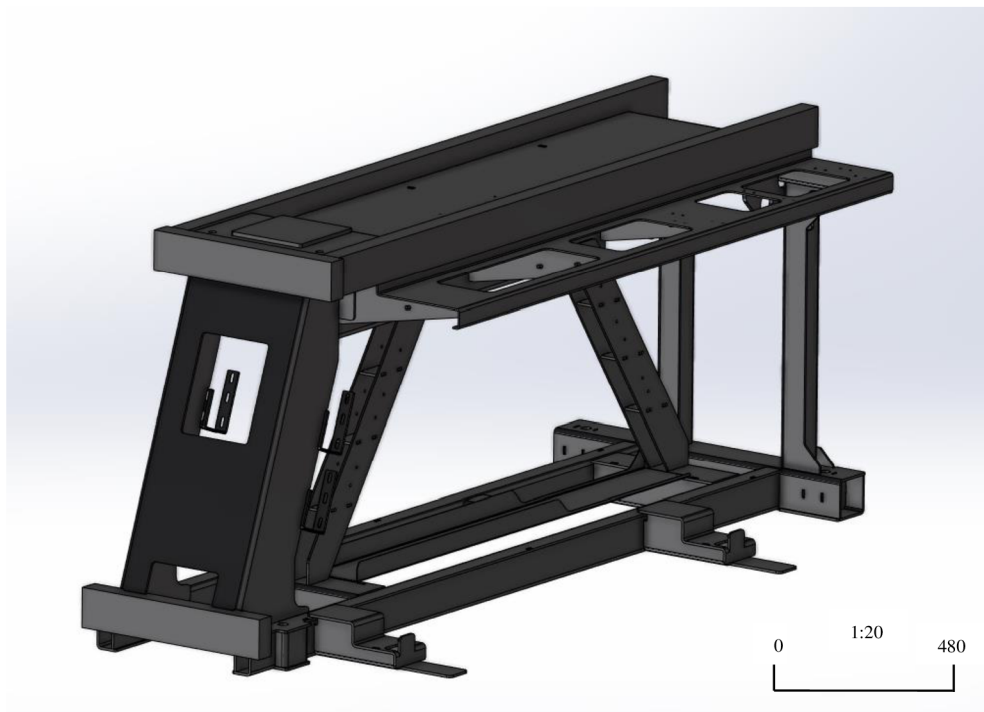
Svařovací přípravek musí být možno upnout na polohovadlo robota. Přípravek s upnutým svařencem nesmí překročit maximální povolené rozměry a nosnost polohovadla. Všechny důležité specifikace polohovadla svařovacího robota jsou v tabulce 1.1.

Tabulka 4.1: Technická data pracoviště svařovacího robota Valk Welding ve společnosti Engel

Pracovní stanice	2	
Počet os manipulátoru	2	
Počet os portálu	1	
Nosnost manipulátoru	850 kg	Maximální hmotnost přípravku a hoto- vého svařence
Orientační hmotnost pří- pravku	Cca. 100 kg – 300 kg	Záleží na charakteru výrobku a počtu výrobků umístěných na přípravku
Maximální přípustný kroučící moment	1470 N·m	Pro vodorovnou osu G5 a svislou G6 (při natočení G5 90°)
Maximální přípustný klopný moment	6125 N·m	Pro vodorovnou osu G5 a svislou G6 (při natočení G5 90°)
Maximální úhlová rych- lost	$100 \text{ }^\circ \cdot \text{s}^{-1}$	
Maximální délka dílu	2500 mm	
Maximální točný průměr	3000 mm	V závislosti na konstrukci přípravku je možné + 200 mm
Maximální upínací výška	1000 mm	V závislosti na poloze svařování je možné větší průměr
Upínací systém	BSD	

4.2 Rozbor upínaného svařence

Rozbor svařence je součástí koncepčního konstrukčního návrhu. Konstrukce svařovacího přípravku pro robotické svařování vychází z daného svařence. Zvolený svařenec je rám vstříkovacího lisu na plast Engel Victory 650/160 viz obrázek 4.1.



Obrázek 4.1: Upínaný svařenec: Rám 0739-753-10-01_001 stroje Engel Victory 650/160

Rám se skládá z 75 svařovacích pozic. Technologie výroby rámu je taková, že se nejdříve rám naboduje pomocí ručního svařování. Na přípravek se tedy upíná ve stavu, kdy součásti (pozice) drží pohromadě a není nutné tyto součásti nijak přípravkem přidržovat a robot dokončuje dlouhé svary. Při svařování podobných rámu vznikl v Engel problém s nežádoucím ohybem nosných tyčí obdélníkového průřezu v horní části rámu. Aby bylo zamezeno tomuto nežádoucímu ohybu, je nutné jako součást přípravku zhotovit takzvané „předepínání“. To znamená, že je nutné tlačít z horní části na obě tyče obdélníkového průřezu. Rozměry a další specifikace přípravku jsou v tabulce 4.2.

Tabulka 4.2: Specifikace svařence

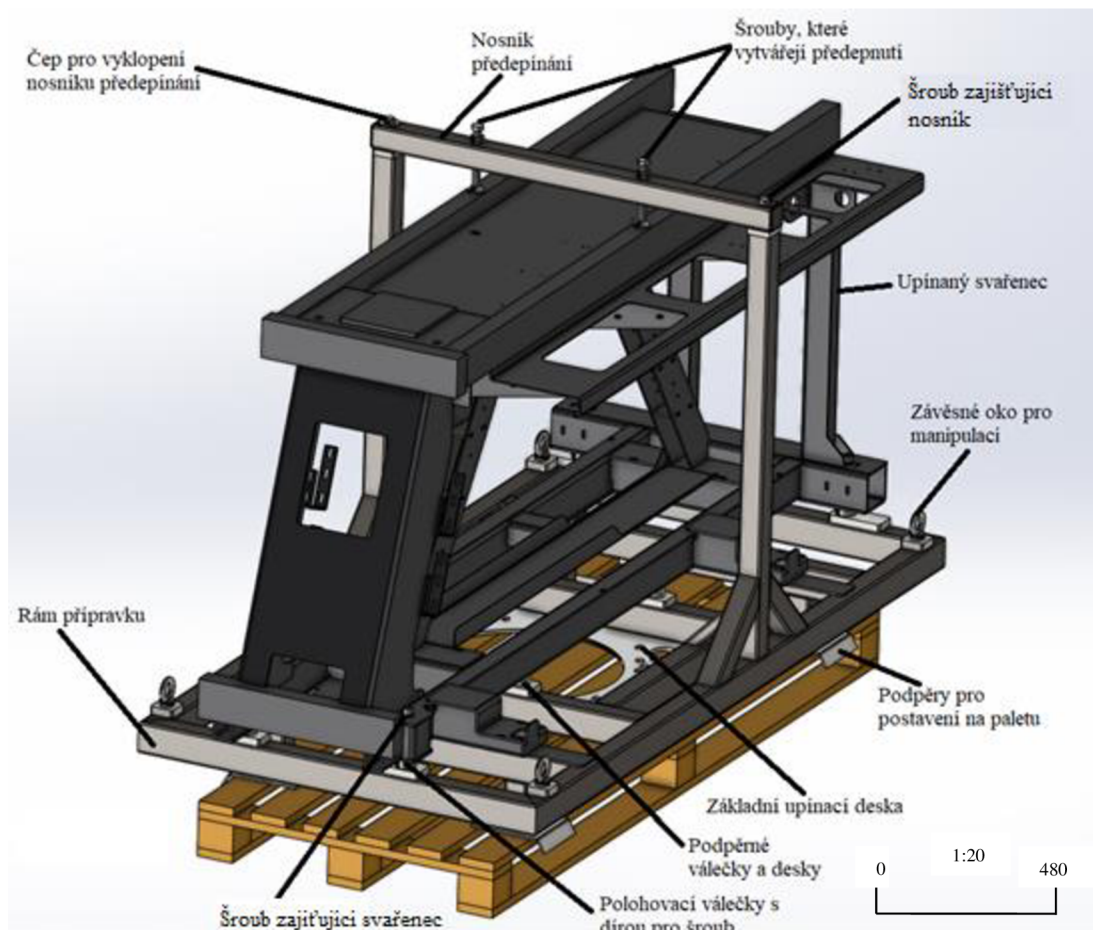
Hmotnost	453 kg
Šířka	1071 mm
Výška	985 mm
Délka	2286 mm
Uhlopříčka 1	2387,61 mm
Uhlopříčka 2	2400,19 mm

4.3 Použitý CAD software

K vytvoření 3D modelů jednotlivých variant svařovacího přípravku při ztělesňujícím konstrukčním návrhu byl použit specializovaný strojírenský 3D CAD software SolidWorks, verze 2023 Student Edition od výrobce SolidWorks Corporation. Nyní se jedná o dceřinou společnost Dassault Systèmes, S. A. Pro tvorbu kusovníků sestav jednotlivých variant konstrukce byl použit 2D software AutoCAD verze 2024. Výkresová dokumentace sestav jednotlivých variant konstrukce s kusovníky je v příloze diplomové práce.

4.4 První varianta konstrukce svařovacího přípravku

3D model první varianty svařovacího přípravku je vidět na obrázku 4.2 s popsányými prvky. Přesná výkresová dokumentace první varianty je v příloze č. 1. Dva listy kusovníky k sestavě výkresové dokumentace první varianty jsou v příloze č. 2 a příloze č. 3.

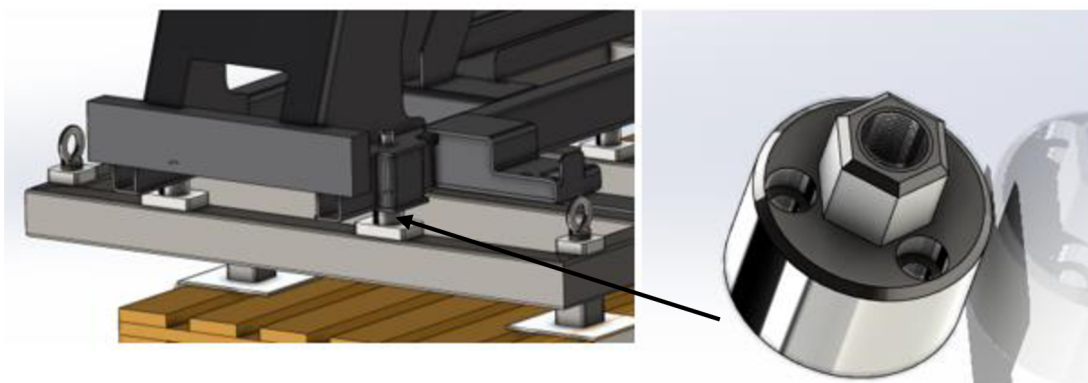


Obrázek 4.2: První varianta svařovacího přípravku s popisem prvků

Základem konstrukce svařovacího přípravku pro robotizované pracoviště Valk Welding je přesná upínací deska, pomocí které se přípravek upne na polohovadlo robota na přesnou frézovanou desku pro dosažení správných referenčních bodů. Deska byla do základního rámu přípravku umístěna do horizontální polohy těžiště svařence (poloha těžiště svařence byla vypočtena v programu SolidWorks). Ve středu této desky se nachází počátek celé sestavy přípravku.

Spodní rám přípravku je z trubek obdélníkového průřezu o rozměrech profilu 60 mm šířky 80 mm výšky a tloušťky stěny 5 mm. Podpěry a stojny a nosník předepínání jsou z trubek čtvercového průřezu o rozměrech profilu stran 60 mm a tloušťky stěny 5 mm. Rám je svařovaný. Na rámu jsou navařené přesně frézované desky, které se budou frézovat až po svaření s rámem, abychom na plochách těchto desek vytvořili přesnou rovinu a eliminovali tak nepřesnosti svařování. Na deskách jsou pomocí šroubových spojů přišroubovány podpěrné přesně soustružené válečky pro podepření svařence na několika místech. Tím se zajistí zamezení nežádoucích ohybů po svařování

ve spodní části svařence. Pro polohování svařence byly navrženy polohovací podpěrné válečky s dírou se závitem pro šroub viz obrázek 4.3.



Obrázek 4.3: Polohovací podpěrné válečky s dírou se závitem pro šroub

Svařenec disponuje 4 dírami pro šrouby na spodní části rámu, tyto díry byly využity pro upnutí a zároveň polohování celého svařence na přípravku. Na polohovací trn šestiúhelníkového průřezu (lepší profil pro polování do díry díky menšímu počtu bodů dotyku) se z vrchu nasune svařenec a polohuje se na díru a dosedne na plochu většího válečku. Tyto polohovací válečky jsou v konstrukci v počtu 4 kusů a nasunutí na trny probíhá na všechny díry svařence najednou. Tím se odeberou všechny stupně volnosti svařence v horizontální rovině. Jako upínací prvky pro odebrání vertikálních stupňů volnosti jsou použity šrouby M16, které se prostrčí skrz a našroubují se do závitové díry na trnu viz obrázek 4.3.

Na spodní části přípravku se dále nachází normalizovaná závěsná oka DIN 580 C15 pro jeřábovou manipulaci s celým přípravkem pro jeho zakládání a upínání na polohovadlo robota anebo případné zakládání na paletu. Přípravek disponuje také podpěrami, pomocí kterých lze přípravek odložit stabilně na dřevěnou paletu rozměrů 2000 mm délky 800 mm šířky a 140 mm výšky, kterou společnost Engel používá pro stohování přípravků. Stohování přípravku je tedy možné.

Vrchní podsestava přípravku slouží pro předepínání, jehož účel byl vysvětlen viz výše. Předepnutí je zobrazeno a popsáno na obrázku 4.2. Na tyče obdélníkového průřezu zde tlačí upravené šrouby M18, který na svém konci mají otočný s vůlí uložený dosedací klobouk (podobná konstrukce jako u svářečské svěrky). Pro vymezení přesné pozice jsou zde dvě matice, které je nutné seřadit na přesný rozměr. Protože by nebylo možné umístit svařenec do přípravku, dá se celý nosník předepínání vyklopit do strany na čepu a svařenec se může z vrchu zasunout a polohovat na trny. Z druhé strany se nosník zajistí šroubem po zaklopení.

Základní parametry první verze přípravku na základě 3D modelu programu Solid-Works jsou v tabulce 4.3. Jako materiál součástí přípravku byla zvolena ocel.

Tabulka 4.3: Základní parametry první verze přípravku

Hmotnost	246,1 kg
Šířka	1077,5 mm
Výška	1432,4 mm
Délka	2124 mm
Úhlopříčka	2381,7 mm

Výhody první varianty řešení konstrukce přípravku:

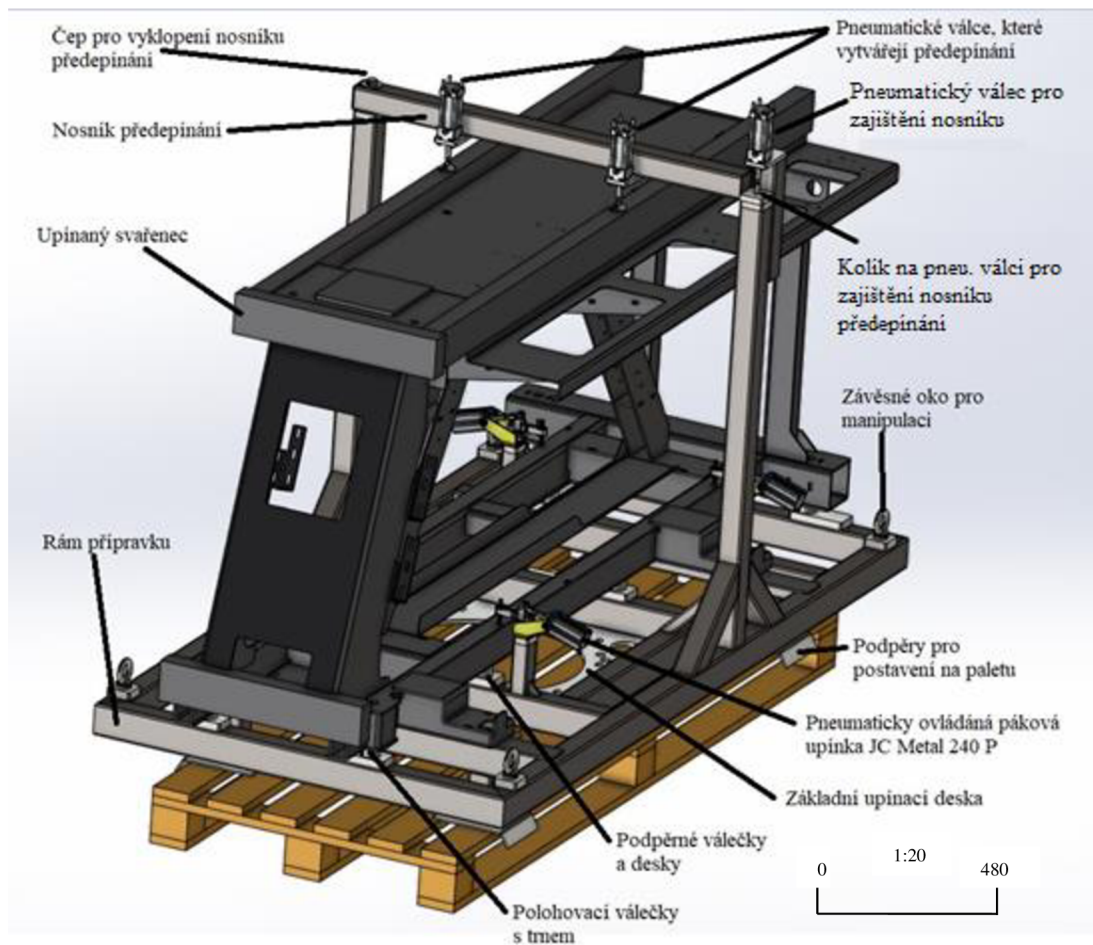
- Jednoduchost konstrukce
- Nižší pořizovací cena přípravku
- Pevné, stálé a tuhé upnutí díky šroubovým spojům
- Nižší hmotnost přípravku
- Dobrá dostupnost svarů pro robotické rameno s hořákem

Nevýhody první varianty řešení konstrukce přípravku:

- Vyšší čas montáže přípravku kvůli utahování šroubových spojů zvlášť
- Nesymetrická upínací síla při ručním utahování šroubů
- Potřeba rázového utahováku pro zrychlení montáže a symetrického utažení všech šroubů
- Kvůli vůli na čepu předepínání se na této straně nevytvoří pevný bod
- Více lidské práce při montáži a upínání přípravku

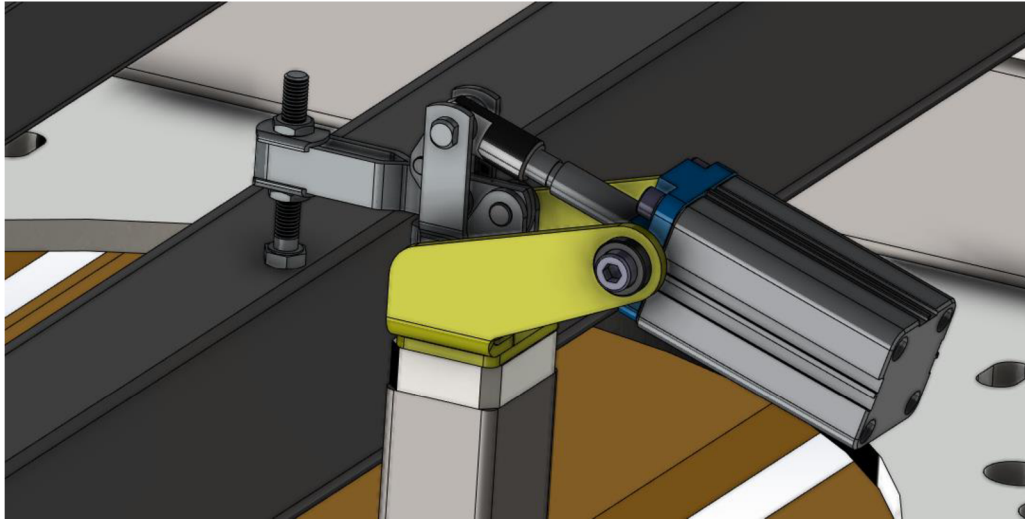
4.5 Druhá varianta konstrukce svařovacího přípravku

3D model druhé varianty svařovacího přípravku je vidět na obrázku 4.4 s popsányými prvky. Přesná výkresová dokumentace druhé varianty je v příloze č. 4. Dva listy kusovníku k sestavě výkresové dokumentace druhé varianty jsou v příloze č. 5 a příloze č. 6. Rám přípravku a spodní část přípravku zůstává ve druhé variantě shodná. Na konstrukci se mění pouze použité upínací prvky a způsob předepínání. V této variantě byla snaha o zrychlení upínání a montáže přípravku a vyrovnání upínacích sil.



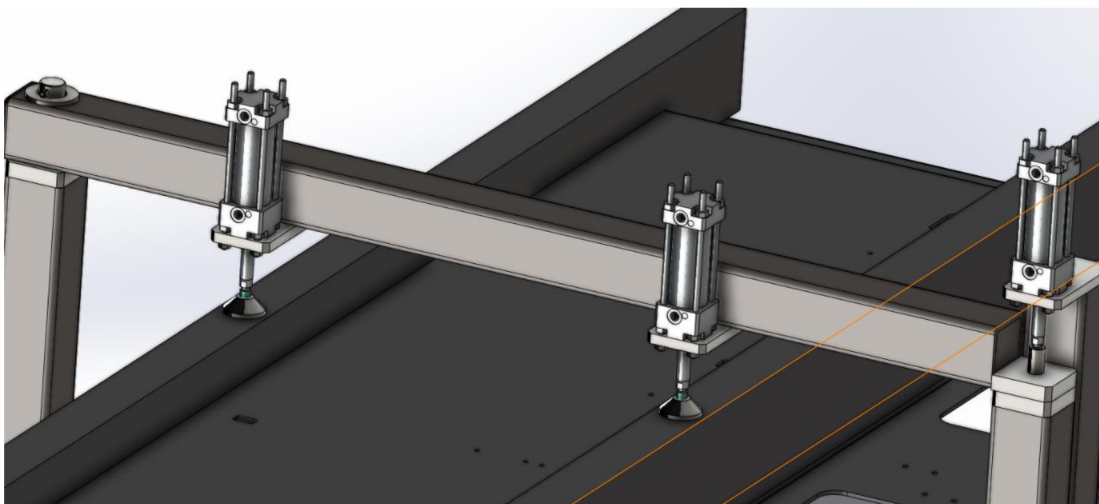
Obrázek 4.4: Druhá varianta svařovacího přípravku s popisem prvků

Způsob polohování svařence do přípravku je v této variantě stejný jako u předchozí. Využívá se tedy opět polohovacích podpěrných válečků s trny, na které se nasune na díry svařenec, a tím se odeberou stupně volnosti v horizontální rovině. K odebrání stupňů volnosti ve vertikální rovině a k vytvoření upínací síly byly použity ve spodní části přípravku pneumaticky ovládané pákové upínky od společnosti JC Metal 240 P, která je dodavatelem svařovacích upínek pro společnost Engel viz obrázek 4.5. Tyto upínky tedy nahradili šroubové spoje předchozí varianty. Upínky tlačí na vrchní plochu spodní části rámu svařence. Upínky tlačí na plochu rámu svařence pomocí šroubů se šestihrannou hlavou. Tyto šrouby se musí seřadit do správné dosedací polohy při prvním používání přípravku. Pro tuto variantu přípravku je tedy nutný přívod tlakového vzduchu k pneumatickým válcům upínek. Při přerušení přívodu vzduchu jako tlakového média upínky stále zůstávají sepnuty díky jejich pákové konstrukci. To přispívá i k celkové bezpečnosti při případné havárii pneumatického systému. Svařenec bude stále pevně upnut v přípravku i v nakloněné poloze polohovadla.



Obrázek 4.5: Pneumaticky ovládané pákové upínky od společnosti JC Metal

Konstrukce předepínání je zde vyřešena pomocí pneumatických válců CNOMO 06.07.02 od společnosti Strážnický a Petřík, upnutých na nosníku předpínání pomocí šroubových spojů viz obrázek 4.6. Válec je mimo jiné vybaven magnetickým snímačem koncových ploch. Na konci pístnic pneumatických válců je závit, na který je našroubován přitlačný klobouk, přes který se tlačí na tyče obdélníkového průřezu svařence, které je třeba předepnout. Tak je vyvíjena síla předepínání. Celý nosník předepínání lze při uzavřené poloze pneumatických válců opět vyklopit na čepu. Pro zajištění nosníku je zde upravený pneumatický válec s kolíkem, který projde skrz díry dvou desek a díky osazení tlačí na horní plochu desky a vyvine tak upínací sílu.



Obrázek 4.6: Pneumatické válce CNOMO 06.07.02 pro předepínání

Základní parametry druhé verze přípravku na základě 3D modelu programu SolidWorks jsou v tabulce 4.4. Jako materiál součástí přípravku byla zvolena ocel (kromě pneumatických upínek a válců od externích dodavatelů).

Tabulka 4.4: Základní parametry druhé verze přípravku

Hmotnost	257,2 kg
Šířka	1077.5 mm
Výška	1587,64 mm
Délka	2124 mm
Uhlopříčka	2381,7 mm

Výhody druhé verze řešení konstrukce přípravku:

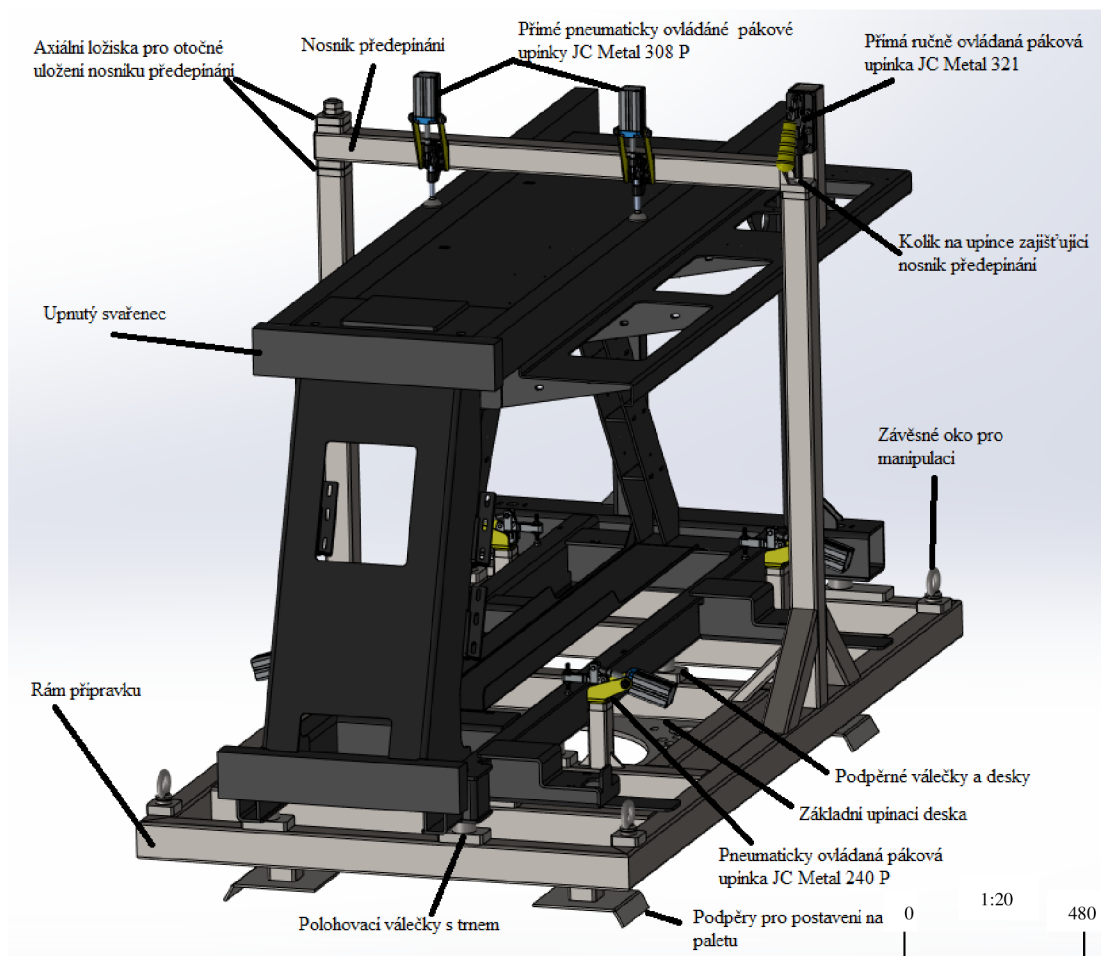
- Vyšší rychlost upínání (možnost sepnutí všech upínacích prvků najednou)
- Zkrácení výrobních časů
- Méně lidské práce
- Symetrické upínací síly
- Vyšší efektivita výroby
- Pevné a tuhé upnutí

Nevýhody druhé verze řešení konstrukce přípravku:

- Složitější konstrukce
- Vyšší pořizovací náklady přípravku
- Možnost vyšší poruchovosti kvůli pneumatickým válcům
- Vyšší hmotnost
- Ve spodní části přípravku může dojít k horší dostupnosti svarů kvůli zde umístěným pneumatickým upínkám
- Kvůli vůli na čepu předepínání se zde nevytvoří pevný bod (může zde vznikat axiální vůle)
- Při přerušení přívodu vzduchu pneumatické válce přestanou předepínat

4.6 Třetí varianta konstrukce svařovacího přípravku

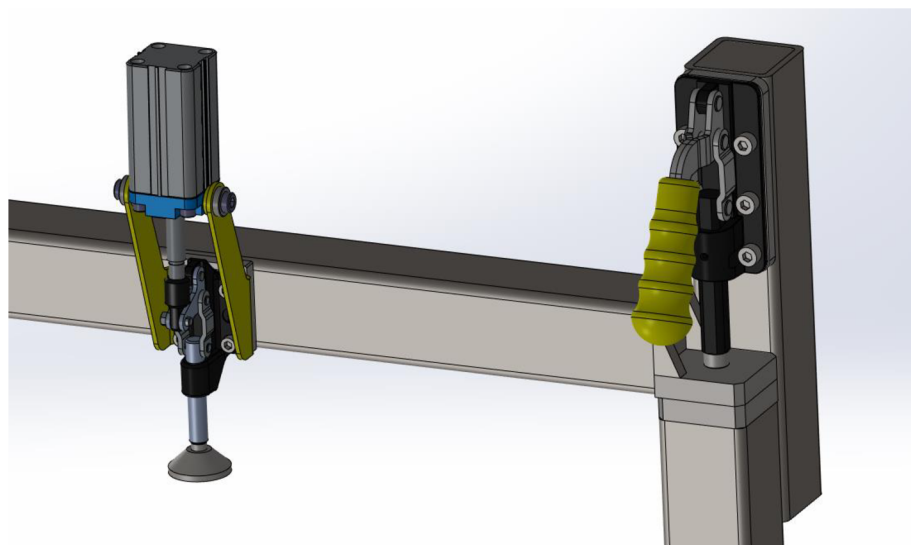
3D model třetí varianty svařovacího přípravku je vidět na obrázku 4.7 s popsányými prvky. Přesná výkresová dokumentace třetí varianty je v příloze č. 7. Tři listy kusovníku k sestavě výkresové dokumentace třetí varianty jsou v příloze č. 8, příloze č. 9 a příloze č. 10. Rám přípravku a spodní část přípravku zůstává ve třetí variantě shodná s předchozími. Polohování svařence probíhá na trny polohovacích válečků. Jako upínací prvky ve spodní části přípravku byly použity opět pneumaticky ovládané pákové upínky od společnosti JC Metal 240 P jako v druhé variantě viz výše. Na konstrukci se mění pouze použité upínací prvky a konstrukce předepínání.



Obrázek 4.7: Třetí varianta svařovacího přípravku s popisem prvků

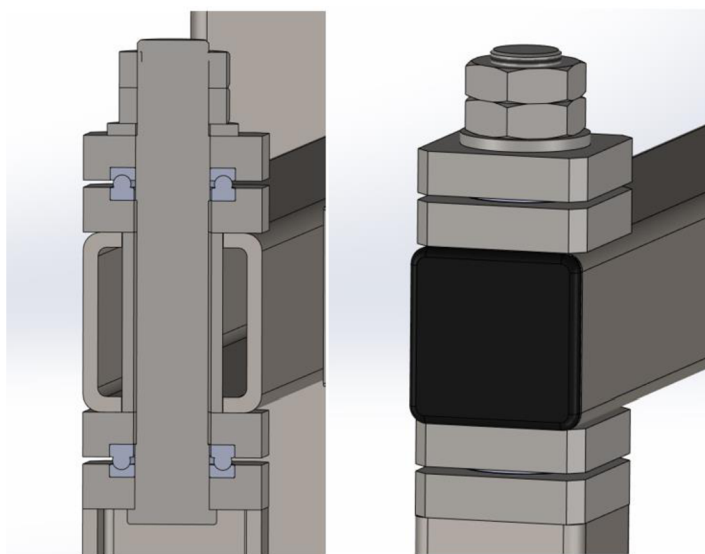
Dvojice pneumatických válců použitých na vyvinutí síly předepnutí na předchozí druhé variantě přípravku byla zde nahrazena dvojicí přímých pneumaticky ovládaných pákových upínek společnosti JC Metal 308 P viz obrázek 4.8. Pneumatické válce při přerušení přívodu vzduchu přestávají vyvíjet tlak a předepínání tak nebude žádné. Zatímco u zmíněné upínky JC Metal jsou pneumaticky pouze sepnuty. Dále pak tyto upínky vyvíjejí tlak mechanicky díky jejich pákové konstrukci, tudíž i při případné závadě a přerušení přívodu zůstávají stále sepnuty. Je tedy odstraněna nevýhoda předchozí varianty konstrukce. Upínka má na konci pístní tyče závit M6, na který je našroubován upravený závrtný šroub se závitem M6 na jedné straně. Na straně druhé má šroub vnější závit M8 a na tento dřík se našroubuje dosedací klobouk tvaru komolého kužele, který se tlačí na plochu tyče obdélníkového průřezu svařence, na které se realizuje předepnutí. Dále pro větší jednoduchost konstrukce zde byla pro zajištění celého výkyvného nosníku předepínání zvolena upravená přímá ručně ovládaná upínka JC

Metal 321 s kolíkem na konci pístnice viz obrázek 4.8. Kolík se při sepnutí upínky zasune do děr dvou dosedacích desek nosníku předepínání a dosedne osazením na vrchní desku a dojde tak k zajištění celého nosníku.



Obrázek 4.8: Detailní zobrazení přímé pneumaticky ovládané upínky JC Metal 308 P a přímé ručně ovládané upínky JC Metal 321 v konstrukci přípravku

Předchozí varianty konstrukce se také potýkaly s nevýhodou možnosti axiální vůle na čepu, na kterém se otáčí celý výklopný nosník předepnutí. Toto místo by nemuselo být pevným bodem. Proto byla provedena úprava a na toto místo byla přidána axiální ložiska SKF 51105 viz obrázek 4.9, která zamezí vůli v axiálním směru a realizují snadné otáčení nosníku předepínání. Vytvoří se zde také pevný bod jako na druhé straně pomocí kolíku.



Obrázek 4.9: Zobrazení místa s axiálními ložisky v řezu

Základní parametry třetí verze přípravku na základě 3D modelu programu Solid-Works jsou v tabulce 4.5. Jako materiál součástí přípravku byla zvolena ocel (kromě pneumatických upínek a válců od externích dodavatelů).

Tabulka 4.5: Základní parametry třetí verze přípravku

Hmotnost	257,4 kg
Šířka	1077.5 mm
Výška	1547 mm
Délka	2124 mm
Uhlopříčka	2381,7 mm

Výhody třetí verze řešení konstrukce přípravku:

- Vyšší rychlost upínání (možnost sepnutí všech upínacích prvků najednou)
- Zkrácení výrobních časů
- Méně lidské práce
- Symetrické upínací síly
- Vyšší efektivita výroby
- Pevné a tuhé upnutí
- Při přerušení přívodu vzduchu stále pneumatické upínky vyvíjí síly předepínání díky jejich pákové konstrukci
- Všechny upínací prvky od jednoho dodavatele společnosti JC Metal
- Dva pevné body díky axiálnímu ložisku u výkyvného nosníku předepínání

Nevýhody třetí verze řešení konstrukce přípravku:

- Složitější konstrukce
- Vyšší pořizovací náklady přípravku
- Vyšší hmotnost
- Ve spodní části přípravku může dojít k horší dostupnosti svarů kvůli zde umístěným pneumatickým upínkám

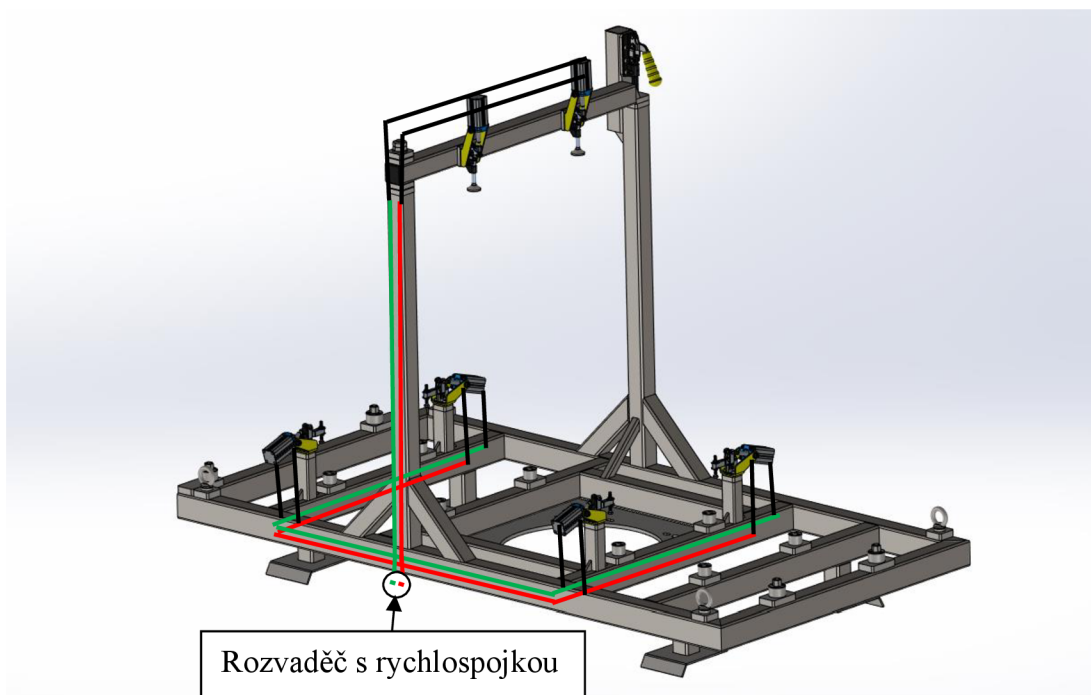
4.7 Potřebné prvky pneumatického obvodu

U druhé a třetí varianty konstrukce je potřeba pneumatického obvodu na pracovišti pro provoz pneumatických upínacích prvků na přípravku. U všech upínacích prvků se jedná o přímočaré pneumatické válce, které potřebují přívod vzduchu jako tlakového média o určitém tlaku. Základní součástí obvodu budou tedy pneumatické spojovací

potrubí a hadice pro přívod tlakového média do pneumatických válců umístěny tak, aby nebránili pohybu robotického ramene při svařování. Pro rychlou montáž hadic na přípravek je vhodné použít rychlospojky. Další základní součástí je zdroj tlakového média (vzduchu), což může být například kompresor se zabudovaným vzduchojemem. Je třeba zakomponovat odlučovače vody, maziv a domazávací zařízení a filtry. Důležitými prvky jsou také regulátory tlaku v obvodu. Dále obvod může obsahovat tlakové nádoby a akumulátory.

4.7.1 Návrh pneumatického rozvodu

Na obrázku 4.10 je vidět graficky znázorněné schéma rozvodu pneumatického ovládní upínek přípravku na 3D modelu. V dolní části přípravku budou trubky vedené otvory skrz stěny nosníků. Vedení bude svedeno do jednoho rozvaděče s rychlospojkou pro rychlé připojení všech pneumatických upínek do obvodu najednou.



Obrázek 4.10: Schéma rozvodu pneumatického ovládní upínek přípravku

Legenda obrázku 4.10:

Červená čára – Trubka vypínací větve

Zelená čára – Trubka zapínací větve

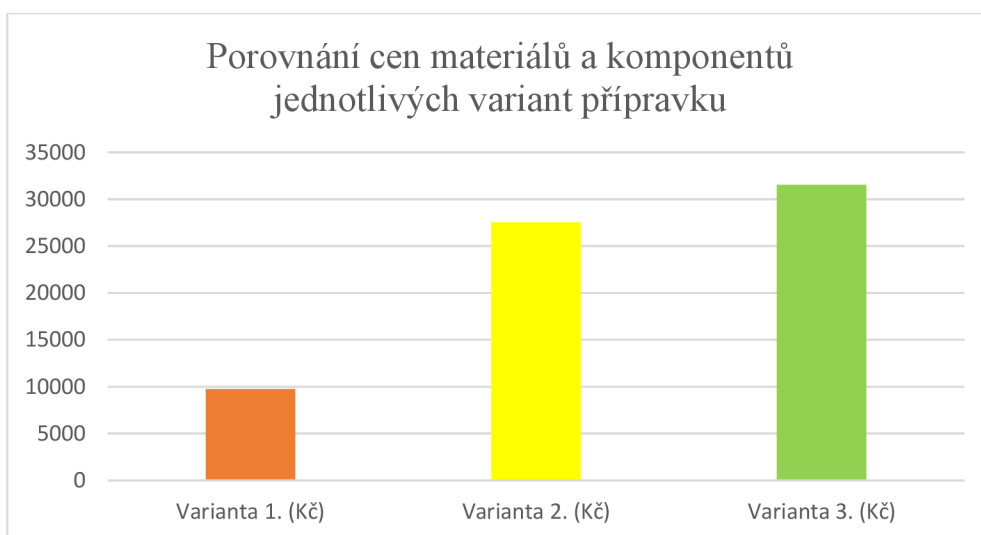
Černá čára – Hadice

5 Výsledky a diskuse

Po přesném geometrickém návrhu 3D modelů všech tří variant konstrukce svařovacího přípravku, výkresové dokumentace a kusovníků byly na základě těchto podkladů určeny druhy normalizovaných materiálů a polotovarů. Na základě toho byla vypočtena celková cena použitého materiálu a komponentů konstrukce dle cen od vybraných prodejců. Výpočty ceny materiálu konstrukce a komponentů jsou rozepsané v příloze diplomové práce a postup výpočtu ceny byl popsán viz výše v kapitole Metodika. Kalkulace ceny první varianty je v přílohách od č. 11 až do č. 21. Kalkulace ceny druhé varianty je v přílohách od č. 22 až do č. 35. Kalkulace ceny třetí varianty je v přílohách od č. 36 až do č. 51.

5.1 Cena materiálu a použitých komponentů jednotlivých variant konstrukce

Z grafu 5.1 vyplývá, že nejlevněji vychází varianta č. 1 s nejnižší cenou 9765 Kč. Cena je nejnižší z důvodu použití jednoduchých levných upínacích prvků, a to pomocí šroubových spojů. Varianta č. 2 s cenou 27537 Kč je značně dražší kvůli použití pneumatických upínek a pneumatických válců. Nejdražší varianta č. 3 s cenou 31541 Kč je konstrukčně nejsložitější. Obsahuje drahé pneumatické i ruční upínky od společnosti JC Metal, ale nabízí nejefektivnější způsob upínání. Společnost JC Metal je dodavatel upínacích prvků pro společnost Engel, je tedy výhodné použití právě prvků od této společnosti pro konstrukci svařovacího přípravku.



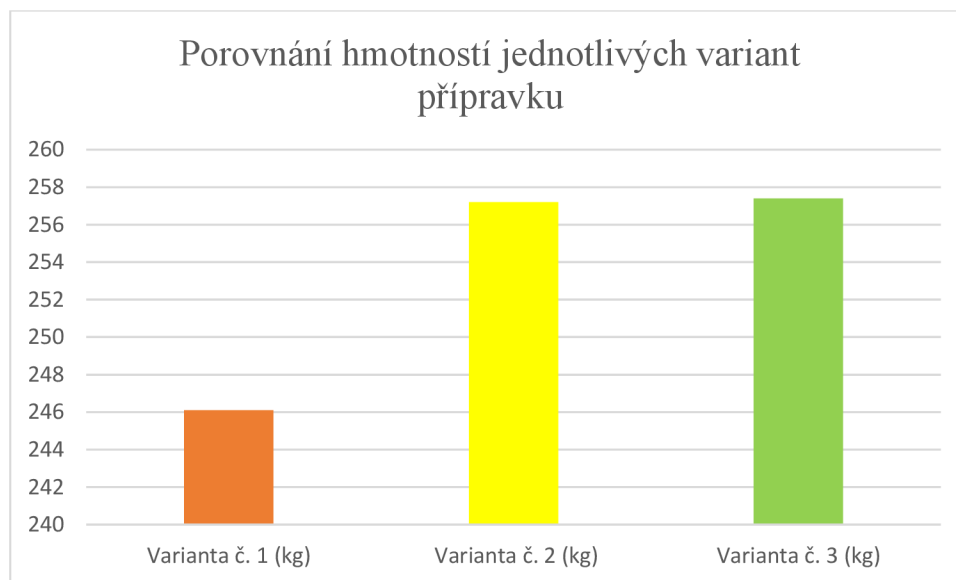
Graf 5.1: Porovnání cen materiálů a komponentů jednotlivých variant přípravku

Efektivita varianty č.3 konstrukce je také v použití axiálního ložiska u výklopného nosníku předepínacích prvků a tím zajištění pevného bodu na obou stranách nosníku.

Použité pneumatické upínky JC Metal zde nabízí rychlé upnutí symetrickými silami a díky mechanismu upínky mohou předepnutí udržet i při úniku tlakového vzduchu a ztrátě tlaku v obvodu. To v neposlední řadě přispívá i k bezpečnosti celého pneumatického přípravku, protože svařenec bude v přípravku udržen i při poruše v pneumatickém obvodu.

5.2 Hmotnost a další limitující faktory konstrukce jednotlivých variant svařovacího přípravku

Limitujícím faktorem u konstrukce svařovacího přípravku pro použití na robotizovaném pracovišti společnosti Valk Welding je nosnost polohovadla 850 kg. Hmotnost samotného svařence je 453 kg. Svařovací přípravek může tady mít maximální hmotnost 397 kg. V grafu 5.2 je vidět rozdíl výsledných hmotností sestav jednotlivých variant přípravků na základě výpočtů hmotnosti ze softwaru SolidWorks při přesném určení konstrukčních materiálů jednotlivých pozic.



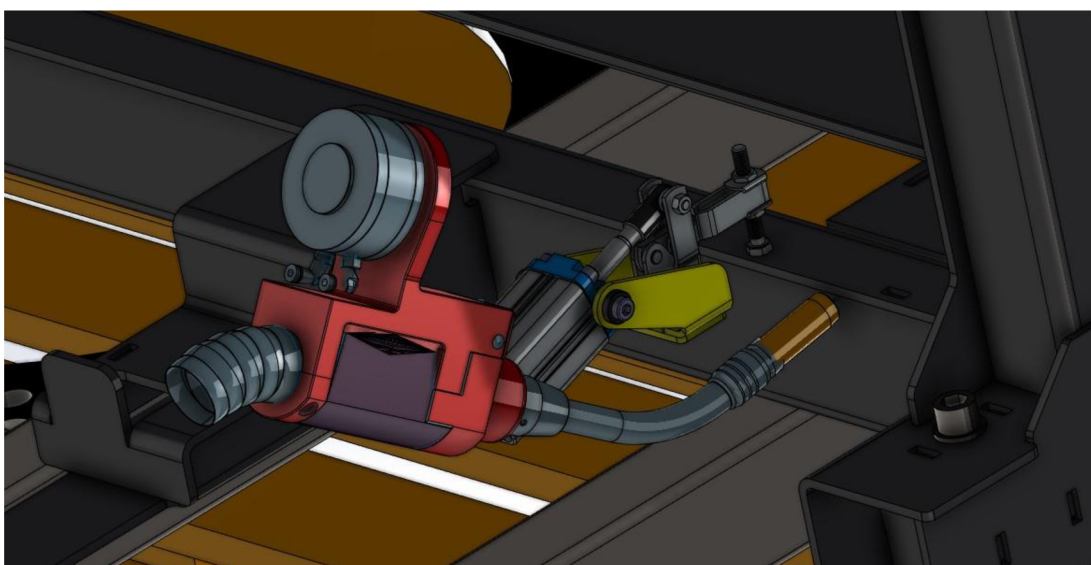
Graf 5.2: Porovnání hmotností jednotlivých variant přípravku

Z grafu 5.2 vyplývá, že se všechny varianty s rezervou vyjdou do rozmezí povolené hmotnosti. S nižší hmotností všech přípravků přichází také úspora na použitých materiálech, a tudíž i na celkové ceně přípravku. Nejlépe hmotnostně opět vychází první varianta přípravku díky ušetření materiálu na upínacích prvcích. Zbývající dvě varianty s pneumatickými upínacími prvky mají vyšší hmotnost, ale stále se s přehledem vyjdou do hmotnostního limitu.

Dalším důležitým kritériem konstrukce svařovacího přípravku pro pracoviště Valk Welding jsou rozměrové limity polohovadla viz výše tabula 4.1. Všechny

přípravky s rezervou splňují rozměrové požadavky pro upnutí na polohovadlo svařovacího robota. Rozměrově jsou všechny varianty zhruba stejné, protože se vždy jedná o stejný základní rám přípravku a v zásadě se u variant mění jen použité upínací a jiné konstrukční prvky.

Dostupnost svarů v obtížně přístupných polohách byla testována přímo v sestavě přípravků v softwaru SolidWorks. Konstrukční oddělení společnosti Engel poskytlo 3D model svařovacího hořáku, který byl vložen do sestavy přípravku s upnutým svařencem a byla pomocí něj testována přístupnost svarů viz obrázek 5.1. Dostupnost svarů byla také konzultována s programátorem svařovacího robota.



Obrázek 5.1: Testování přístupnosti svarů v softwaru SolidWorks pomocí přesného modelu svařovacího hořáku vloženého do sestavy přípravku

Závěr

Navržené varianty konstrukce svařovacího přípravku splňují kritéria popsané v kapitole Cíl práce. Všechny tři varianty přípravků disponují přesně frézovanou upínací deskou, pomocí které se přípravek upne pomocí speciálních čepů na polohovadlo robota a bude dosaženo správných referenčních bodů pro robotické svařování. Požadavek správného upnutí na polohovadlo je tedy splněn.

Všechny varianty přípravků disponují upínacími prvky, které zajišťující pevné a tuhé upnutí svařence. Tento požadavek na konstrukci byl tedy rovněž splněn. Nejlepší, nejrychlejší a nejefektivnější upnutí nabízí třetí varianta přípravku, která disponuje pneumatickými upínkami se symetrickými upínacími silami. Zde pneumatické prvky zajistí rychlé upnutí, a tím se značně zkrátí časy přípravy na svařování oproti první variantě přípravku, která disponuje upínáním pomocí šroubů. Časy přípravy výroby se značně prodlouží kvůli nutnému utahování každého upínacího šroubu zvlášť. Tato varianta přípravku je ale značně levnější než varianty s pneumatickými upínacími prvky. Aktuálně se ve společnosti Engel využívá převážně upínání pomocí šroubových spojů a ručně ovládaných upínek. Pneumatické upínací prvky zde mohou být možnou inovací pro zrychlení přípravy před svařováním. Nevýhodou je zde vysoká pořizovací cena, opotřebení a zvýšená poruchovost pneumatických upínacích prvků a také nutnost zavedení pneumatického obvodu na robotické pracoviště. Pneumatické upínky v neposlední řadě přispívají také bezpečnosti, protože udrží svařenec v přípravku díky svému pákovému mechanismu i při poruše dodávky tlakového vzduchu do pneumatických válců těchto upínek v porovnání použití jednoduchých pneumatických válců.

Dalším požadavkem na konstrukci jsou maximální povolené rozměry přípravku s upnutým svařencem. Všechny varianty přípravku s rezervou splňují tyto požadavky a půjdou bez problémů upnout do polohovadla robota. Nesmí být také překročena maximální povolená nosnost polohovadla při upnutém svařenci v přípravku. U všech variant je tato podmínka s rezervou splněna.

Umožnění přístupu robotického ramene se svařovacím hořákem k jednotlivým svarům bylo další nutnou podmínkou. To bylo otestováno za pomoci přesného 3D modelu svařovacího hořáku vloženého do sestavy přípravku s upnutým svařencem, které pro tyto účely poskytlo konstrukční oddělení společnosti Engel. Přístupnost svarů by měla být u všech variant konstrukce splněna.

Posledním požadavkem na konstrukci svařovacího přípravku pro robotické svařování byla potřeba prvků pro jeřábovou manipulaci, prvků pro stohování a potřeba stabilního umístění pomocí těchto prvků na normalizovanou paletu. Tyto podmínky byly také splněny. Všechny varianty přípravků disponují oky pro jeřábovou manipulaci a podpěrami pro stabilní postavení na paletu. Postavení na paletu umožní také manipulaci s přípravkem pomocí paletizačních vozíků a stohování přípravků umístěných na paletě do regálů přilehlého skladu přípravků. Tento požadavek byl tedy také splněn.

Byly vyhotoveny výkresové dokumentace sestav a kusovníky s popisem pozic u všech tří variant konstrukce. Byl proveden přesný výpočet ceny materiálu a použitých komponentů jako například pneumatických upínacích prvků. V kapitole výsledky a diskuse byly na základě těchto podkladů porovnávány ceny za materiál pro případné další ekonomické zhodnocení návratnosti investice do přípravku. Investice do svařovacího přípravku je zde v případě pracoviště od společnosti Valk Welding nutná, protože bez přípravku není možné velké svařované rámy strojů upnout do polohovadla. Společnost Engel může uvážit, zda zvolí spíše levnější variantu přípravku se šroubovými upínacími prvky, která bude vhodná pro kusovou a malosériovou výrobu. Pro vyšší série výroby bude výhodnější investovat více prostředků do přípravků s pneumatickým upínáním pro zrychlení upínání a tím zrychlení přípravy před svařováním. V budoucnu je možné u těchto dražších přípravků zvažovat univerzální přestavitelnou pneumatickou konstrukci přípravku pro více variant svařovaných ráků. Výhoda konstrukce všech variant přípravků je také možnost snadné vyměnitelnosti upínacích a polohovacích prvků za nové při případném opotřebení.

Seznam použité literatury

Akros.cz, (2024). *Šroub šestihranná hlava M18 x 90, DIN 931/A2*. [online]. [cit. 2024-02-27]. Dostupné z: <https://www.akros.cz/sroub-m18-x-90-6hr-kz-din-931-a2%C2%A8>

Atreon.cz, (2024). *Ocelový plech (S235) 1,5x3 m, tloušťka 15 mm*. [online]. [cit. 2024-02-27]. Dostupné z: <https://www.atreon.cz/ocelovy-plech--s235--1-5x3-m--tloustka-15-mm/>

Atreon.cz, (2024). *Plochá ocel 20x10*. [online]. [cit. 2024-02-27]. Dostupné z: <https://www.atreon.cz/plocha-ocel-20x10/>

Atreon.cz, (2024). *Plochá ocel 30x8*. [online]. [cit. 2024-02-27]. Dostupné z: <https://www.atreon.cz/plocha-ocel-30x8/>

Atreon.cz, (2024). *Plochá ocel 40x16*. [online]. [cit. 2024-02-27]. Dostupné z: <https://www.atreon.cz/plocha-ocel-40x16/>

Atreon.cz, (2024). *Plochá ocel 50x12*. [online]. [cit. 2024-02-27]. Dostupné z: <https://www.atreon.cz/plocha-ocel-50x12/>

Atreon.cz, (2024). *Plochá ocel 50x5*. [online]. [cit. 2024-02-27]. Dostupné z: <https://www.atreon.cz/plocha-ocel-50x5/>

Atreon.cz, (2024). *Plochá ocel 60x12*. [online]. [cit. 2024-02-27]. Dostupné z: <https://www.atreon.cz/plocha-ocel-60x12/>

Atreon.cz, (2024). *Plochá ocel 60x16*. [online]. [cit. 2024-02-27]. Dostupné z: <https://www.atreon.cz/plocha-ocel-60x16/>

Atreon.cz, (2024). *Plochá ocel 60x16*. [online]. [cit. 2024-02-27]. Dostupné z: <https://www.atreon.cz/plocha-ocel-60x16/>

Atreon.cz, (2024). *Plochá ocel 60x25*. [online]. [cit. 2024-02-27]. Dostupné z: <https://www.atreon.cz/plocha-ocel-60x25/>

Atreon.cz, (2024). *Plochá ocel 60x8*. [online]. [cit. 2024-02-27]. Dostupné z: <https://www.atreon.cz/plocha-ocel-60x8/>

Cyclotronautomation.com, (2023). *Types of welding fixtures*. [online]. [cit. 2023-06-09]. Dostupné z: <https://cyclotronautomation.com/types-of-welding-fixtures/?fbclid=IwAR2AyHg0R1ro4W1DBWJCibVcHjtfW0135tNh5J4FzMIIdX-mGH8viQvAxP9M>

Černoch S. a Vávra P. (2014). *Upínací prvky nástrojů a přípravků*. [online]. Strojnicketabulkyonline.cz [cit. 2023-06-09]. Dostupné z: <https://www.strojnicketabulkyonline.cz/upinaci-prvky-nastroju-a-pripravku/>

Dwt-pipetools.com, (2023). *Hydraulic External Pipe Clamps*. [online]. [cit. 2023-10-18]. Dostupné z: <https://www.dwt-pipetools.com/en/products/pipe-welding-tools/pipe-welding-alignment/external-pipe-clamps/hydraulic-external-pipe-clamps/>

Eliteautomationusa.com, (2023). *What are Robotic Welding Fixtures?*. [online]. [cit. 2023-06-09]. Dostupné z: <https://eliteautomationusa.com/f/what-are-robotic-welding-fixtures?fbclid=IwAR3g7O8A347rddaZ5tS8nh1m0VN2X46O13HzPOKV6GDO-ZRZGTjR5JDAFwds>

Engel.jobs.cz, (2023). *O nás*. [online]. [cit. 2023-06-03]. Dostupné z: https://engel.jobs.cz/o-nas?fbclid=IwAR3WxB9hdYdctT-BSxjNn4ri76aB8ozQ6bm5d_y6IbRH4tQggT4Czqz8pSn8

Eshop.kanbanservis.cz, (2024). *Závěsné oko-šroub DIN 580 St M24*. [online]. [cit. 2024-02-27]. Dostupné z: <https://eshop.kanbanservis.cz/zavesne-oko-sroub-din-580-c15-st-m24-p4495/#gallery>

Exactec.com, (2019). *Manuální a pneumatické upínky*. [online]. [cit. 2023-10-18]. Dostupné z: <https://www.exactec.com/index.php/komponenty/78-destaco2>

Ferona.cz, (2024). *Plech válcovaný za tepla, EN 10051 // rozměr 5x1000x2000 mm*. [online]. [cit. 2024-02-27]. Dostupné z: <https://online.ferona.cz/detail/22327/plech-valcovany-za-tepla-en-10051-rozmer-5x1000x2000>

Ferona.cz, (2024). *Trubka bezešvá přesná kruhová, ČSN 42 6711.21 // rozměr 20x5,0*. [online]. [cit. 2024-02-27]. Dostupné z: <https://online.ferona.cz/detail/24399/trubka-bezesva-presna-kruhova-csn-42-6711-21-rozmer-20x5-0>

Ferona.cz, (2024). *Tyč kruhová tažená za studena, EN 10278, úchylka h9 // průměr 50*. [online]. [cit. 2024-02-27]. Dostupné z: <https://online.ferona.cz/detail/25612/tyc-kruhova-tazena-za-studena-en-10278-uchylka-h9-prumer-50>

Ferona.cz, (2024). *Tyč kruhová tažená za studena, EN 10278, úchylka h9 // průměr 40*. [online]. [cit. 2024-02-27]. Dostupné z: <https://online.ferona.cz/detail/25487/tyc-kruhova-tazena-za-studena-en-10278-uchylka-h9-prumer-40>

Ferona.cz, (2024). *Tyč kruhová tažená za studena, EN 10278, úchylka h9 // průměr 35*. [online]. [cit. 2024-02-27]. Dostupné z: <https://online.ferona.cz/detail/27674/tyc-kruhova-tazena-za-studena-en-10278-uchylka-h9-prumer-35>

Ferona.cz, (2024). *Tyč kruhová tažená za studena, EN 10278, úchylka h9 // průměr 30*. [online]. [cit. 2024-02-27]. Dostupné z: <https://online.ferona.cz/detail/34390/tyc-kruhova-tazena-za-studena-en-10278-uchylka-h9-prumer-30>

Ferona.cz, (2024). *Tyč kruhová tažená za studena, EN 10278, úchylka h9 // průměr 25*. [online]. [cit. 2024-02-27]. Dostupné z: <https://online.ferona.cz/detail/23652/tyc-kruhova-tazena-za-studena-en-10278-uchylka-h9-prumer-25>

Ferona.cz, (2024). *Tyč kruhová tažená za studena, EN 10278, úchylka h9 // průměr 40*. [online]. [cit. 2024-02-27]. Dostupné z: <https://online.ferona.cz/detail/25487/tyc-kruhova-tazena-za-studena-en-10278-uchylka-h9-prumer-40>

Ferona.cz, (2024). *Tyč kruhová tažená za studena, EN 10278, úchylka h9 // průměr 10*. [online]. [cit. 2024-02-27]. Dostupné z: <https://online.ferona.cz/detail/5457/tyc-kruhova-tazena-za-studena-en-10278-uchylka-h9-prumer-10>

Ferona.cz, (2024). *Tyč kruhová tažená za studena, EN 10278, úchylka h9 // průměr 16*. [online]. [cit. 2024-02-27]. Dostupné z: <https://online.ferona.cz/detail/28563/tyc-kruhova-tazena-za-studena-en-10278-uchylka-h9-prumer-16>

Ferona.cz, (2024). *Tyč ocelová kruhová válcovaná za tepla, EN 10060 // průměr 30*. [online]. [cit. 2024-02-27]. Dostupné z: <https://online.ferona.cz/detail/24454/tyc-ocelova-kruhova-valcovana-za-tepla-en-10060-prumer-30>

Forsteramerica.com, (2020). *Forster's Vacuum Clamping System Allows for Multiple Capabilities*. [online]. [cit. 2023-10-18]. Dostupné z: <https://www.forsteramerica.com/forsters-vacuum-clamping-system-allows-for-multiple-capabilities/>

Chvála, B a Votava, J. (1988). *Přípravky: celostátní vysokoškolská učebnice pro strojní fakulty vysokých škol technických*. Státní nakladatelství technické literatur, Praha, 275 s.

Impulsprokarieru.cz, (2023). *Engel strojírenská spol. s r.o.* [online]. [cit. 2023-06-09]. Dostupné z: https://www.impulsprokarieru.cz/uploads/media//jhk_api/company/company_gallery/62010d32b657a404146275.jpg

Intecro.com, (2020). *Robotic MIG/MAG Technologies*. [online]. [cit. 2023-06-09]. Dostupné z: <https://intecro.com.tr/tr/robotic-mig-mag-welding/>

Iso.org, (2016). *ISO/TS 15066:2016 Robots and robotic devices*. [online]. [cit. 2023-10-18]. Dostupné z: <https://www.iso.org/standard/62996.html>

Janovec, J. (2018). *Nauka o materiálu*. Skriptum. České vysoké učení technické, Fakulta strojní

Jcmetal.cz, (2019). *Studie použitelnosti stavebnicových přípravků Siegmund*. [online]. [cit. 2023-06-09]. Dostupné z: https://www.jcmetal.cz/assets/web/Studie_pouzitelnosti_pripravku_Siegmund_web.pdf?fbclid=IwAR0iIEfy0yrYfkSdMtfj-GiUYUOWipvHWqNiWSrhDDhVFAhFmHHGzSZzoDN4

Jcmetal.cz, (2024). *Pneumatická upínka 230 P*. [online]. [cit. 2024-02-27]. Dostupné z: <https://eshop.jcmetal.cz/cs/pneumaticke-upinky-ry-up/3-pneumaticka-upinka-230-p.html>

Jcmetal.cz, (2024). *Přímá pneumatická upínka 308 P*. [online]. [cit. 2024-02-27]. Dostupné z: <https://eshop.jcmetal.cz/cs/pneumaticke-upinky-ry-up/692-pneumaticka-upinka-308-p.html>

Jcmetal.cz, (2024). *Přímá upínka 321 P*. [online]. [cit. 2024-02-27]. Dostupné z: <https://eshop.jcmetal.cz/cs/prime-upinky/681-prima-upinka-321.html>

Ju K., Duan Ch., Kong J., Chen Y., Sun Y. (2022). Clamping deformation of thin circular workpiece with complex boundary in vacuum fixture system. *Thin-Walled Structures*, 171(2): 108777.

Kolektiv, (2016). *Technologie svařování a zařízení*. Vysoké učení technické, Brno.

Kondor.cz, (2024). *Jekl 30x30x3*. [online]. [cit. 2024-02-27]. Dostupné z: <https://www.kondor.cz/jekl-30x30x3/d-79038/>

Kondor.cz, (2024). *Jekl 50x40x3*. [online]. [cit. 2024-02-27]. Dostupné z: <https://www.kondor.cz/jekl-50x40x3/d-78094/>

Kondor.cz, (2024). *Jekl 60x60x5*. [online]. [cit. 2024-02-27]. Dostupné z: <https://www.kondor.cz/jekl-60x60x5/d-78770/>

Kondor.cz, (2024). *Jekl 80x60x5*. [online]. [cit. 2024-02-27]. Dostupné z: <https://www.kondor.cz/jekl-80x60x5/d-78937/>

Kovopolotovary.cz, (2024). *Žebrovaná čtvercová plastová zátka – plochá 60x60 mm černá erodovaná, na hranoly, jekly, sloupky a trubky*. [online]. [cit. 2024-02-27]. Dostupné z: <https://www.kovopolotovary.cz/zebrovana-ctvercova-plastova-zatka-plocha-60x60-mm-cerna-erodovana-na-hranoly-jekly-sloupky-a-trubky-d9503.htm?cook=set>

Maedlernorthamerica.com, (2024). *SKF single direction thrust ball bearing 51105 inner Ø 25 mm outer Ø 42mm height 11mm SKU: 51105-SKF*. [online]. [cit. 2024-02-27]. Dostupné z: <https://maedlernorthamerica.com/partshop/skf-single-direction-thrust-ball-bearing-51105-inner-o-25mm-outer-o-42mm-height-11mm-sku-51105-skf/>

Mokrá, Z. (2021). *Bezpečnost v rámci průmyslu 4.0*. Bakalářská práce. Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta elektrotechnická.

Naros.cz, (2010). *Vakuová upínací technika*. [online]. [cit. 2023-10-18]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/17589231-Vakuova-upinaci-technika.html>

Norelem.com, (2023). *Otočné pneumatiké upínače*. [online]. [cit. 2023-10-18]. Dostupné z: <https://www.norelem.com/cz/cs/Produkty/P%C5%99ehled->

[v%C3%BDrobk%C5%AF/Pru%C5%BEn%C3%BD-syst%C3%A9m-normalizovan%C3%BDch-d%C3%ADl%C5%AF/04000-Up%C3%ADnky-Up%C3%ADnac%C3%AD-prvky/Oto%C4%8Dn%C3%A9-up%C3%ADna%C4%8De-Up%C3%ADnac%C3%AD-h%C3%A1ky/04365-Oto%C4%8Dn%C3%A9-up%C3%ADna%C4%8De-pneumatick%C3%A9.html](https://www.norelem.com/cz/cs/Produkty/P%C5%99ehled-v%C3%BDrobk%C5%AF/Pru%C5%BEn%C3%BD-syst%C3%A9m-normalizovan%C3%BDch-d%C3%ADl%C5%AF/04000-Up%C3%ADnky-Up%C3%ADnac%C3%AD-prvky/Oto%C4%8Dn%C3%A9-up%C3%ADna%C4%8De-Up%C3%ADnac%C3%AD-h%C3%A1ky/04365-Oto%C4%8Dn%C3%A9-up%C3%ADna%C4%8De-pneumatick%C3%A9.html)

Norelem.com, (2023). *Pneumatické upínače*. [online]. [cit. 2023-10-18]. Dostupné z: <https://www.norelem.com/cz/cs/Produkty/P%C5%99ehled-v%C3%BDrobk%C5%AF/Pru%C5%BEn%C3%BD-syst%C3%A9m-normalizovan%C3%BDch-d%C3%ADl%C5%AF/05000-Rychloup%C3%ADna%C4%8De-Pneumatick%C3%A9-up%C3%ADna%C4%8De-P%C5%99%C3%ADslu%C5%A1enstv%C3%AD-up%C3%ADna%C4%8D%C5%AF-Up%C3%ADnac%C3%AD-uz%C3%A1v%C4%9Bry-Z%C3%A1padkov%C3%A9-uz%C3%A1v%C4%9Bry/Pneumatick%C3%A9-up%C3%ADna%C4%8De/05331-Pneumatick%C3%A9-up%C3%ADna%C4%8De.html>

Novotný, F., Hotař, V., Horák, M., Stará, M., Starý, M. (2020). *Úvod do automatizace a robotizace ve strojírenství*. První vydání. Technická univerzita, Liberec. ISBN 978-80-7494-545-8.

Obchodprodilnu.cz, (2024). *Kolik pružný válcový se štěrbinou, DIN 1481*. [online]. [cit. 2024-02-27]. Dostupné z: <https://www.obchodprodilnu.cz/kolik-pruzny-valcovy-se-sterbinou-pro-velke-zatizeni-din-1481-nerez-a1-9576.html>

Prolep.cz, (2024). *Pneumatický válec dvojitý pro pohon 32 x 50, zdvih 50 mm*. [online]. [cit. 2024-02-27]. Dostupné z: <https://www.prolep.cz/Pneumaticky-valec-dvoucinny-pro-pohon-32-x-50-zdvih-50mm-d1293.htm>

Prumex.cz, (2024). *Šroub šestihřanný celý závit DIN 933 M18x160-10.9 bez PÚ*. [online]. [cit. 2024-02-27]. Dostupné z: <https://www.prumex.cz/sroub-sestihranny-cely-zavit-din-933-m18x160-10-9-bez-pu/>

Roemheld.de, (2023). *B1.481: Bore Clamp*. [online]. [cit. 2023-10-18]. Dostupné z: <https://ws.roemheld.de/en/products/bore-clamp~psG97B8V6NPv>

Roemheld.de, (2023). *B1.5091: Block cylinders*. [online]. [cit. 2023-10-18]. Dostupné z: <https://ws.roemheld.de/en/products/block-cylinders~psr1Kvv9QKZY>

Roemheld.de, (2023). *B1.8251: Hinge clamps*. [online]. [cit. 2023-10-18]. Dostupné z: <https://ws.roemheld.de/en/products/hinge-clamps~pspPOp5qx7jv>

Semjon, J., Hajduk, M., Janos, R., Vagas, M. (2013). Modular Welding Fixtures for Robotic Cells. In: *Applied Mechanics and Materials*. Trans Tech Publications, Švýcarsko, pp. 80-87.

Spojovaci-material.net, (2024). Matice DIN 934 M6. [online]. [cit. 2024-02-27]. Dostupné z: <http://www.spojovaci-material.net/sp/matice/sestihranne/presne-din-934/ocel-tridy-8/pozink/matice-din-934-m6-08-pozink-6755.html>

Spojovaci-material.net, (2024). *Matice nízká DIN 439 B M24*. [online]. [cit. 2024-02-27]. Dostupné z: <http://www.spojovaci-material.net/sp/matice/sestihranne/nizke-din-439/ocel-tridy-4/bez-upravy/matice-nizka-din-439b-m24-04-6822.html>

Spojovaci-material.net, (2024). *Matice nízká DIN 439B M18*. [online]. [cit. 2024-02-27]. Dostupné z: <http://www.spojovaci-material.net/sp/matice/sestihranne/nizke-din-439/ocel-tridy-4/bez-upravy/matice-nizka-din-439b-m18-04-6819.html>

Spojovaci-material.net, (2024). *Matice nízká DIN 439B M8*. [online]. [cit. 2024-02-27]. Dostupné z: <http://www.spojovaci-material.net/sp/matice/sestihranne/nizke-din-439/ocel-tridy-4/pozink/matice-nizka-din-439b-m8-04-pozink-6833.html>

Spojovaci-material.net, (2024). *Podložka plochá DIN 125 A M16 / 17,0 pozink ocel*. [online]. [cit. 2024-02-27]. Dostupné z: <http://www.spojovaci-material.net/sp/podlozky/ploche/din125a-pod-sestihran/ocel-100hv/pozinkovane/podlozka-plocha-din-125a-m16-17-0-pozink-7185.html>

Spojovaci-material.net, (2024). *Podložka plochá DIN 125 A M27 / 28,0 pozink*. [online]. [cit. 2024-02-27]. Dostupné z: <http://www.spojovaci-material.net/sp/podlozky/ploche/din125a-pod-sestihran/ocel-100hv/pozinkovane/podlozka-plocha-din-125a-m27-28-0-pozink-7190.html>

Spojovaci-material.net, (2024). *Podložka plochá DIN 125A M24 / 25,0 pozink*. [online]. [cit. 2024-02-27]. Dostupné z: <http://www.spojovaci-material.net/sp/podlozky/ploche/din125a-pod-sestihran/ocel-100hv/pozinkovane/podlozka-plocha-din-125a-m24-25-0-pozink-7189.html>

Spojovaci-material.net, (2024). *Šroub válcová hlava – imbus DIN 912 M6x40-12.9*. [online]. [cit. 2024-02-27]. Dostupné z: <http://www.spojovaci-material.net/sp/srouby/valcova-a-zaoblana-hlava/valcova-imbus-din-912/ocel-12-9/bez-povrchove-upravy/sroub-valcova-hlava-imbus-din-912-m6x40-12-9-3538.html#bookmark-parameters>

Spojovaci-material.net, (2024). *Šroub válcová hlava – imbus DIN 912 M16x100-12.9*. [online]. [cit. 2024-02-27]. Dostupné z: <http://www.spojovaci-material.net/sp/srouby/valcova-a-zaoblana-hlava/valcova-imbus-din-912/ocel-12-9/bez-povrchove-upravy/sroub-valcova-hlava-imbus-din-912-m16x100-12-9-3839.html>

Spojovaci-material.net, (2024). *Šroub válcová hlava – imbus DIN 912 M6x25-12.9*. [online]. [cit. 2024-02-27]. Dostupné z: <http://www.spojovaci-material.net/sp/srouby/valcova-a-zaoblana-hlava/valcova-imbus-din-912/ocel-12-9/bez-povrchove-upravy/sroub-valcova-hlava-imbus-din-912-m6x25-12-9-3535.html>

Spojovaci-material.net, (2024). *Šroub válcová hlava – imbus DIN 912 M8x12-8.8*. [online]. [cit. 2024-02-27]. Dostupné z: <http://www.spojovaci-material.net/sp/srouby/valcova-a-zaoblana-hlava/valcova-imbus-din-912/ocel-8-8/pozink/sroub-valcova-hlava-imbus-din-912-m8x12-8-8-pozink-14323.html>

Spojovaci-material.net, (2024). *Šroub válcová hlava – imbus DIN 912 M6x18-10.9*. [online]. [cit. 2024-02-27]. Dostupné z: <http://www.spojovaci-material.net/sp/srouby/valcova-a-zaoblana-hlava/valcova-imbus-din-912/ocel-10-9/bez-povrchove-upravy/sroub-valcova-hlava-imbus-din-912-m6x18-10-9-3157.html>

Stranskyapetrzik.cz, (2023). *Pneumatické přímočaré upínky*. [online]. [cit. 2023-10-18]. Dostupné z: <https://www.stranskyapetrzik.cz/pneu/pneumaticke-valce/valce-upinaci-menu/valce-ucbp/>

Topenilevne.cz, (2024). *Trubka černá DN 25–1" (33,7x3,2mm)*. [online]. [cit. 2024-02-27]. Dostupné z: <https://www.topenilevne.cz/trubka-cerna-dn-25-1-1m-p4567/>

Trumpf.com, (2023). *TruArc Weld 1000: Get started with automated welding*. [online]. [cit. 2023-10-18]. Dostupné z: https://www.trumpf.com/filestorage/TRUMPF_Master/Products/Machines_and_Systems/02_Brochures/TRUMPF-TruArcWeld-1000-brochure-EN.pdf

Valkwelding.com, (2021). *Robotická řešení Valk Welding*. [online]. [cit. 2023-06-09].
Dostupné z: <https://valkwelding.com/cz/soubory-ke-stazeni>

Valkwelding.com, (2023). *Robotická řešení Valk Welding*. [online]. [cit. 2023-07-17].
Dostupné z: <https://valkwelding.com/cz/soubory-ke-stazeni>

Vektek.com, (2019). *Hydraulic clamping for welding fixtures*. [online]. [cit. 2023-10-18].
Dostupné z: <https://www.vektek.com/pdfs/Vektek%20Hydraulic%20Clamping%20for%20Welding.pdf>

Vishnudutt, Kj. (2014). *Welding fixtures*. [online]. Slideshare.net [cit. 2023-06-09].
Dostupné z: <https://www.slideshare.net/vishnuduttkj/welding-fixtures>

Vlček, J. (2008). *Automatizace 2: Pneumatické řízení*. [online]. Tzb-info.cz [cit. 2023-10-18].
Dostupné z: https://www.tzb-info.cz/docu/texty/0001/000102_at2.pdf

Wiredworkers.io, (2023). *What is a cobot?*. [online]. [cit. 2023-10-18]. Dostupné z:
<https://www.wiredworkers.io/cobot/#>

YouTube.com, (2021). *ENGEL – oddělení kovovýroby (Stahlbau)*. [online]. [cit. 2023-06-09].
Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=dpPCLehO00I>

Seznam obrázků

Obrázek 1.1: Engel strojírenská spol. s.r.o. (Impulsprokarieru.cz, 2023).....	8
Obrázek 1.2: Příklad robotického svařovacího pracoviště od společnosti Valk Welding (Valkwelding.com, 2021).....	10
Obrázek 1.3: Robot Valk Welding ve společnosti Engel.....	11
Obrázek 1.4: Robotické svařovací pracoviště ve společnosti Engel.....	12
Obrázek 1.5: Kolaborativní robot Trumpf TruArc Weld 1000.....	14
Obrázek 1.6: Model svařovacího přípravku pro robotické svařování (Semjon, et al., 2013)	18
Obrázek 1.7: Přípravek pro svařování plamenem s C-svorkami (Vishnudutt, 2014)	19
Obrázek 1.8: Přípravek pro obloukové svařování (Vishnudutt, 2014)	20
Obrázek 1.9: Různé profily podpěrných tyčí (Vishnudutt, 2014).....	20
Obrázek 1.10: Přípravek pro odporové svařování (Vishnudutt, 2014)	21
Obrázek 1.11: Stavebnicový přípravek se stolem s T drážkami (Jcmetal.cz, 2019)..	23
Obrázek 1.12: Stavebnicový přípravek se systémem Otvor – čep (Jcmetal.cz, 2019)	23
Obrázek 1.13: Děrovaný upínací stůl cobota od společnosti Trumpf.....	26
Obrázek 1.14: Příklad možnosti upnutí a polohování pomocí svěrek a dorazů.....	26
Obrázek 1.15: Polohovadlo s děrovaným nosníkem.....	27
Obrázek 1.16: Jednouúčelový přípravek pro pracoviště s cobotem společnosti Trumpf	28
Obrázek 1.17: Průběh upínání u vodorovné upínky (Jcmetal.cz, 2019)	29
Obrázek 1.18: Jednouúčelový svařovací přípravek s upnutým svařencem upnutý na desce polohovadla zobrazený v CAD programovacím prostředí robota Valk Welding	31
Obrázek 1.19: Ukázka rámu přípravku pro předem nabodované svařence pro robotizované svařovací pracoviště Valk Welding.....	32
Obrázek 1.20: Přípravek pro nenabodované svařence menších rozměrů	33
Obrázek 1.21: Použití upínek JC Metal v různých provedení ramen na přípravku ...	34
Obrázek 1.22 – Podpěrný váleček s dírou pro šroub se závitem	35
Obrázek 1.23 – Svislá šroubová upínka ze dvou kusů spojená T šroubem	35
Obrázek 1.24 – Svislá upínka s horní posuvnou částí na vyvýšené vertikální stojně	36
Obrázek 1.25: Svislá upínka s pohyblivým vřetenem.....	37

Obrázek 1.26: a) pevný dorazový prvek b) posuvný přímý horizontální upínací prvek	38
Obrázek 1.27: a) Polohovací trn b) Podpěrné válečky	39
Obrázek 1.28: a) Jeřábové oko b) Podpěry pro ustavení na paletu s možností zasunutí paletizačních vidlí	40
Obrázek 1.29: Páková pneumaticky ovládaná upínka JC Metal (Jcmetal.cz, 2019) .	42
Obrázek 1.30 – Možnosti konstrukčního provedení pneumaticky ovládaných pákových upínek (Jcmetal.cz, 2019)	43
Obrázek 1.31 – Otočná pneumaticky ovládaná upínka (Norelem.com, 2023)	43
Obrázek 1.32: Pneumatický válec s přítlačnou deskou (Exactec.com, 2019)	44
Obrázek 1.33: Vakuový upínací systém Forster VacufixSystém Vakufix (Forsteramerica.com, 2020)	45
Obrázek 1.34: a) Otočná hydraulická upínka b) Svařovací přípravek s použitím hydraulických upínek a s rozvodem hydraulické kapaliny (Vektek.com, 2019).....	46
Obrázek 1.35: Hydraulická kruhová upínka pro švové svařování trubek (Dwt-pipetools.com, 2023)	46
Obrázek 1.36: Hydraulicky ovládané upínací trny (Roemheld.de, 2023).....	47
Obrázek 1.37: a) páková hydraulická upínka b) upínka s použitím přímočarého hydromotoru (Roemheld.de, 2023)	47
Obrázek 4.1: Upínaný svařenec: Rám 0739-753-10-01_001 stroje Engel Victory 650/160.....	53
Obrázek 4.2: První varianta svařovacího přípravku s popisem prvků	55
Obrázek 4.3: Polohovací podpěrné válečky s dírou se závitem pro šroub.....	56
Obrázek 4.4: Druhá varianta svařovacího přípravku s popisem prvků.....	58
Obrázek 4.5: Pneumaticky ovládané pákové upínky od společnosti JC Metal	59
Obrázek 4.6: Pneumatické válce CNOMO 06.07.02 pro předepínání	59
Obrázek 4.7: Třetí varianta svařovacího přípravku s popisem prvků	61
Obrázek 4.8: Detailní zobrazení přímé pneumaticky ovládané upínky JC Metal 308 P a přímé ručně ovládané upínky JC Metal 321 v konstrukci přípravku	62
Obrázek 4.9: Zobrazení místa s axiálními ložisky v řezu	62
Obrázek 4.10: Schéma rozvodu pneumatického ovládaní upínek přípravku.....	64
Obrázek 5.1: Testování přístupností svarů v softwaru SolidWorks pomocí přesného modelu svařovacího hořáku vloženého do sestavy přípravku.....	67

6 Seznam tabulek

Tabulka 4.1: Technická data pracoviště svařovacího robota Valk Welding ve společnosti Engel	52
Tabulka 4.2: Specifikace svařence.....	54
Tabulka 4.3: Základní parametry první verze přípravku	57
Tabulka 4.4: Základní parametry druhé verze přípravku.....	60
Tabulka 4.5: Základní parametry třetí verze přípravku	63

Seznam příloh

Příloha č. 1 – Technický výkres sestavy první varianty přípravku

Příloha č. 2 – Kusovník k technickému výkresu sestavy první varianty přípravku, List 1/2

Příloha č. 3 – Kusovník k technickému výkresu sestavy první varianty přípravku, List 2/2

Příloha č. 4 – Technický výkres sestavy druhé varianty přípravku

Příloha č. 5 – Kusovník k technickému výkresu sestavy druhé varianty přípravku, List 1/2

Příloha č. 6 – Kusovník k technickému výkresu sestavy druhé varianty přípravku, List 2/2

Příloha č. 7 – Technický výkres sestavy třetí varianty přípravku

Příloha č. 8 – Kusovník k technickému výkresu sestavy třetí varianty přípravku, List 1/3

Příloha č. 9 – Kusovník k technickému výkresu sestavy třetí varianty přípravku, List 2/3

Příloha č. 10 – Kusovník k technickému výkresu sestavy třetí varianty přípravku, List 3/3

Příloha č. 11 – Kalkulace ceny materiálu a komponentů první varianty konstrukce přípravku, List 1/11

Příloha č. 12 – Kalkulace ceny materiálu a komponentů první varianty konstrukce přípravku, List 2/11

Příloha č. 13 – Kalkulace ceny materiálu a komponentů první varianty konstrukce přípravku, List 3/11

Příloha č. 14 – Kalkulace ceny materiálu a komponentů první varianty konstrukce přípravku, List 4/11

Příloha č. 15 – Kalkulace ceny materiálu a komponentů první varianty konstrukce přípravku, List 5/11

Příloha č. 16 – Kalkulace ceny materiálu a komponentů první varianty konstrukce přípravku, List 6/11

Příloha č. 17 – Kalkulace ceny materiálu a komponentů první varianty konstrukce přípravku, List 7/11

Příloha č. 18 – Kalkulace ceny materiálu a komponentů první varianty konstrukce přípravku, List 8/11

Příloha č. 19 – Kalkulace ceny materiálu a komponentů první varianty konstrukce přípravku, List 9/11

Příloha č. 20 – Kalkulace ceny materiálu a komponentů první varianty konstrukce přípravku, List 10/11

Příloha č. 21 – Kalkulace ceny materiálu a komponentů první varianty konstrukce přípravku, List 11/11

Příloha č. 22 – Kalkulace ceny materiálu a komponentů druhé varianty konstrukce přípravku, List 1/14

Příloha č. 23 – Kalkulace ceny materiálu a komponentů druhé varianty konstrukce přípravku, List 2/14

Příloha č. 24 – Kalkulace ceny materiálu a komponentů druhé varianty konstrukce přípravku, List 3/14

Příloha č. 25 – Kalkulace ceny materiálu a komponentů druhé varianty konstrukce přípravku, List 4/14

Příloha č. 26 – Kalkulace ceny materiálu a komponentů druhé varianty konstrukce přípravku, List 5/14

Příloha č. 27 – Kalkulace ceny materiálu a komponentů druhé varianty konstrukce přípravku, List 6/14

Příloha č. 28 – Kalkulace ceny materiálu a komponentů druhé varianty konstrukce přípravku, List 7/14

Příloha č. 29 – Kalkulace ceny materiálu a komponentů druhé varianty konstrukce přípravku, List 8/14

Příloha č. 30 – Kalkulace ceny materiálu a komponentů druhé varianty konstrukce přípravku, List 9/14

Příloha č. 31 – Kalkulace ceny materiálu a komponentů druhé varianty konstrukce přípravku, List 10/14

Příloha č. 32 – Kalkulace ceny materiálu a komponentů druhé varianty konstrukce přípravku, List 11/14

Příloha č. 33 – Kalkulace ceny materiálu a komponentů druhé varianty konstrukce přípravku, List 12/14

Příloha č. 34 – Kalkulace ceny materiálu a komponentů druhé varianty konstrukce přípravku, List 13/14

Příloha č. 35 – Kalkulace ceny materiálu a komponentů druhé varianty konstrukce přípravku, List 14/14

Příloha č. 36 – Kalkulace ceny materiálu a komponentů třetí varianty konstrukce přípravku, List 1/16

Příloha č. 37 – Kalkulace ceny materiálu a komponentů třetí varianty konstrukce přípravku, List 2/16

Příloha č. 38 – Kalkulace ceny materiálu a komponentů třetí varianty konstrukce přípravku, List 3/16

Příloha č. 39 – Kalkulace ceny materiálu a komponentů třetí varianty konstrukce přípravku, List 4/16

Příloha č. 40 – Kalkulace ceny materiálu a komponentů třetí varianty konstrukce přípravku, List 5/16

Příloha č. 41 – Kalkulace ceny materiálu a komponentů třetí varianty konstrukce přípravku, List 6/16

Příloha č. 42 – Kalkulace ceny materiálu a komponentů třetí varianty konstrukce přípravku, List 7/16

Příloha č. 43 – Kalkulace ceny materiálu a komponentů třetí varianty konstrukce přípravku, List 8/16

Příloha č. 44 – Kalkulace ceny materiálu a komponentů třetí varianty konstrukce přípravku, List 9/16

Příloha č. 45 – Kalkulace ceny materiálu a komponentů třetí varianty konstrukce přípravku, List 10/16

Příloha č. 46 – Kalkulace ceny materiálu a komponentů třetí varianty konstrukce přípravku, List 11/16

Příloha č. 47 – Kalkulace ceny materiálu a komponentů třetí varianty konstrukce přípravku, List 12/16

Příloha č. 48 – Kalkulace ceny materiálu a komponentů třetí varianty konstrukce přípravku, List 13/16

Příloha č. 49 – Kalkulace ceny materiálu a komponentů třetí varianty konstrukce přípravku, List 14/16

Příloha č. 50 – Kalkulace ceny materiálu a komponentů třetí varianty konstrukce přípravku, List 15/16

Příloha č. 51 – Kalkulace ceny materiálu a komponentů třetí varianty konstrukce přípravku, List 16/16
