

Vysoká škola logistiky o.p.s.

**Návrh robotizovaného pracoviště pro
svařování karoserií**

(Diplomová práce)



Vysoká škola
logistiky
o.p.s.

Zadání diplomové práce

student

Bc. Petr Baláš

studijní program
obor

Logistika
Logistika

Vedoucí Katedry magisterského studia Vám ve smyslu čl. 22 Studijního a zkušebního řádu Vysoké školy logistiky o.p.s. pro studium v navazujícím magisterském studijním programu určuje tuto diplomovou práci:

Název tématu: **Návrh robotizovaného pracoviště pro svařování karosérií**

Cíl práce:

Cílem diplomové práce je zpracování analýzy současného stavu ve výrobě karosérií, na jejím základě následně navrhnout robotizovanou buňku pro svařování karosérií včetně technicko-ekonomického zhodnocení.

Zásady pro vypracování:

Využijte teoretických východisek oboru logistika. Čerpejte z literatury doporučené vedoucím práce a při zpracování práce postupujte v souladu s pokyny VŠLG a doporučeními vedoucího práce. Části práce využívající neveřejné informace uveďte v samostatné příloze.

Diplomovou práci zpracujte v těchto bodech:

Úvod

1. Teoretická východiska související s tématem práce
2. Zpracování analýzy současného stavu ve výrobě karosérií
3. Zpracování analýzy robotizovaného pracoviště
4. Zpracování návrhu robotizované svařovací buňky
5. Technicko-ekonomické zhodnocení navrhovaného řešení

Závěr

Rozsah práce: 50 – 60 normostran textu

Seznam odborné literatury:

BARTÁK, Jiří. Svařování kovů v praxi: materiály, výpočty, technologie, požadavky na jakost, bezpečnost práce. Praha: Dashöfer, 2012, 2. sv. ISSN 1805-2835.

KOLÍBAL, Zdeněk. Průmyslové roboty. Brno: Vysoké učení technické, 1993. ISBN 80-214-0526-0.

KOLÍBAL, Zdeněk a Zdeněk EHRENBERGER. Průmyslové roboty. Brno: Vysoké učení technické, 1993. ISBN 80-214-0530-0.

KUKA Roboter GmbH, KRC2/C3 Configuration Software (KSS)Release 5.2, 2012.

Vedoucí diplomové práce:

doc. Ing. Zdeněk Čujan, CSc.

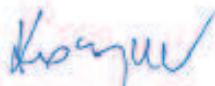
Datum zadání diplomové práce:

31. 10. 2018

Datum odevzdání diplomové práce:

11. 5. 2019

Přerov 31. 10. 2018



doc. Dr. Ing. Oldřich Kodým
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivan Hlavoň, CSc.
rektor

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že předložená diplomová práce je původní a že jsem ji vypracoval samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná a že jsem v práci neporušil autorská práva ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb. o autorském právu, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů.

Prohlašuji, že jsem byl také seznámen s tím, že se na mou diplomovou práci plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména § 60 – školní dílo. Beru na vědomí, že Vysoká škola logistiky o.p.s. nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro pedagogické, vědecké a prezentační účely školy. Užiji-li svou diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat předtím o této skutečnosti Vysokou školu logistiky o.p.s., prorektora pro vzdělávání.

Prohlašuji, že jsem byl poučen o tom, že diplomová práce je veřejná ve smyslu zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, zejména § 47b. Taktéž dávám souhlas Vysoké škole logistiky o.p.s. ke zpřístupnění mnou zpracované diplomové práce v její tištěné i elektronické verzi. Souhlasím s případným použitím této práce Vysokou školou logistiky o.p.s. pro pedagogické, vědecké a prezentační účely.

Prohlašuji, že odevzdaná tištěná verze diplomové práce, elektronická verze na odevzdaném optickém médiu a verze nahraná do informačního systému jsou totožné.

V Přerově, dne 02. května 2019

.....

podpis

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat panu doc. Ing. Zdeňkovi Čujanovi, CSc. za odborné vedení, cenné rady, věcné připomínky a přínosné konzultace v průběhu přípravy celé diplomové práce. Dále děkuji firmě CAD engineering s. r. o., která mi umožnila zpracovat praktickou část mé diplomové práce.

Anotace

Tato diplomová práce se zabývá návrhem robotizovaného pracoviště pro svařování karoserií. V úvodu je nejprve vyčleněna problematika robotů a jejich zapojení do života, ať už běžného nebo průmyslového. Dále se zabývám definicí slova robot, specifikací průmyslových robotů a jejich klasifikací a úvahou o budoucnosti robotů v automobilovém průmyslu. Hlavní část práce je zaměřena na zpracování analýzy současného stavu ve stavbě karoserie s rozdělením typů karoserie a technologií spojování dílů. Kapitola zpracování analýzy robotizovaného pracoviště a zpracování návrhu robotizované svařovací buňky se již zabývá konkrétním postupem a průběhem v celé oblasti buňky. V závěru práce je provedeno technicko-ekonomické zhodnocení celého pracoviště.

Klíčová slova

Karoserie, robot, svařování, montáž, robotizované pracoviště, svařování, buňka

Annotation

This diploma thesis deals with the design of a robotized workplace for bodywork welding. In the introduction, the issue of robots and their involvement in life, be it common or industrial, is earmarked first. I also deal with the definition of the word robot, the specification of industrial robots and their classification and the consideration of the future of robots in the automotive industry. The main part of the work is focused on the analysis of the current state of the body building with the division of body types and technology of joining parts. The chapter on the processing of the robotized workplace analysis and the design of the robotic welding cell design already deals with the specific process and course of the whole cell area. At the end of the diploma thesis, a technical and economic evaluation of the whole workplace is made.

Keywords

Bodywork, robot, welding, assembly, robotized workplace, welding, cell

Obsah

ÚVOD	9
1 Teoretická východiska	14
1.1 Definice pojmu robot	14
1.2 Specifikace průmyslových robotů	15
1.2.1 Klasifikace průmyslových robotů	18
1.2.2 Typologie robotů KUKA pro automobilový průmysl	22
1.2.3 Výhody a nevýhody robotů KUKA v porovnání s roboty firmy ABB... ..	25
1.3 Budoucnost robotů v automobilovém průmyslu.....	28
2 Zpracování analýzy současného stavu ve stavbě karoserie	30
2.1 Karoserie jako produkt.....	30
2.2 Technologie spojování dílů karoserie	39
2.2.1 Nýtování.....	39
2.2.2 Lepení	40
2.2.3 Šroubování	42
2.2.4 Ultrazvukové svařování	43
2.2.5 Laserové svařování	46
2.2.6 Navařování matic a čepů.....	47
2.3 Bodové odporové svařování	51
2.3.1 Svařovací kleště	53
3 Zpracování analýzy robotizovaného pracoviště.....	56
3.1 CAD engineering s. r. o.	56
3.2 Plánování procesních postupů	56
3.3 Vývoj a konstrukce zařízení	57
3.4 Offline programování automatické linky.....	58
3.5 Spojovací a základací plán.....	59
3.6 Svařovací plán.....	60
3.7 Tvorba časové analýzy.....	64
3.8 Layout	66
4 Zpracování návrhu robotizované svařovací buňky	68
5 Technicko-ekonomické zhodnocení navrhovaného řešení.....	83
ZÁVĚR	85
SOUPIS BIBLIOGRAFICKÝCH CITACÍ	86

SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK	88
SEZNAM ILUSTRACÍ A TABULEK.....	90
SEZNAM PŘÍLOH.....	92

Úvod

Moderní svět je v celé své rozmanitosti úzce spojen s používáním nových moderních technologií. Jejich nabídka obsahuje jak produkty sloužící jednotlivcům v každodenním životě, tak firmám k efektivnější výrobě. Moderní technologie v mnoha ohledech ulehčují život – díky nim snadněji komunikujeme, lépe organizujeme naše životy a máme tak více volného času. Žijeme ve společnosti, která používání těchto technologií vlastně přímo vyžaduje. Mezi takovéto technologie se dozajista řadí i roboty. Roboty můžeme dnes nalézt v armádě, stavebnictví, zdravotnictví nebo dokonce v domácnostech.

Roboti např. chrání životní prostředí našich oceánů, kde pomáhají odstraňovat ropné skvrny způsobené haváriemi dopravních prostředků nebo těžebních plošin. Zachraňují životy jako superrychlé plováky se sonarem, které dokáží vyhledat raněného plavce, a pomohou mu doplavit na pevninu. Díky umělé inteligenci také člověk našel soupeře v šachu, v počítačových hrách či stolním fotbálku. Robotické vysavače také brázdí nejednu domácnost.

Největší část robotů se však využívá ve strojírenství. Velký význam přináleží v tomto trendu průmyslovým robotům (dále jen roboti). Z robotů, kteří před téměř sto lety byli spíše fikcí, se staly neodmyslitelné části moderní výroby a jejich počet stále roste. „Podle studie Mezinárodní federace robotiky World Robotics Report 2017 má počet průmyslových robotů na světě do roku 2020 vzrůst přibližně na 3 miliony. V Číně pak bude asi 950 tisíc robotů, zatímco v Evropě přibližně 612 tisíc. V celé Asii bude v provozu asi 1,9 milionu robotů, což byl ještě v roce 2016 celkový počet robotů na celém světě.“¹ V České republice roste zájem o kolaborativní roboty.

Roboty pracují přesněji než člověk, nevyžadují odpočinek (mohou pracovat v třisměnném provozu po celý týden čtyřicet hodin denně) a ne onemocní. Ulehčí manuální práci a jsou daleko výkonnější. Nabízí řadu inovativních technologií, jako je např. spolupráce s člověkem nebo snadné programování, které pomáhají zlepšit produktivitu výroby.

¹ https://ifr.org/downloads/press/Executive_Summary_WR_2017_Industrial_Robots.pdf [cit. 26.4.2019]

Obr. 0.1: Rekordní nárůst počtu robotů



Zdroj: <http://www.techmagazin.cz/47053>

Je však nutno poznamenat, že tento vývoj nemusí být jen pozitivní. Už v roce 2015 vyjádřil Stewen Hawkins své obavy z toho, že roboty by mohly získat převahu nad člověkem. Na konferenci v Londýně upozorňoval na to, že člověk musí velmi promyšleně pracovat na vývoji robotů, aby nedošlo k následkům, jejichž rozměr by mohl mít pro člověka fatální následky.² Roboti nabízejí na jedné straně obrovské spektrum využití, na straně druhé je potřeba velice pečlivě zvážit, jakým způsobem se roboty využijí a jaký směr technický vývoj v dalších letech bude mít.

Roboti se využívají velmi často v automobilovém průmyslu. Jejich práce přináší vysokou produktivitu práce a velmi přesně provedenou výrobu. Jen v roce 2017 se vyrobilo na celém světě 73,46 milionu aut³. Vyrábí se auta různých světových značek, jak např. Škoda, Toyota, Kia atd. Neméně důležitá je avšak také oblast konstrukce automobilů, která v České republice má velmi dlouhou tradici a navazuje na tradice z první poloviny 20. století, kdy vozidla značky Tatra byla příkladem konstrukčního umu českých konstruktérů.

Rozvoj automobilového průmyslu se pojí s moderními technologiemi, které se objevují v továrnách. Automobilky musí novými technologiemi reagovat na změny

² https://diepresse.com/home/techscience/hightech/4733818/Hawking_Roboter-werden-Menschen-ueberlegen-sein [cit. 11.03.2019]

³ <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/159780/umfrage/weltweit-jaehrlich-hergestellte-pkw/> [cit. 11.03.2019]

a potřeby trhu, jakými jsou např. nové hybridní a alternativní pohony, nabíjecí palivové články, lehký stavební materiál (plast, karbon, nanovlákná), ale také na zpřísnování ekologických požadavků na vypouštění CO₂, nové výrobní postupy, zpřísnování bezpečnostních standardů, snižování spotřeby, udržitelnost (zde je společným jmenovatelem pro všechny pokusy, jak snížit vnější dopady průmyslové a fosilní výroby i spotřeby na životní prostředí, jak dosáhnout rovnováhy se sociálními a ekonomickými zájmy), na digitalizace = průmysl 4.0: To v praxi znamená propojení všech inteligentních přístrojů, výrobních linek a výrobků, veškerých produkčních systémů, skladů, logistiky i servisu do jedné inteligentní informační sítě, v jejímž rámci budou chytré přístroje zákazníků, výrobců i dodavatelů navzájem a bez lidské pomoci komunikovat a reagovat na potřeby klientů v reálném čase.

Mluví se o čtyřech trendech mobility:

- a) Alternativní pohony (elektrina, plyn a vodík): důležitým trendem je zde převážně vývoj elektromotorů. Elektrický pohon je v krátkodobém až střednědobém horizontu tou nejúspornější technologickou odpovědí na výzvu minimalizace vnějších vlivů automobilů, zejména emisí z ovzduší a hluku. Jeho většímu rozvoji však zatím brání vysoká pořizovací cena, životnost baterie a nedostatečný počet dobíjecích stanic. Větší rozvoj elektromobility v evropském měřítku se tak dá očekávat až po roce 2020, v závislosti na zpřísnění emisního cíle EU, na vývoji technologií (hlavně baterií) či na politice jednotlivých států (již dnes řada evropských států v čele s Německem podporuje nákup elektromobilů ať už daňovým zvýhodněním, bezplatným parkováním či dotacemi na koupi vozu aj.). Velkou roli zde hrají i výrobci vysoce výkonných baterií. Důležitou přechodnou úlohu jako překlenovací technologie by mohl hrát plynový pohonný systém, např. Škoda Auto ale podporuje stlačený zemní plyn (CNG). V nákladní silniční dopravě se prosazuje LNG (zkapalněný zemní plyn). Především japonské automobilky zase věří vodíku (Toyota již sériově vyrábí vodíkový vůz Mirai) a Audi vyvinula nové ekologické palivo e-diesel složené jen z vody a vzduchu.
- b) Síťování: Vedle dynamiky jízdy a spotřeby paliva hraje důležitou roli inteligence a komfort vozidla. Auto by mělo být dostatečně inteligentní, aby dokázalo přečíst přání řidiče z očí. Automatické informační služby, typy

založené na poloze, dynamické předpovědi dopravní zácpy, propojení online uživatelských dat a jejich synchronizování, streamování hudby, integrace moderních funkcí smartphonů (možnost ovládat vůz jejich prostřednictvím) - např. Mazda nabízí systém, který umožňuje přes telefon nastartovat motor. Autonomní systémy řízení zase díky pokročilým senzorům pomáhají udržovat vůz v pružích, nouzově brzdít, sledovat okolní objekty, parkovat či zajíždět do garáže. Pracuje se na inovačních technologiích s cílem holistického dialogu mezi člověkem a strojem. V této souvislosti však vyvstává otázka ochrany osobních údajů.

- c) Automatizovaná jízda: Jedním z velkých trendů v automobilovém průmyslu je automatizovaná jízda. Je podporována především prostřednictvím iniciativy společnosti Google. Samohybné automobily budou hrát ústřední roli v mobilitě budoucnosti. Aby jízdni úlohu převzala elektronika vozidla, bude důležité vytvořit velké množství inteligentních sítí, naplánovat urbanistické členění a dopravní politiku. Řídící software se stane jednou z nejdůležitějších vlastností automobilů.
- d) Carsharing: Carsharing funguje na principu „jedu automobilem tehdy, kdy ho potřebuji“. Služba se zaměřuje na obyvatele, kteří automobil nevyužívají každý den – najezdí ročně méně než 10 tisíc km.

Nové technologie výroby s modernizací výrobních prostor a zařízení s sebou přinášejí několik předností: zvýšení kapacity, přesnosti a kvality, minimalizaci výrobních neshod, automatický tester, optický tester, sledování výrobních fází rozpracovanosti pomocí čárových kódů, QR kódů, RFID kódů, značení výrobků EAN kódy, antistatické prostředí – minimalizace negativních vlivů, zvyšování kvalifikace lidských zdrojů a jiné.

Existuje celá řada malých a středních firem, které se věnují konstrukci různých částí auta. Ani těm se modernizace nevyhne. Musí vylepšovat především svůj hardware a software. Jednou z těchto firem je firma CAD engineering s.r.o., která existuje více než 25 let a na trhu vystupuje jako nezávislý inženýrský partner mezinárodního automobilového průmyslu. Zajišťuje kompletní plánování továren, vývoj a konstrukci zařízení a offline programování kompletních výrobních linek pro stavbu karoserií, včetně technické dokumentace. Disponuje početným týmem inženýrů a techniků s vysokou kvalifikací, obsáhlými znalostmi a špičkovým technickým vybavením pro

vývoj nových modelů v celém odvětví automobilového průmyslu a umožnila mi zpracovat praktickou část diplomové práce.

Předložená diplomová práce navazuje na bakalářskou práci s názvem: ***Projektování svařoven pro automobilní průmysl a plánování procesních postupů.*** V teoretické části vedle historie vývoje robotů analyzuji také současné typy karoserie, porovnávám technické vlastnosti robotů světových firem a zabývám se teoretickými podklady tvorby robotizovaného pracoviště, které odpovídá současným moderním trendům.

Praktickou část jsem realizoval ve firmě CAD engineering s.r.o., která se danou problematikou dlouhodobě zabývá a umožnila mi se u nich v reálných podmínkách tímto tématem zabývat. Tato část představuje projekci automatické svařovací buňky pro oblast karoserie H-struktury dle standardu VW pro výrobu svařovaných karoserie koncernu VW a analyzuji možnosti využití programů Process-Simulate, Micro-station a CATIA V5.

1 Teoretická východiska

1.1 Definice pojmu robot

Termín robotika použil v roce 1921 český spisovatel Karel Čapek⁴ ve svém románu R.U.R. (Rossumovi univerzální roboti) a je odvozen ze slova „robota“. Čapek ve svém krátkém dopise v článku pro etymologický slovník oxfordské angličtiny však uvedl, že to není on, kdo jako první s touto myšlenkou přišel. Slovo robot vymyslel jeho bratr, malíř a spisovatel Josef Čapek.

V následujících letech se tento výraz rozšířil, mimo jiné také díky povídkám a sci-fi románům Isaaca Asimova, který svými třemi zákony robotiky položil základ dnešního chápání robotů. V původní podobě existovaly následující tři zákony:

1. Robot nesmí ublížit člověku nebo svou nečinností dopustit, aby bylo člověku ublíženo.
2. Robot musí uposlechnout příkazů člověka, kromě případů, kdy jsou tyto příkazy v rozporu s prvním zákonem.
3. Robot musí chránit sám sebe před poškozením, kromě případů, kdy je tato ochrana v rozporu s prvním nebo druhým zákonem.

Termín robot byl používán pro širokou škálu strojů. V centru zájmu stojí především stroje, které jsou konstruovány v lidské podobě. Jako roboti se dále označují také stroje, které se pohybují a jednají autonomně. V této práci se pojem robot omezí na takzvané průmyslové roboty, které jsou pro dnešní dobu automatizace nezbytnou součástí.

Definice slova robot není jednotná. Slovník cizích slov definuje slovo robot jako zařízení automaticky reagující na podněty okolí a současné na toto okolí zpětně působící.⁵ Phillip McKerrow ho definoval takto: Robot je stroj, který může být naprogramován k vykonávání různých činností.⁶ Dnes je robot dle normy ISO 8373 definován jako automaticky řízený, opětovně programovatelný, víceúčelový

⁴ Čapek, Karel: RUR Aventinum 1920

⁵ <https://slovník-cizich-slov.abz.cz/web.php/slovo/robot> [cit. 11.03.2019]

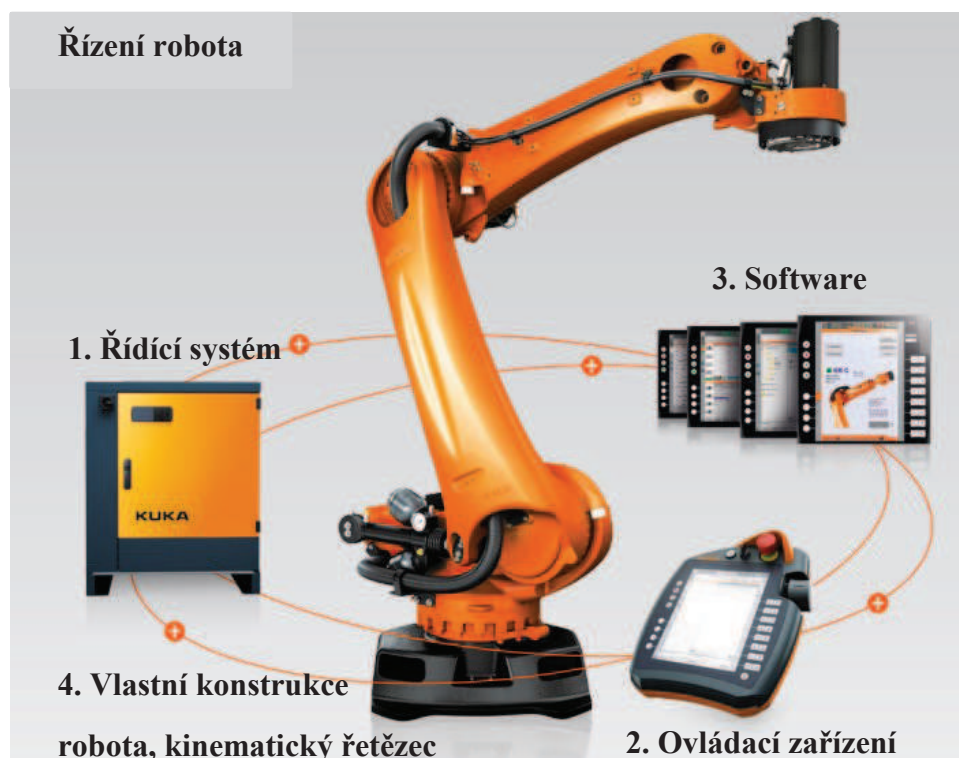
⁶ McKerrow, Phillip John. Introduction to Robotics (Electronic Systems Engineering Series) Addison-Wesley Pub (Sd), 1991

manipulátor pro činnost ve třech nebo více osách, který může být buď pevně upevněn na místě, nebo má mobilní k užití v průmyslových automatických aplikacích.⁷

1.2 Specifikace průmyslových robotů

Aby byly splněny všechny požadavky na robota definicí kladené, je nutné, aby průmyslový robot sestával z následujících částí (obr. 1.1): řídicí systém, kinematický řetězec, ovládací zařízení a v neposlední řadě software.

Obr. 1.1: Řízení robota



Zdroj: KUKA_KR_QUANTEC_PA_Pack_EN.pdf

- 1. Řídicí systém:** jádro každého robota, řídí podle uloženého programu činnost robota ovládáním pohonů a ostatních mechanismů, dále zajišťuje komunikaci s řídicím systémem výrobního stroje. Návrh řízení robota je velice důležitou součástí návrhu celého robota. Průmysloví roboti jsou komplexní systémy s velkým množstvím senzorů a akčních členů, vyžadují proto složité řízení. To je většinou realizováno pomocí PLC. PLC je kompaktní nebo modulární systém určený pro průmyslovou automatizaci. Je to v podstatě průmyslový počítač, na

⁷ ISO 8373 z roku 2012 definuje roboty a vztahy ve výrobě.

kterém běží řídicí program. Program běží ve smyčce, tedy se neustále opakuje a je schopný v téměř reálném čase (zpoždění v řádu mikrosekund) reagovat na změny na vstupech. Následně pomocí programu ovládá výstupy. Vstupů a výstupů může být velké množství, obzvláště u modulárních PLC.⁸

2. **Kinematický řetězec:** soustava na jedné straně pevně spojená se stolem, rámem nebo dalším systémem, a s přírubou pro uchycení pracovního nástroje na straně druhé, jak ukazuje obr. 1.2. Jedná se o pohyblivou část robota, polohovatelnou do různých poloh uvnitř (omezeného) pracovního prostoru.

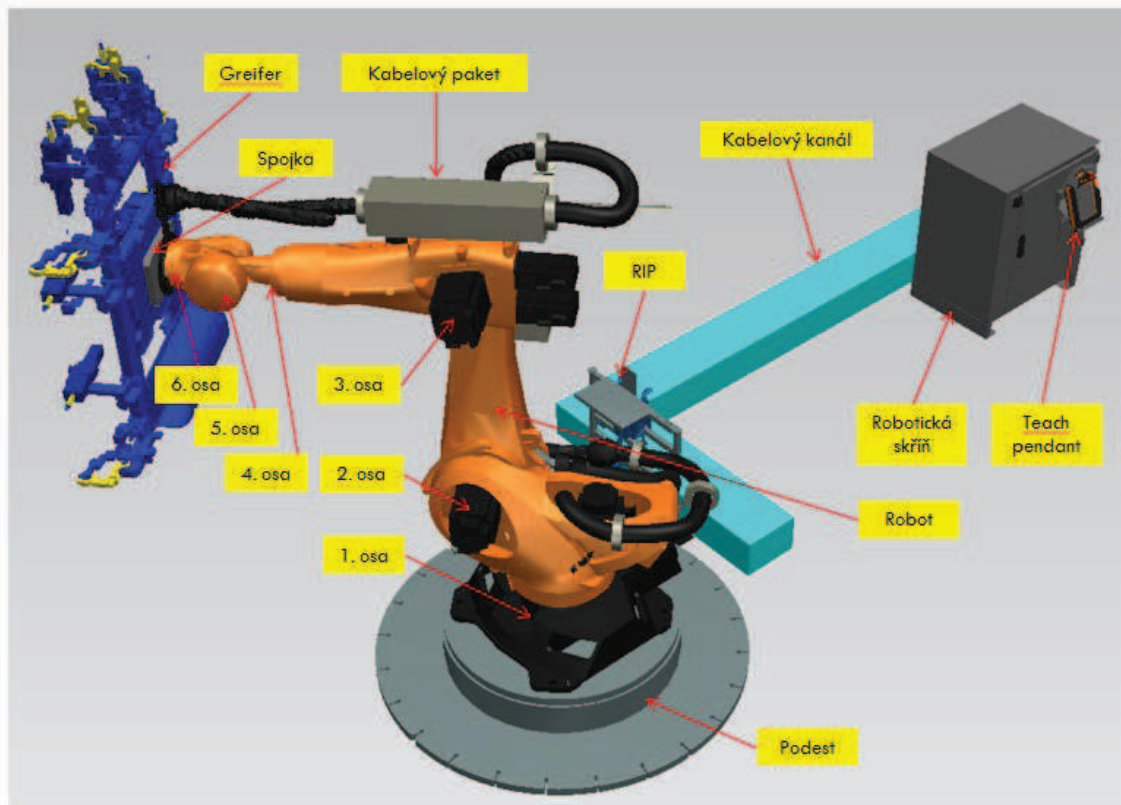
Kinematický řetězec sestává z následujících částí:

- a) Počátek souřadné soustavy (base-point, axes-origin) – nejčastěji místo uchycení robota ke konstrukci, definuje počátek kartézského souřadného systému, který používáme k popisu bodů uvnitř pracovního prostoru robota.
- b) Ramena (link, arm) – tuhé spoje různých délek, zakončené na obou stranách pohyblivými klouby (analogie s lidskými končetinami). Tuhost materiálu ovlivňuje přesnost pozicování, jejich délka velikost pracovního prostoru robota.
- c) Klouby (joint, axis) – pohyblivé spoje ramen, bývají buď rotačního (kuličkové ložisko) nebo posuvného charakteru (jezdec na kolejnici) a umožňují polohování robota. Jejich počet, vzájemné umístění a rozsah jejich pohybu definují dostupnost jednotlivých pracovních bodů. Jednotlivé klouby jsou vybaveny motory a enkodéry měřícími jejich polohu, což je nutným předpokladem pro přesné polohování. Regulace polohy kloubu na žádanou hodnotu se provádí pomocí polohového servomechanismu.
- d) Koncový bod (end-point, tool-point, tool-end) – konec kinematického řetězce, vybavený nástavcem pro umístění pracovního nástroje (svářečka, sprejovací nástavec, chapadlo, vrtačka, apod.). Mluvíme-li o žádané pozici robota, myslíme tím polohu tohoto bodu v prostoru.⁹

⁸ https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=128290 [cit. 11.03.2019]

⁹ http://www.uamt.feec.vutbr.cz/~robotika/Vybrane_partie_z_robotiky.pdf [cit. 12.03.2019]

Obr. 1.2: Popis robota



Zdroj: vlastní zpracování

3. **Ovládací zařízení:** slouží k obsluze a programování robota. Mezi nejmodernější ovládací zařízení patří smartPAD s dotykovým displejem a ergonomickou 6D myší.
4. **Software:** Simulační softwary fungují jako oboustranné 3D systémy, které umožňují přenášet provedené změny mezi režimy on-line a off-line. Cílem většiny výrobců je, aby se programování všech robotů provádělo v off-line režimu. Umožňuje to vykonávat rychlé změny ve výrobě a spoustu dalších, dříve popsaných výhod. Z tohoto důvodu si největší a nejznámější robotické firmy vyvíjí své off-line programovací systémy a simulátory samy. Ovšem existují také univerzálnější softwary od různých společností.

Komerčně dostupné softwary lze rozdělit na dvě kategorie:

- a) systémy vyvíjené výrobcí průmyslových robotů;
- b) univerzální systémy od softwarových společností.

Využití softwarů z první kategorie zpravidla funguje jen s průmyslovými roboty výrobce, jenž systém vyvinul. Nejsou tedy univerzální, což by se dalo

považovat za nevýhodu. Avšak výhody, které z těchto systému plynou, tuhle nevýhodu převyšují. Fungují na principu virtuálního kontroléru, a tak umožňují shodné programování jako na teach-pendantu a generování programu v programovacím jazyku příslušného robota. Jako příklad lze uvést systémy od největších firem Kuka - KUKA.Sim Pro + Office.Lite, ABB – RobotStudio, Fanuc – RoboGuide. Stäubli – Robotics Suite, Motoman – MotoSim, Denso – WincapsIII, Mitschubishi – Melfa Works, Kawasaki – K-ROSET.

Druhou kategorií jsou systémy univerzální, z jejichž názvu vyplývá použití, které je vhodné pro různé programovací jazyky od různých výrobců robotů. Výhodu při tvorbě layoutu představuje možnost zvolit nejlépe vyhovujícího robota. Nevýhodou pak může být nižší přesnost při výpočtech a možné odchylky simulované dráhy od skutečné z důvodu rozdílných výpočtových algoritmů. Např. se jedná o systémy Siemens – RobCAD, WAT Solutions – Workspace. Dalšími univerzálními simulačními softwary jsou: Delmia IGRIP, RobotExpert, Sim X, EASY-ROB, RobotWorks, CimStation, a další.

1.2.1 Klasifikace průmyslových robotů

Následující klasifikace byla založena na vývoji definice robota, která se zpočátku zaměřila na odlišnosti manipulátorů a robotů z hlediska řízení a programování. Byly preferovány pojmy:¹⁰

- Manipulátor (případně jednoúčelový manipulátor, manipulátor s pevným programem), dnes ve smyslu definice viz výše;
- synchronní manipulátor (člověk ve smyčce, man on line, master – slave Manipulátor);
- robot (manipulátor s pružným programem);
- adaptivní robot (robot reagující na změny pracovní scény);
- kognitivní robot (robot s určitou – ale blíže nedefinovanou – mírou umělé inteligence.

¹⁰ Průmyslové roboty a manipulátory, učební text, Jiří Skařupa, Ostrava, 2007, s. 16. ISBN 978-80-248-1522-0 http://www.elearn.vsb.cz/archived/FS/PRM/Text/Skripta_PRaM.pdf [cit. 28.03.2019]

Roboti se dnes charakterizují podle manipulačních zařízení, která mohou být klasifikována podle následujících kritérií, vycházejících ze zdrojů [18]:

- 1. Počet stupňů volnosti** - ve většině případů odpovídá počtu kloubů kinematického řetězce a určuje, kolik souřadnic v poloze koncového bodu jsme schopni ovlivnit. Například má-li robot jeden posuvný kloub, je možné jeho koncový bod polohovat pouze po úsečce, jejíž délka je dána jeho rozsahem. Počet stupňů volnosti i soustavy vychází z počtu stupňů volnosti jednotlivých členů (v rovině má každý člen kromě rámu 3 stupně volnosti), sníženého o počet stupňů volnosti odnímaný vazbami. Určí se z rovnice (1.1) vazbové závislosti

$$i = 3 \cdot (n-1) - 2 \cdot (r + p + v) - 1 \cdot o, \quad (1.1)$$

Je-li $i = 0$, jedná se o staticky určitou nepohyblivou soustavu. V tomto případě vyšetřujeme reakce. Je-li $i = 1$, jedná se o pohyblivou soustavu – mechanismus. Vysvětlujeme jeden silový účinek (síla, moment), který uvede soustavu do rovnováhy, a reakce. Je-li $i = 2$, jedná se o diferenciály. Je-li $i < 0$, jedná se o staticky neurčitou soustavu a pouze metodami mechaniky tuhých těles ji nelze řešit.

Má-li robot pouze jeden rotační kloub, jeho koncový bod se bude pohybovat po kružnici nebo oblouku (v případě omezeného rozsahu kloubu):

- a) Univerzální robot** - se šesti stupni volnosti, jednoznačně vymezující v kartézském souřadném systému polohu a orientaci objektu manipulace;
- b) Redundantní robot** - s více než šesti stupni volnosti, využívající větší volnosti k obcházení překážek, nebo k pohybu ve stísněném prostoru;
- c) Deficitní robot** - s méně než šesti stupni volnosti (někteří Scara roboti, se 3-4 stupni volnosti, provádějící montáž prvků v rovině).

2. Kinematická struktura:

- a) Sérioví roboti** – s otevřeným kinematickým řetězcem manipulátoru (open-loop chain);
- b) Paralelní roboti** - s uzavřeným kinematickým řetězcem manipulátoru (closed-loop chain);
- c) Hybridní roboti** - kombinující oba typy řetězců.

3. Použité pohony:

- a) elektrické** – v současnosti početně jednoznačně převažující;
- b) hydraulické** – při požadavku vysoké nosnosti;

c) pneumatické – pro vysoké rychlosti.

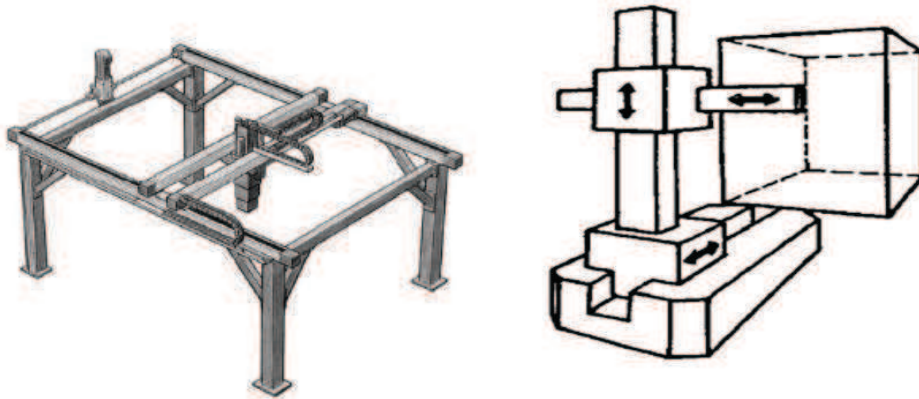
4. Vykonávaná činnost a oblast nasazení:

- a) průmysloví roboti - užívání při činnostech spojených s výrobou různých produktů;
- b) servisní roboti - užívání při obslužných činnostech, buď humánních (zdravotnictví, domácí práce, aj.), nebo v průmyslu či službách (stavebnictví, hlídání objektů, údržba, aj.).

5. Geometrie pracovního prostoru:

- a) Kartézské - žádná změna orientace objektu, pracovním prostorem je hranol, velká prostorová zastavěnost, méně časté použití, nejčastější ve formě podavačů ve výrobních halách, viz. obr. 1.3-4;

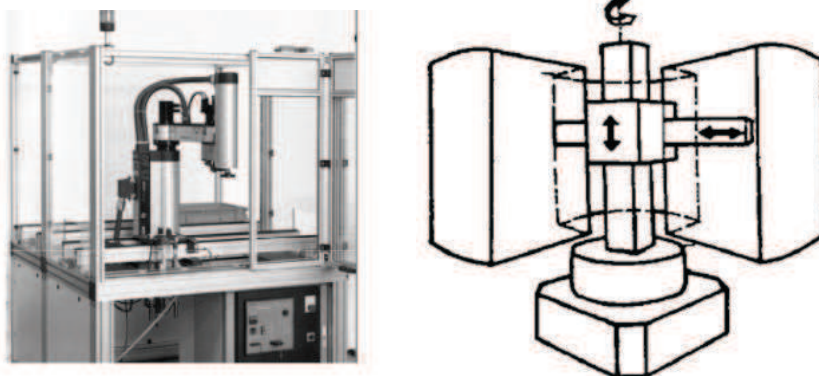
Obr. 1.3-4: Kartézská kinematická struktura



Zdroj: http://www.edumat.cz/texty/Roboty_manipulatory.pdf

- b) Cylindrické - změna orientace objektu, válcový prstenec je pracovním prostorem, velký operační prostor, viz. obr. 1.5-6;

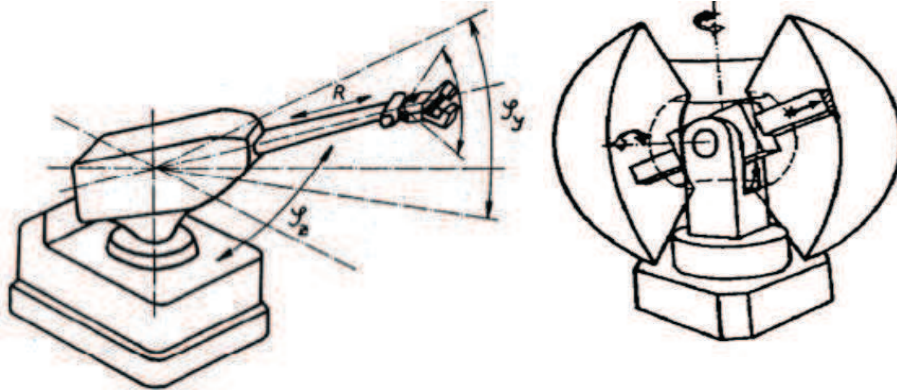
Obr. 1.5-6: Válcová (cylindrická) kinematická struktura



Zdroj: http://www.edumat.cz/texty/Roboty_manipulatory.pdf

- c) Sférické - změna orientace projektu, pracovní prostor je kulový vrchlík, nejširší použití pro svařovací link, viz. obr. 1.7-8;

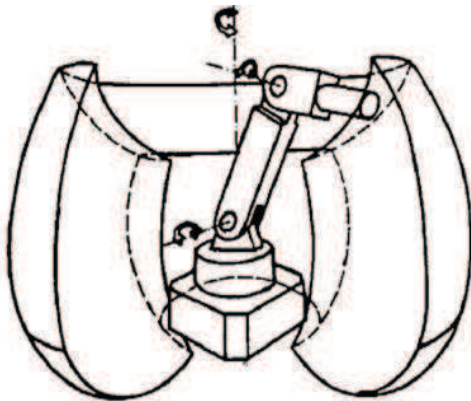
Obr. 1.7-8: Sférická (kulová) kinematická struktura



Zdroj: http://www.edumat.cz/texty/Roboty_manipulatory.pdf

- d) Angulární - technologické výhody při výrobě rotačních částí, vynikající dynamické vlastnosti, minimální zastavěná plocha, viz. obr. 1.9;

Obr. 1.9: Torusová (složená, angulární, anthropomorfní) kinematická struktura



Zdroj: http://www.edumat.cz/texty/Roboty_manipulatory.pdf

6. Kompaktnost konstrukce a funkční autonomnost pohybových jednotek robotů:

- a) Univerzální - univerzalitu zde chápeme jednak z hlediska možného nasazení pro velkou třídu úloh, jednak jako sestavu pohybových jednotek, které jsou na sobě závislé, konstrukčně provázané tak, že žádná z nich není autonomně (a odděleně) funkční. Tito roboti jsou konstrukčně složití a také drazí, což je cena za univerzálnost.
- b) Modulární (modulové) - modulárnost je založena na takovém konstrukčním řešení, kdy každá polohovací jednotka je samostatně

zcela funkční a pomocí vyráběných sad typorozměrových polohovacích jednotek lze složit strukturu, která je přesně přizpůsobena konkrétně zadané úloze. Výrazné snížení pořizovacích (ale i provozních) nákladů vyplývá z užití menšího, ale postačujícího počtu PJ pro strukturu robota a také ze skutečnosti, že tyto jednotky jsou vyráběny ve větších sériích, tedy za nižší náklady a přitom ve vyšší kvalitě. Stále přibývá výrobních firem, které poskytují ucelené typorozměrové řady PJ.

1.2.2 Typologie robotů KUKA pro automobilový průmysl

Firma KUKA nabízí široké spektrum průmyslových robotů. V oblasti svařoven pro automobilový průmysl se využívají zejména roboti typu KR 210, KR240, KR280, KR 360.

Vhodná volba robota závisí na typu procesu, pro který je robot určen. Zohledňuje se váha koncového efektoru pomocí programu KUKA-Load, kde je zřejmá váha daného zařízení, případná kombinace zařízení EFEKTOR a svařovací kleště. V programu se zobrazuje zatížení jak statické, a to na všech šesti osách robota, tak dynamické. Přípustná nosnost robota lze využít dle standardu dané automobilky maximálně na 85% předepsané nosnosti robota. Zde je zohledněna nutná rezerva právě na dynamické zatížení, které je často problémové při zprovoznování svařovací linky na požadovaný takt, respektive na maximální rychlost robota.

KUKA KR 210

Jsou průmysloví roboti, kteří využívají svou obratnost zejména při jednoúčelových operacích a jejichž maximální nosnost v případě KR210 (obr. 1.10) je 210 kg. Nosnost závisí na délce ramene. V takovém případě je koncovým efektozem například manipulátor, který může mít maximální hmotnost i s danou podskupinou karoserie, kterou přemísťuje 210 kg, nebo bodové svařování, kde musíme dbát na hmotnost svařovacích kleští, a dále k nim patří operace nýtování, lepení, navařování matic apod. Tento typ robota se nabízí ve čtyřech provedeních, co se týče délky ramene a s tím související nosnosti. Viz. obr. 1.11 tabulka nosností a dosahů .

Obr. 1.10: Robot KUKA KR210



Zdroj: <https://www.robots.com/robots/kuka-kr-210>

Obr. 1.11: Srovnání robotů KUKA KR210, tabulka nosností a dosahů

Type	KR 210-2	KR 210 L180-2	KR 210 L150-2
Maximum reach	2,700 mm	2,900 mm	3,100 mm
Rated payload	210 kg	180 kg	150 kg

Zdroj: http://robotforum.ru/assets/files/Kuka/KR_210-2_en.pdf

KUKA KR240

Jedná se o průmyslové roboty, které využívají svou obratnost zejména při jednoúčelových operacích a jejich maximální nosnost v případě KR240 (obr. 1.12) je 240 kg. Nosnost závisí na délce ramene. V takovém případě je koncovým efektem například manipulátor, který může mít maximální hmotnost i s danou podskupinou karoserie, kterou přemísťuje 240 kg, nebo bodové svařování, kde musíme dbát na hmotnost svařovacích kleští, a dále k nim patří operace nýtování, lepení, navařování matic apod. Tento typ robota se nabízí ve čtyřech provedeních, co se týče délky ramene a s tím související nosnosti. Viz obr. 1.13 tabulka nosností a dosahů.

Obr. 1.12: Robot KUKA KR240



Zdroj: <https://www.robots.com/robots/kuka-kr-240>

Obr. 1.13: Srovnání robotů KUKA KR240, tabulka nosností a dosahů

Type	KR 240-2	KR 240 L210-2	KR 240 L180-2
Maximum reach	2,700 mm	2,900 mm	3,100 mm
Rated payload	240 kg	210 kg	180 kg

Zdroj:

<https://www.robotskuka.com/app/download/10657871/Manual+Kuka+2000+series+Kr+240.pdf>

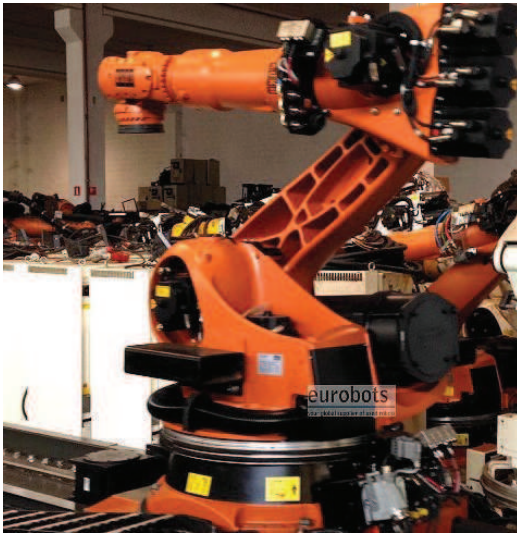
KUKA KR280

Jde o průmyslové roboty, které uplatní svou sílu a výkon zejména při kombinovaných operacích a jejich maximální nosnost je 280 kg. Nosnost závisí na délce ramene. V takovém případě je koncovým efektozem například manipulátor, který může mít maximální hmotnost i s danou podskupinou karoserie, kterou přemísťuje 280 kg. Jedná se opravdu o větší sestavy podskupin karoserie. Robot je využíván převážně ke kombinovaným, procesovým operacím. Takže koncový efektor může být jak manipulátor, tak svařovací zařízení od svařovacích kleští, počínaje lepicím zařízením až nýtováním konče. Obdobně se používá robot typu KR360. KR360 disponuje nosností na koncovém efektoru v rozmezí od 240-360 kg a dosahem 2826 – 3326 mm, zatímco KR 280 nosností 280 kg a maximálním dosahem 3076 mm.

KUKA KR360

Jedná se o průmyslové roboty, kteří uplatní svou sílu a výkon zejména při kombinovaných operacích a jejich maximální nosnost je 360 kg. Nosnost závisí na délce ramene. V takovém případě je koncovým efektozem například manipulátor, který může mít maximální hmotnost i s danou podskupinou karoserie, kterou přemísťuje 360 kg. Jedná se opravdu o větší sestavy podskupin karoserie. Robot je využíván převážně ke kombinovaným procesovým postupům, takže koncový efektor může být jak manipulátor, tak svařovací zařízení od svařovacích kleští, počínaje lepicím zařízením až nýtováním konče. Tento typ robotů je využíván zejména při kompletaci karoserie, která jezdí na dopravníkové technice, viz obr. 1.14, a velké sestavy, jako jsou postranice či podlaha, jsou v jednotlivých krocích přemísťovány. S ohledem na takt cyklu musí být voleni tyto roboti, protože jsou odolní vůči velkému dynamickému zatížení. KR360 disponuje nosností na koncovém efektoru v rozmezí od 240-360 kg s dosahem 2826 – 3326 mm.

Obr. 1.14: Robot KUKA KR360



Zdroj: <https://www.reprobots.de/kuka-robots-kr360-on-linear-track-kl1500-p243-de.html>

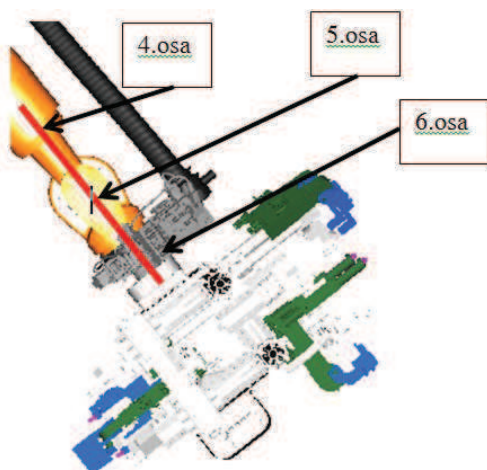
1.2.3 Výhody a nevýhody robotů KUKA v porovnání s roboty firmy ABB

Firma CAD engineering s.r.o. využívá ve spolupráci s německými firmami především roboty firem KUKA a ABB. Tento výběr vychází z požadavků německých automobilových firem, které kladou velký důraz na přesnost a efektivitu daných typů robotů. V následující části popisují výhody a nevýhody výrobků obou firem, přičemž při zpracování robotického pracoviště ve své praktické části jsem se rozhodl využívat roboty od firmy KUKA, které jsou sice dražší, ale spolehlivější, jak uvádím níže. Vycházím však z dlouhodobé zkušenosti firmy CAD engineering a z preferencí koncového zákazníka Volkswagen, který tyto roboty upřednostňuje z výše uvedených důvodů.

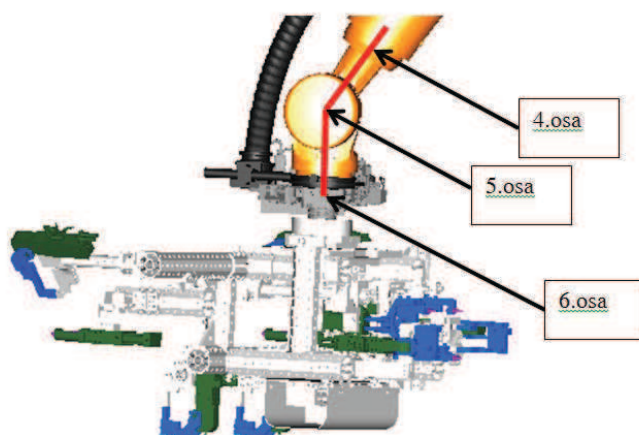
KUKA roboti mají lepší provedení závěsných robotů na nosné konstrukci a KUKA disponuje větším spektrem subdodavatelů pro příslušenství, jako jsou například kabelážní pakety.

V oblasti *singularity* má velkou přednost robot ABB. Singularita znamená minimální zlom kloubů mezi 4. a 6. osou (tzn. na páté ose) $\pm 10^\circ$ u robotů Kuka je to $\pm 15^\circ$. Při nedodržení těchto předepsaných hodnot mají roboti při zprovoznování na hale velký problém rozlišit, jakou osou pohybovat. Viz obr. 1.15.

Obr. 1.15: Špatná konfigurace os



Obr. 1.16: Správná konfigurace os



Zdroj: vlastní zpracování

Zdroj: vlastní zpracování

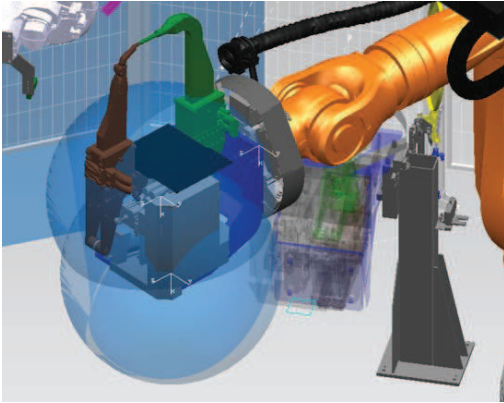
Obr. 1.16 naznačuje špatnou konfiguraci os, z toho plyne, že nebyla dodržena singularita $\pm 15^\circ$. Obrázek 1.21 naopak naznačuje správnou konfiguraci os, z toho plyne dodržena singularita $\pm 15^\circ$.

Safezóny neboli bezpečnostní prostor slouží k vymezení a předem vydefinování pracovního prostoru robota, který je nutné zohlednit při programování. Když robot tuto zónu překročí, je okamžitě celý proces svařovací buňky zastaven.

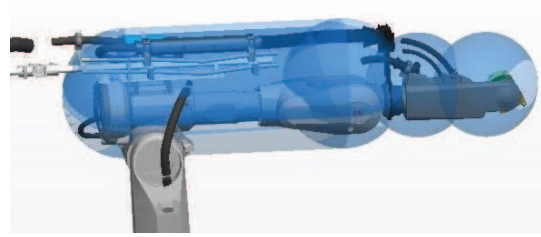
U robotů KUKA má pracovní prostor tvar koule na koncovém efektoru, musí mít jen konkávní tvar a musí se ukrajovat jinou zónou taktéž konkávního tvaru. Koule na daném efektoru mohou být maximálně tři, dle typu a stáří robota, což je jeden ze stěžejních faktorů při práci s roboty Kuka, viz obr. 1.17.

Safezóny u robotů ABB mají na koncovém efektoru libovolné tvary a zóny nejsou omezeny tvarově, ani počtem, viz obr. 1.18.

Obr. 1.17: Sfezóny u robota KUKA



Obr. 1.18: Sfezóny u robota ABB

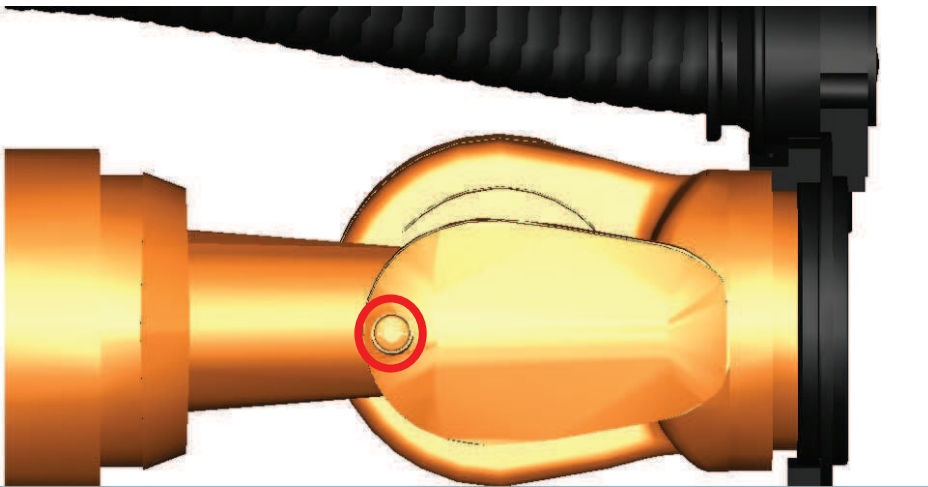


Zdroj: vlastní zpracování

Zdroj: vlastní zpracování

Kalibrace - Kuka roboti mají přesné nastavení os, kde se kalibrují. Pro kalibrování se používá kalibrační trn za hlavou robota, viz. obr. 1.19, což znamená, že koncový efektor by neměl být nikdy za hlavou robota.

Obr. 1.19: Kalibrační trn robota KUKA



Zdroj: vlastní zpracování

ABB se kalibrují v pozici HOME - základní pozice robota. Co se dosahu týče, nabízí firma Kuka vícero možností. Naproti tomu ABB má ve své nabídce robota s nejsilnější přípustnou nosností.

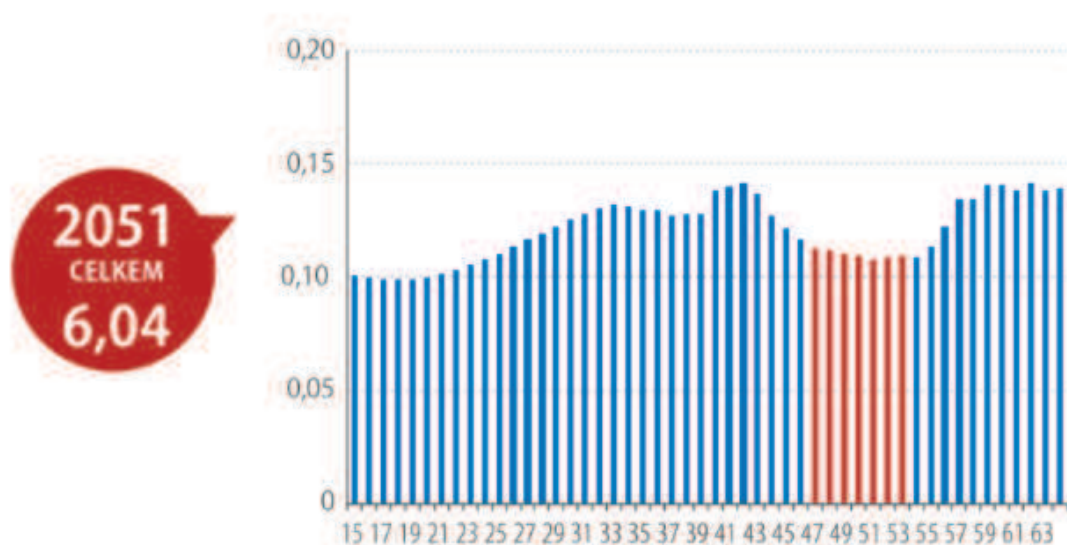
V posledních letech se objevila celá řada konkurenčních firem. Většina prochází z Asie, jeden z významných dodavatelů robotů je firma FANUC z Japonska. Budoucnost ukáže, která z uvedených firem ovládá světový trh.

1.3 Budoucnost robotů v automobilovém průmyslu

Je nutno položit si otázku, zda mají při dnešní míře nezaměstnanosti roboty budoucnost. V Evropské unii je nezaměstnaných přibližně 16,6 milionů obyvatel, dalo by se říci, že roboti žádnou budoucnost nemají, protože pro provádění činností, které je třeba vykonávat, je k dispozici dostatek pracovních sil. Posouzení populačního vývoje dnes a v budoucnosti však hovoří samo za sebe.

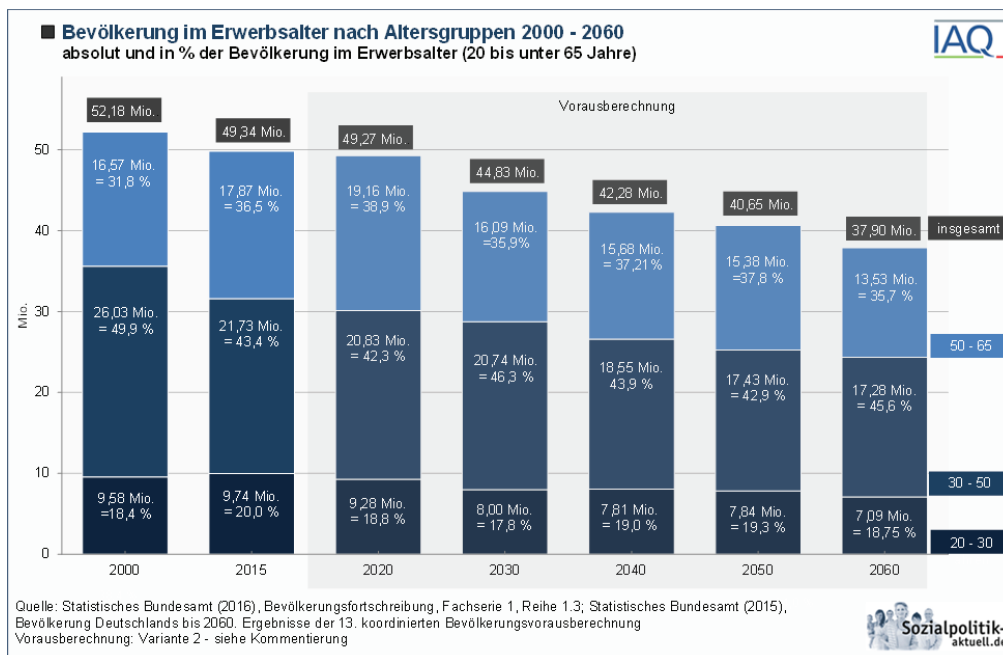
Během následujících téměř 50 let se počet dospělých osob v produktivním věku v Německu sníží o 20 %, ze současných zhruba 50 milionů přibližně na 37 milionů (obr. 1.21). Počet osob, které nejsou schopné pracovat, se bude ve stejném období zvyšovat, přičemž celkový počet obyvatel Německa pravděpodobně poklesne z dnešních 83 mil. přibližně na 75 mil. V České republice žilo na počátku roku 2018 6,9 mil. osob ve věku 15-64 let. Bylo to o půl milionu méně než v roce 2009. Na konci roku 2050 by do této věkové kategorie mělo patřit 6 mil. osob, resp. 56 % obyvatel ČR, viz. obr. 1.20. Pokud chtějí Německo a Evropa, ve které vývoj vypadá podobně, zůstat i nadále konkurenceschopné, a zachovat si alespoň stávající životní úroveň, musí dojít k další racionalizaci a automatizaci výroby. Je to možné pouze za pomoci dále se rozvíjející robotiky. Stejně tak v domácnostech, zdravotnictví či ošetrovatelství masivně vzroste potřeba servisních robotů, které v tomto článku nebyly zmíněny.

Obr. 1.20: Očekávaný počet obyvatel ve věku 15-64 let v roce 2051



Zdroj: <http://www.statistikaamy.cz/2019/02/lidi-v-produktivnim-veku-bude-ubyyvat/>

Obr. 1.21: Vývoj počtu obyvatel v produktivním věku v Německu do roku 2060



Zdroj: <http://www.sozialpolitik-aktuell.de/infografiken-sozialpolitik-soziale-lage-demografie.html>

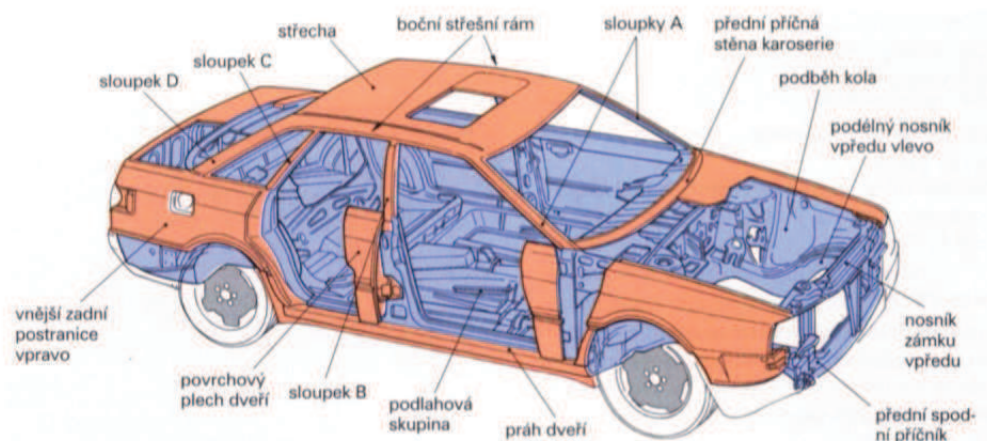
2 Zpracování analýzy současného stavu ve stavbě karoserie

2.1 Karoserie jako produkt

Karoserie je část vozidla, určená k přepravě osob a nákladu a k jejich ochraně před nepříznivými vnějšími vlivy. Je složena z kabiny a úložných prostor, které plní přepravní funkci vozidla. Jak už bylo výše řečeno, slouží karoserie k ochraně zdraví řidiče a dalších osob před vnějšími vlivy. Chrání také jednotlivé části vozidla před vnějšími vlivy. Zajišťuje nám komfort při cestování a také slouží jako ochrana při haváriích. Další její funkcí je snižování aerodynamického odporu, což je patrné především na moderních zaoblených automobilech. Vhodnými tvary lze zajistit co nejmenší odpor vzduchu. Karoserie automobilu je rovněž důležitým estetickým prvkem daného vozu. Karoserie osobních automobilů musí být prostorná, zvukově dobře izolovaná. Musí umožňovat (zejména řidiči) dobrý rozhled, mít dobré větrání a topení a dostatečně velký zavazadlový prostor.

K základním požadavkům na konstrukci karoserie patří bezpečnostní deformační zóny (pasivní prvky bezpečnosti), které při srážce co nejúčinněji ztlumí energii nárazu. Naopak kabina musí být co nejtužší, aby chránila cestující a umožnila jejich snazší vyproštění po nárazu. Důležitá je také odolnost kabiny proti bočnímu nárazu a při převrácení. K ověření těchto vlastností se užívá tzv. bariérová nárazová zkouška (crash – test), při níž funkční vzorek nového vozidla jede rychlostí 50 km/hod proti 100 tun těžkému betonovému kvádru.¹¹

Obr. 2.1: Popis karoserie osobního automobilu



¹¹ <http://zak.iss-slany.cz/?id=1175&action=detail&presenter=Material> [cit. 15.03.2019]

Zdroj: <http://old.kvm.tul.cz/katedra/ped/KDS2/KDS%20II%20-%201.pdf>

Na obr. 2.1 jsou znázorněny jednotlivé části karoserie. Vnější části jsou zobrazeny oranžově, vnitřní části naopak modrou barvou. V následující části uvádím typologii karoserií podle různých specifikací:

Rozdělení karoserií podle dopravního účelu:

- Osobní – karoserie osobních automobilů
- Autobusové – sem patří karoserie autobusů. Mají prostor pro cestující a obsluhu, popř. zvláštní prostor pro zavazadla a prostor pro hnací ústrojí je v jednom konstrukčním celku.
- Dodávkové nebo nákladní – jsou to karoserie dodávkových nebo nákladních automobilů. Prostor pro náklad a prostor pro obsluhu mají vytvořen buď v jednom konstrukčním celku nebo odděleně..
- Speciální - jedná se o karoserie speciálních automobilů. Pokud tvoří účelový prostor a prostor pro obsluhu konstrukční celek, odvozuje se název a definice od názvu a definicí příslušných automobilů (např. dílenská karosérie, zdravotnická karosérie), často jsou však složeny z budky pro obsluhu a speciální účelové části, např. cisterny.
- Karoserie jednostopových motorových vozidel - je vytvořena z částí, jejichž účelem je chránit dopravované osoby i zespodu. Součástí karoserie je i sedlo, různé schránky apod. Může mít nosnou funkci a zastupovat úplně nebo částečně rám vozidla.

Rozdělení karoserií podle umístění na vozidle:

1. **Podvozková karoserie** – je umístěna na rámu pomocí pružných bloků a nemá nosnou funkci (u nákladních automobilů) a je odnímatelná – stejný podvozek lze použít pro různé karoserie. Namáhání od hnacího ústrojí a vnějších sil zachycuje rám s podvozkem. U osobních vozidel se nepoužívá, je běžná u nákladních automobilů a dříve také u autobusů, které byly konstrukčně odvozeny z nákladních automobilů.
2. **Polonosná karoserie** – tento systém částečně přebírá nosnou funkci rámu, rám zde slouží pro připevnění podvozkových orgánů. Rám spolu s karoserií

také zadržuje statické namáhání a sílu způsobenou jízdou, sám není schopen žádného pohybu. Karoserie je pevně propojena s rámem (rozložitelný spoj).

3. **Samonosná karoserie** – tato karoserie je svařena z prostorově uspořádaných plechových dílů s nosnými výztuhami tvořícími bezpečnou a tuhou klec pro posádku; přední, zadní a boční části jsou deformovatelné tak, aby co nejvíce a bezpečně ochránily posádku při havárii. Odolnost proti nárazu je stanovena mezinárodní normou. Konstrukce je lehká, přesto dokáže zachytit veškeré síly (od hnacího ústrojí a způsobené jízdou). Její výroba je levnější a oproti polonosné karoserii má lepší možnosti automatizace. Nevýhodou se mohou zdát mechanické vlastnosti karoserie, které musí splňovat vyšší nároky a složitější možnost obměny (úpravy) karoserie.

Rozdělení samonosné karoserie podle konstrukce:

- **Rámová:** samonosná karoserie tvořící nedělitelný celek s vestavěným rámem.
- **Skořepinová:** vytvořena ve svém celku jako nosník bez nosné kostry.
- **Panelová:** stěny tvořeny z částí (panelů) vhodně spojených a tvořících nosný celek, nebo připevněných (zpravidla odnímatelně) k nosné nebo polonosné kostře.

Rozdělení karoserií podle vnitřního uspořádání:

- **Trojprostorová** karoserie má odstupňovanou zád', oddělené prostory pro motor, posádku i náklad.
- **Dvouprostorová** má splývavou zád' typu hatchback (dnes většinou s lichým počtem dveří), prostor pro motor je oddělen od prostoru pro posádku a náklad.
- **Jednoprostorová** – motor, posádka i náklad od sebe nejsou odděleny pevnými příčkami karoserie. Použita je zejména u minibusů a u osobních automobilů moderní generace

Rozdělení podle tvaru karoserie, typy karoserie:

1. **Sedan** – tříprostorová čtyřdveřová karoserie pro 4-5 osob. Sedan má dvě řady sedadel, stupňovitou zád' a obvykle na každé straně dvě boční okna. Jde o typ karoserie, u kterého je oddělen zavazadlový prostor od prostoru pro posádku. Některé vozy mívají ještě jedno menší za zadními dveřmi. Příklad: Mercedes Benz třídy S, viz. obr. 2.2.

Obr. 2.2: Mercedes-Benz třídy S



Zdroj: <https://www.auto.cz/mercedes-benz-tridy-s-oficialni-fotografie-a-ceny-na-ceskem-trhu-rozsahla-galerie-126-fotek-74500>

2. **Kombi** – dvouprostorová pětidveřová karoserie pro 4-7 osob. Je typem karoserie s velkým zavazadlovým prostorem. Střecha je protažena až do zadní části vozu do zavazadlového prostoru. Svislá zadní stěna tvoří páté, výjimečně třetí dveře. Kombi mívá obvykle dvě až tři řady sedadel, přičemž zadní jsou sklápěcí nebo vyjímatelné pro větší využití prostoru. Prodloužená část je na bocích doplněna třetí řadou bočních oken. Příklad: Škoda Octavia combi, viz. obr. 2.3.

Obr. 2.3: Škoda Octavia combi



Zdroj: <http://www.skoda-auto.cz/modely/octavia/octavia-combi>

3. **Hatchback** – dvouprostorová tří- nebo pětidveřová karoserie pro 4-5 osob. Karoserie se šikmou zádí, většinou má dvě řady sedadel. Zavazadlový prostor je

přístupný dveřmi, které jsou ukotveny ve střeše vozu. Hatchback je typická karoserie, používaná u vozů nižších tříd. Příklad: Volkswagen Golf, viz. obr. 2.4.

Obr. 2.4: Volkswagen Golf



Zdroj: <https://www.volkswagen.cz/modely/prehled#Hatchback-Golf>

- 4. Liftback** – dvouprostorová pětidveřová karoserie pro 4-5 osob s výklopnými zadními dveřmi, vzhledově podobná sedanu. Proti hatchbacku je zád' delší a svažuje se pod mírnějším úhlem dolů. Výhodou liftbacku je především snadný přístup do zavazadlového prostoru. Příklad: Škoda Rapid, viz. obr. 2.5.

Obr. 2.5: Škoda Rapid



Zdroj: <https://www.skoda-storyboard.com/>

- 5. Coupé** – dvoudveřová tříprostorová karoserie určená pro 2-4 osoby. Zád' vozu se směrem dozadu silně svažuje. Tato koncepce se využívá především u sportovně zaměřených vozů. Příklad: Toyota GT86, viz. obr. 2.6.

Obr. 2.6: Toyota GT86



Zdroj: <https://www.toyota.cz/new-cars/gt86/index.json#/gallery/1016-834370/0>

- 6. Kabriolet** – tříprostorová, otevřená, dvou- nebo čtyřdveřová karoserie pro 2-4 osoby. Střecha bývá plátěná nebo z pevných materiálů (ocel, kompozit). V případě pevné střechy se vžilo označení kupé kabriolet. Snímání střechy může být strojní, pomocí elektromotorů do zavazadlového prostoru, nebo ruční. U některých kabrioletů je montována snímací pevná střecha, takzvaný hard-top. Dveře jsou bez rámu skel. Karoserie musí mít podlahové vyztužení kvůli torzní pevnosti. Příklad: Mazda MX-5, viz. obr. 2.7.

Obr. 2.7: Mazda MX-5



Zdroj: <https://www.mazda.cz/modely/mazda-mx-5/>

- 7. Roadster** – dvoudveřová tříprostorová karoserie pro 2-3 osoby. Roadster nebo také Spider jsou otevřené, původně dvoumístné karoserie bez bočních a zadních oken. Střecha je látková, nebo vůbec není. Někteří výrobci mezi kabrioletem a roadsterem nečiní rozdíl. Příklad: Honda S2000, viz. obr. 2.8.

Obr. 2.8: Honda S2000



Zdroj: <https://bringatrailer.com/listing/2004-honda-s2000-13/>

- 8. Off-road/Crossover** – dvouprostorová pětidvéřová karoserie pro 4-9 osob. Crossover jde napříč kategoriemi. Většinou má zděděný pohon 4x4 a vyšší světlou výšku z SUV, plus pobírá prvky MPV s možností kombinovat interiér. Tyto vozy zvládnou i lehčí terén, ale jsou primárně určeny do městského provozu. Je přizpůsoben k jízdě v terénu. Disponuje vyšší světlou výškou, velkými nájezdovými úhly a pohonem všech čtyř kol. Dalšími znaky jsou velké pneumatiky a měkčí tlumiče. Karoserie může být otevřená nebo uzavřená. Tyto vozy jsou označovány jako off-road. Často jsou za ně zaměňovány i SUV vozy, ale není terén jako terén. Příklad: Land Rover Defender, viz. obr. 2.9.

Obr. 2.9: Land Rover Defender



Zdroj: <https://www.tipcars.com/nove/land-rover-defender/pick-up/benzin/land-rover-defender-2-2-spect-20733441.html?bez-reklam&fotogalerie=1>

- 9. SUV** – dvouprostorová pětidvéřová karoserie pro 4-7 osob, kombinuje výhody většího vnitřního a zavazadlového prostoru se schopností brázdit jak silnice, tak lehčí terén. Příklad: Škoda Yeti, viz. obr. 2.10.

Obr. 2.10: Škoda Yeti



Zdroj: <https://www.havex.cz/cz/nova-skoda-yeti>

- 10. MPV** – dvouprostorová karoserie pro 5-7 osob. Auta zaměřená na rodinu. Označení znamená Multi Purpose Vehicle nebo také Multi Utility Vehicle. U nás se překládá jako velkoprostorový vůz. Jde o druh osobního automobilu, jenž se tvarem podobá dodávce. Odlišnost od vozů kombi je především ve zvýšené střeše a větší variabilitě interiéru. MPV mívají dvě až tři řady sedadel, která jsou většinou výše, než je běžné v osobním automobilu. Uspořádání je obvykle pětidveřové. Příklad: Škoda Roomster, viz. obr. 2.11.

Obr. 2.11: Škoda Roomster



Zdroj: <http://www.tommu.cz/auto&id=osobni-skoda-roomster.htm>

- 11. Shooting brake** – automobil kombinující coupé a combi, dvouprostorová karoserie pro 4-5 osob. Příklad: Ferrari FF, viz. obr. 2.12.

Obr. 2.12: Ferrari FF



Zdroj: <http://www.ferrari.com/detail-2016-ferrari-ff-used-16939529.html>

- 12. Pick-Up** - Jedná se o malý nákladní automobil. Nákladní prostor je původně odkrytý, ale může být zakryt plachtou nebo nástavbou. Samostatná uzavřená kabina pro posádku mívá jednu až dvě řady sedadel. Některé, převážně evropské pick-upy bývají odvozeny z osobních automobilů. Příklad: Renault Alaskan, viz. obr. 2.13.

Obr. 2.13: Renault Alaskan



Zdroj: <https://www.autorevue.cz/dalsi-novy-pick-up-vstupuje-na-trh-tentokrat-alaskan-od-renaultu>

- 13. Limuzína** – tříprostorová čtyř- až šestidveřová karoserie pro 6-9 osob. Jedná se o sedan s dlouhým rozvorem se dvěma a více řadami sedadel. Limuzína může mít za předními sedadly přepážku oddělující prostor pro řidiče a cestující. Příklad: Mercedes-Benz S600 Pullman, viz. obr. 2.14.

Obr. 2.14: Mercedes-Benz S600 Pullman



Zdroj: <http://www.auto.cz/mercedes-maybach-s-600-pullman-guard-superluxusni-jezevcik-dostal-brneni-98437>

2.2 Technologie spojování dílů karoserie

2.2.1 Nýtování

Patří k dalším méně používaným metodám spojování podskupin karoserie automobilu. Toto spojení je specifické tím, že je nevratné, nedá se opětovně rozebrat a použít znovu. Je to spojení dvou nebo více strojních dílců, které jsou spojeny prostřednictvím nýtů nebo čepů.

Druhy nýtování: nýty jsou rozdělovány na plné a duté. Plné jsou vyráběny z mědi, mosazi, hliníku a jiných měkkých kovů. Při tvoření nýtového spoje mohou být vytvořeny různé druhy nýtovacích spojů. Existuje spoj jednořadý, dvouřadý, rovnoběžný, střídavý a také spoj se stykovou deskou. Další spoje existují, ale už nejsou tak často používány.

Problematika vytvoření nýtového spoje tkví v tom, že nýtový spoj musí být velmi kvalitní, aby mohl být bezpečně použit. V případě pochybení při výrobě nýtového spoje vzniká spousta možných závad jako deformace, pokřivení a jiné, které mohou způsobit nefunkčnost a nepoužitelnost nýtu ve výrobě.

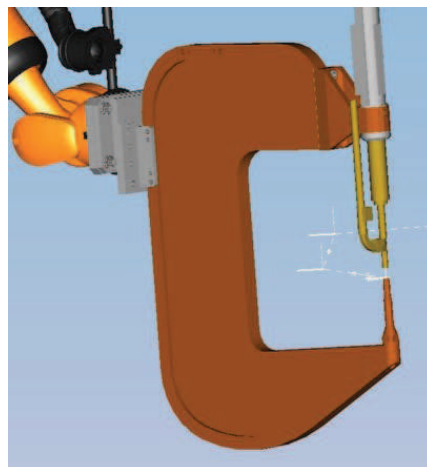
Pro nýtové je spoje je zapotřebí zvolit správný druh nýtovacích kleští obr. 2.16. Kleště byly dříve pneumatické, ale se zvyšováním nároků na kvalitu spojů se v dnešní době používají kleště elektrické. Jejich výhodou je zaručený tlak na spojovací nýt a kvalita provedeného spoje.

Obr. 2.15: Nýt spojující dva plechy



Zdroj: Kap14_An102_3_PN1100-A1309_Halbhohlstanznieten.pdf

Obr. 2.16: Nýtovací kleště



Zdroj: vlastní zpracování

Výhody nýtování:

- spojování různorodých materiálů;
- spojování součástí, které jsou přístupné z jedné strany (např. nýtovací kleště a nýt s trnem);
- nízké pořizovací náklady;
- nevzniká žádné pnutí.

Nevýhody nýtování:¹²

- nízká produktivita práce;
- nižší pevnost;
- vysoká pracnost a fyzická námaha;
- zeslabení spojovaných materiálů nýtovými dírami.

2.2.2 Lepení

Technologie lepidla se stala jednou z nejdůležitějších spojovacích technologií v automobilovém průmyslu. V Německu bylo v roce 2014 vyrobeno 833 000 tun lepidel a 164 000 tun tmelů. Metoda je velice úspěšná vzhledem ke svým vlastnostem a je používána především z důvodu rovnoměrného rozložení napětí a možností spojování konstrukčních materiálů.^{13 14}

Tato metoda je volena obzvláště u nepřístupných plechů, tam kde je špatný dosah svařovacími kleštěmi. Na daný díl je aplikováno lepidlo pod stacionární lepicí pistolí, nebo lepicí pistolí jako koncový efektor robota. Následně je díl založen k jinému dílu, s kterým má být spojen.

¹² <https://coptkm.cz/portal//reposit.php?action=0&id=26964&revision=-1&instance=2> [cit. 15.03.2019]

¹³ https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=101399 [cit. 15.03.2019]

¹⁴ [https://www.om-
klebetechnik.de/fileadmin/user_upload/Bayern_Innovativ_Kleben_Automobilbau_2015.pdf](https://www.om-klebetechnik.de/fileadmin/user_upload/Bayern_Innovativ_Kleben_Automobilbau_2015.pdf) [cit. 15.03.2019]

Lepidla dělíme na reakční a tuhnoucí.

a) Reakční lepidla (obr. 2.17) dělíme dle způsobu vytvrzování na:

- lepidla vytvrzující teplem;
- lepidla vytvrzující vlhkostí.

b) Tuhnoucí lepidla - lepidla se vytvrzují pouhým snížením teploty, odtékáním rozpouštědel. Jedná se o lepidla s nižší pevností.

Tuhnoucí lepidla lze dělit dle vytvrzování na:

- ztuhnutí - tavná lepidla,
- odpaření - rozpouštědlová, disperzní, kontaktní,
- trvale lepivá - lepidla citlivá na tlak.

Obr. 2.17: Reakční lepidla a jejich vlastnosti

Tabulka: Reakční lepidla							
Lepidlo	Počet složek	Vytvrzování		Pevnost ve smyku N/mm ²	Tepelná odolnost ve °C	Zvláštní vlastnosti	
		°C	doba				
Vytvrzování za studena	epoxidová pryskyřice	2	20	48 h	do 32	-60 až +80	velká pevnost a dobrá pružnost, ohřev urychluje vytvrzování
	akrylát	2	20	10 min	8 až 20	do +100	lepidlo a tužidlo se nanáší odděleně, vytvrzení začíná spojením ploch
	polyuretan	2	20	do 80 h	7 až 15	-200 až +30	vytvrzení se může zrychlit na 0,5 h, vytvrzení může probíhat za přístupu vzduchu
	kyan-akrylát	1	20	3 až 180 s	do 25	-40 až +120	rychlé vytvrzení (sekundové lepidlo); ve vrstvě 0,2 mm, lepi též elastomery
	anaerobní lepidlo	1	20	6 až 42 h	do 40	-60 až +200	vytvrzení bez přístupu vzduchu; hlavně k upevnění pouzder a fixaci šroubů
Vytvrzování za tepla	epoxidová pryskyřice	2	120	15 min	do 40	-60 až +80	velká pevnost a dobré zatékání; také k vyplňování velkých dutin
	fenolová pryskyřice	1	120	120 min	do 40	-60 až +200	velká pevnost, velká tepelná odolnost, malé zatékání; k vytvrzení je nutný tlak
	polymidová lepidla	1	120	-	25	-60 až +200	vícetupňové vytvrzování bez přístupu vzduchu za zvýšeného tlaku; krátkodobě odolává 500 °C

Zdroj: http://images.slideplayer.cz/9/2541773/slides/slide_9.jpg

Výhody lepených spojů:

- a) Struktura lepených spojů zůstává nezměněna.
- b) Přenos sil mezi díly je nezměněný.
- c) Těsné spojení je i mezi různými materiály.
- d) Lepení není manuálně náročnou činností při konstrukci.

Nevýhody lepených spojů:

- a) velká styčná plocha;

- b) malá únavová pevnost a tepelná odolnost;
- c) v některých případech zdlouhavý proces vytvrzování.

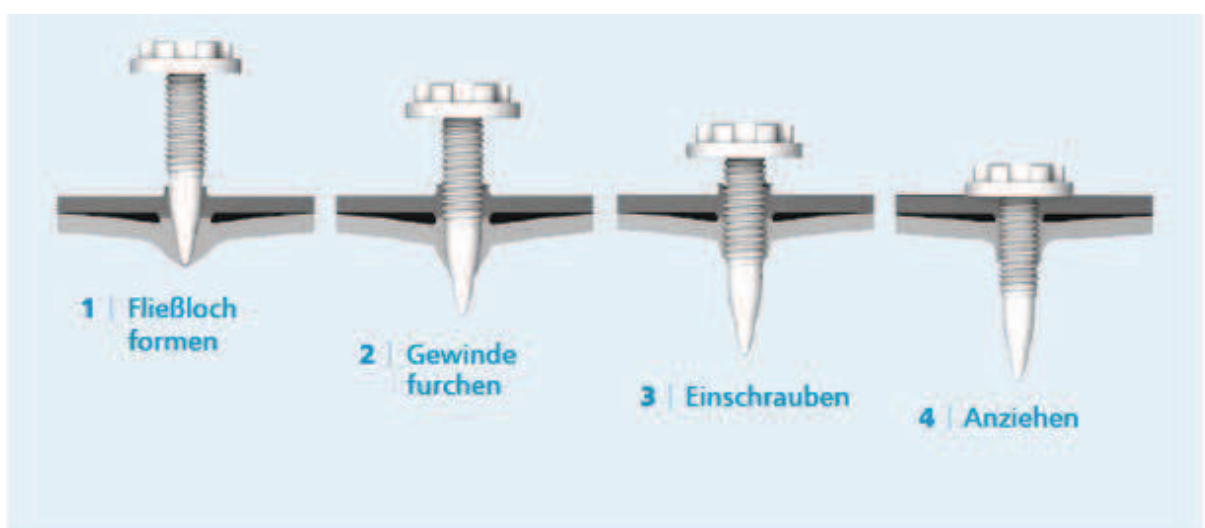
2.2.3 Šroubování

V montáži se pouští od běžného svařování, které je nahrazováno alternativními spojovacími postupy. Nýtování se jeví také jako možný postup, ovšem za předpokladu, že je šroubovací místo přístupné ze dvou stran. Pokud to konstrukce nedovoluje, nabízí se bezproblémové šroubování pomocí tvářecích šroubů. Ty vytvoří pevný spoj a spolehlivě přišroubují plechy z nejrůznějších materiálů. Tato metoda, rovněž stále častěji používaná zejména u automobilky BMW, je nazývána FLS (obr. 2.21).

Metoda FLS využívá automatického šroubováku který je zpravidla připevněn jako koncový efektor robota. Pro tuto metodu je velice důležité dodržet standarty automobilky na velikost a typ robota pro dodržení správného provedení šroubovacího spoje.

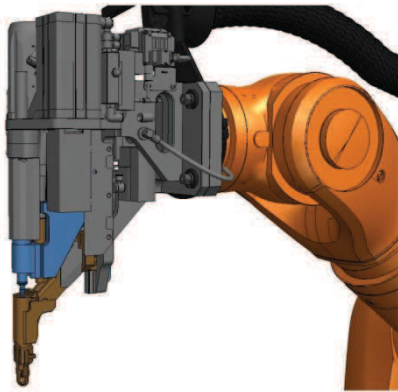
Princip FLS spočívá ve velmi rychlém roztočení šroubu, který je následně přitlačován na dva přes sebe překryté plechy. Vysokou rychlostí rotace a přitlakem šroubu na materiál se začne okolí šroubu tavit, šroub si formuje díru a vlivem roztavení materiálu vzniká závit. Jde tedy o rozebíratelný spoj (obr. 2.20).

Obr. 2.18: Rozebíratelný spoj



Zdroj: <https://www.arnold-fastening.com/de/fasteners/fuegen-von-blechen/fliesslochformen.html>

Obr. 2.19: FLS šroubovací zařízení



Zdroj: vlastní zpracování

2.2.4 Ultrazvukové svařování

Ultrazvuková svařovací technika (obr. 2.22) se během posledních dvaceti let prosadila jako důležitá spojovací technologie a prochází od té doby prudkým vývojem. Jak se technologie vyvíjí, rozsah materiálů, které mohou být svařovány, se zvětšuje. Nejprve bylo možno svařovat jen neflexibilní plasty, protože jejich vlastnosti materiálu dovolily účinný přenos akustické energie od části k části. V dnešní době se však již běžně tato technologie používá ke svařování téměř veškerých plastů, kovů, slitin a jejich kombinací.¹⁵

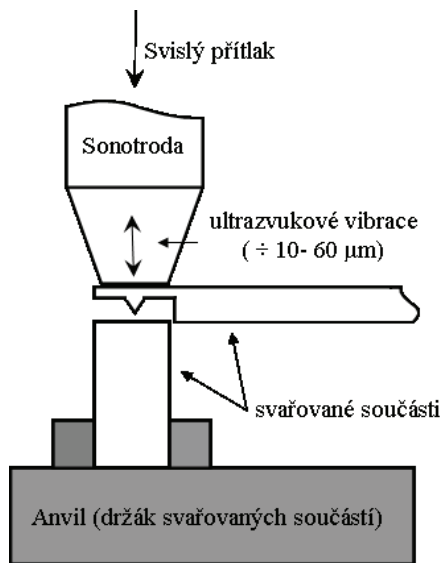
Procesy, které probíhají při ultrazvukovém svařování, probíhají podobně jako svařovací procesy za studena nebo během třecího svařování. Princip svařování ultrazvukem: rozkmitáním rozhraní spojovaných materiálů dochází k tření a tím k nárůstu teploty, která sice není dostatečně vysoká pro natavení spojovaných materiálů, ale která podpoří difúzi atomů a pohyb vakancí a dislokací.¹⁶ Frekvence kmitů se pohybuje mezi 10 – 100 kHz. Teplota v místě svaru dosahuje max. 60% teploty tavení svařovaných materiálů.

¹⁵ <http://homen.vsb.cz/~hla80/2009svarovani/2-06-41.pdf> [cit. 28.03.2019]

¹⁶

http://ust.fme.vutbr.cz/svarovani/img/opory/hsv_specialni_metody_svarovani_svarovani_ultrazvukem_mna.pdf [cit. 28.03.2019]

Obr. 2.20: Popis procesu svařování ultrazvukem



Zdroj: <https://ultratech.webnode.cz/ultrazvukove-svarovani-plastu/>

Vznik svarového spoje:

- 1) Tvorbou vzájemných kontaktů – dojde k působení meziatomových van der Waalových sil.
- 2) Tvorbou aktivních center – dojde k aktivaci dotykových povrchů (dislokace, vakance).
- 3) Objemovými procesy – ty nastávají po utvoření aktivních center. Dochází k plošné interakci spojovaných materiálů. Výsledkem je tvorba mikrosvarů s kovovými vazbami, relaxace napětí, difuze prvků, nových fází, rekrystalizačních jevů atd.

Mechanické kmity se získávají přeměnou elektrické energie při využití magnetostrikčního nebo piezoelektrického jevu. Základem ultrazvukové svářečky je magnetostrikční nebo piezoelektrický ultrazvukový měnič. Jsou řízeny mikroprocesorově s možností nastavení parametrů a jejich aktivního řízení. Nevýhodou je, že ultrazvukové svařování je velmi citlivé na rušivé vlivy, které mohou ovlivňovat reprodukovatelnost procesu. Při ultrazvukovém svařování se používá zejména bodové nebo švové svařování.

Existují dva režimy ultrazvukového svařování:

- a) Velká amplituda a_0 a malá přitlačná síla F_p . Charakteristické jsou velké plastické deformace kovů, rychlý nárůst teploty v místě svaru, vysokou teplotou se urychlí difuze, zrno roste.
- b) Malá amplituda a velká přitlačná síla, lepší pevnost spojů. Teplota se v místě svaru zvyšuje pomaleji.

Svařované plochy v případě kovů nevyžadují speciální přípravu. V některých případech nejsou na škodu ani plochy špatně očištěné, zoxidované, opatřené různými vrstvami a dokonce izolované, neboť při procesu svařování způsobí přiváděná mechanická energie nejprve rozrušení přítomných nečistot. V případě svařování plastů určité úpravy svarových ploch velmi ovlivňují nejen svařovací čas, ale i kvalitu spoje. Výhodné je, když se na jedné součástce vytvoří styková plocha rovná, na protichůdné však klínový průřez. Tímto způsobem se vytvoří optimální kontakt, který minimalizuje potřebnou spotřebu energie na svařování.¹⁷

Použití v technické praxi: ultrazvukové svařování je výhodné použít tam, kde jiné technologie nejsou vyhovující, zejména v elektronickém a elektrotechnickém průmyslu, ve vakuové technice a při výrobě jemných přístrojů. Svařovaná tloušťka: s růstem tloušťky materiálu vzrůstá útlum mechanického vlnění. Maximální tloušťky dosud svařované ultrazvukem jsou: 3,17 mm u hliníku, 2 mm u mědi, 0,5 až 0,75 mm u molybdenu, wolframu a kobaltu, folie zlata, stříbra a platiny se dají svařovat až do tl. $4 \cdot 10^{-3}$ mm. Se zmenšující se svařovanou tloušťkou se zlepšuje reprodukovatelnost dosažené pevnosti svarového spoje.

Příkladem dílů svařených ultrazvukem jsou např. části kondenzátorů, přívodné drátky k polovodičům a jím magnetických cívek, pouzdra tranzistorů, termoplasty - např. filmové kazety, rámečky na diapozitivy, obalová technika, a to z polystyrenu tvrzeného PVC, a polyakrylátu.

Za výhodu ultrazvukového svařování můžeme považovat fakt, že tepelné ovlivnění svarového spoje je nižší než u tavných metod svařování, nenastává tedy

¹⁷ <http://homen.vsb.cz/~hla80/2009svarovani/2-06-41.pdf> [cit. 28.03.2019]

změna vlastností materiálu. Styčné plochy nevyžadují před svařováním nákladnou a zdlouhavou přípravu. Umožňuje to svařovat materiály a jejich kombinace, které jsou tavnými způsoby svařování nesvařitelné, například kombinace kovových a nekovových materiálů.

Nevýhodou je, že lze svařit pouze malé díly, na které stačí konstrukce ultrazvukové svářečky. Je také nutno pro každý spoj na míru vyrobit příslušné nástroje a přípravy.

2.2.5 Laserové svařování

Laserové dálkové svařování (obr. 2.23 a 2.24) je obzvláště rychlou variantou svařování laserovým paprskem. Přitom laserový paprsek je vždy přesně vyrovnán s komponentem pomocí vysoce dynamických zrcadel. Laserový paprsek je umístěn "vzdáleně", na vzdálenost až jednoho metru.

Principiálně se skládá svařovací optika pro laserové - dálkové svařování z optické výstavby s jednou nebo více poháněnými vychylovacími jednotkami, tzv. zrcadlení nebo Scanner-moduly. Ty umísťují laserový bod v oblasti pracovního pole optiky. Tím je možné libovolně, pevnostně správné svařovací vzory a formy aplikovat na sestavy ke svařování bez toho, že by se přitom muselo nutně pohybovat optikou. Zpravidla je svařovací optika připevněna na pohyblivém vodičím stroji. Typické jsou klouboví roboti, čímž jsou svařovací operace flexibilně proveditelné na velkých dílech v trojrozměrném prostoru.

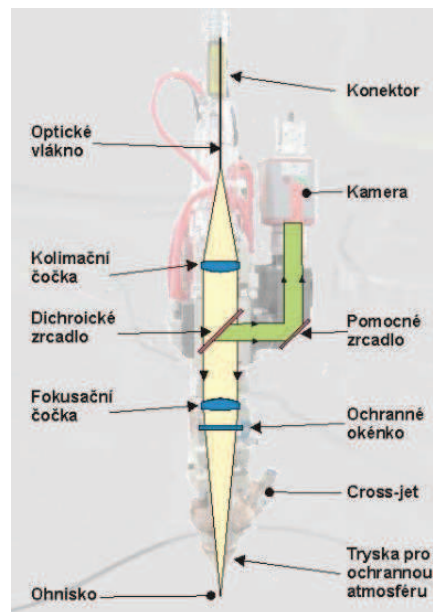
Svařovací optiky pro laserové a dálkové svařování vykazují velké pracovní odstup, uskutečněné ohniskovou vzdáleností většinou větší $f = 500$ mm. Nechájí se bezkolídně vést přes upínací zařízení. Ve srovnání s běžným laserovým svařováním odpadá časově náročné polohování optiky mezi jednotlivými svařovacími úkoly. Přitom představují robot a dálková svařovací hlava kinematicky propojený systém, jehož řídicí řešení je stěžejní pro úspěch spojovacího úkolu. Kombinace laserového paprsku s dálkovou optikou je tedy ideálním spojením, při kterém je nástroj - světlo kombinován s vysoce výkonnostními vychylovacími jednotkami.

Výhodou laserového dálkového svařování je to, že zrcadla se pohybují mnohem rychleji než konvenční svařovací hlava. V důsledku toho mohou být neproduktivní polohovací doby v průmyslových aplikacích významně sníženy. Tento proces se používá hlavně pro sériové aplikace u společností zabývajících se zpracováním plechu, zejména v automobilovém průmyslu.¹⁸

Obr. 2.21: Svařování laserem



Obr. 2.22: Podrobné svařování laserem



Zdroj:

http://ust.fme.vutbr.cz/svarovani/img/opory/hsv_specialni_metody_svarovani_svarovani_laserem_2013_mrna.pdf

2.2.6 Navařování matic a čepů

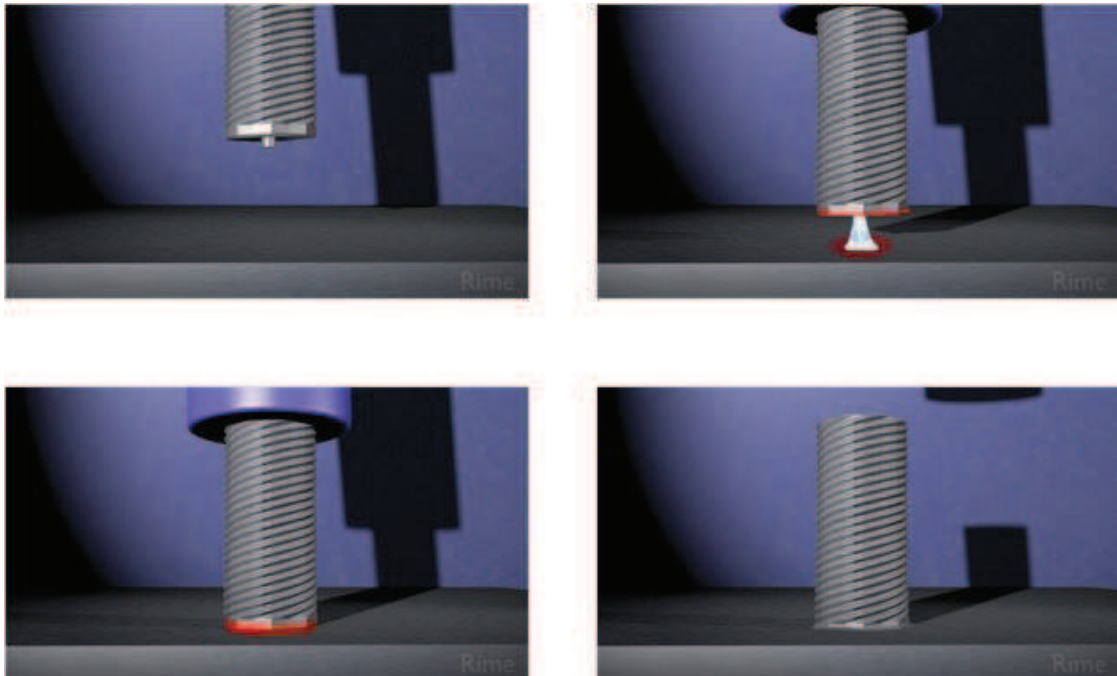
Jde o speciální formu obloukového svařování, používaného pro trvalé spojení mezi plechy a šrouby. Oblouk se zapálí přímo mezi plechem a šroubem nebo čepem, čímž se povrchy pro vstup a výstup oblouku roztaví. Dvě kovové části jsou ve stavu taveniny spojeny mírným tlakem a jsou tak trvale spojeny (obr. 2.25).

¹⁸

http://ust.fme.vutbr.cz/svarovani/img/opory/hsv_specialni_metody_svarovani_svarovani_laserem_2013_mrna.pdf [cit. 28.03.2019]

Tento typ svarovacího svařování je univerzálně použitelný. Používá se mj. v elektrotechnickém průmyslu, ale především v automobilovém průmyslu.

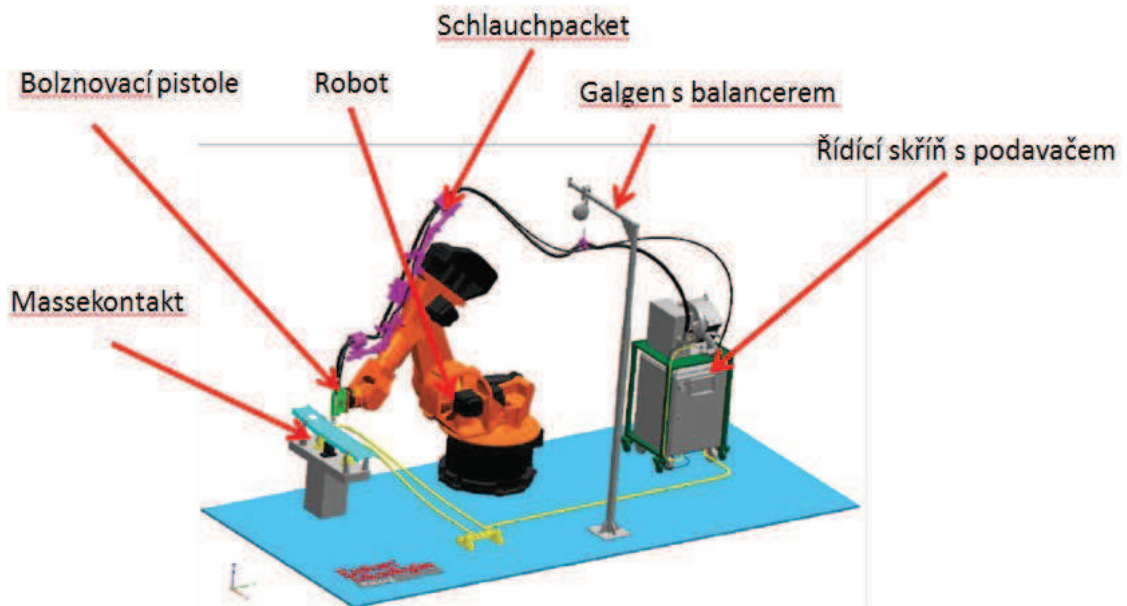
Obr. 2.23: Navařování kovových částic



Zdroj: <https://www.rime.de/schweissen/bolzenschweissen/>

Tato metoda, ať už ruční (obsluhovaná operátorem) či plně automatická, umožňuje navařovat šrouby, kuličky, trny, matice, svorníky a veškeré tyto komponenty, které jsou nezbytně nutné pro další montáž a kompletaci automobilů. Připevňují se na ně elektrické kabely, plechy, výztuhy, koberce apod. K tomuto procesu je nutné specifikovat svářecí zařízení, tzv. pistole, a další příslušenství, jako jsou řídicí skříně a podavače (obr. 2.26). K nejznámějším a nejvíce používaným dodavatelům patří firmy Tucker a Nelson.

Obr. 2.24: Svařovací zařízení a další příslušenství



Zdroj: vlastní zpracování

Navářovací pistole dělíme podle daného typu šroubu. Typy šroubů: GGB, EK, DK, MB, GFB. Existují pistole kombinované, které dokáží svařit více typů šroubů. Takové pistole nazýváme Flex (dva typy šroubů) (obr. 2.28) nebo Multi (tři typy šroubů) (obr. 2.29).

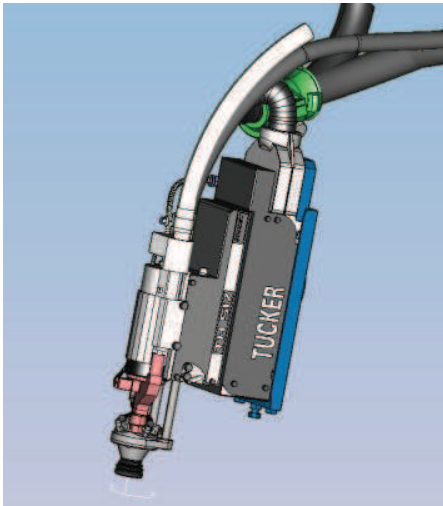
1. TR610 Multikopf

Má natáčecí hlavu po 5° a dokáže navařit max. tři typy matic současně. Čas potřebný pro navaření matic včetně nájezdu je cca 6,5 sekundy. Při navařování matic je dovolená vzdálenost pistole od plechu min. 2 mm.

Výhody: Pomocí natáčecí hlavy se dokáže dostat pistole do velmi složitých míst. Může svařit více typů současně.

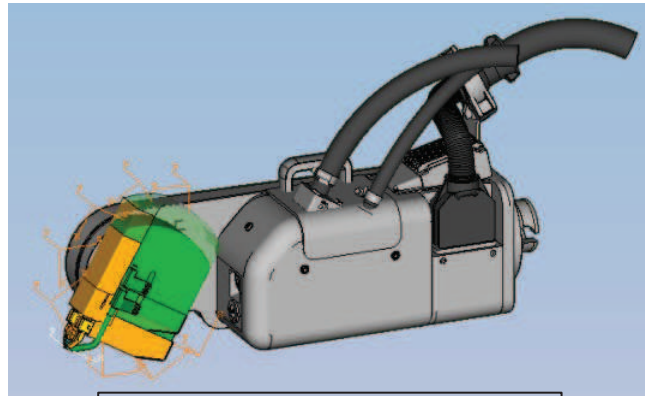
Nevýhody: Je dražší, oproti pistolím Singelkopf a Flexkopf potřebuje pistole více času pro navaření matice.

Obr. 2.25: Pistole Tucker Flex



Tucker/ Flex
TH517 / GGB + Kugel

Obr. 2.26: Pistole Tucker Multi



Tucker/ Multi
TR610 / GGB + GFB + MB

Zdroj: vlastní zpracování

Zdroj: vlastní zpracování

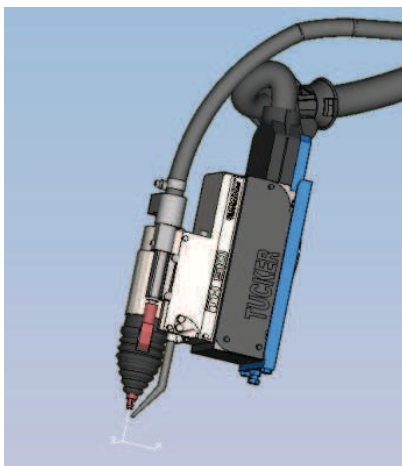
2. TH510 Singelkopf

Pistole Th510 Singelkopf (obr. 2.30) je malá a dokáže navařovat jeden typ matice. Navaření matice včetně nájezdu trvá cca 3,7 sekundy. Při navařování je dovolená vzdálenost pistole od plechu min. 2 mm.

Výhody: Je levnější, oproti pistoli Multikopf potřebuje pistole méně času pro navaření čepu.

Nevýhody: není tak kompaktní, nemůže více typů navařovat současně.

Obr. 2.27: Pistole Tucker Single

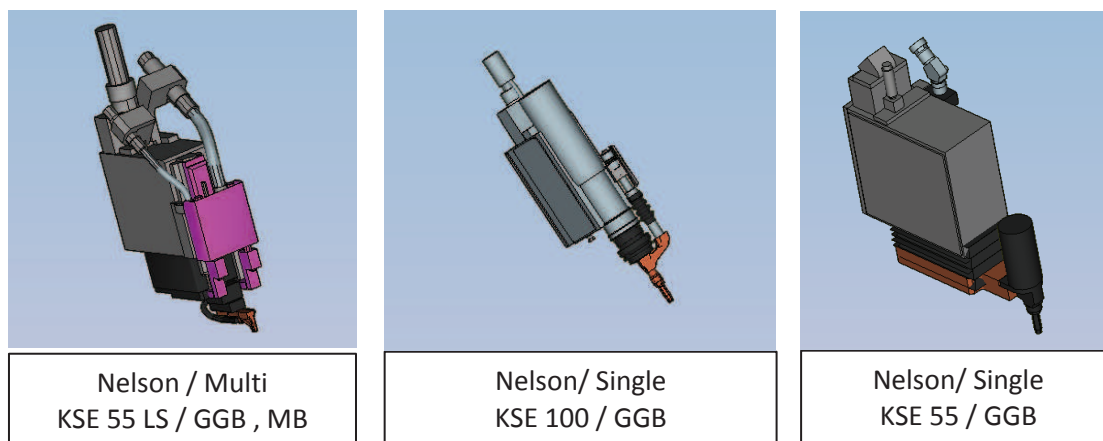


Tucker/ Single
TH510 / GGB

Zdroj: vlastní zpracování

Častěji používané svařovací pistole (obr. 2.31), které dokáží pracovat pouze s jedním typem šroubu, se nazývají Single. Jsou rychlejší a méně nákladné, a proto najdou větší využití.

Obr. 2.28: Dva typy pistolí flex a a multi od rozdílných dodavatelů



Zdroj: vlastní zpracování

2.3 Bodové odporové svařování

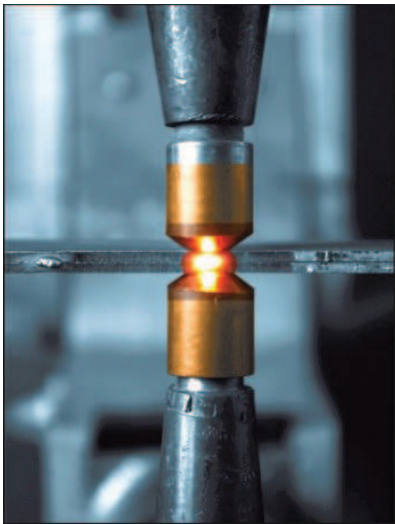
Bodové svařování je nejnámějším druhem odporového svařování. Spoj je tvořen jedním nebo několika bodovými svary dvou přes sebe přesahujících plechů. Pro svařování se používají zvláštní kontaktní špičky. Bodové svařování je průběžným procesem využívajícím otáčejících se elektrod na překrývajících se plochách. Po vypnutí proudu při stálém působení tlaku materiál ztuhne a vytvoří tzv. svarovou čočku. Přitlačování elektrod se provádí u bodové svářečky mechanicky, pneumaticky nebo hydraulicky. Svařovací proudy při svařování: $I = 103 \text{ A}$ až 105 A . Hodnoty přitlačné síly jsou potom mezi $F = 500$ až $10\,000 \text{ N}$. Časy svařování se pohybují okolo $0,04$ až 2 sekundy. Je-li dodán nižší proud v delším svařovacím čase, je na materiál zapotřebí nižší přitlačná síla. Tomuto způsobu svařování se říká **měkký režim**. Nevýhodou této metody je, že vyžaduje delší čas na spojení materiálu, spoj je méně pevný, vzniká zde napětí a větší deformace svaru. Je nutné častěji seřizovat svařovací elektrody.

I přes tyto nevýhody mohou mít stroje menší průřezy vodičů použitím nižšího příkonu. Tato metoda také není náročná na odchylky svařitelnosti svařovaných materiálů.

Je-li dodán vysoký proud v krátkém čase při použití vyšší přitlačné síly, říkáme tomuto způsobu svařování **tvrdý režim**. Výhodou je vyšší produktivita práce, a to díky krátkým svařovacím časům. Výhodou také je, že zde nastávají minimální deformace a napětí spoje, struktura je také lepší díky rychlejšímu chladnutí, což je způsobeno krátkodobým působením tepla. Vzniká zde nižší spotřeba elektrické energie i elektrod. Nevýhodou je, že u této metody musí být konstrukce strojů robustnější, o velkých příkonech, se speciálními vyvažovači.

Odporové svařování nachází uplatnění jak v mechanizovaných a robotizovaných pracovištích při sériové výrobě, např. ve výrobních karoseriích, tak i v malosériových provozech.

Obr. 2.29: Bodové svařování

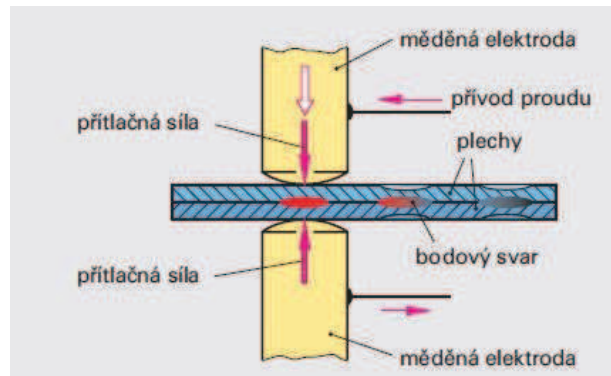


Zdroj:

<http://typo3.p353375.mittwald.info/schweissverfahren/punktschweissen/>

Obr. 2.32 zobrazuje dvě měděné elektrody, které na plechu (neuveden druh) tvoří bodové sváry za přívodu proudu.

Obr. 2.30: Bodové svař. podrobně

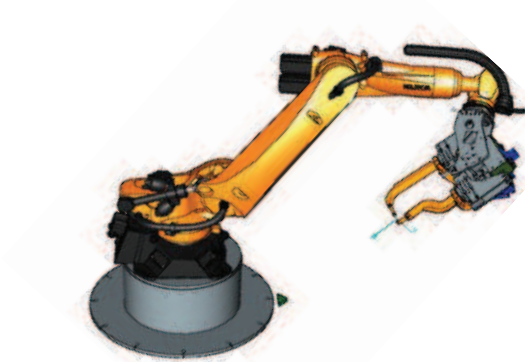


Zdroj: https://www.vutbr.cz/www_base/av_prace_soubor_verejne.php?file_id=148455

2.3.1 Svařovací kleště

K bodovému odporovému svařování slouží svařovací kleště. Kleště mohou být automatické, jsou ovládány prostřednictvím řídicích skříní a jsou připevněny jako koncový efektor robota (obr. 2.34). Tato možnost je zpravidla určena pro svařování geometrických bodů, které udávají geometrii, rozměrovost svařované podskupiny karoserie automobilu, a také pro svařování dovařovacích bodů.

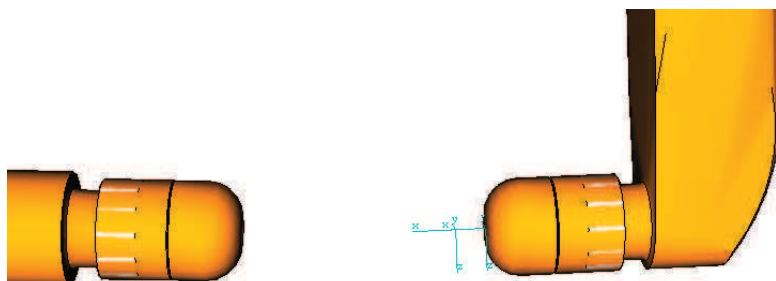
Obr. 2.31: Koncový efektor robota



Zdroj: vlastní zpracování

Na konci obou ramen, z nichž jedno je pohyblivé a druhé pevné, se nachází elektrody se svařovacími čepičkami (obr. 2.35). Čepičky mají předpokládanou užitnost cca 1000 svařovacích bodů v přímé závislosti na tloušťce materiálu, svařovacím cyklu a svařovací síle. Poté dochází k frézování čepiček nebo k úplnému strhnutí čepiček tzv. čepičkovou frézku.

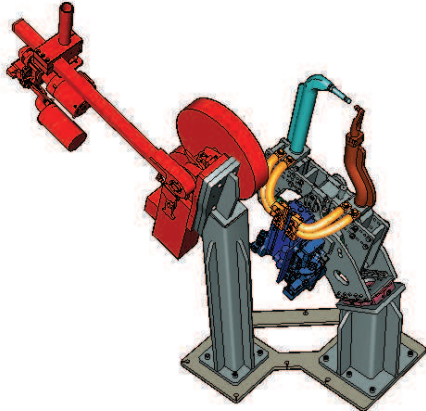
Obr. 2.32: Ukázka čepiček na svařovacích elektrodách



Zdroj: vlastní zpracování

Dalším typem jsou kleště stacionární (obr. 2.36), které jsou zpravidla umístěny ve svařovací buňce v blízkosti robota. Využití stacionárních kleští je určeno pro svařování dovařovacích bodů, které je nutné svařit pro zajištění celkové kvality, pevnosti a geometrie dané podskupiny karoserie automobilu.

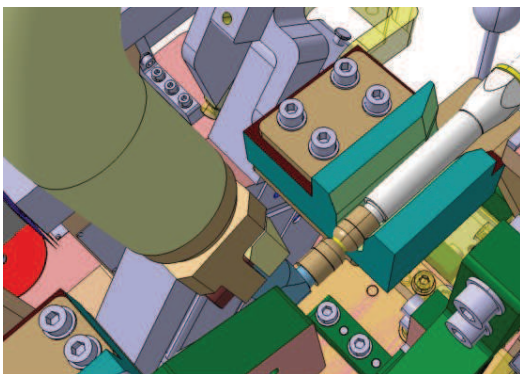
Obr. 2.33: Stacionární kleště s čepičkovou frézkou



Zdroj: vlastní zpracování

Výhodou automatických svařovacích kleští je úspora času, přesnost a kvalita svaru. Navádění pro kleště (obr. 2.37) se nemusí zohledňovat při vývoji přípravku pro automatické linky. K nevýhodám patří náklady vynaložené na prozkoušení bezkoliznosti při svařování v simulačních programech Process Simulate nebo Delmia.

Obr. 2.34: Navádění na kleště vlastní

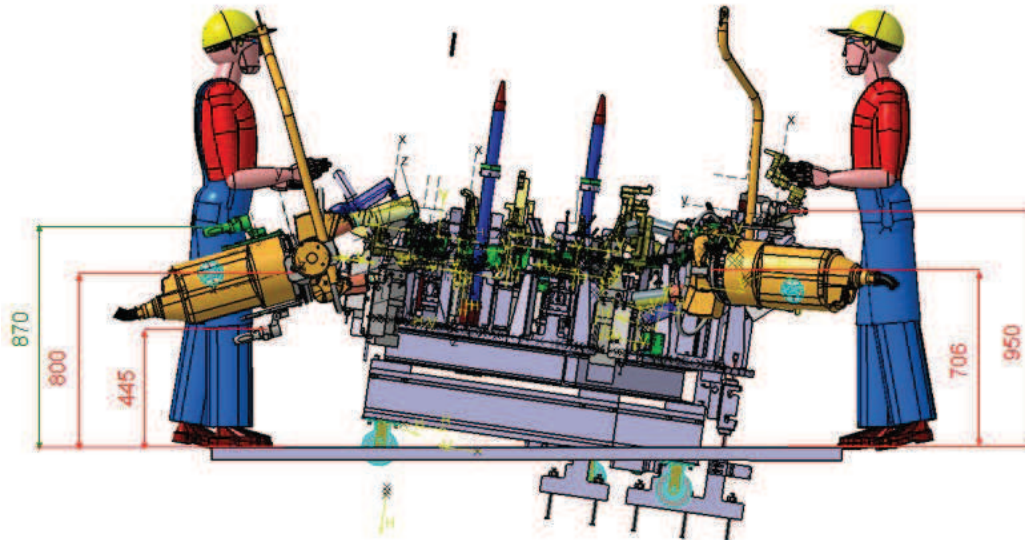


Zdroj: vlastní zpracování

Ruční kleště nejsou v dnešní době automatizace tak častou záležitostí, přesto však najdou své využití zejména v oblastech, kde se nachází levná pracovní síla. Princip funkce je stejný jako u kleští automatických. Montáž kleští je uchycena na ocelové konstrukci a musí se zohledňovat ergonomie pro obsluhu (obr. 2.38). Při použití ručních

kleští je zapotřebí do daného zařízení implementovat navádění na kleště, aby byl zaručen dosah a přesnost svařovacího bodu.

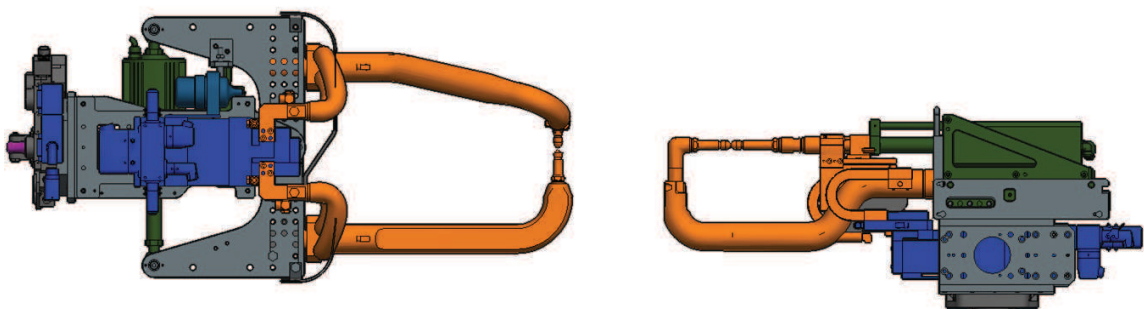
Obr. 2.35: Ergonomie pro obsluhu



Zdroj: vlastní zpracování

Kleště dělíme nejen na automatické a ruční, ale také podle tvaru. Tvar je určován v závislosti na geometrii plechu. Kleště typu X a kleště typu C viz na obr. 2.39. Po vhodné volbě ze standardizovaného katalogu se na tvar kleští musí přizpůsobit konstrukce přípravku. V extrémních případech, kdy kleště ze standardizovaného katalogu nevyhovují svým tvarem a jsou v kolizi s geometrií plechu, jsou voleny kleště vyráběné neboli atypické, přímo na zakázku pro danou problematiku. V takovýchto případech je nutné udělat detailní rozbor situace, řezů plechu a kleští ve svařovacích pozicích, specifikace svařovací síly apod.

Obr. 2.36: Kleště typu X a kleště typu C



Zdroj: vlastní zpracování

3 Zpracování analýzy robotizovaného pracoviště

3.1 CAD engineering s. r. o.

Firma CAD engineering s. r. o. je nezávislým inženýrským partnerem mezinárodního automobilového průmyslu. Zajišťuje kompletní plánování továren, vývoj a konstrukci zařízení a Offline programování kompletních výrobních linek pro stavbu karoserií včetně technické dokumentace. K dispozici je početný tým inženýrů a techniků s vysokou kvalifikací, obsáhlými znalostmi a špičkovým technickým vybavením pro vývoj nových modelů v celém odvětví automobilového průmyslu.

Obr. 3.1: CAD engineering.cz



Zdroj: vlastní zpracování

3.2 Plánování procesních postupů

Plánovací oddělení se zabývá zpracováním konceptů a návrhů svařovacích linek od malých částí až po komplexní plánování celé výroby.

Při plánování jsou zvoleny následující kroky:

- Tvorba nových konceptů svařovacích linek
- Optimalizace a zlepšování stávajících linek
- Optimalizace volby technologií

- Časové analýzy, ergonomie, MTM analýzy, základací plány, svařovací plány, atd.
- Layout, komplexní zpracování výrobních procesů s rozvržením výrobních nástrojů
- Digitální továrna je navrhována v programu Process Designer
- Oddělení plánování dle požadavků zákazníka je schopno zpracovat, tvorbu nových konceptů svařovacích linek, optimalizaci svařovacích linek, optimální volbu technologií s ohledem na funkčnost zařízení, plošné a prostorové zpracování linky, rozdělení a umístění zařízení, časové analýzy, MTM analýzy, základací plány, ergonomie, funkční plány, pneumatické plány, chladicí plány, mazací plány.

3.3 Vývoj a konstrukce zařízení

Konstrukce se zabývá komplexními návrhy svařovacích linek a vždy se snaží nabídnout jednoduchá a levná řešení.

- Upínací přípravky automatické i manuální
- Montážní systémy pro různé produkty
- Manipulační zařízení robotická, ruční, pojezdová, atd.
- Měřicí a kontrolní přípravky
- Dopravníkovou techniku
- Vyhotovení upínacího procesu
- Návrhy konstrukcí
- 3D konstrukce
- 2D konstrukce a kusovníky
- 3D - Geostanice
- Bodové sváření
- Nýtování
- Bolznování - navařování matic a čepů
- Lepení (spojování plechů)
- Clinchování (spojování plechů)

- Montážní přípravky
- Testovací přípravky

3.4 Offline programování automatické linky

Simulační oddělení se zabývá tvorbou robotických a manuálních pracovišť dle požadavků a dispozice stavby.

Jednotlivé body simulace:

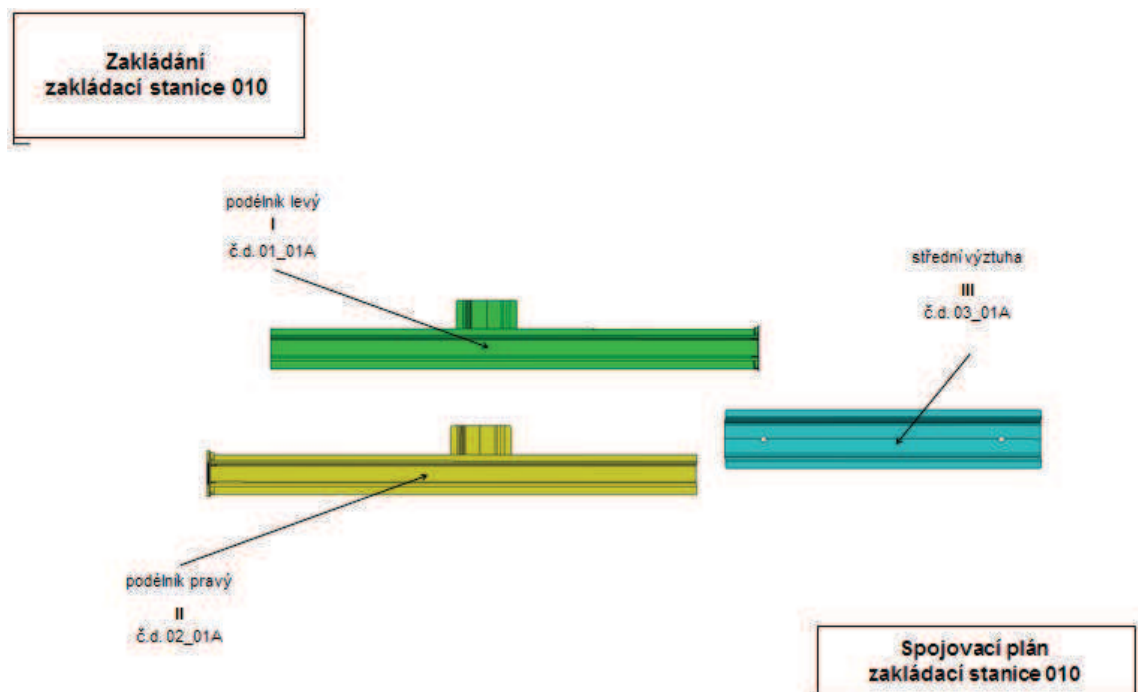
- Definování robotů
- Návrh a optimalizace svařovacích bodů, kleští, lepení, atd.
- Návrh svařovacích bodů dle norem, předpisů a zkušeností našeho týmu
- Programování robota OLP
- Nastavování manuálních pracovišť dle ergonomické simulace
- Nahrávání cest do robota
- Online programování
- Simulaci provádíme v programu Process Simulate
- 3D uskutečnění výsledků plánování
- 3D tvorba Layoutu
- Výběr vhodných nástrojů a zařízení
- Výběr vhodných robotů
- Zajištění dostupností a vhodných uskutečnění
- Zajištění vhodného umístění robotů a přípravků s ohledem na časové analýzy
- Kinematizace všech pohyblivých zařízení a jejich částí
- Kontrola funkčností konstrukčních zařízení s ohledem na svařování a dosahy robotů
- Objednávky použitých a schválených zařízení, objednávkové protokoly a listiny
- Výběr svařovacích bodů a lepících cest s ohledem na dodržení správné geometrie a časové analýzy

3.5 Spojovací a základací plán

Spojovací plán obsahuje náhled pracoviště operátora, náhled posloupnosti chůze operátora, pořadí zakládání dílů do zařízení, ergonomickou náročnost při zakládání a časové vytížení práce operátora v jednom cyklu dle maximálního možného času požadovaného zákazníkem. Spojovací plán tedy slouží jako návodka pro operátora, aby veškerý jeho výkon byl ve správném pořadí, splňoval maximální zatížení vzhledem k ergonomii a časovému vytížení a k identifikaci dílů, které mají být v určitém zařízení spojeny.

Do základací stanice 010 (viz. obr. 3.2) musí operátor založit tři plechy. Tyto plechy jsou znázorněny ve spojovacím plánu, viz příloha A, kde se nachází také pořadí zakládání plechů, jejich čísla, názvy, předpokládaná ergonomie a vytížení operátora. Pro robotickou část, viz příloha B, byl vytvořen další spojovací plán, kde je uvedeno jen pořadí zakládání plechů robotem, jejich čísla a názvy.

Obr. 3.2: Zakládací plán stanice 010



Zdroj: vlastní zpracování

Na základě spojovacího plánu byl vytvořen zakládací plán, v němž je taktéž uvedeno pořadí zakládání plechů, čísla a názvy plechů, ale tento plán slouží pouze pro operátora jako návod. Pro stanici 010, viz příloha C, je nutné, aby byly založeny plechy v tomto pořadí, a to z důvodu minimální zatíženosti operátora:

1. Podélník levý,
2. podélník pravý,
3. střední výztuha.

Do stanice 020, viz příloha D, je pořadí zakládání robotem jiné než u operátora z důvodu geometrické správnosti výsledného svařence:

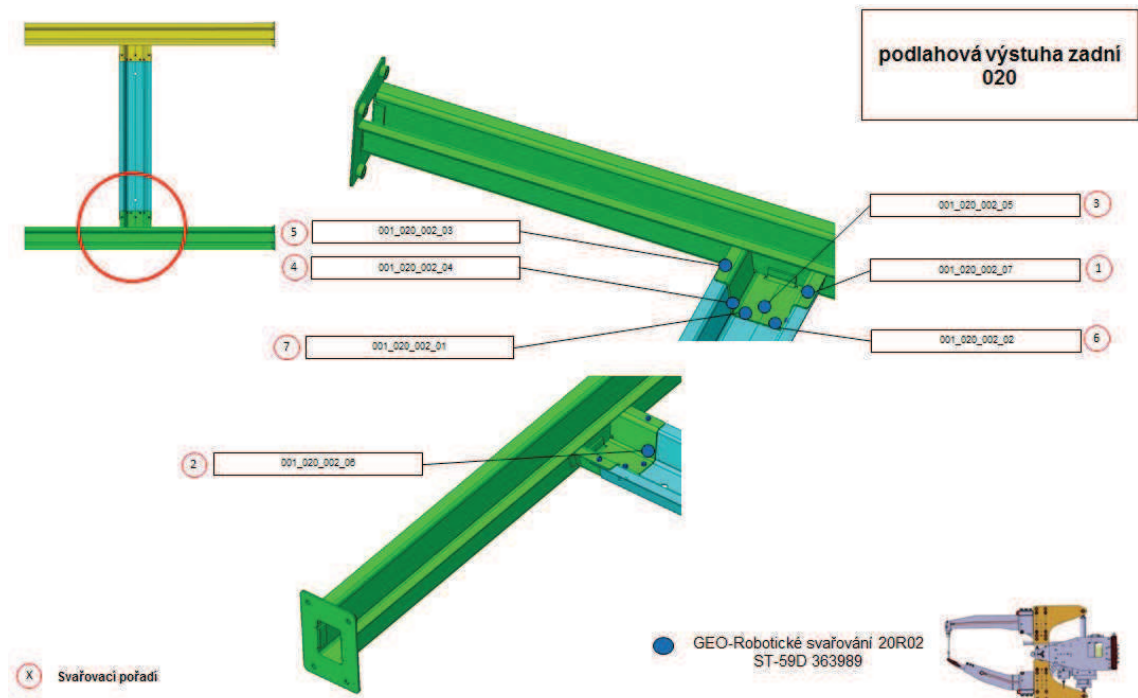
1. střední výztuha,
2. podélník levý,
3. podélník pravý.

3.6 Svařovací plán

Dle parametrů svařovaného materiálu je nutné zvolit správné svařovací kleště a ověřit, zda mají parametry na svařování požadovaného materiálu. Mezi nejdůležitější parametry patří svařovací tlak, typ kleští (typ X nebo C) a proud. Svařovací plán tak obsahuje náhled místa svařování, koordináty svařovacích bodů, názvy svařovacích bodů, typy svařovacích kleští s jejich parametry, názvy a parametry svařovaných dílů s mezí kluzu, tloušťkou a typem materiálu, výpočty parametru svařování. Dle tohoto plánu se pak nastaví místa svařování dle koordinátů a parametry svařování (svařovací napětí, svařovací čas, svařovací tlak). Při dodržení všech parametrů jsou zajištěny potřebné vlastnosti svarových spojů.

Svařovací plán slouží operátorovi na hale k vizuální kontrole svařence. Podle koordinátů svařovacích bodů bylo určeno místo spoje, které je znázorněno na obr. 3.3. Ve svařovacím plánu je uveden název svařovacího bodu, pořadí svařování, typ svařovacích kleští a jejich výrobní číslo. (Viz přílohy E, F a G.)

Obr. 3.3: Svařovací plán stanice 020



Zdroj: vlastní zpracování

Svařovací plán dále obsahuje výpočet parametrů svařování, který byl vyvozen z vlastností svařovaného materiálu a tloušťky plechu. Po výpočtu bylo ověřeno, že svařovací tlak kleští je optimální pro dosažení správných mechanických vlastností svaru a že byly vybrán vyhovující typ kleští.

Výpočet svařovacích styků, časů:

Srovnání tloušťky plechů

$$S_v = 0,2 \times S_{\max} + 0,8 \times S_{\min} \text{ [mm]} \quad (3.1)$$

Svařovací proud

pro $S_v \leq 2\text{mm}$

$$I_s = 1,13 \times S_v + 7,1 \text{ [kA]} \quad (3.2)$$

pro $S_v > 2\text{mm}$

$$I_s = 1,5 \times S_v + 5,8 \text{ [kA]} \quad (3.3)$$

Svařovací čas

$$t_i = ((s_1 + s_2 + s_3) - 1,4) \times (600/4,6) + 200 \text{ [ms]} \quad (3.4)$$

Svařovací tlak

$S_v \leq 2\text{mm}$

$$F = (1,64 \times S_v + 0,45) \times (R_{e1} + R_{e2} + R_{e3} / 300 \times 3 \times 10 + 0,9) + 0,21 \text{ [kN]} \quad (3.5)$$

$S_v > 2\text{mm}$

$$F = (1,3 \times S_v + 0,7) \times (R_{e1} + R_{e2} + R_{e3} / 300 \times 3 \times 10 + 0,9) + 0,7 \text{ [kN]} \quad (3.6)$$

podlahová výstuha zadní
20R02

Vysoká škola
logistiky
o.p.s.



základní informace		koordináty SVa			Plech 1			Plech 2			Svařovací parametry								
Popis svařování	Název bodu	W	X	Y	Z	Název přechodu	Š. přechodu	Materiál	Mez. tuž. (N/mm ²)	Tloušťka (mm)	Název přechodu	Š. přechodu	Materiál	Mez. tuž. (N/mm ²)	Tloušťka (mm)	Broušení lišky přechodu (mm)	Svařovací materiál (M)	Svařovací čas (ms)	Svařovací tlak (kN)
1	SV₁ S_{11}	2774.95	-370.3	158.49	158.49	podélné (W)	Ø1_Ø1A	HK 240 LAD-Z 1000E	420	3	spřech (Vstřina)	Ø3_Ø1A	HC260LAD-Z1000E	330	2	2.00	10.254	570	5.8
2	SV₂ S_{21}	2877.18	-370.3	158.49	158.49	podélné (W)	Ø1_Ø1A	HK 240 LAD-Z 1000E	420	3	spřech (Vstřina)	Ø3_Ø1A	HC260LAD-Z1000E	330	2	2.00	10.254	570	5.8
3	SV₃ S_{31}	2789.78	-382.3	147.57	147.57	podélné (W)	Ø1_Ø1A	HK 240 LAD-Z 1000E	420	3	spřech (Vstřina)	Ø3_Ø1A	HC260LAD-Z1000E	330	2	2.00	10.254	570	5.8
4	SV₄ S_{41}	2748.04	-370.3	147.57	147.57	podélné (W)	Ø1_Ø1A	HK 240 LAD-Z 1000E	420	3	spřech (Vstřina)	Ø3_Ø1A	HC260LAD-Z1000E	330	2	2.00	10.254	570	5.8
5	SV₅ S_{51}	2771.85	-382.3	158.49	158.49	podélné (W)	Ø1_Ø1A	HK 240 LAD-Z 1000E	420	3	spřech (Vstřina)	Ø3_Ø1A	HC260LAD-Z1000E	330	2	2.00	10.254	570	5.8
6	SV₆ S_{61}	2858.12	-370.3	147.57	147.57	podélné (W)	Ø1_Ø1A	HK 240 LAD-Z 1000E	420	3	spřech (Vstřina)	Ø3_Ø1A	HC260LAD-Z1000E	330	2	2.00	10.254	570	5.8
7	SV₇ S_{71}	2833.75	-382.3	158.49	158.49	podélné (W)	Ø1_Ø1A	HK 240 LAD-Z 1000E	420	3	spřech (Vstřina)	Ø3_Ø1A	HC260LAD-Z1000E	330	2	2.00	10.254	570	5.8

Vzorce [předloha VW]

Štování lišty přechodu

$$S_v = 0,2 \cdot S_{sk} + 0,8 \cdot S_{st} \quad [mm]$$

Svařovací proud

$$\text{pro } S_v \leq 2mm \\ I_S = 1,13 \cdot S_v + 7,1 \quad [A]$$

$$\text{pro } S_v > 2mm \\ I_S = 1,5 \cdot S_v + 8,8 \quad [A]$$

Svařovací čas

$$t_1 = ((S_1 + S_2 + S_3) \cdot 1,4) + (6000 \cdot S) + 200 \quad [ms]$$

Svařovací tlak

$$S_v \leq 2mm \\ F = (1,6 \cdot S_v + 0,45) \cdot (R_{e1} + R_{e2} + R_{e3}) \cdot 300 \cdot 0,3 \cdot 10 + 0,9) + 0,21 \quad [kN]$$

$$S_v > 2mm \\ F = ((1,3 \cdot S_v + 0,7) \cdot (R_{e1} + R_{e2} + R_{e3}) \cdot 300 \cdot 0,3 \cdot 10 + 0,9) + 0,7 \quad [kN]$$

Legenda:

- Ø - průměr přechodu (mm)
- Ø1 - průměr přechodu 1 (mm)
- Ø2 - průměr přechodu 2 (mm)
- Ø3 - průměr přechodu 3 (mm)
- R_{e1} - mez kluzu přechodu 1 (N/mm²)
- R_{e2} - mez kluzu přechodu 2 (N/mm²)
- R_{e3} - mez kluzu přechodu 3 (N/mm²)

Svařovací kleště typu X ST-59D_363989

max svařovací tlak udávaný výrobcem

3,5 kN

Svařovací kleště vyhovují

Zdroj: vlastní zpracování

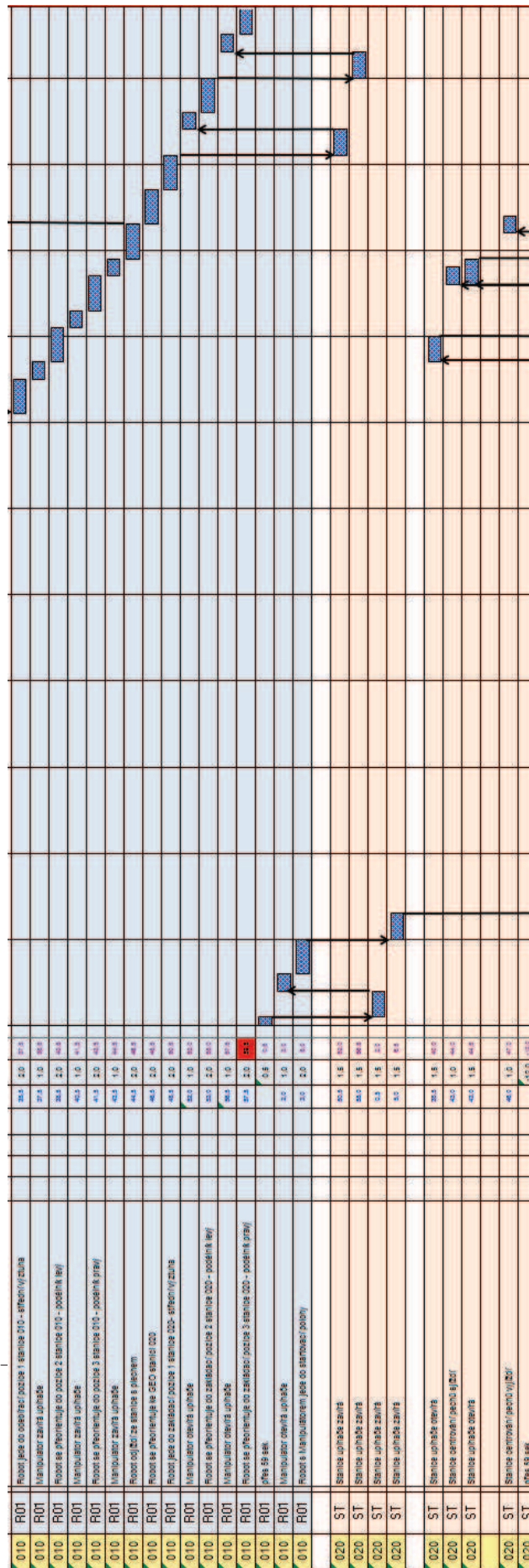
3.7 Tvorba časové analýzy

Pro dodržení požadované produkce dle požadavků zákazníka je zapotřebí provést časovou analýzu. Tato analýza se vždy vytváří na začátku projektu. V časové analýze (obr. 3.5) se vyhodnocují na časové přímce všechny potřebné kroky pro dokončení potřebného dílu, jako je např. svařování, otáčení robota, chůze operátora, lepení, odebírání, zakládání atd. Díky této analýze pak můžeme vytvořit návrh svařovací linky (počet robotů, počet svařovacích stanic, počet svařovacích bodů na robota atd.).

Po obdržení zadání od zákazníka se nejprve zpracovává časová analýza, viz. příloha H. Do časové analýzy byly zahrnuty veškeré pohyby robota, operátora, svařovacích časů a ostatních procesů. Na základě výsledku z časového diagramu bylo zjištěno, že bude potřeba pěti robotů pro dosažení požadovaného času na jeden díl se všemi svařovacími body. Robot 010R01 slouží pro odebírání a zakládání do GEO stanice, roboti 020R01 a 020R02 svařují všechny GEO body (14), robot 030R01 dovařuje deset AUS bodů ve stacionárních kleštích, robot 050R01 dovařuje zbylých dvanáct AUS bodů. Z časové analýzy lze vidět, že roboti jsou vytíženi téměř na maximum, tudíž budou všichni zapotřebí. Výsledný proces vyplývající z časové analýzy je následující:

1. Operátor ručně založí díly do zakládací stanice 010.
2. Operátor zmáčkne ruční start.
3. Bezpečnostní dveře se zavřou.
4. Robot 010R01 odebere veškeré díly ze stanice 010.
5. Otevřou se bezpečnostní dveře a robot 010R01 zakládá do stanice 020.
6. Stanice 020 upne plech.
7. Robot 020R01 a robot 020R02 svařují GEO body.
8. Stanice 020 odepne plech.
9. Robot 030R01 odebere plech ze stanice 020 a svařuje AUS body na plechu ve stacionárních kleštích.
10. Robot 030R01 založí svařený plech do překládací stanice 040.
11. Robot 050R01 odebere plech ze stanice 040 a svařuje zbývající AUS body na plechu ve stacionárních kleštích.
12. Robot 050R01 zakládá do stanice další buňky.

Obr. 3.5: Časová analýza



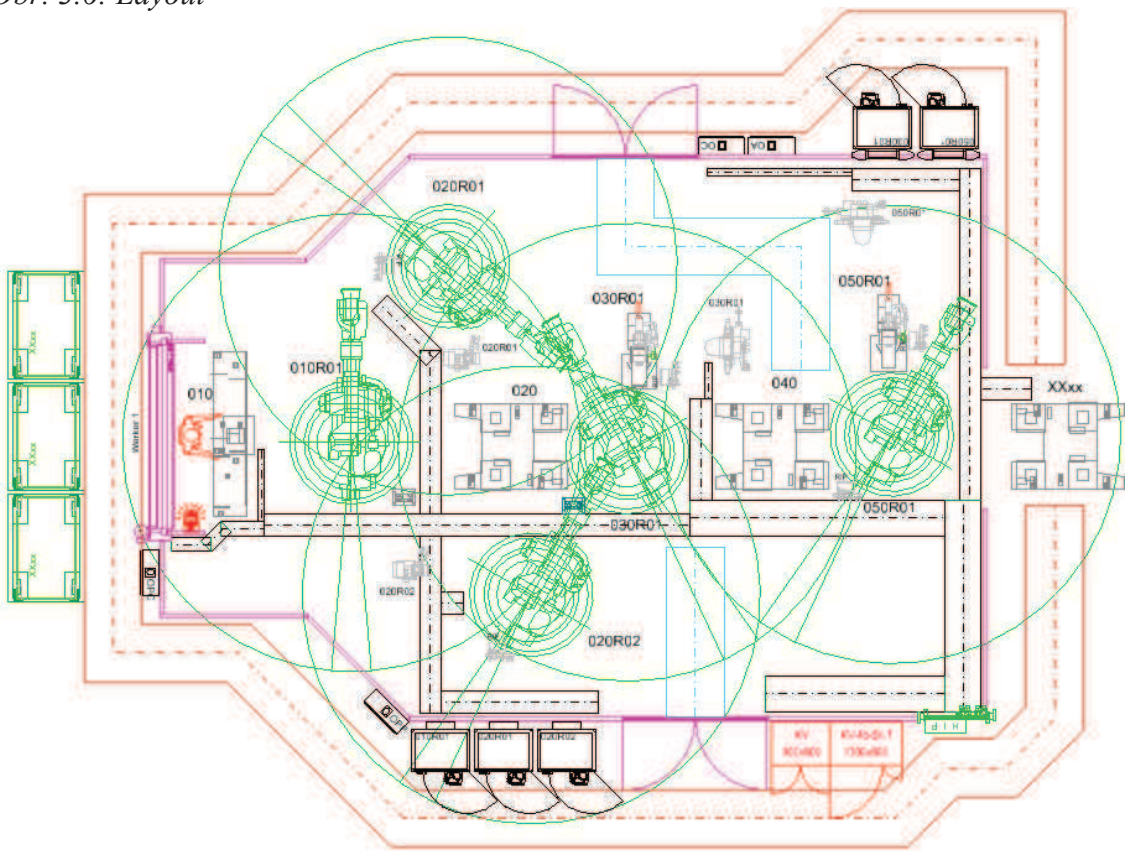
vlastní zpracování.

3.8 Layout

Layout slouží jako 2D a 3D výkres rozmístění zařízení na hale. Po provedení tzv. hrubého plánování (časová analýza, zjištění max. možného místa pro svaření požadovaného dílu na hale, spojovací plán) se přistoupí k návrhu rozmístění všech zařízení na hale. V layoutu jsou vidět přesná místa všech zařízení s ohledem na bezpečnost a zákazníkem daný prostor. Po přezkoušení v simulačním softwaru a potvrzení přesného místa zařízení se pak z layoutu vytváří vrtací plán pro upevnění všech zařízení na daná místa z layoutu. Layout se musí vždy shodovat s výsledným stavem na hale po montáži.

Po zpracování časové analýzy a prostoru daného zákazníkem bylo přistoupeno k vytvoření návrhu layoutu. Návrh layoutu bude poté předán do simulačního oddělení, kde se provedou korekce umístění všech zařízení dle potřeby a vznikne tak konečný stav layoutu.

Obr. 3.6: Layout



Zdroj: vlastní zpracování

Na layoutu (obr. 3.6) jsou vidět přesně daná místa všech zařízení – robotů, svař. stanic, stacionárních kleští, odkládacích zařízení, frézek, beden s plechy, manipulačních a údržbových uliček, kabelové kanály, ploty, dveře, zdroje energií, robotické skříně a ovládací prvky (viz příloha I.)

Z časové analýzy bylo zjištěno, že bude potřeba pěti robotů. Těchto pět robotů bylo umístěno tak, aby splňovali veškeré dosahy do jim spadajících zařízení. Ke všem robotům a veškerým dalším zařízením musí vést kabelový kanál pro energie. Pro každého robota máme jednu robotickou skřín. Bezpečnost operátora je zajištěna bezpečnostními rolovacími dveřmi, které se po založení plechu a zmáčknutí tlačítka mimo výrobní buňku zavřou. V pracovišti operátora se nachází ještě pohybové čidlo zn. SICK, které zajistí neúmyslné zavření dveří jinou osobou. V okolí buňky byly rozmístěny manipulační uličky pro zásobování materiálem a v buňce se nachází údržbové uličky pro přístup operátora údržby.

4 Zpracování návrhu robotizované svařovací buňky

Zákazníkem zadané zadání: zpracování návrhu robotického pracoviště pro tři svařovací plechy (podélník levý, střední výztuha, podélník pravý), 36 svařovacích bodů, s produkcí jednoho dílu za 59 s na přesně vymezeném prostoru haly. Svařovací plechy byly vytvořeny v programu Catia V5.

Prvním krokem po obdržení analýzy, layoutu, spojovacího a základacího plánu je preengineering. Preengineeringem se rozumí rozmístění robotů, plechů, všech ostatních zařízení v buňce a rozdělení bodů (po finálním rozdělení vzniká svařovací plán). Následoval by výběr robotů. Pro manipulační procesy byl vybrán typ robota KUKA KR240, pro roboty s kleštěmi byl vybrán typ robota KUKA KR210. Robot KR240 byl vybrán z důvodu větší hmotnosti manipulačního zařízení, naopak robotům s kleštěmi, kteří mají menší hmotnost a lépe umístěné těžiště vzhledem k hlavě robota, vyhovuje robot KR210. Součástí preengineeringu je i výběr svařovacích kleští. Pro svaření všech 36 bodů byly vybrány tři typy X-kleští ze standardů VW koncernu.

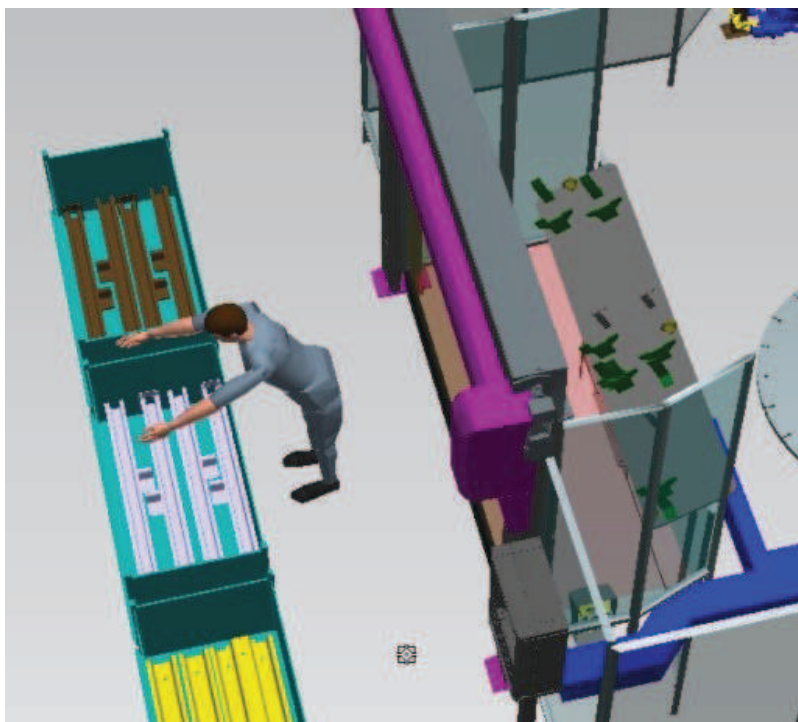
Spolu s výběrem kleští dochází k rozdělení svařovacích bodů a postupnému vytvoření předloh pro konstrukci.

V programu Catia byla poté vytvořena tato zařízení: ruční odkládací stanice 010, stanice 020, odkládací zařízení 040 a manipulační zařízení na roboty 010R01, 030R01, 050R01. Na hotové konstrukci byla provedena kinematika, aby bylo možné v programu Process Simulate prověřit bezkoliznost. Pro všechny manipulační i svařovací procesy byly ověřeny dosahy robotů do všech zařízení.

Hotová simulace, proces buňky:

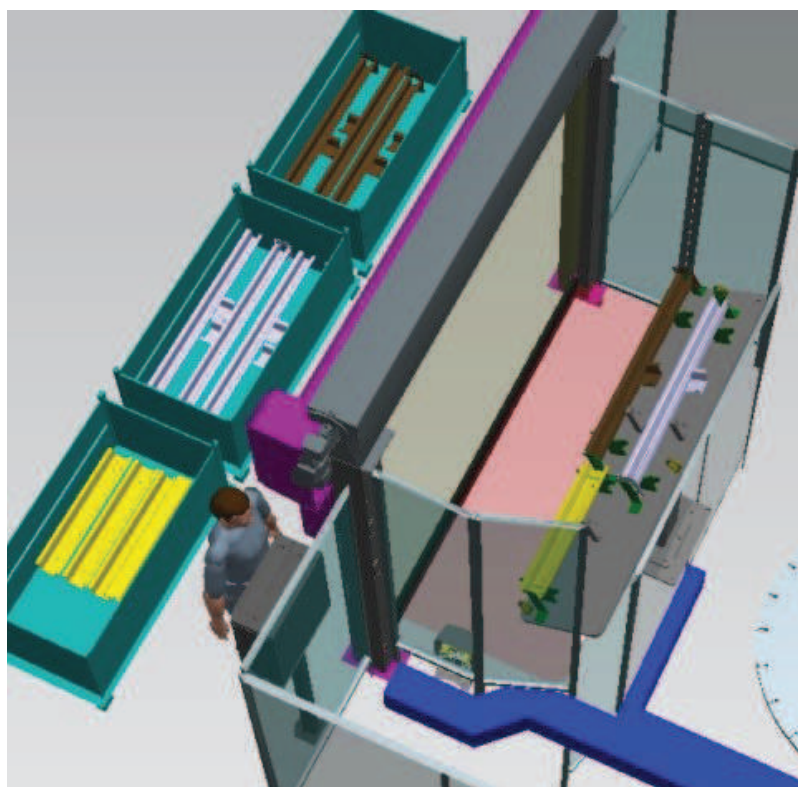
Operátor postupně odebere plechy z přepravek (viz. obr. 4.1) a založí je do ruční odkládací stanice 010. Po založení plechů opustí prostor buňky a zavře rolovací bezpečnostní dveře (viz. obr. 4.2). Stanice je vybavena naváděcími přípravky, které zajišťují jednoduché odkládání plechů. Spodní hrana plechu dosedne na tvarový přípravek, který zajistí vždy stejnou pozici plechu. Dále je stanice vybavena přítomnostními snímači pro každý plech.

Obr. 4.1: Odebírání plechu operátorem



Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 4.2: Zavírání bezpečnostních dveří operátorem



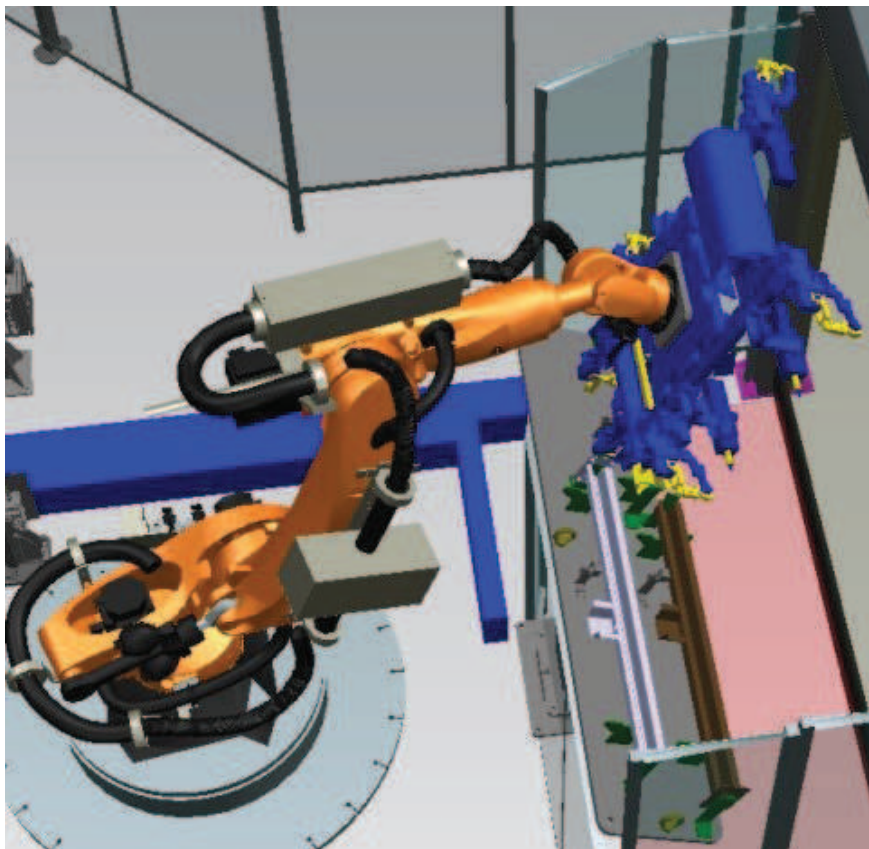
Zdroj: vlastní zpracování

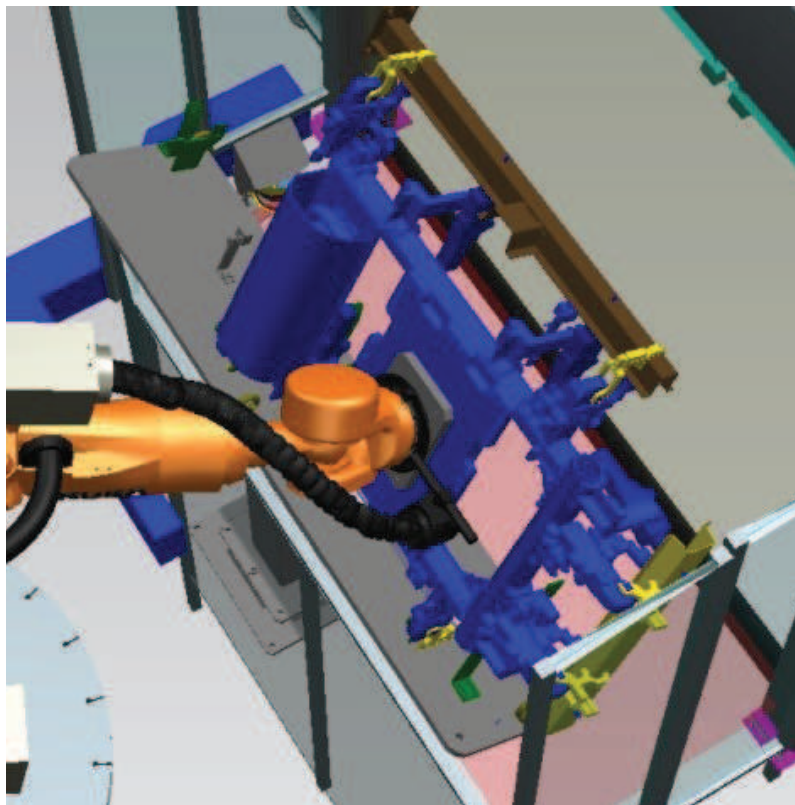
Na začátku cyklu robota 010IR01 je pomocí senzorů ve stanici 010 prověřena přítomnost plechů, zavření dveří a pomocí laseru nepřítomnost dělníka uvnitř zakládací části buňky.

V případě splnění všech podmínek opustí robot startovací pozici a odebere postupně všechny tři plechy (viz. obr. 4.3-4.5). Jednotlivé díly jsou v koncovém efektoru uchyceny pomocí pneumatických jednotek Tünkers. Upnutí každého plechu zajišťují dvě uchopovací jednotky a přesnou pozici dvě centrovací jednotky. Upnutí dílu do efektoru probíhá ve dvou krocích: V první fázi jsou uchopovací jednotky na koncovém efektoru v otevřené pozici a centrovací zařízení má vyjetý čep. Efektor se pomocí lineárního pohybu přiblíží do odebírací pozice plechu a pomocí čepů jej vyrovná do přesné pozice. Ve druhé fázi uchopovací jednotky upnou plech k efektoru a robot opět pomocí lineárního pohybu opustí prostor stanice. Vše je opakováno pro každý další plech.

Lineární pohyb je pomalejší než pohyb point-to-point, ale pro centrování a výjezd s plechem z naváděcích přípravků je nezbytný. Používá se pouze po nutnou dobu tak, aby nedošlo ke kolizi plechu a zařízení.

Obr. 4.3 – 4.5: Robot 010IR01 odebere postupně všechny tři plechy





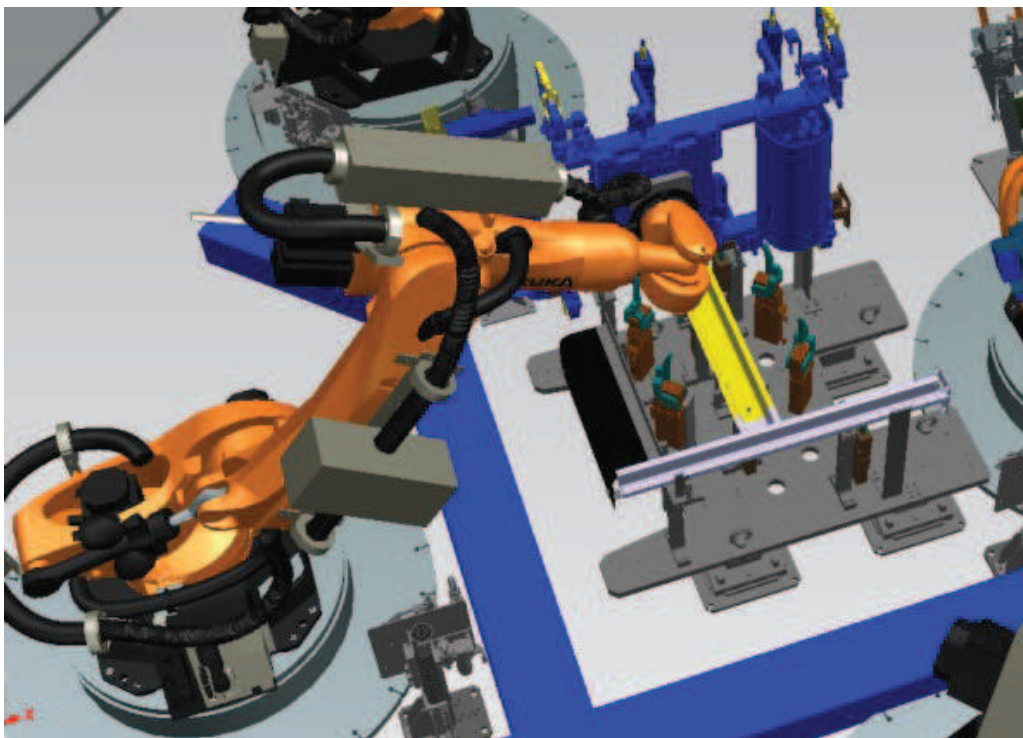
Zdroj: vlastní zpracování

Robot 010R01 založí postupně všechny tři plechy do GEO stanice 020 (viz. obr. 4.6), která slouží ke spojení plechů do jednoho svařence pomocí tzv. GEO bodů. Tyto body zaručí přesné spojení plechů a pro následující dovařování je volba těchto bodů stěžejní. Pokud bychom zvolili špatné GEO body, nebo by jejich počet byl nedostatečný, výsledný svařenec by nemusel splnit požadované parametry.

Stanice 020 obsahuje opět upínací a centrovací jednotky Tünkers, naváděcí přípravky, tvarové přípravky, desku stolu, nohy, ventilový blok, konzoly pro upevnění přípravků k desce, snímače a oka pro manipulaci. Navrhnutá stanice musí zajistit dostatečně tuhé a přesné upnutí plechů.

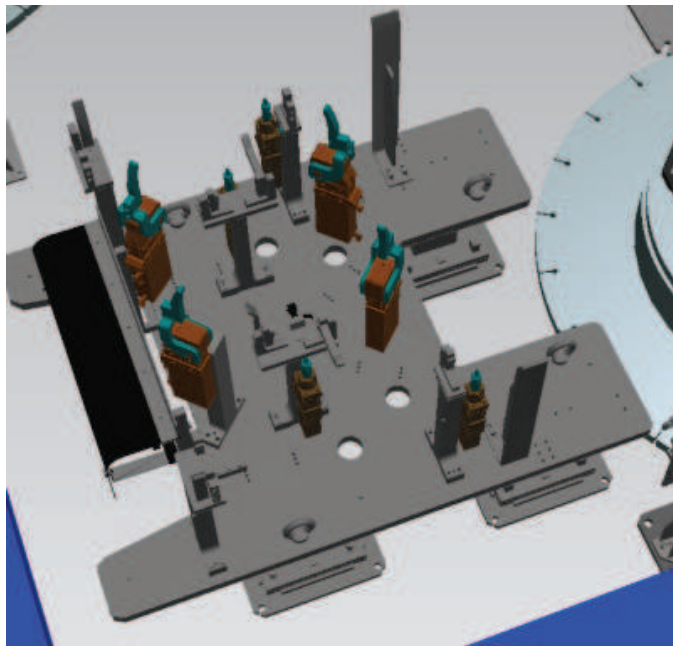
Při odkládání plechu do pozice ve stanici (obr. 4.7) jsou centrovací jednotky efektoru zasunuté a upínací jednotky v zavřené pozici. Stanice má upínače v otevřené pozici a centrovací čepy vyjeté nahoru. Robot se pomocí pohybu point-to-point přesune nad stanici a pomocí lineárního pohybu nasune plech na čepy ve stanici. Dále je plech uvolněn z koncového efektoru a robot odjíždí ze stanice. Po založení všech plechů se upínací jednotky na stanici přesunou do zavřené polohy a stanice je připravena na proces svařování.

Obr. 4.6: Robot 010R01 založí postupně všechny tři plechy do stanice 020



Zdroj: vlastní zpracování

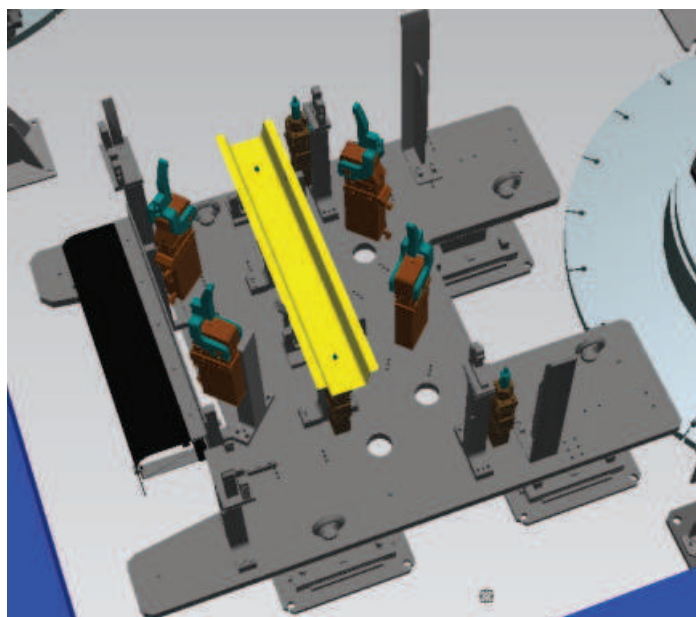
Obr. 4.7: GEO stanice 020 v otevřené poloze



Zdroj: vlastní zpracování

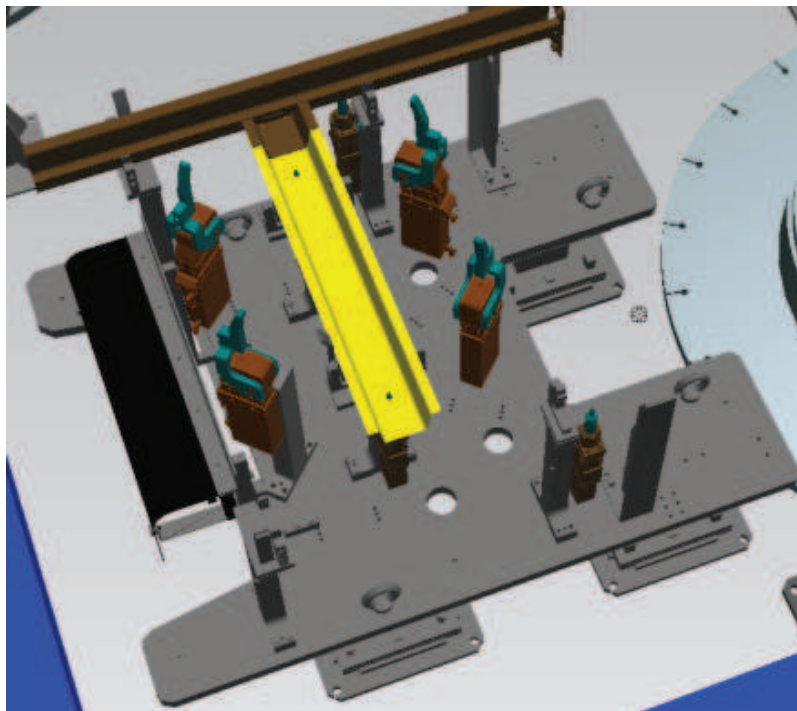
Středová výztuha musí být umístěna do stanice jako první (viz. obr. 4.8), protože v místě spojení plechů je umístěna níže. Pravý a levý podélník jsou vloženy na středovou výztuhu, přičemž pořadí založení těchto plechů je libovolné (viz. obr. 4.9 a 4.10).

Obr. 4.8: Založení prvního plechu



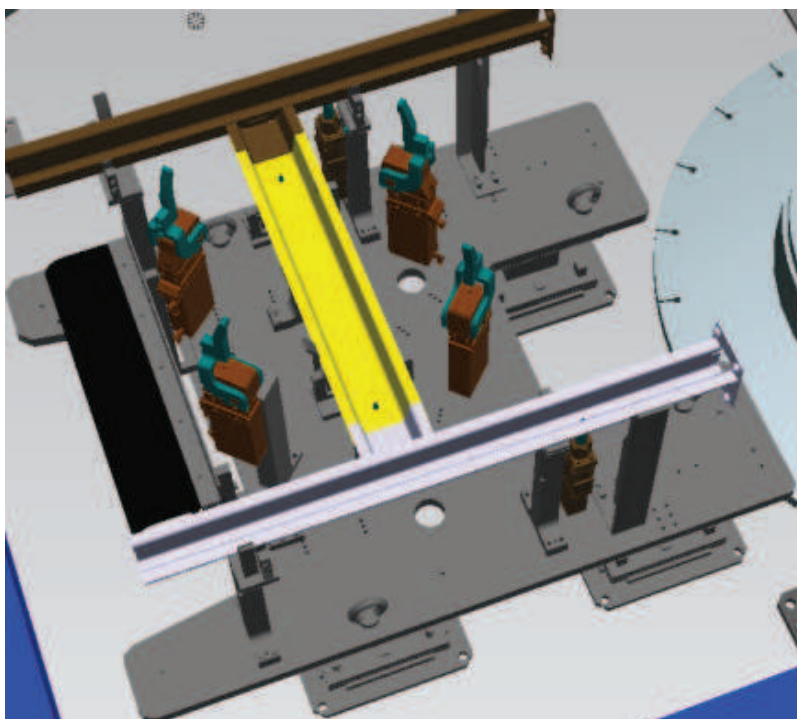
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 4.9: Založení druhého plechu



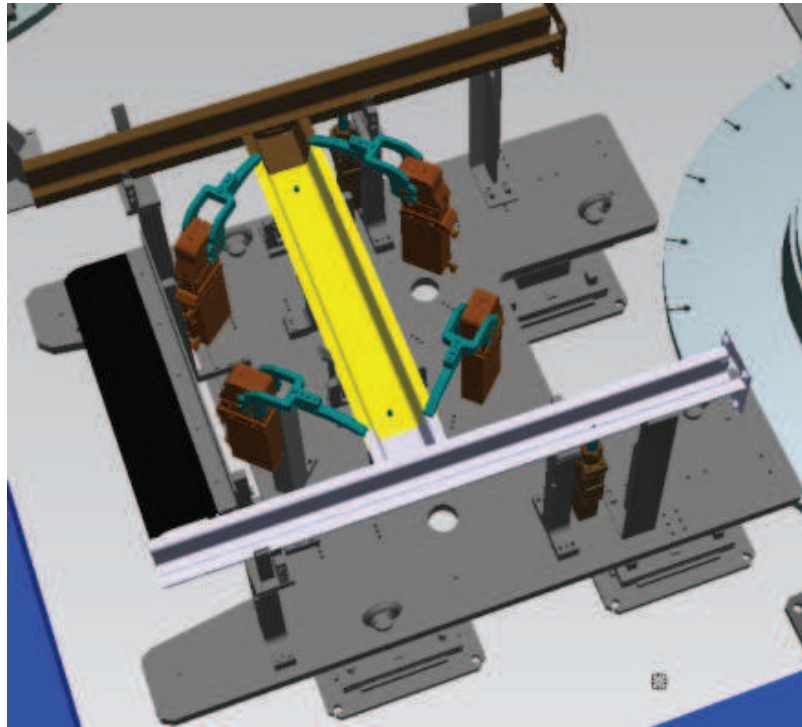
Zdroj: vlastní zpracování

Obr. 4.10: Založení třetího plechu



Zdroj: vlastní zpracování

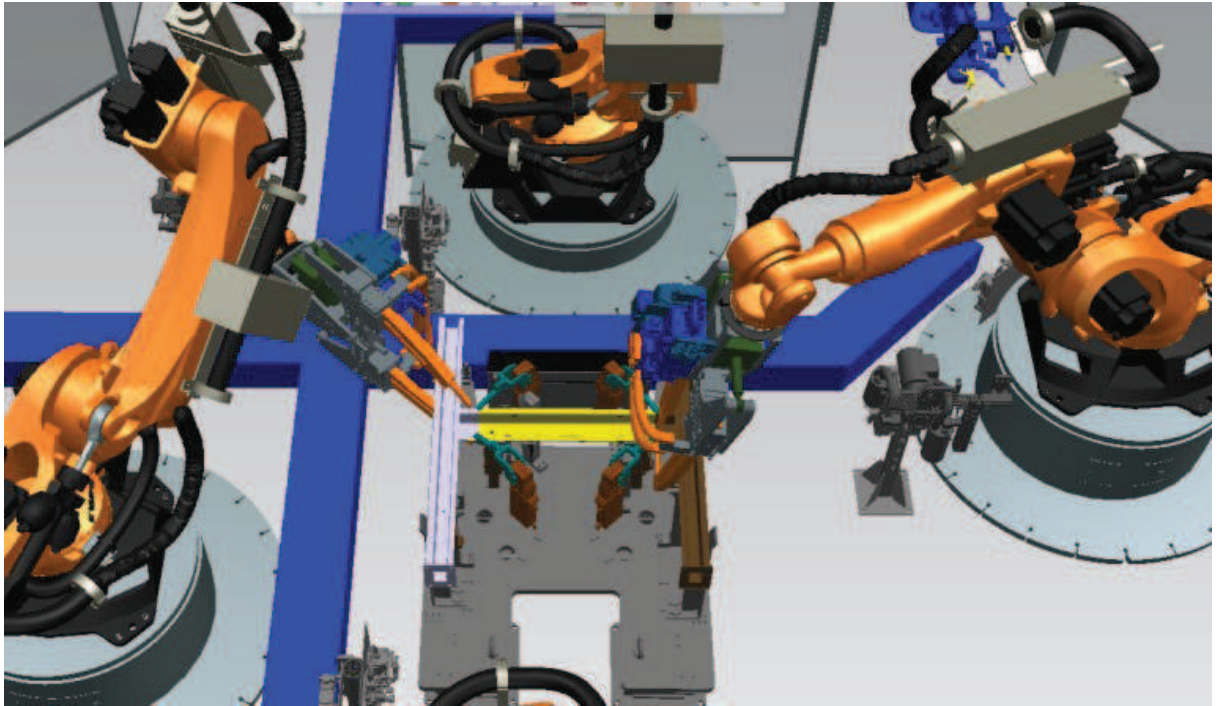
Obr. 4.11: Upnutí plechů



Zdroj: vlastní zpracování

Po založení plechů opustí robot 010R01 prostor stanice ST020 (obr. 4.11) a roboti 020R01 a 020R02 začínají svařovat (obr. 4.12). Každý robot svaří sedm bodů. Jelikož roboti svařují každý na své straně stanice a jejich proces se v žádném místě nepřekrývá, mohou svařovat současně. Po dokončení práce robotů se stanice nastaví do otevřené polohy a sestava plechů je připravena na další operaci již jako jeden celek.

Obr. 4.12: Svařování robotů ve stanici 020

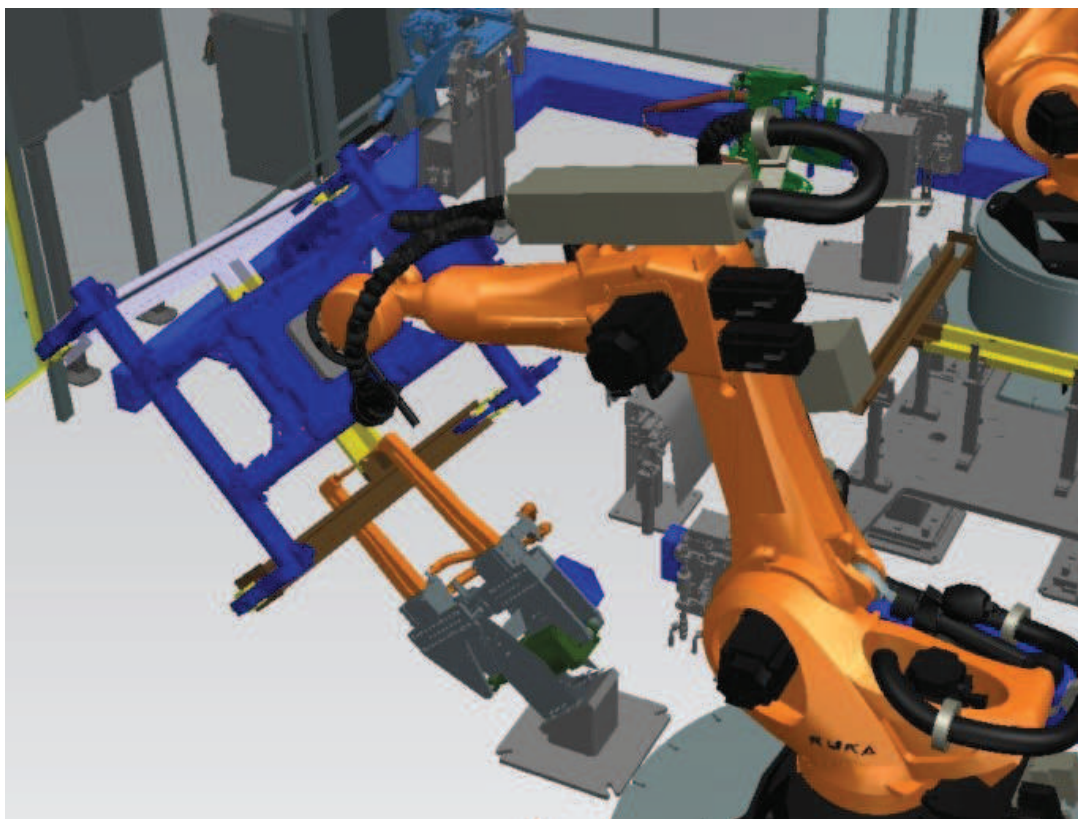


Zdroj: vlastní zpracování

Robot 030R01 odebere plech ze stanice ST020, pomocí stacionárních kleští, svaří deset bodů (obr. 4.13) a založí plech do odkládacího zařízení (ablage), viz. obr. 4.14. Stacionární svařování je v tomto případě výhodné, protože robot zajistí jak manipulační, tak svařovací proces.

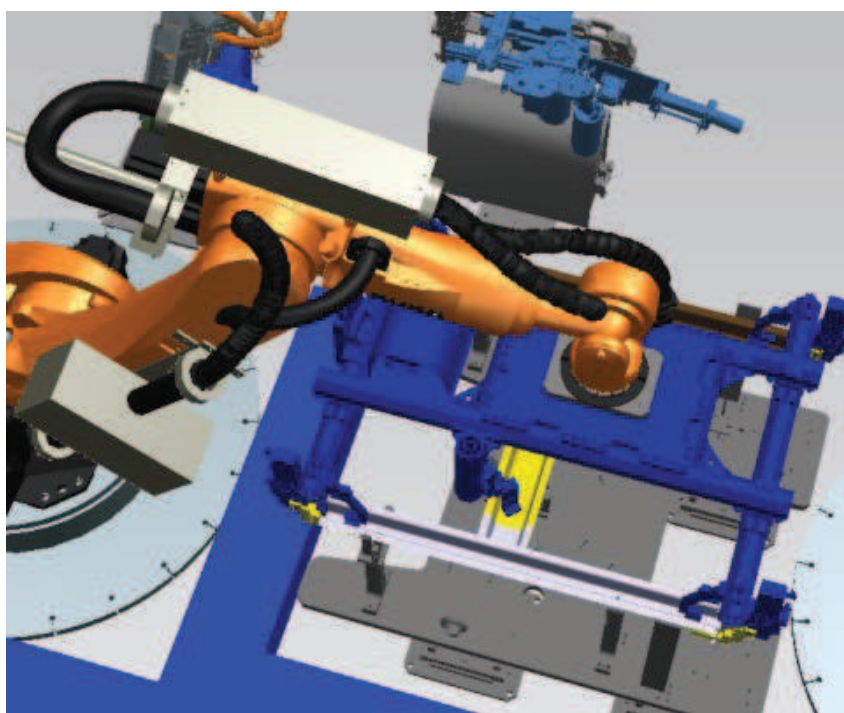
Centrování a upínání plechu do manipulačního zařízení pracuje na stejném principu jako u předchozího efektoru, pouze centrovací čepy nejsou pneumatické ale pevné.

Obr. 4.13: Dovařování ve stacionárních kleštích



Zdroj: vlastní zpracování

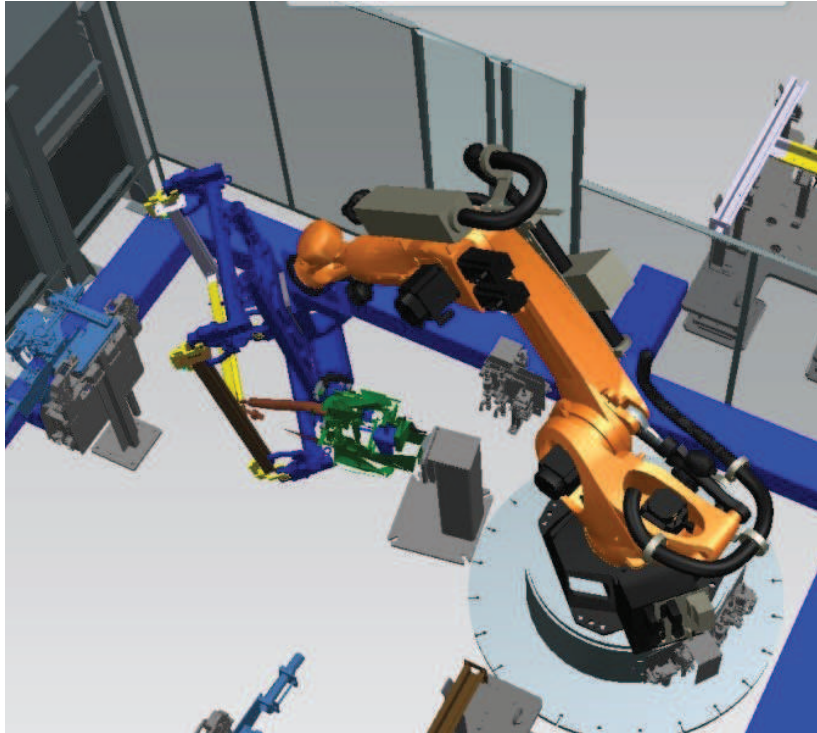
Obr. 4.14: Robot 030R01 zakládá plech do ablage



Zdroj: vlastní zpracování

Poslední robot 050R01 odebere plech z odkládacího zařízení 040, pomocí stacionárních kleští svaří 12 bodů (obr. 4.15) a založí plech do odkládacího zařízení v další buňce. Manipulační zařízení je identické jako u robota 030R01.

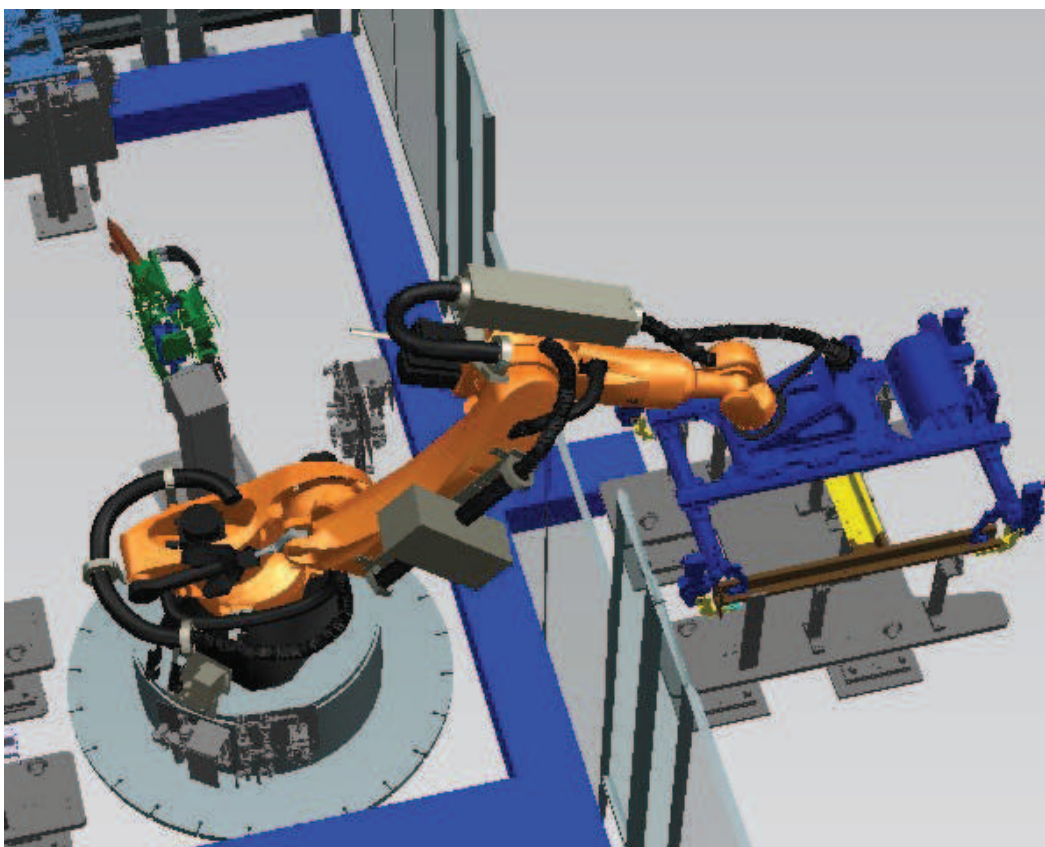
Obr. 4.15: Robot 050R01 dovažuje ve stacionárních kleštích



Zdroj: vlastní zpracování

Po svaření všech 36 bodů je proces u konce a plech opouští buňku. Svařenec je umístěn do odkládací stanice (obr. 4.16), kde je připravený pro další zpracování.

Obr. 4.16: Založení plechu do odkládacího zařízení

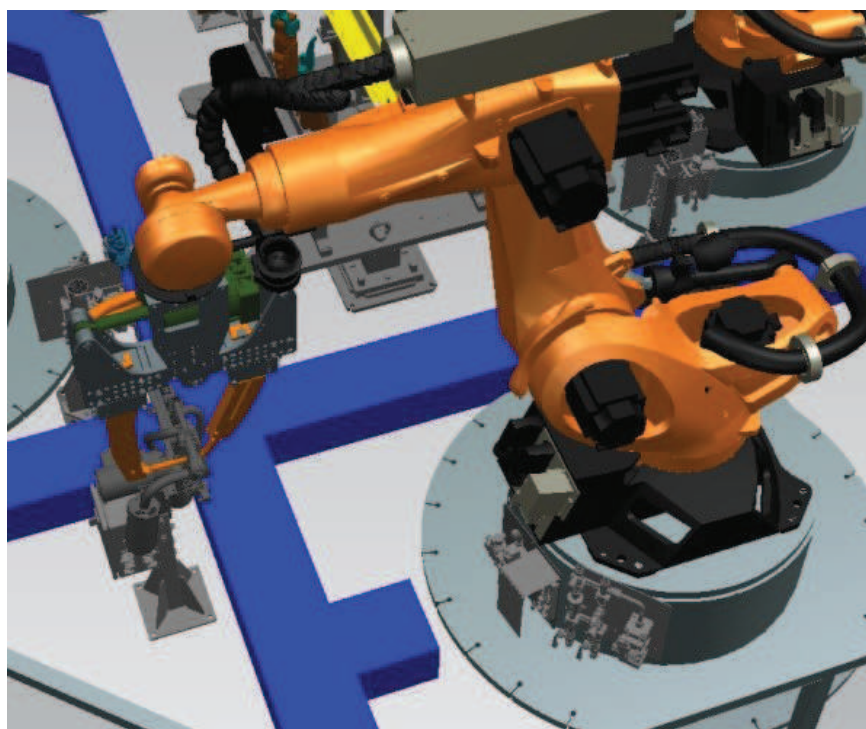
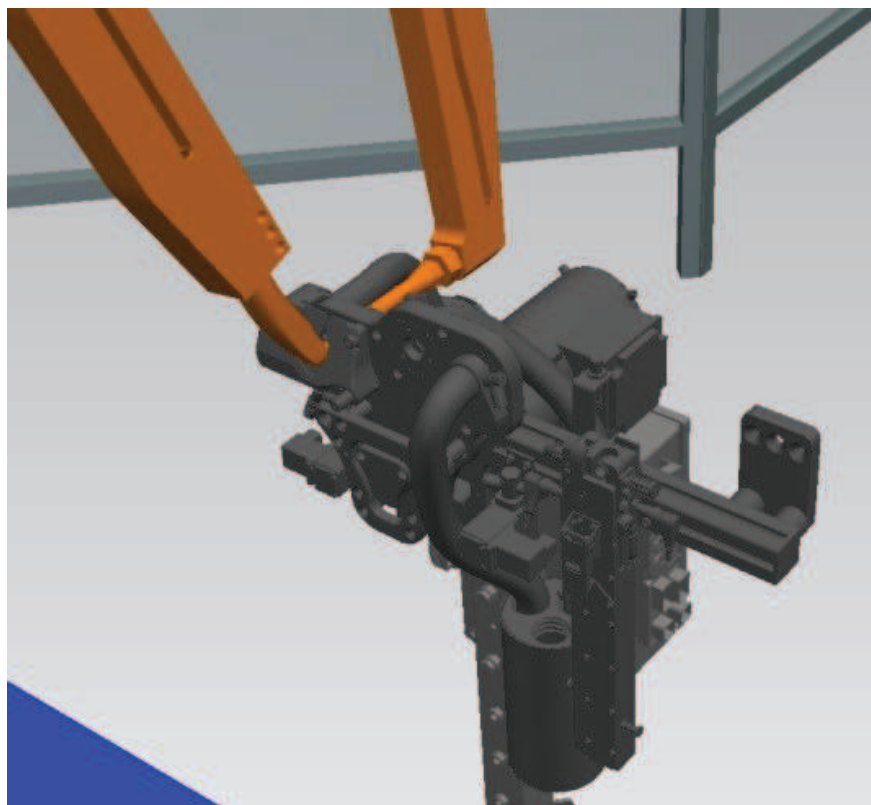


Zdroj: vlastní zpracování

Svařovací kleště mají na konci elektrod čepičky, které se vlivem teploty a tlaku při svařování opotřebovávají. K zajištění konstantní kvality svařených bodů se musí čepičky v pravidelných intervalech frézovat či vyměnit. Tento proces zajišťuje elektrodová fréza pro plně automatickou výměnu čepiček. Fréza provádí kontrolu, frézování, kalibraci a výměnu čepiček.

Frézování kleští, které jsou přímo namontovány na hlavu robota, probíhá ve stacionární fréze (obr. 4.17-18). Naopak frézování stacionárních kleští zajistí mobilní fréza, které se připojí na manipulační koncový efektor. Mobilní fréza je při svařovacím procesu umístěna v odkládací stanici a v případě potřeby ji robot připojí k manipulačnímu efektoru pomocí jednoduché spojky.

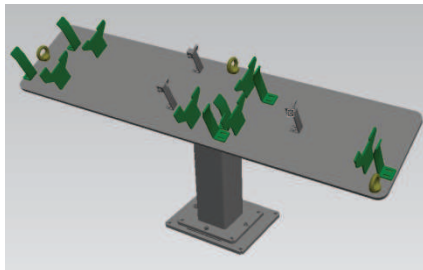
Obr. 4.17-18: Frézování čepiček svařovacích kleští robota 020R02



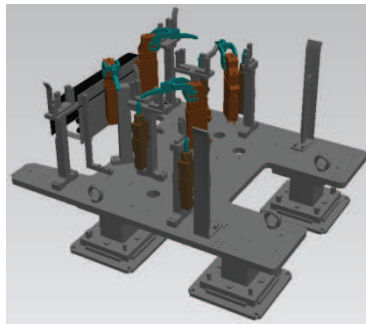
Zdroj: vlastní zpracování

Konstrukce stanic, manipulačních zařízení (greiferů), odkládacích zařízení (ablage) a stojanů (obr. 4.19-28) byla vytvořena přímo v programu Process Simulate. Všechny modely jsou koncepty sloužící pouze pro sestavení buňky a nasimulování procesu.

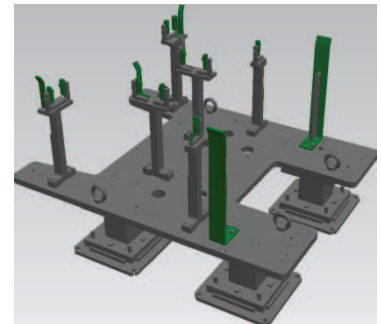
Obr. 4.19-28: Konstrukce zařízení



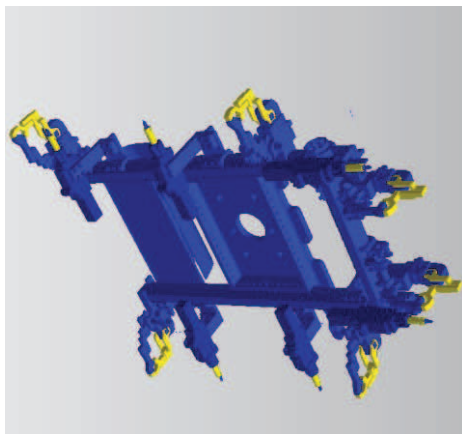
Ruční odkládací stanice 010



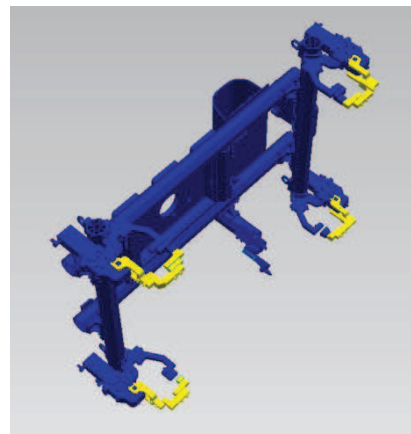
Stanice 020



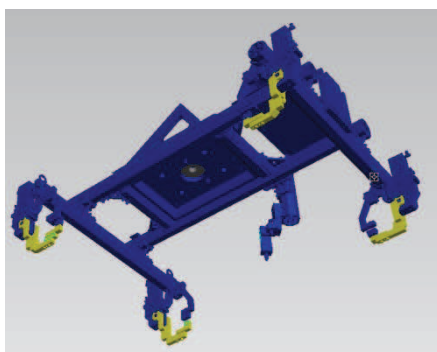
Oddávací zařízení 040



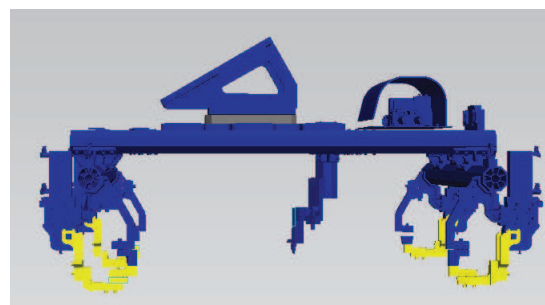
Manipulační zařízení (Greifer) 010R01



Manipulační zařízení 030R01



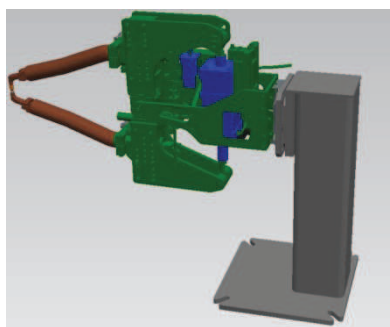
Manipulační zařízení 050R01



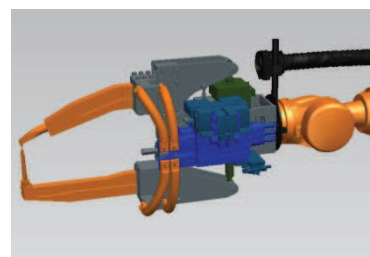
Manipulační zařízení 050R01 je stejné jako 030R01, ale pro napojení na robota je použitý adaptér.



Stacionární svařovací kleště a stojan (Ständer) u robota 030R0



Stacionární svařovací kleště a stojan u robota 050R01



Svařovací kleště robotů 020R01 a 020R02

Zdroj: vlastní zpracování

Při následné realizaci buňky by se schválená vytvořená konstrukce zaslala do výroby. Proběhla by objednávka použitých a schválených zařízení, byly by vytvořeny objednávkové protokoly a listiny. Poté by se vytvořily offline programy všech robotů, aby mohly být posléze nahrány do robotů na hale, kde by proběhla i online korekce.

5 Technicko-ekonomické zhodnocení navrhovaného řešení

Vytvořený simulační program má délku 59 s, kdy na konci linky vyjde jeden hotový díl a je navržen tak, aby co nejvíce odpovídal realitě.

Hodnocení z hlediska rozvržení pracoviště – pracoviště je navrženo co nejjednodušší a s ohledem na všechny potřebné procedury co nejmenší. V prostoru se však nenacházely žádné sloupy či překážky, proto bylo pracoviště navrženo bez žádného omezení. S takovýmto případem se lze při navrhování layoutu setkat snad jen při budování nové haly, v jiných případech by musel být model přizpůsoben okolním podmínkám.

Do technického zhodnocení musíme samozřejmě zahrnout i rizika spojená s uvedením buňky do provozu. Významným rizikem může být ohrožení přítomných osob pohybem robota, jeho ramenem nebo koncovým efektem, kdy přítomným osobám hrozí vážná poranění. Také může dojít k uvolnění nebo vymrštění výrobku při jeho manipulaci nebo uvolnění nástroje. Velice nebezpečná je rotace koncového efektoru, ale i rotační pohyb jakékoli osy robota, při níž může dojít k namotání vlasů nebo části oděvu pracovníka.¹⁹ Navržená buňka je však celá obehnána bezpečnostním plotem s bezpečnostním čidlem ve dveřích pro příchod osob. Pracovník údržby, který potřebuje vejít dovnitř, nejprve zasune svoji vizitku se jménem do připraveného vizitkovníku, aby bylo patrné, že je někdo uvnitř. Dále stiskne červené tlačítko pro zastavení veškerého procesu uvnitř buňky. Klika na dveřích ho nepustí dovnitř dřív, než se všechny procesy ukončí. Po odchodu opět zavře dveře, stiskne zelené tlačítko pro spuštění buňky a odebere si svůj štítek. Kolem celé buňky je samozřejmě umístěno i několik nouzových tlačítek pro okamžité zastavení. Postupuje se podle bezpečnostní směrnice daného závodu či automobilky.

Pro ekonomické zhodnocení navrženého pracoviště budu vycházet z Obr. č. 3.6 Layout. Pro realizaci tohoto pracoviště bude investice následující:

¹⁹ ČSN EN ISO 10218-1 (186502)

Tabulka č. 5.1: Pořizovací náklady navrženého pracoviště

Položka	Cena
5x průmyslový robot KUKA včetně podestu a řízení	268.520,- €
2x rob. svařovací kleště včetně řízení	26.500,- €
2x stacionární svařovací kleště včetně řízení	28.100,- €
3x konstrukce manipulátoru	6.300,- €
1x výroba stanice včetně konstrukce	13.400,- €
2x výroba stolu včetně konstrukce	1.480,- €
PLC řídicí systém	7.050,- €
4x Fréza na čepičky svařovacích kleští	9.100,- €
Zprovoznění linky – montáž a zprovoznění linky	45.500,- €
Vzduchotechnika	9.200,- €
Rozvody médií včetně instalace	12.962,- €
Bezpečnostní prvky + oplocení + dveře	6.300,- €
Automatická bezpečnostní vrata	8.140,- €
Bedny	450,- €

Celkové náklady na zprovoznění navrženého pracoviště dle tab. č. 5.1 vychází na **443.002,- €**. Do ceny se však musí ještě připočítat náklady na údržbu 15.300,- € za rok – v případě, že by se jednalo o údržbu 2 hod. denně + cena spotřebovaného materiálu (oleje, mazadla, aj.).

Bezporuchová životnost tohoto pracoviště je odhadnuta na 5 let. Poté je potřeba vyměnit některé komponenty. Celková životnost je potom zhruba 20 let.

Závěr

Tato diplomová práce měla za cíl vytvoření robotizovaného pracoviště pro svařování karoserií, tedy zpracování návrhu robotizovaného pracoviště pro tři svařovací plechy. Ze zadaných informací se zpracovaly vhodné technologie tak, aby každých 59s mohl být vyprodukován jeden díl.

V teoretické části práce byl nejprve definován termín robot a představeny specifikace průmyslových robotů, včetně jejich klasifikace. Pro mnou navržené pracoviště byly vybrány roboty od firmy KUKA, proto je zde uvedena jejich typologie a výhody a nevýhody v porovnání s roboty od konkurenční firmy ABB. Neméně důležitou kapitolou je i budoucnost robotů v automobilovém průmyslu, jelikož použité svařovací plechy jsou součástí automobilové karoserie. Dále jsem se zabýval zpracováním analýzy současného stavu ve stavbě karoserie, kde byla definována karoserie jako produkt a technologie spojování dílů karoserie, jako je nýtování, lepení, šroubování, ultrazvukové šroubování, laserové svařování a navařování spojovacích matic a čepů. Zvláštní kapitolu jsem věnoval bodovému odporovému svařování a svařovacím kleštím, jelikož tuto technologii spojování dílů využívám v navrženém pracovišti. Na závěr teoretické části jsem zpracoval analýzu robotizovaného pracoviště, vč. plánování procesních postupů a postup tvorby dokumentace. Byl vytvořen spojovací a zakládací plán, svařovací plán, tvorba časové analýzy a layout pro navrženou buňku. Při tvorbě časové analýzy jsem nejprve počítal se čtyřmi roboty, ale vzhledem k nedostatku času v taktu jsem byl nucen jednoho robota přidat, což se odrazilo i v ekonomické analýze.

V praktické části jsem se věnoval zpracování návrhu robotizované svařovací buňky. Ve spolupráci se společností CAD engineering jsem realizoval simulaci a proces buňky v programu Process Simulate. V hotové simulaci byly všechny 3 plechy svařeny v požadovaný čas bez větších problémů. Navrhl jsem jedno z několika možných řešení dané problematiky a byl bych rád, kdybych tím přispěl k diskuzi o metodách simulace, které robotizované pracoviště dnes nabízí.

Soupis bibliografických citací

- [1] *Executive Summary World Robotics 2017 Industrial Robots* [online]. [cit. 26.4.2019]. Dostupné z: https://ifr.org/downloads/press/Executive_Summary_WR_2017_Industrial_Robots.pdf
- [2] *Hawking: "Roboter werden Menschen überlegen sein"* [online]. [cit. 11.3.2019]. Dostupné z: <https://diepresse.com/home/techscience/hightech/4733818/Hawking-Roboter-werden-Menschen-ueberlegen-sein>
- [3] *Anzahl der weltweit produzierten Personenkraftwagen (Pkw) in den Jahren 1998 bis 2018* [online]. [cit. 11.3.2019]. Dostupné z: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/159780/umfrage/weltweit-jaehrlich-hergestellte-pkw/>
- [4] Čapek, Karel: *RUR*. Aventinum 1920
- [5] *Robot* [online]. [cit. 11.3.2019]. Dostupné z: <https://slovník-cizich-slov.abz.cz/web.php/slovo/robot>
- [6] McKerrow, Phillip John. *Introduction to Robotics (Electronic Systems Engineering Series)*. Addison-Wesley Pub (Sd), 1991, ISBN 13: 9780201182408
- [7] ČSN ISO 8373 (186501), *Roboty a robotická zařízení – Slovník*, Praha 2012
- [8] Tejchmanová, Michaela Bc, *Vývoj a výroba nízkonákladového robotu pro interakci s okolím*, diplomová práce, Brno 2016 [online]. [cit. 11.3.2019]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=128290
- [9] Jelínek, Aleš Ing. A Chromý Adam Ing., *Vybrané partie z robotiky*, Brno 2015 [online]. [cit. 12.3.2019]. Dostupné z: http://www.uamt.feec.vutbr.cz/~robotika/Vybrane_partie_z_robotiky.pdf
- [10] Skařupa, Jiří. *Průmyslové roboty a manipulátory*, učební text, Ostrava 2007, s. 16. ISBN 978-80-248-1522-0 [online]. [cit. 28.3.2019]. Dostupné z: http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FS/PRM/Text/Skripta_PRaM.pdf [cit. 28.03.2019]
- [11] *Rámy-účel, konstrukce* [online]. [cit. 15.3.2019]. Dostupné z: <http://zak.iss-slany.cz/?id=1175&action=detail&presenter=Material>
- [12] *Spoje nýtové* [online]. [cit. 15.3.2019]. Dostupné z: <https://coptkm.cz/portal//reposit.php?action=0&id=26964&revision=-1&instance=2>

- [13] Bláha, Aleš. *Lepení v automobilovém průmyslu*, diplomová práce, Brno 2015. [online]. [cit. 15.3.2019]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=101399
- [14] *Kleben im Automobilbau* [online]. [cit. 15.3.2019]. Dostupné z: https://www.om-klebetechnik.de/fileadmin/user_upload/Bayern_Innovativ_Kleben_Automobilbau_2015.pdf
- [15] *Ultrazvukové svařování* [online]. [cit. 28.3.2019]. Dostupné z: <http://homen.vsb.cz/~hla80/2009svarovani/2-06-41.pdf>
- [16] *Svařování ultrazvukem* [online]. [cit. 28.3.2019]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/svarovani/img/opory/hsv_specialni_metody_svarovani_svarovani_ultrazvukem_mrna.pdf
- [17] Mrňa Libor, Ph.D., RNDr., *Technologie využívající laser* [online]. [cit. 28.3.2019]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/svarovani/img/opory/hsv_specialni_metody_svarovani_svarovani_laserem_2013_mrna.pdf
- [18] ČSN EN ISO 10218-1: *Roboty a robotická zařízení - Požadavky na bezpečnost průmyslových robotů - Část 1: Roboty*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, 2012.

Seznam zkratek a značek

EU	Evropská unie
CNG	stlačený zemní plyn, anglicky Compressed Natural Gas
LNG	zkapalněný zemní plyn, anglicky Liquefied Natural Gas
QR kód.....	kód rychlé reakce, anglicky Quick Response
RIFD kód	identifikace na rádiové frekvenci, anglicky Radio Frequency Identification
EAN kód	mezinárodní číslo obchodní položky, anglicky European Article Number
VW.....	Volkswagen Group
PLC	programovatelný logický automat, anglicky Programmable Logic Controller
PJ.....	pohybová jednotka
KUKA	společnost KUKA AG, akronym slov Keller und Knappich Augsburg
ABB	ABB s.r.o. , člen ABB Group, akronym slov Asea Brown Boveri
SUV	sportovní užitkové vozidlo, anglicky Sport utility vehicle
MPV	víceúčelové vozidlo, anglicky Multi-purpose vehicle
BMW	akronym slov Bayerische Motoren Werke AG
FLS.....	system na šroubování pomocí tvářecích šroubů do tenkých plechů, německy Fließformschrauben
MTM.....	metoda časového měření, anglicky Methods Time Measurement
OLP	programování bez připojení, anglicky Off-Line Programming

Značka	Jednotka	Popis
i		Počet stupňů volnosti soustavy
n		Počet členů včetně rámu
r		Počet rotačních dvojic
p		Počet posuvných dvojic
v		Počet valivých, resp. obecných dvojic
o		Počet kinematických dvojic
S _v	[mm]	Poměrná tloušťka plechu
S _{max}	[mm]	Nejtlustší plech
S _{min}	[mm]	Nejtenčí plech
I _s	[kA]	Svařovací proud
t _i	[ms]	Svařovací čas
s ₁	[mm]	Tloušťka plechu 1
s ₂	[mm]	Tloušťka plechu 2
s ₃	[mm]	Tloušťka plechu 3
Re ₁	[N/mm ²]	Mez kluzu plechu 1
Re ₂	[N/mm ²]	Mez kluzu plechu 2
Re ₃	[N/mm ²]	Mez kluzu plechu 3
F	[kN]	Svařovací tlak

Seznam ilustrací a tabulek

<i>Obr. 0.1: Rekordní nárůst počtu robotů</i>	10
<i>Obr. 1.1: Řízení robota</i>	15
<i>Obr. 1.2: Popis robota</i>	17
<i>Obr. 1.3-4: Kartézská kinematická struktura</i>	20
<i>Obr. 1.5-6: Válcová (cylindrická) kinematická struktura</i>	20
<i>Obr. 1.7-8: Sférická (kulová) kinematická struktura</i>	21
<i>Obr. 1.9: Torusová (složená, angulární, antropomorfní) kinematická struktura</i>	21
<i>Obr. 1.10: Robot KUKA KR210</i>	23
<i>Obr. 1.11: Srovnání robotů KUKA KR210, tabulka nosností a dosahů</i>	23
<i>Obr. 1.12: Robot KUKA KR240</i>	23
<i>Obr. 1.13: Srovnání robotů KUKA KR240, tabulka nosností a dosahů</i>	24
<i>Obr. 1.14: Robot KUKA KR360</i>	25
<i>Obr. 1.15: Špatná konfigurace os</i>	26
<i>Obr. 1.16: Správná konfigurace os</i>	26
<i>Obr. 1.17: Safezóny u robota KUKA</i>	27
<i>Obr. 1.18: Safezóny u robota ABB</i>	27
<i>Obr. 1.19: Kalibrační trn robota KUKA</i>	27
<i>Obr. 1.20: Očekávaný počet obyvatel ve věku 15-64 let v roce 2051</i>	28
<i>Obr. 1.21: Vývoj počtu obyvatel v produktivním věku v Německu do roku 2060</i>	29
<i>Obr. 2.1: Popis karoserie osobního automobilu</i>	30
<i>Obr. 2.2: Mercedes-Benz třídy S</i>	33
<i>Obr. 2.3: Škoda Octavia combi</i>	33
<i>Obr. 2.4: Volkswagen Golf</i>	34
<i>Obr. 2.5: Škoda Rapid</i>	34
<i>Obr. 2.6: Toyota GT86</i>	35
<i>Obr. 2.7: Mazda MX-</i>	35
<i>Obr. 2.8: Honda S2000</i>	36
<i>Obr. 2.9: Land Rover Defender</i>	36
<i>Obr. 2.10: Škoda Yeti</i>	37
<i>Obr. 2.11: Škoda Roomster</i>	37
<i>Obr. 2.12: Ferrari FF</i>	37
<i>Obr. 2.13: Renault Alaskan</i>	38
<i>Obr. 2.14: Mercedes-Benz S600 Pullman</i>	38
<i>Obr. 2.15: Nýt spojující dva plechy</i>	39
<i>Obr. 2.16: Nýtovací kleště</i>	39
<i>Obr. 2.17: Reakční lepidla a jejich vlastnosti</i>	41
<i>Obr. 2.18: Rozebíratelný spoj</i>	42
<i>Obr. 2.19: FLS šroubovací zařízení</i>	43
<i>Obr. 2.20: Popis procesu svařování ultrazvukem</i>	44
<i>Obr. 2.21: Svařování laserem</i>	47
<i>Obr. 2.22: Podrobné svařování laserem</i>	47
<i>Obr. 2.23: Navařování kovových částic</i>	48
<i>Obr. 2.24: Svařovací zařízení a další příslušenství</i>	49
<i>Obr. 2.25: Pistole Tucker Flex</i>	50
<i>Obr. 2.26: Pistole Tucker Multi</i>	50
<i>Obr. 2.27: Pistole Tucker Single</i>	50
<i>Obr. 2.28: Dva typy pistolí flex a a multi od rozdílných dodavatelů</i>	51
<i>Obr. 2.29: Bodové svařování</i>	52

<i>Obr. 2.30: Bodové svařování podrobně.....</i>	<i>52</i>
<i>Obr. 2.31: Koncový efektor robota</i>	<i>53</i>
<i>Obr. 2.32: Ukázka čepiček na svařovacích elektrodách</i>	<i>53</i>
<i>Obr. 2.33: Stacionární kleště s čepičkovou frézou.....</i>	<i>54</i>
<i>Obr. 2.34: Navádění na kleště vlastní.....</i>	<i>54</i>
<i>Obr. 2.35: Ergonomie pro obsluhu.....</i>	<i>55</i>
<i>Obr. 2.36: Kleště typu X a kleště typu C.....</i>	<i>55</i>
<i>Obr. 3.1: CAD engineering.cz</i>	<i>56</i>
<i>Obr. 3.2: Zakládací plán stanice 010</i>	<i>59</i>
<i>Obr. 3.3: Svařovací plán stanice 020</i>	<i>61</i>
<i>Obr. 3.4: Svařovací plán stanice 020</i>	<i>63</i>
<i>Obr. 3.5: Časová analýza – robotická část</i>	<i>65</i>
<i>Obr. 3.6: Layout.....</i>	<i>66</i>
<i>Obr. 4.1: Odebírání plechu operátorem.....</i>	<i>69</i>
<i>Obr. 4.2: Zavírání bezpečnostních dveří operátorem.....</i>	<i>69</i>
<i>Obr. 4.3-4.5: Robot 010IR01 odebere postupně všechny tři plechy.....</i>	<i>70-71</i>
<i>Obr. 4.6: Robot 010R01 založí postupně všechny tři plechy do stanice 020.....</i>	<i>72</i>
<i>Obr. 4.7: GEO stanice 020 v otevřené poloze</i>	<i>73</i>
<i>Obr. 4.8: Založení prvního plechu.....</i>	<i>73</i>
<i>Obr. 4.9: Založení druhého plechu.....</i>	<i>74</i>
<i>Obr. 4.10: Založení třetího plechu.....</i>	<i>74</i>
<i>Obr. 4.11: Upnutí plechů.....</i>	<i>75</i>
<i>Obr. 4.12: Svařování robotů ve stanici 020.....</i>	<i>76</i>
<i>Obr. 4.13: Dovařování ve stacionárních kleštích.....</i>	<i>77</i>
<i>Obr. 4.14: Robot 030R01 zakládá plech do ablage.....</i>	<i>77</i>
<i>Obr. 4.15: Robot 050R01 dovařuje ve stacionárních kleštích.....</i>	<i>78</i>
<i>Obr. 4.16: Založení plechu do odkládacího zařízení.....</i>	<i>79</i>
<i>Obr. 4.17-18: Frézování čepiček svařovacích kleští robota 020R02</i>	<i>80</i>
<i>Obr. 4.19-28: Konstrukce zařízení</i>	<i>81-82</i>
<i>Tabulka č. 5.1: Pořizovací náklady navrženého pracoviště</i>	<i>84</i>

Seznam příloh

Příloha A: Spojovací plán stanice 010

Příloha B: Spojovací plán stanice 030

Příloha C: Zakládací plán stanice 010

Příloha D: Zakládací plán stanice 020

Příloha E: Svařovací plán stanice 020

Příloha F: Svařovací plán stanice 030

Příloha G: Svařovací plán stanice 050

Příloha H: Časový diagram

Příloha I: Layout oblasti

Autor/ka (vypracoval/a)	Bc. Petr Baláš
Název DP	Návrh robotizovaného pracoviště pro svařování karoserií
Studijní obor	Logistika
Rok obhajoby DP	2019
Počet stran	92
Počet příloh	9
Vedoucí DP	Doc. Ing. Zdeněk Čujan, CSc.
Anotace	Tato diplomová práce se zabývá návrhem robotizovaného pracoviště pro svařování karoserií. V úvodu je nejprve vyčleněna problematika robotů a jejich zapojení do života, ať už běžného nebo průmyslového. Dále se zabývám definicí slova robot, specifikací průmyslových robotů a jejich klasifikací a úvahou o budoucnosti robotů v automobilovém průmyslu. Hlavní část práce je zaměřena na zpracování analýzy současného stavu ve stavbě karoserie s rozdělením typů karoserie a technologií spojování dílů. Kapitola zpracování analýzy robotizovaného pracoviště a zpracování návrhu robotizované svařovací buňky se již zabývá konkrétním postupem a průběhem v celé oblasti buňky. V závěru práce je provedeno technicko-ekonomické zhodnocení celého pracoviště.
Klíčová slova	Karoserie, robot, svařování, montáž, robotizované pracoviště, svařování, buňka
Místo uložení	ITC (knihovna) Vysoké školy logistiky v Přerově
Signatura	

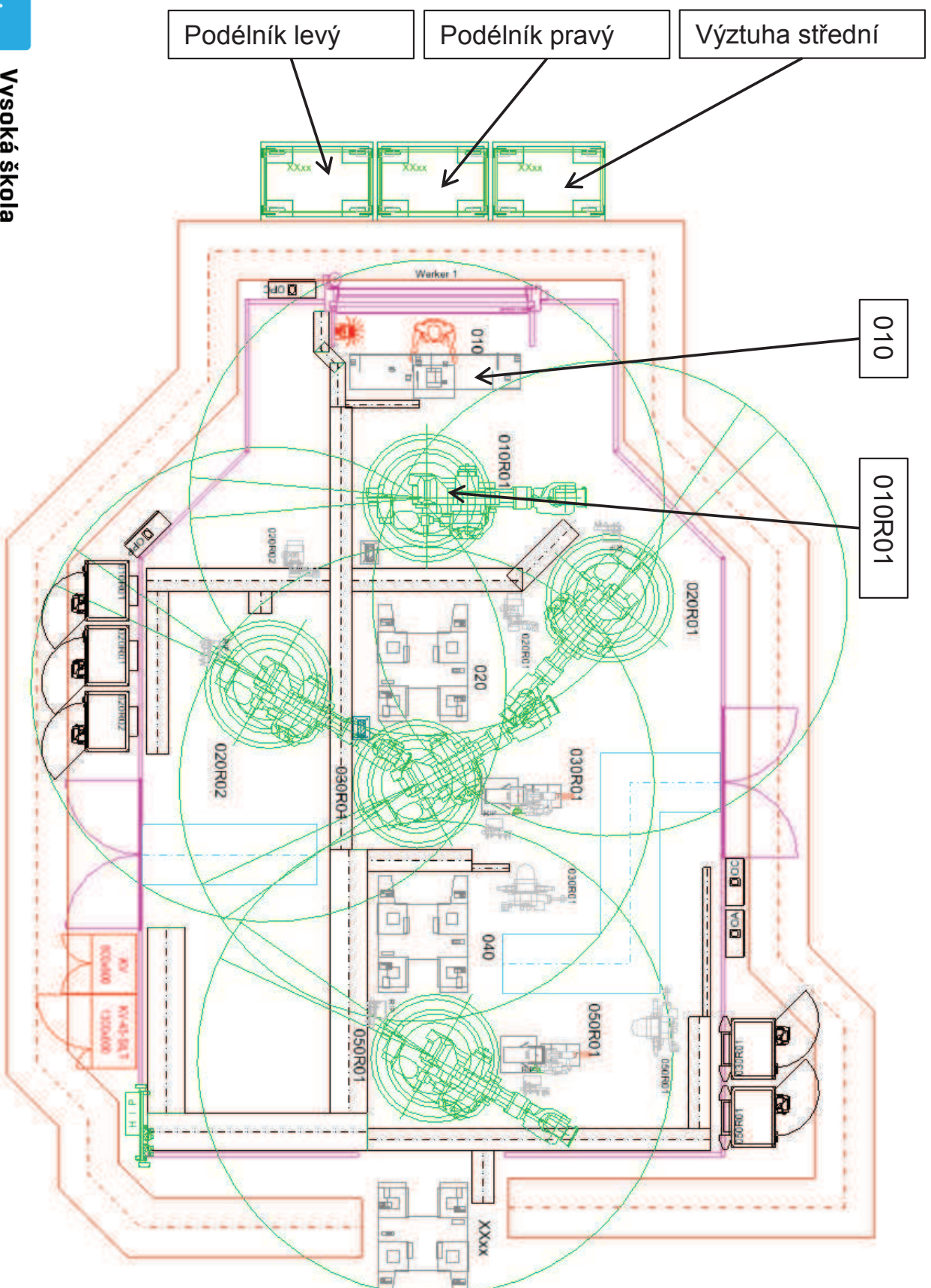


**Vysoká škola
logistiky**
o.p.s.

Příloha A

SPOJOVACÍ PLÁN STANICE 010 - RUČNÍ

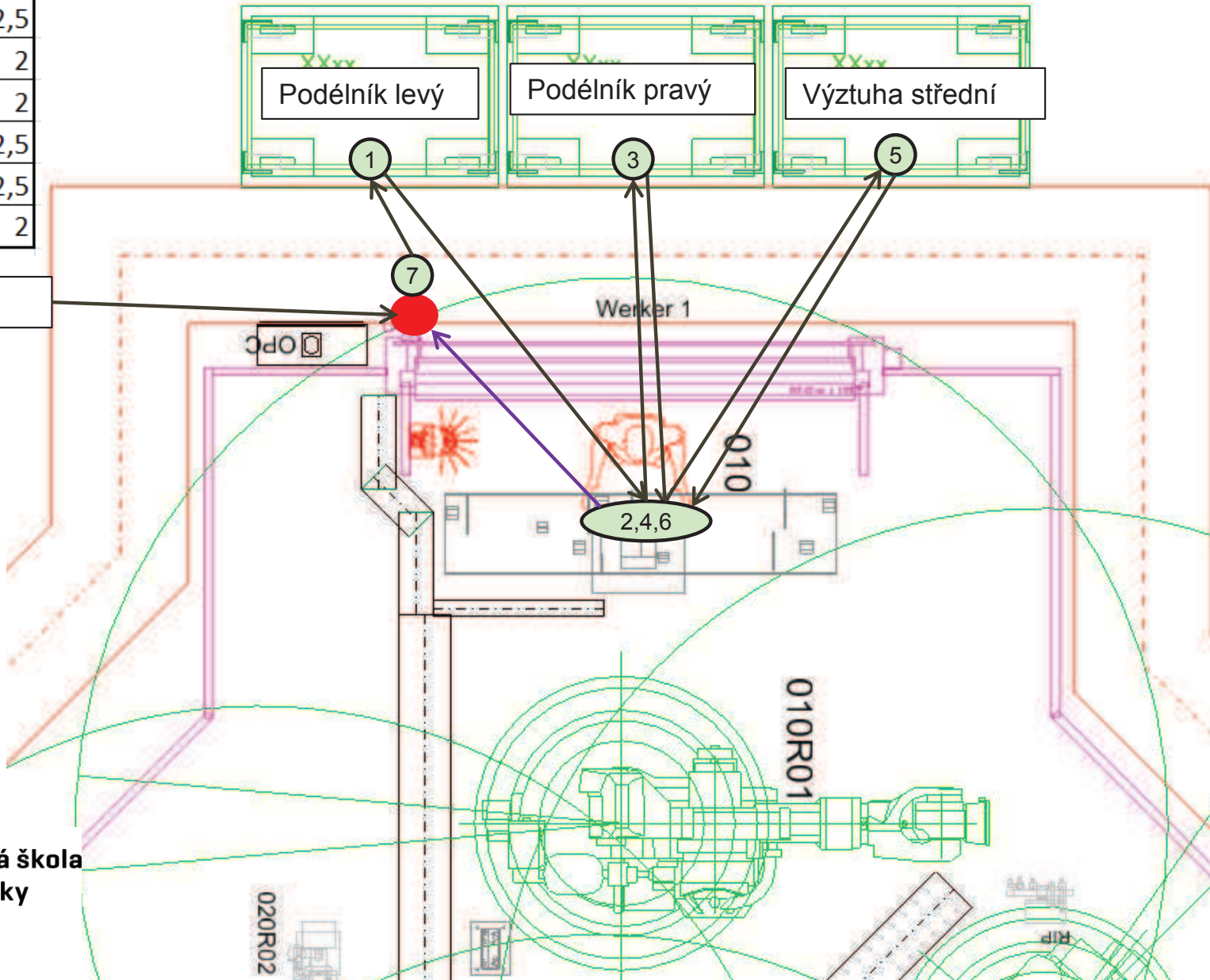
HALOVÝ PLÁN OBLASTI 1



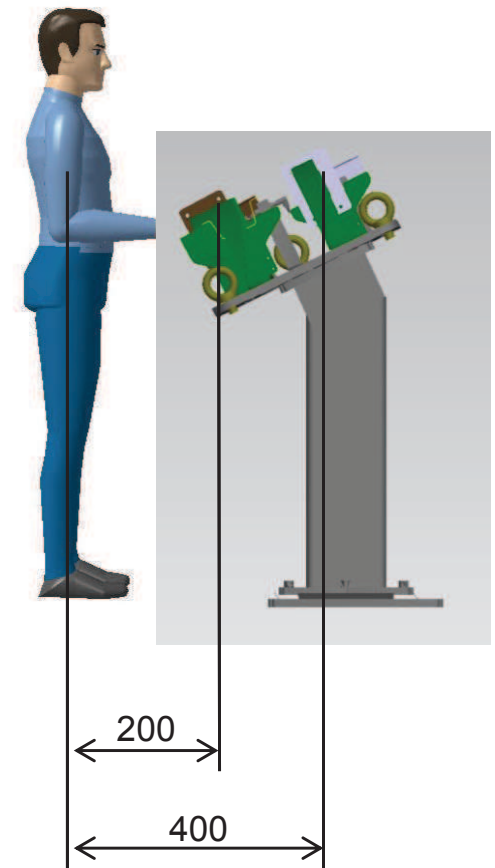
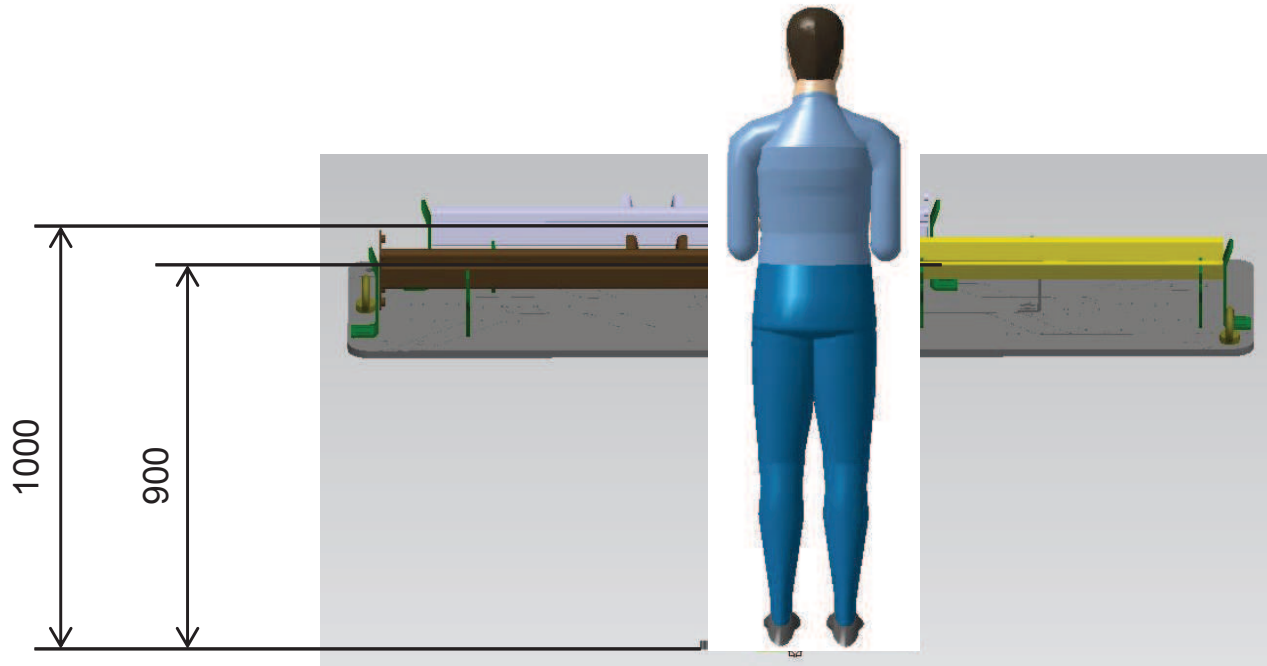
HALOVÝ PLÁN – DÉLKA CHŮZE

krok	délka [m]
7→1	1
1→2	2,5
2→3	2
3→4	2
4→5	2,5
5→6	2,5
6→7	2

Ruční start



ERGONOMIE STANICE 010

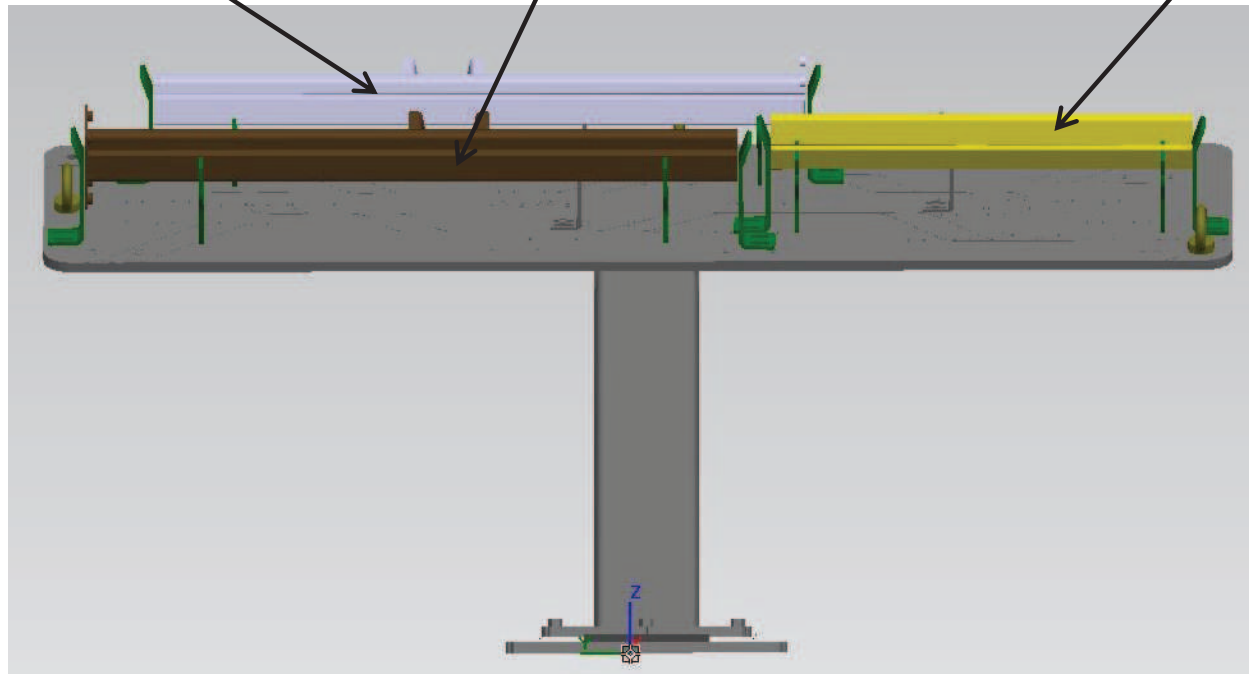


POŘADÍ ZAKLÁDÁNÍ DO STANICE 010

Díl 1: podélník levý č.d. 01_01A

Díl 2: podélník pravý č.d. 02_01A

Díl 3: střední výztuha č.d. 03_01A



ZATÍŽENÍ OPERÁTORA A ČAS ROBOTA STRÁVENÝ VE STANICI

Operátor 1

Čas – 33,5 s

Zatížení operátora 1 – 56%

Dveře 1 zavřeny cca. 15 sekund



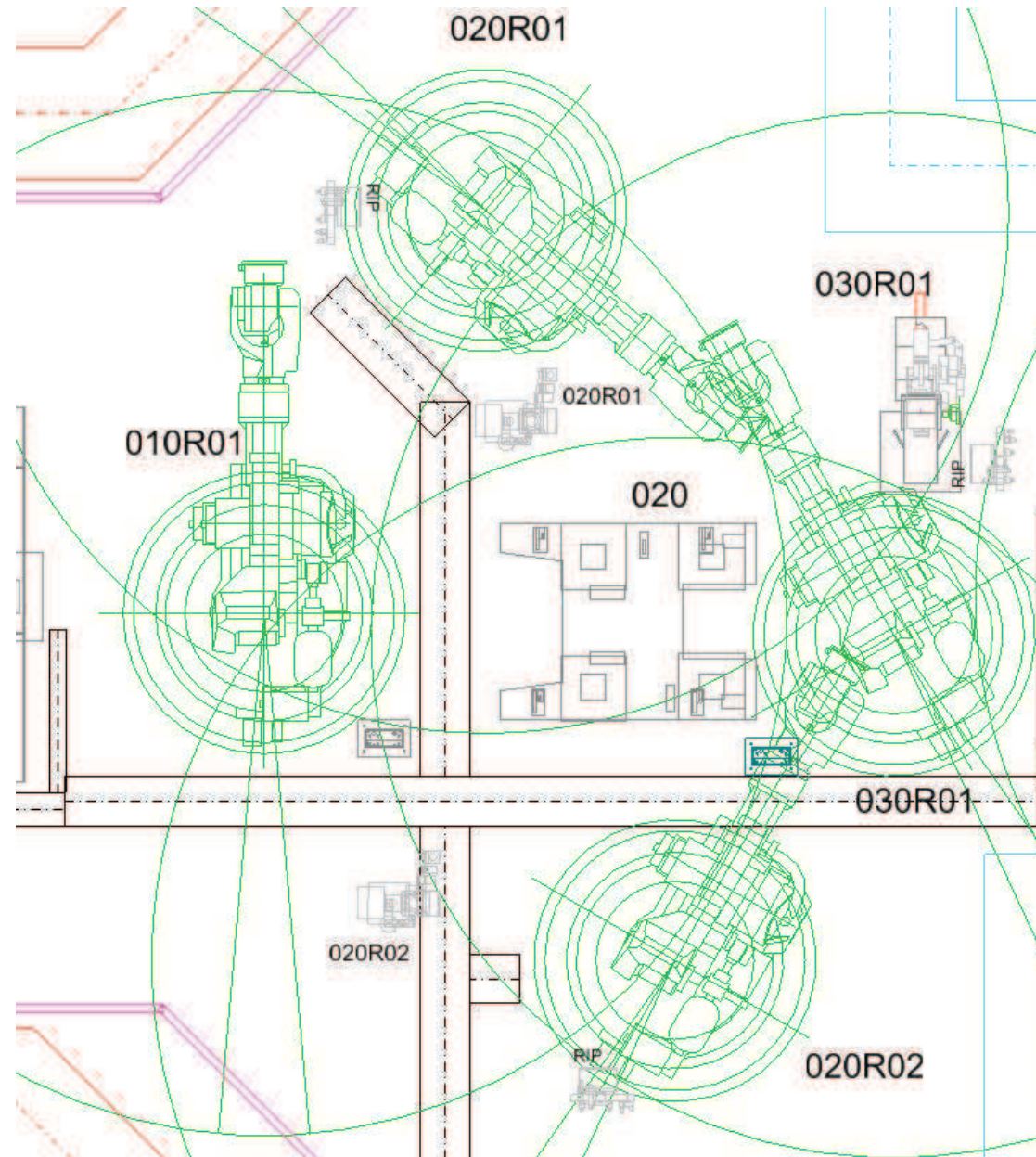


**Vysoká škola
logistiky**
o.p.s.

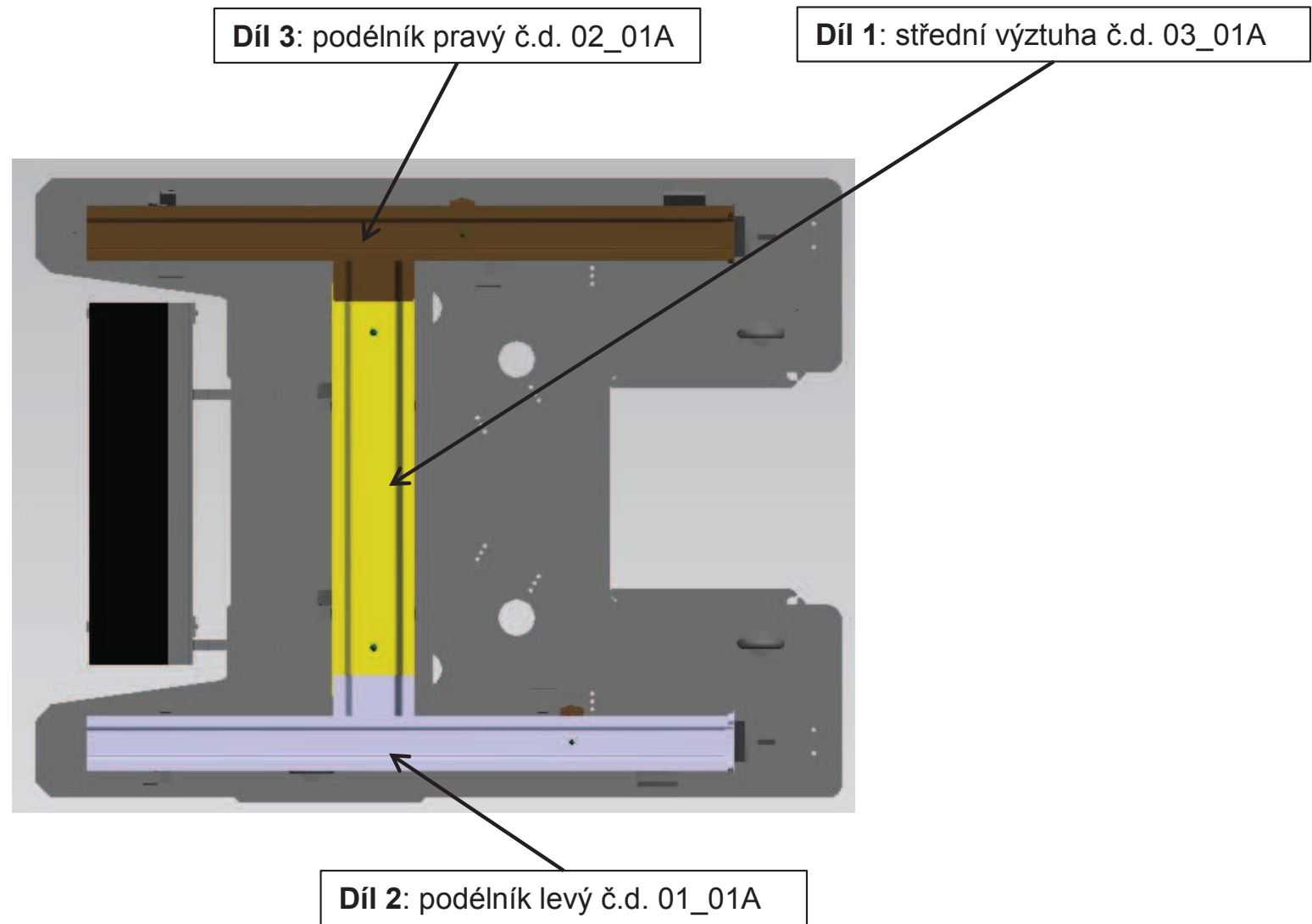
Příloha B

SPOJOVACÍ PLÁN STANICE 030 - ROBOTICKÉ

HALOVÝ PLÁN OBLASTI 1



POŘADÍ ZAKLÁDÁNÍ DO STANICE 030

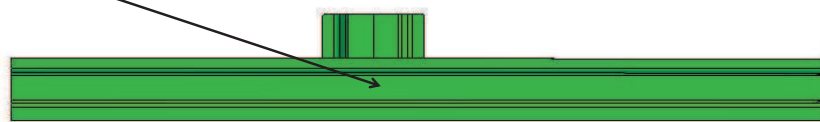


Zakládání zakládací stanice 010

podélník levý

I

č.d. 01_01A



střední výztuha

III

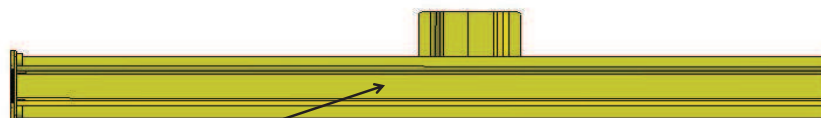
č.d. 03_01A



podélník pravý

II

č.d. 02_01A




Spojovací plán zakládací stanice 010

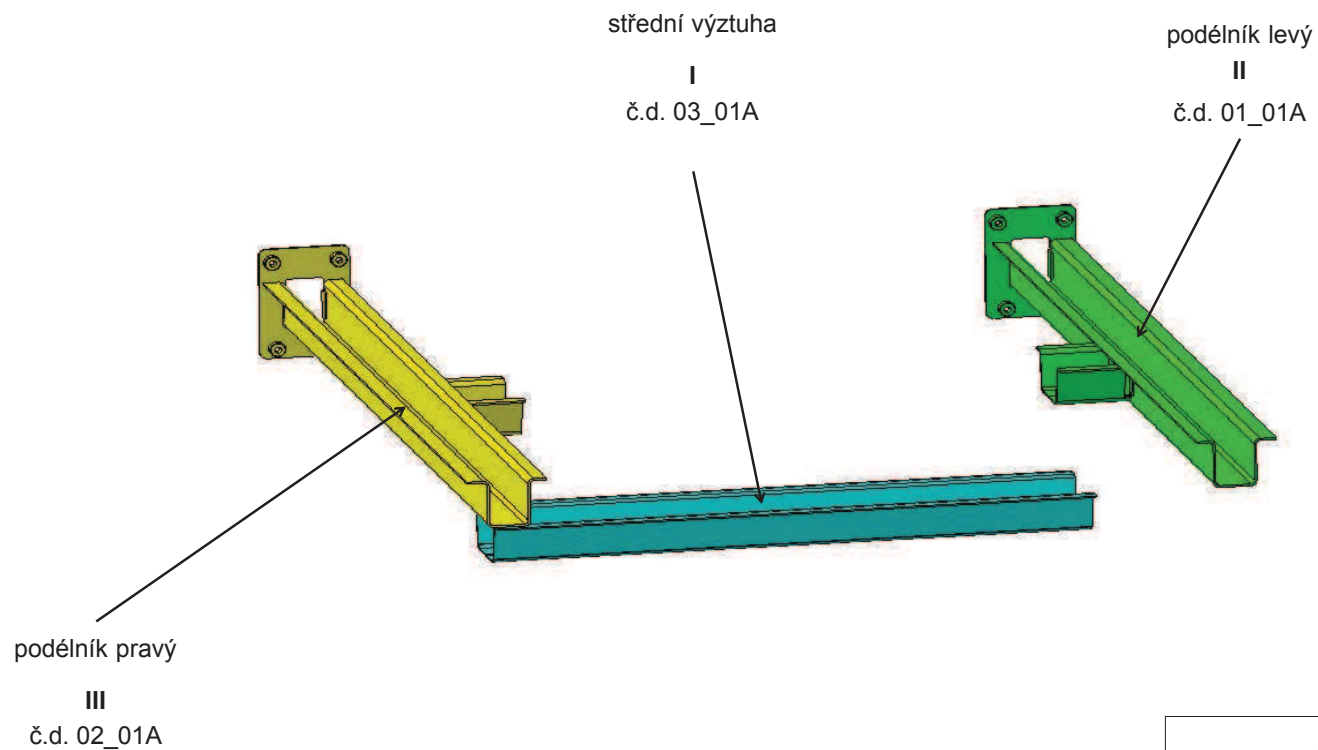
Změnový Index :



sestava 1


 Vysoká škola logistiky o.p.s.	Název:	Spojovací plán	Oblast:	1	K.-Skupina	Navrhl:	Petr Baláš	číslo.:	10	stana č.:	1	další st.:	-	
			stanice:	10	Nakreslil:	Petr Baláš	Datum:							3.4.2019
			Typ:	zakládací stanice	Kontrola:	Jan Machus	Firma:							CAD

Zakládání svařovací stanice 020

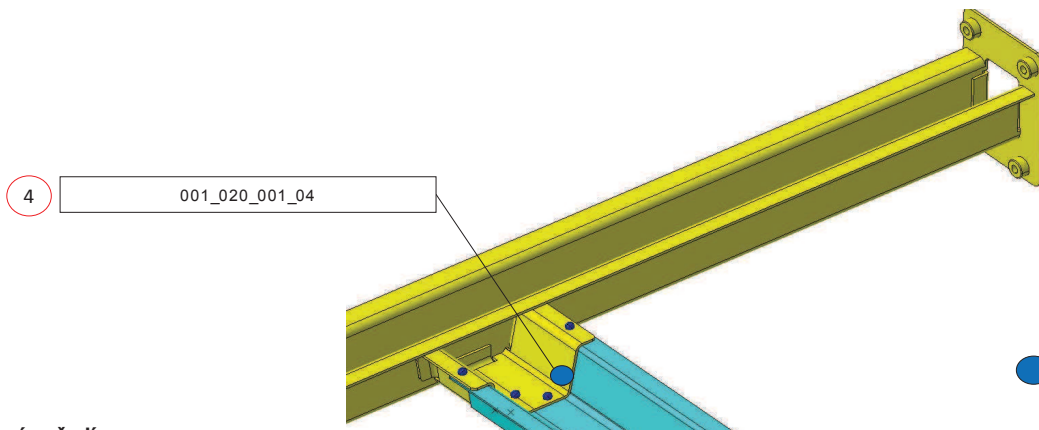
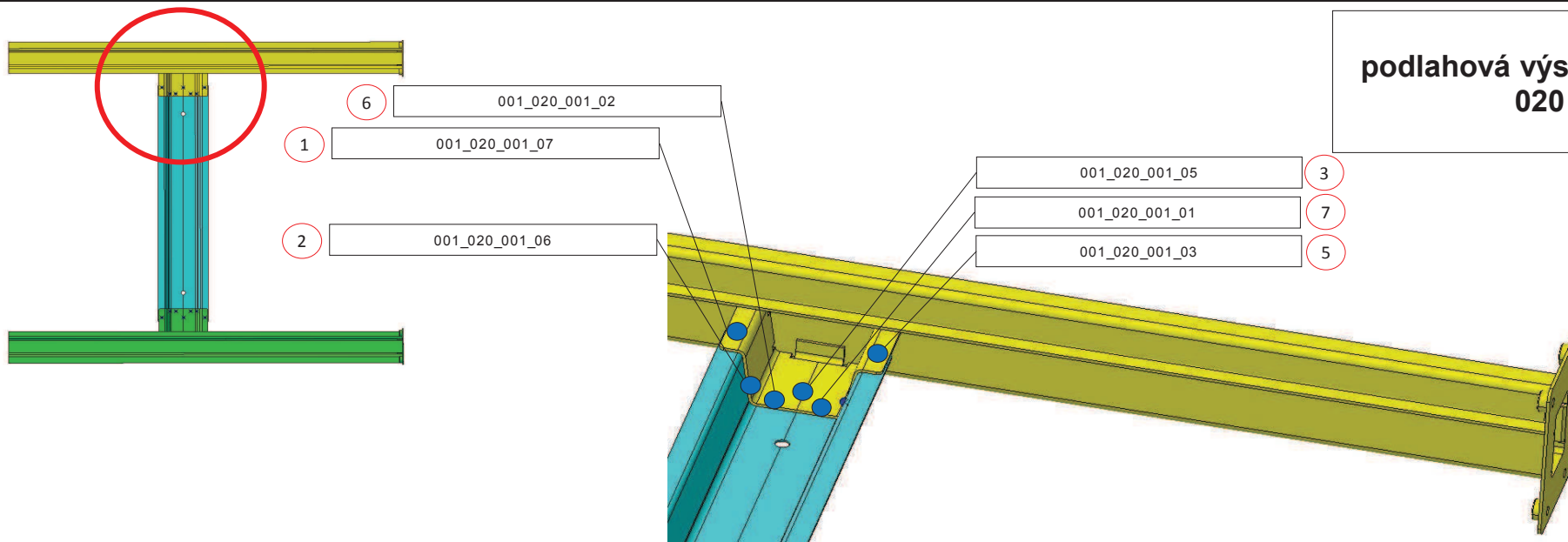


Spojovací plán zakládací stanice 020

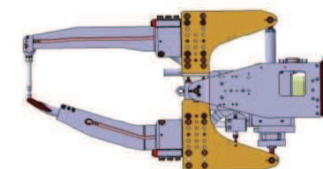
Změnový Index : ○○○○○○
sestava 1

 Vysoká škola logistiky o.p.s.	Název:	Spojovací plán	Oblast:	1	K.-Skupina	Navrhl:	Petr Baláš	číslo.:	20	stana č.:	1	další st.:	-	
			stanice:	10	Nakreslil:	Petr Baláš	Datum:							3.4.2019
			Typ:	svařovací stanice	Kontrola:	Jan Machus	Firma:							CAD

**podlahová výstuha zadní
020**



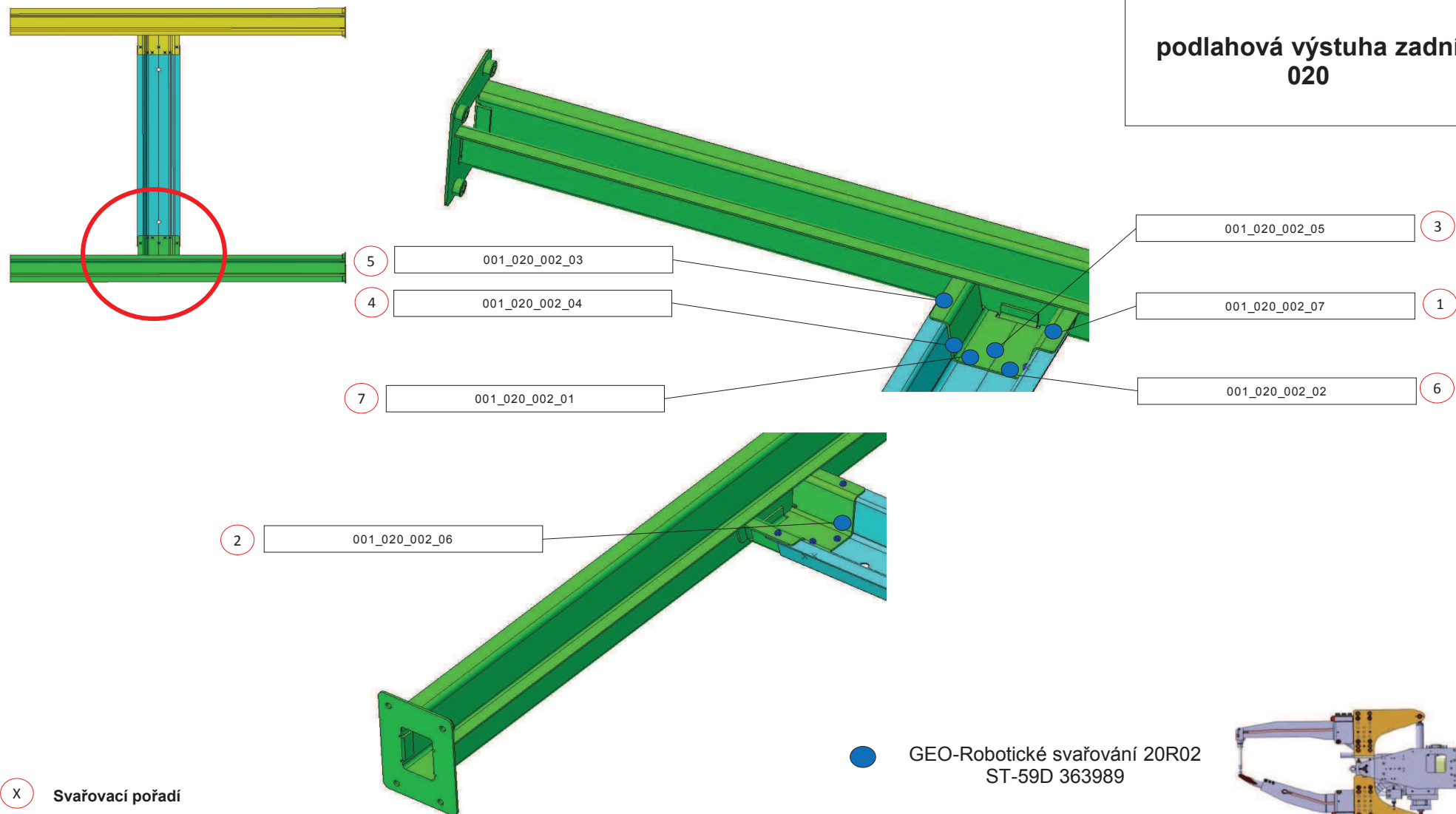
● GEO-Robotické svařování 20R01
ST-59D 363989



X Svařovací pořadí

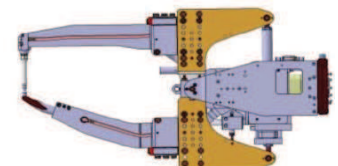
	Název: Svařovací plán	Oblast: 20	K.-Gruppe	Vytvořil: Petr Baláš	Počet Listů: 4	číslo výkresu.: SP_001	List 1	Další list 2
		o.s.o.		Kontrola: Petr Baláš	Datum: 3.4.2019			
		Stanice: 20						

**podlahová výstuha zadní
020**



X Svařovací pořadí

● GEO-Robotické svařování 20R02
ST-59D 363989



Vysoká škola logistiky o.p.s.	Název:	Svařovací plán		Oblast:	20	K.-Gruppe	Vytvořil:	Petr Baláš	Počet Listů	4	číslo výkresu.:	SP_001	List	2	Další list	3
				Stanice	20		Kontrola:	Petr Baláš	Datum:	3.4.2019						



**Vysoká škola
logistiky**
o.p.s.

**podlahová výstuha zadní
20R01**

základní informace				Koordinaty svař. Bodů			Plech 1				Plech 2				Svařovací parametry					
Pořadí svařování	Název bodu	výrobní č. kleště	C/X	X	Y	Z	Název plechu	č. plechu	Materiál	Mez kluzu [N/mm ²]	Tloušťka [mm]	Název plechu	č. plechu	Materiál	Mez kluzu [N/mm ²]	Tloušťka [mm]	Srovnání tloušťky plechů [mm]	Svařovací napětí [kA]	Svařovací čas [ms]	Svařovací tlak [kN]
1	001_020_001_01	59D-363989	X	2724,95	370,5	136,49	podélník pravý	02_01A	HX 340 LAD+Z100MB	420	3	střední výstuha	03_01A	HX260LAD+Z100-M-B	330	2	2,80	10,264	670	5,3
2	001_020_001_02	59D-363989	X	2677,85	370,5	136,49	podélník pravý	02_01A	HX 340 LAD+Z100MB	420	3	střední výstuha	03_01A	HX260LAD+Z100-M-B	330	2	2,80	10,264	670	5,3
3	001_020_001_03	59D-363989	X	2769,75	392,5	195,19	podélník pravý	02_01A	HX 340 LAD+Z100MB	420	3	střední výstuha	03_01A	HX260LAD+Z100-M-B	330	2	2,80	10,264	670	5,3
4	001_020_001_04	59D-363989	X	2745,04	370,5	147,87	podélník pravý	02_01A	HX 340 LAD+Z100MB	420	3	střední výstuha	03_01A	HX260LAD+Z100-M-B	330	2	2,80	10,264	670	5,3
5	001_020_001_05	59D-363989	X	2701,85	392,5	136,49	podélník pravý	02_01A	HX 340 LAD+Z100MB	420	3	střední výstuha	03_01A	HX260LAD+Z100-M-B	330	2	2,80	10,264	670	5,3
6	001_020_001_06	59D-363989	X	2658,12	370,5	147,87	podélník pravý	02_01A	HX 340 LAD+Z100MB	420	3	střední výstuha	03_01A	HX260LAD+Z100-M-B	330	2	2,80	10,264	670	5,3
7	001_020_001_06	59D-363989	X	2633,75	392,5	195,19	podélník pravý	02_01A	HX 340 LAD+Z100MB	420	3	střední výstuha	03_01A	HX260LAD+Z100-M-B	330	2	2,80	10,264	670	5,3

Vzorce [předloha VW]

Srovnání tloušťky plechů

$$S_v = 0,2 \times S_{\max} + 0,8 S_{\min} \text{ [mm]}$$

Svařovací proud

pro $S_v \leq 2\text{mm}$
 $I_s = 1,13 \times S_v + 7,1 \text{ [kA]}$

pro $S_v > 2\text{mm}$
 $I_s = 1,5 \times S_v + 5,8 \text{ [kA]}$

Svařovací čas

$$t_i = ((s_1 + s_2 + s_3) - 1,4) \times (600/4,6) + 200 \text{ [ms]}$$

Svařovací tlak

pro $S_v \leq 2\text{mm}$
 $F = (1,64 \times S_v + 0,45) \times (Re_1 + Re_2 + Re_3 / 300 \times 3 \times 10 + 0,9) + 0,21 \text{ [kN]}$

pro $S_v > 2\text{mm}$
 $F = (1,3 \times S_v + 0,7) \times (Re_1 + Re_2 + Re_3 / 300 \times 3 \times 10 + 0,9) + 0,7 \text{ [kN]}$

Legenda:

- S_{\min} - nejtlušší plech [mm]
- S_{\max} - nejtenší plech [mm]
- s_1 - tloušťka plechu 1 [mm]
- s_2 - tloušťka plechu 2 [mm]
- s_3 - tloušťka plechu 3 [mm]
- Re_1 - mez kluzu plechu 1 [N/mm²]
- Re_2 - mez kluzu plechu 2 [N/mm²]
- Re_3 - mez kluzu plechu 3 [N/mm²]

Svařovací kleště typu X ST-59D 363989

max.svařovací tlak udávaný výrobcem

5,5 kN

Svařovací kleště vyhovují

Název: Svařovací plán	Oblast: o.s.o. Stanice	20 20	K-Gruppe	Vytvořil: Kontola:	Petr Baláš Petr Baláš	Počet Listů: Datum:	4 3.4.2019	číslo výkresu: SP_001	List 3	Další list 4
---------------------------------	------------------------------	----------	----------	-----------------------	--------------------------	------------------------	---------------	--------------------------	-----------	-----------------



**Vysoká škola
logistiky**
O.p.S.

**podlahová výstuha zadní
20R02**

základní informace				Koordinaty svař. Bodů			Plech 1					Plech 2					Svařovací parametry			
Pořadí svařování	Název bodu	výrobní č. kleště	C/X	X	Y	Z	Název plechu	č. plechu	Materiál	Mez kluzu [N/mm ²]	Tloušťka [mm]	Název plechu	č. plechu	Materiál	Mez kluzu [N/mm ²]	Tloušťka [mm]	Srovnání tloušťky plechů [mm]	Svařovací napětí [kA]	Svařovací čas [ms]	Svařovací tlak [kN]
1	001_020_002_01	59D-363989	X	2724,95	-370,5	136,49	podélník levý	01_01A	HX 340 LAD+Z100MB	420	3	střední výstuha	03_01A	HX260LAD+Z100-M-B	330	2	2,80	10,264	670	5,3
2	001_020_002_02	59D-363989	X	2677,85	-370,5	136,49	podélník levý	01_01A	HX 340 LAD+Z100MB	420	3	střední výstuha	03_01A	HX260LAD+Z100-M-B	330	2	2,80	10,264	670	5,3
3	001_020_002_03	59D-363989	X	2769,75	-392,5	195,19	podélník levý	01_01A	HX 340 LAD+Z100MB	420	3	střední výstuha	03_01A	HX260LAD+Z100-M-B	330	2	2,80	10,264	670	5,3
4	001_020_002_04	59D-363989	X	2745,04	-370,5	147,87	podélník levý	01_01A	HX 340 LAD+Z100MB	420	3	střední výstuha	03_01A	HX260LAD+Z100-M-B	330	2	2,80	10,264	670	5,3
5	001_020_002_05	59D-363989	X	2701,85	-392,5	136,49	podélník levý	01_01A	HX 340 LAD+Z100MB	420	3	střední výstuha	03_01A	HX260LAD+Z100-M-B	330	2	2,80	10,264	670	5,3
6	001_020_002_06	59D-363989	X	2658,12	-370,5	147,87	podélník levý	01_01A	HX 340 LAD+Z100MB	420	3	střední výstuha	03_01A	HX260LAD+Z100-M-B	330	2	2,80	10,264	670	5,3
7	001_020_002_06	59D-363989	X	2633,75	-392,5	195,19	podélník levý	01_01A	HX 340 LAD+Z100MB	420	3	střední výstuha	03_01A	HX260LAD+Z100-M-B	330	2	2,80	10,264	670	5,3

Vzorce [předloha VW]

Srovnání tloušťky plechů

$$S_v = 0,2 \times S_{\max} + 0,8 S_{\min} \text{ [mm]}$$

Svařovací proud

pro $S_v \leq 2\text{mm}$
 $I_s = 1,13 \times S_v + 7,1 \text{ [kA]}$

pro $S_v > 2\text{mm}$
 $I_s = 1,5 \times S_v + 5,8 \text{ [kA]}$

Svařovací čas

$$t_i = ((s_1 + s_2 + s_3) - 1,4) \times (600/4,6) + 200 \text{ [ms]}$$

Svařovací tlak

pro $S_v \leq 2\text{mm}$
 $F = (1,64 \times S_v + 0,45) \times (Re_1 + Re_2 + Re_3 / 300 \times 3 \times 10 + 0,9) + 0,21 \text{ [kN]}$

pro $S_v > 2\text{mm}$
 $F = (1,3 \times S_v + 0,7) \times (Re_1 + Re_2 + Re_3 / 300 \times 3 \times 10 + 0,9) + 0,7 \text{ [kN]}$

Legenda:

- S_{\min} - nejtlušší plech [mm]
- S_{\max} - nejtenčí plech [mm]
- s_1 - tloušťka plechu 1 [mm]
- s_2 - tloušťka plechu 2 [mm]
- s_3 - tloušťka plechu 3 [mm]
- Re_1 - mez kluzu plechu 1 [N/mm²]
- Re_2 - mez kluzu plechu 2 [N/mm²]
- Re_3 - mez kluzu plechu 3 [N/mm²]

Svařovací kleště typu X ST-59D 363989

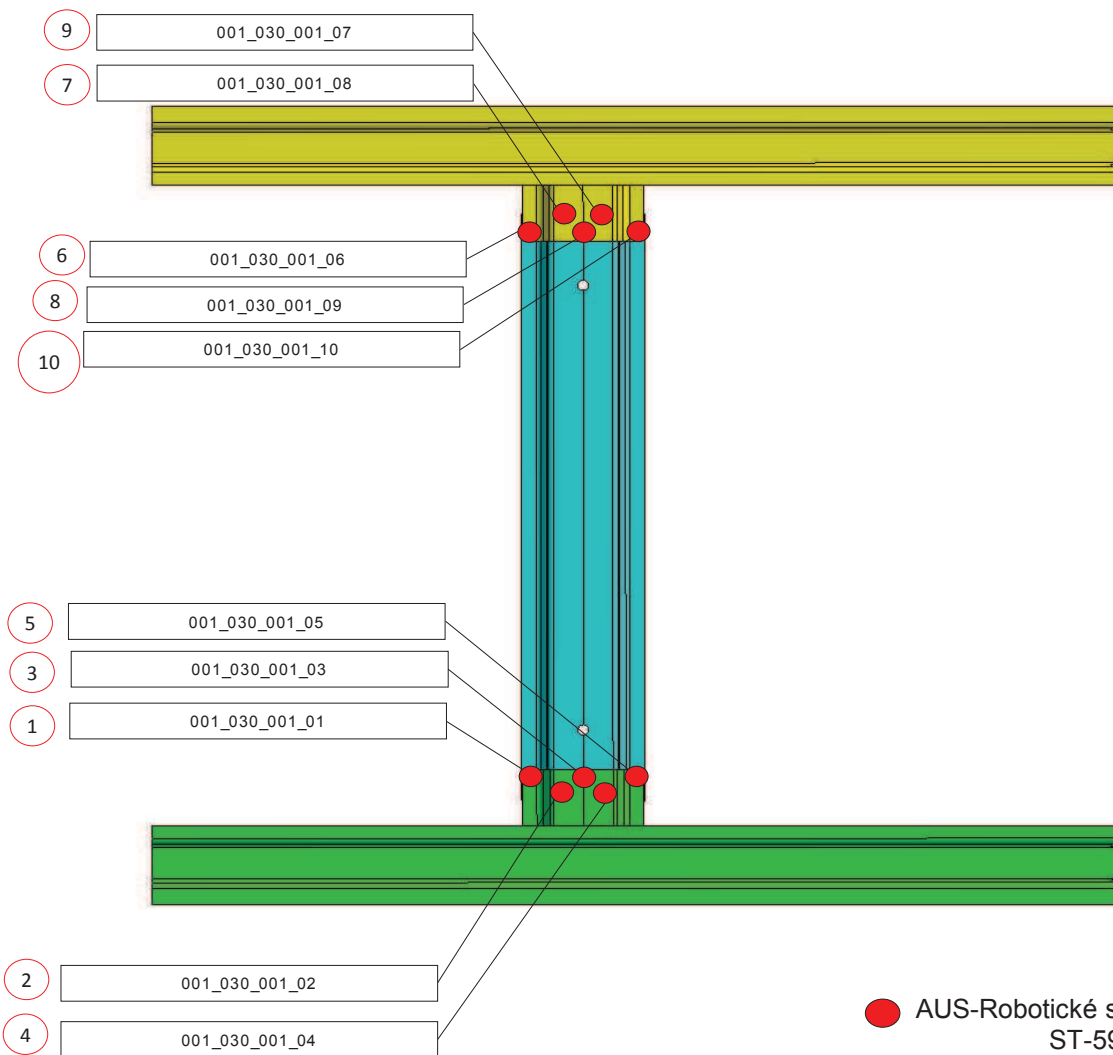
max.svařovací tlak udávaný výrobcem

5,5 kN

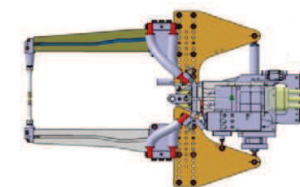
Svařovací kleště vyhovují

Název: Svařovací plán	Oblast: o.s.o. Stanice	20 20	K-Gruppe	Vytvořil: Kontola:	Petr Baláš Petr Baláš	Počet Listů Datum:	4 3.4.2019	číslo výkresu: SP_001	List 3	Další list 4
---------------------------------	------------------------------	----------	----------	-----------------------	--------------------------	-----------------------	---------------	--------------------------	-----------	-----------------

**podlahová výstuha zadní
030**



● AUS-Robotické stac. svařování 30R01
ST-59D 363984



X Svařovací pořadí

	Název: Svařovací plán	Oblast: 30	K.-Gruppe	Vytvořil: Petr Baláš	Počet Listů: 2	číslo výkresu.: SP_002	List: 1	Další list: 2
		o.s.o.		Kontrola: Petr Baláš	Datum: 3.4.2019			
		Stanice: 30						



**Vysoká škola
logistiky**
O.p.S.

**podlahová výstuha zadní
30R01**

základní informace			Koordinaty svař. Bodů			Plech 1					Plech 2					Svařovací parametry				
Pořadí svařování	Název bodu	výrobní č. kleště	C/X	X	Y	Z	Název plechu	č. plechu	Materiál	Mez kluzu [N/mm ²]	Tloušťka [mm]	Název plechu	č. plechu	Materiál	Mez kluzu [N/mm ²]	Tloušťka [mm]	Srovnání tlošťky plechů [mm]	Svařovací napětí [kA]	Svařovací čas [ms]	Svařovací tlak [kN]
1	001_030_001_01	59D-363984	X	2633,75	370,5	194,69	podélník pravý	02_01A	HX 340 LAD+Z100MB	420	3	střední výstuha	03_01A	HX260LAD+Z100-M-B	330	2	2,80	10,264	670	5,3
2	001_030_001_02	59D-363984	X	2677,85	392,5	136,49	podélník pravý	02_01A	HX 340 LAD+Z100MB	420	3	střední výstuha	03_01A	HX260LAD+Z100-M-B	330	2	2,80	10,264	670	5,3
3	001_030_001_03	59D-363984	X	2701,85	370,5	136,49	podélník pravý	02_01A	HX 340 LAD+Z100MB	420	3	střední výstuha	03_01A	HX260LAD+Z100-M-B	330	2	2,80	10,264	670	5,3
4	001_030_001_04	59D-363984	X	2724,95	392,5	136,49	podélník pravý	02_01A	HX 340 LAD+Z100MB	420	3	střední výstuha	03_01A	HX260LAD+Z100-M-B	330	2	2,80	10,264	670	5,3
5	001_030_001_05	59D-363984	X	2769,75	370,5	195,19	podélník pravý	02_01A	HX 340 LAD+Z100MB	420	3	střední výstuha	03_01A	HX260LAD+Z100-M-B	330	2	2,80	10,264	670	5,3
6	001_030_001_06	59D-363984	X	2633,75	-375,5	194,69	podélník levý	01_01A	HX 340 LAD+Z100MB	420	3	střední výstuha	03_01A	HX260LAD+Z100-M-B	330	2	2,80	10,264	670	5,3
7	001_030_001_07	59D-363984	X	2677,85	-397,5	136,49	podélník levý	01_01A	HX 340 LAD+Z100MB	420	3	střední výstuha	03_01A	HX260LAD+Z100-M-B	330	2	2,80	10,264	670	5,3
8	001_030_001_08	59D-363984	X	2701,85	-375,5	136,49	podélník levý	01_01A	HX 340 LAD+Z100MB	420	3	střední výstuha	03_01A	HX260LAD+Z100-M-B	330	2	2,80	10,264	670	5,3
9	001_030_001_09	59D-363984	X	2724,95	-397,5	136,49	podélník levý	01_01A	HX 340 LAD+Z100MB	420	3	střední výstuha	03_01A	HX260LAD+Z100-M-B	330	2	2,80	10,264	670	5,3
10	001_030_001_10	59D-363984	X	2769,75	-375,5	195,19	podélník levý	01_01A	HX 340 LAD+Z100MB	420	3	střední výstuha	03_01A	HX260LAD+Z100-M-B	330	2	2,80	10,264	670	5,3

Vzorce [předloha VW]

Srovnání tlošťky plechů

$$S_v = 0,2 \times S_{max} + 0,8 S_{min} \text{ [mm]}$$

Svařovací proud

pro $S_v \leq 2\text{mm}$
 $I_s = 1,13 \times S_v + 7,1 \text{ [kA]}$

pro $S_v > 2\text{mm}$
 $I_s = 1,5 \times S_v + 5,8 \text{ [kA]}$

Svařovací čas

$$t_i = ((s_1 + s_2 + s_3) - 1,4) \times (600/4,6) + 200 \text{ [ms]}$$

Svařovací tlak

pro $S_v \leq 2\text{mm}$
 $F = (1,64 \times S_v + 0,45) \times (Re_1 + Re_2 + Re_3 / 300 \times 3 \times 10 + 0,9) + 0,21 \text{ [kN]}$

pro $S_v > 2\text{mm}$
 $F = (1,3 \times S_v + 0,7) \times (Re_1 + Re_2 + Re_3 / 300 \times 3 \times 10 + 0,9) + 0,7 \text{ [kN]}$

Legenda:

- S_{min} - nejtlušší plech [mm]
- S_{max} - nejtenší plech [mm]
- s_1 - tlošťka plechu 1 [mm]
- s_2 - tlošťka plechu 2 [mm]
- s_3 - tlošťka plechu 3 [mm]
- Re_1 - mez kluzu plechu 1 [N/mm²]
- Re_2 - mez kluzu plechu 2 [N/mm²]
- Re_3 - mez kluzu plechu 3 [N/mm²]

Svařovací kleště typu X ST-59D 363984

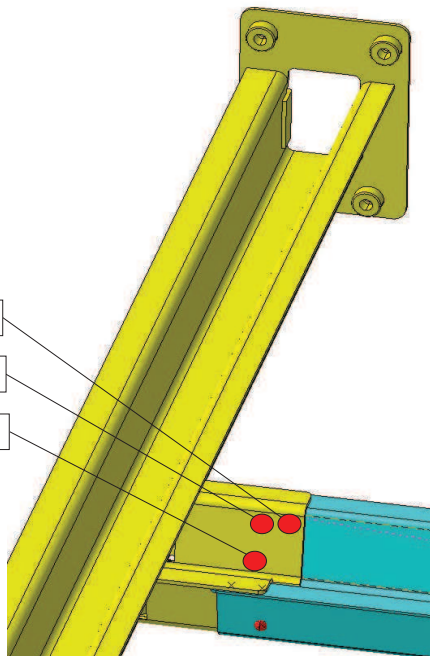
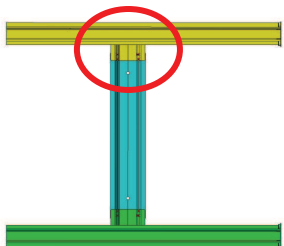
max.svařovací tlak udávaný výrobcem

6 kN

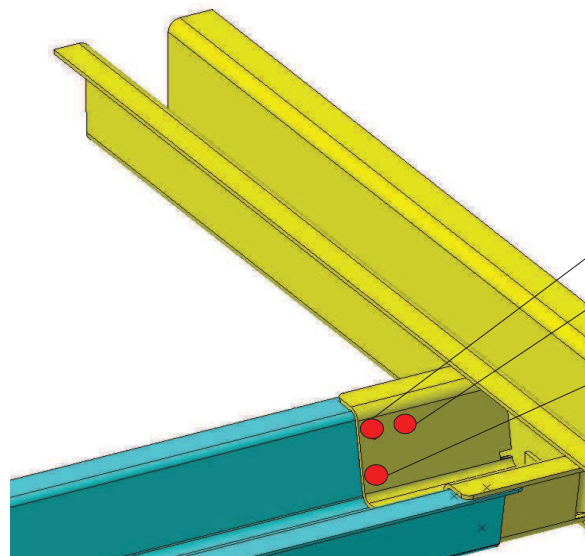
Svařovací kleště vyhovují

Název: Svařovací plán	Oblast: o.s.o. Stanice	30	K-Gruppe	Vytvořil: Kontola:	Petr Baláš Petr Baláš	Počet Listů	2	číslo výkresu:	SP_002	List	2	Další list	-
		30				Datum:	3.4.2019						

podlahová výstuha zadní
050

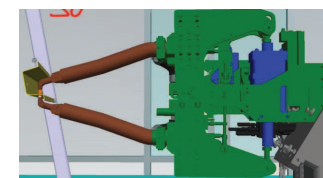


- 6 001_050_001_06
- 5 001_050_001_05
- 4 001_050_001_04



- 001_050_001_01 1
- 001_050_001_02 2
- 001_050_001_03 3

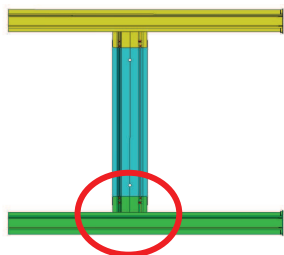
● AUS-Robotické stac. svařování 50R01
ST-59D 363156



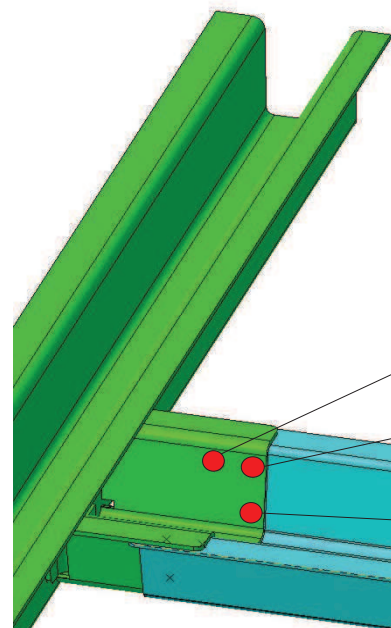
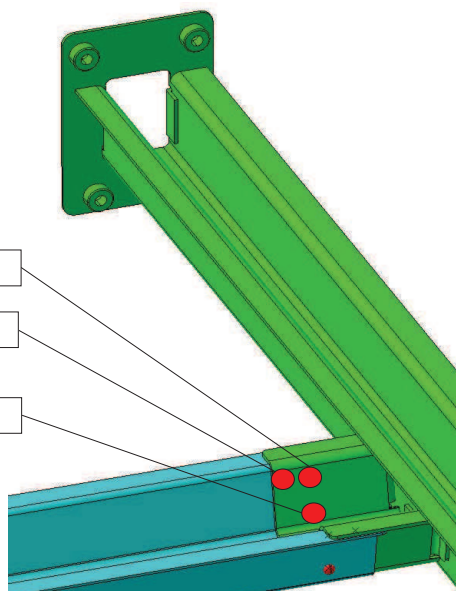
X Svařovací pořadí

	Název: Svařovací plán	Oblast: 50	K.-Gruppe	Vytvořil: Petr Baláš	Počet Listů: 3	číslo výkresu.: SP_003	List: 1	Další list: 2
		o.s.o.		Kontola: Petr Baláš	Datum: 3.4.2019			
		Stanice: 50						

podlahová výstuha zadní
050

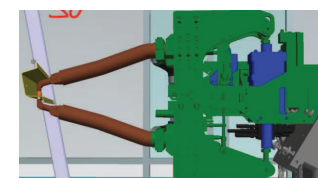


- 11 001_050_001_11
- 12 001_050_001_12
- 10 001_050_001_10



- 001_050_001_07 7
- 001_050_001_08 8
- 001_050_001_09 9

● AUS-Robotické stac. svařování 50R01
ST-59D 363156



X Svařovací pořadí

	Název: Svařovací plán	Oblast: 50	K.-Gruppe	Vytvořil: Petr Baláš	Počet Listů: 3	číslo výkresu.: SP_003	List: 2	Další list: 3
		o.s.o.		Kontola: Petr Baláš	Datum: 3.4.2019			
		Stanice: 50						



Vysoká škola
logistiky
o.p.s.

podlahová výstuha zadní
50R01

základní informace				Koordinaty svař. Bodů			Plech 1					Plech 2					Svařovací parametry			
Pořadí svařování	Název bodu	výrobní č. kleště	CIX	X	Y	Z	Název plechu	č. plechu	Materiál	Mez kluzu [N/mm ²]	Tloušťka [mm]	Název plechu	č. plechu	Materiál	Mez kluzu [N/mm ²]	Tloušťka [mm]	Srovnání tloušťky plechů [mm]	Svařovací napětí [kA]	Svařovací čas [ms]	Svařovací tlak [kN]
1	001_020_001_01	59D-363156	X	2652,57	392,51	179,38	podélník pravý	02_01A	HX 340 LAD+Z100MB	420	3	střední výstuha	03_01A	HX260LAD+Z100-M-B	330	2	2,80	10,264	670	5,3
2	001_020_001_02	59D-363156	X	2652,57	370,51	179,38	podélník pravý	02_01A	HX 340 LAD+Z100MB	420	3	střední výstuha	03_01A	HX260LAD+Z100-M-B	330	2	2,80	10,264	670	5,3
3	001_020_001_03	59D-363156	X	2658,12	392,51	147,86	podélník pravý	02_01A	HX 340 LAD+Z100MB	420	3	střední výstuha	03_01A	HX260LAD+Z100-M-B	330	2	2,80	10,264	670	5,3
4	001_020_001_04	59D-363156	X	2745,04	392,51	147,86	podélník pravý	02_01A	HX 340 LAD+Z100MB	420	3	střední výstuha	03_01A	HX260LAD+Z100-M-B	330	2	2,80	10,264	670	5,3
5	001_020_001_05	59D-363156	X	2750,6	392,51	179,38	podélník pravý	02_01A	HX 340 LAD+Z100MB	420	3	střední výstuha	03_01A	HX260LAD+Z100-M-B	330	2	2,80	10,264	670	5,3
6	001_020_001_06	59D-363156	X	2750,6	370,51	179,38	podélník pravý	02_01A	HX 340 LAD+Z100MB	420	3	střední výstuha	03_01A	HX260LAD+Z100-M-B	330	2	2,80	10,264	670	5,3
7	001_020_001_06	59D-363156	X	2652,57	-392,51	179,38	podélník levý	01_01A	HX 340 LAD+Z100MB	420	3	střední výstuha	03_01A	HX260LAD+Z100-M-B	330	2	2,80	10,264	670	5,3
8	001_020_001_07	59D-363156	X	2652,57	-370,51	179,38	podélník levý	01_01A	HX 340 LAD+Z100MB	420	3	střední výstuha	03_01A	HX260LAD+Z100-M-B	330	2	2,80	10,264	670	5,3
9	001_020_001_08	59D-363156	X	2658,12	-392,51	147,86	podélník levý	01_01A	HX 340 LAD+Z100MB	420	3	střední výstuha	03_01A	HX260LAD+Z100-M-B	330	2	2,80	10,264	670	5,3
10	001_020_001_09	59D-363156	X	2745,04	-392,51	147,86	podélník levý	01_01A	HX 340 LAD+Z100MB	420	3	střední výstuha	03_01A	HX260LAD+Z100-M-B	330	2	2,80	10,264	670	5,3
11	001_020_001_10	59D-363156	X	2750,6	-392,51	179,38	podélník levý	01_01A	HX 340 LAD+Z100MB	420	3	střední výstuha	03_01A	HX260LAD+Z100-M-B	330	2	2,80	10,264	670	5,3
12	001_020_001_11	59D-363156	X	2750,6	-370,51	179,38	podélník levý	01_01A	HX 340 LAD+Z100MB	420	3	střední výstuha	03_01A	HX260LAD+Z100-M-B	330	2	2,80	10,264	670	5,3

Vzorce [předloha VW]

Srovnání tloušťky plechů

$$S_v = 0,2 \times S_{\max} + 0,8 S_{\min} \text{ [mm]}$$

Svařovací proud

pro $S_v \leq 2\text{mm}$

$$I_s = 1,13 \times S_v + 7,1 \text{ [kA]}$$

pro $S_v > 2\text{mm}$

$$I_s = 1,5 \times S_v + 5,8 \text{ [kA]}$$

Svařovací čas

$$t_i = ((s_1 + s_2 + s_3) - 1,4) \times (600/4,6) + 200 \text{ [ms]}$$

Svařovací tlak

$S_v \leq 2\text{mm}$

$$F = (1,64 \times S_v + 0,45) \times (Re_1 + Re_2 + Re_3 / 300 \times 3 \times 10 + 0,9) + 0,21 \text{ [kN]}$$

$S_v > 2\text{mm}$

$$F = (1,3 \times S_v + 0,7) \times (Re_1 + Re_2 + Re_3 / 300 \times 3 \times 10 + 0,9) + 0,7 \text{ [kN]}$$

Legenda:

S_{\max}	-	nejtluštější plech [mm]
S_{\min}	-	nejtenčí plech [mm]
s_1	-	tloušťka plechu 1 [mm]
s_2	-	tloušťka plechu 2 [mm]
s_3	-	tloušťka plechu 3 [mm]
Re_1	-	mez kluzu plechu 1 [N/mm ²]
Re_2	-	mez kluzu plechu 2 [N/mm ²]
Re_3	-	mez kluzu plechu 3 [N/mm ²]

Svařovací kleště typu X ST-59D 363156

max.svařovací tlak udávaný výrobcem

5,5 kN

Svařovací kleště vyhovují

Název:	Oblast:	50	K.-Gruppe	Vytvořil:	Petr Baláš	Počet Listů	3	číslo výkresu.:		List	Další list
Svařovací plán	o.s.o.							SP_003		3	-
	Stanice	50		Kontola:	Petr Baláš	Datum:	3.4.2019				

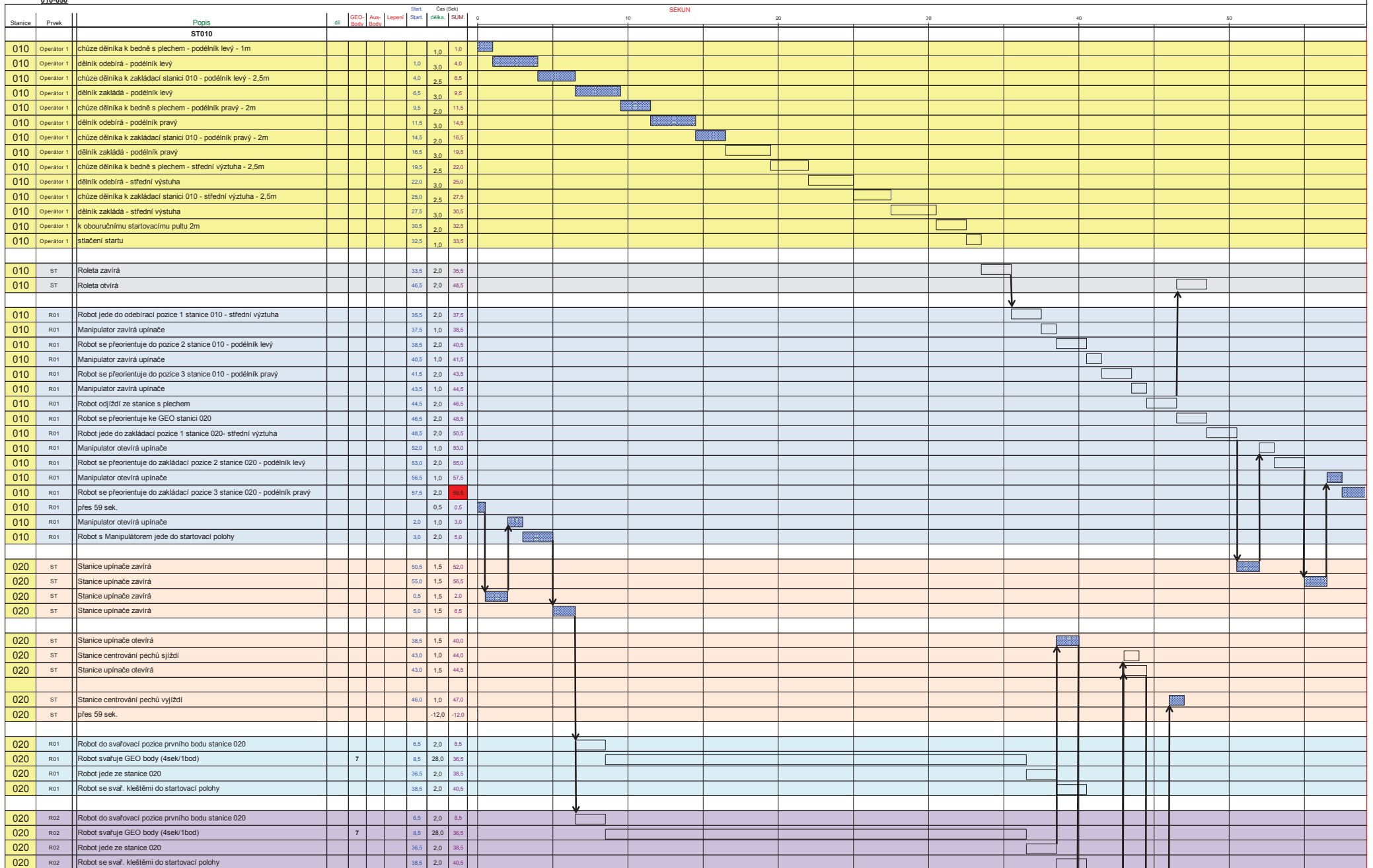
Příloha H

3.4.2019

oblast: podlahová výstuha zadní

XX

010-050

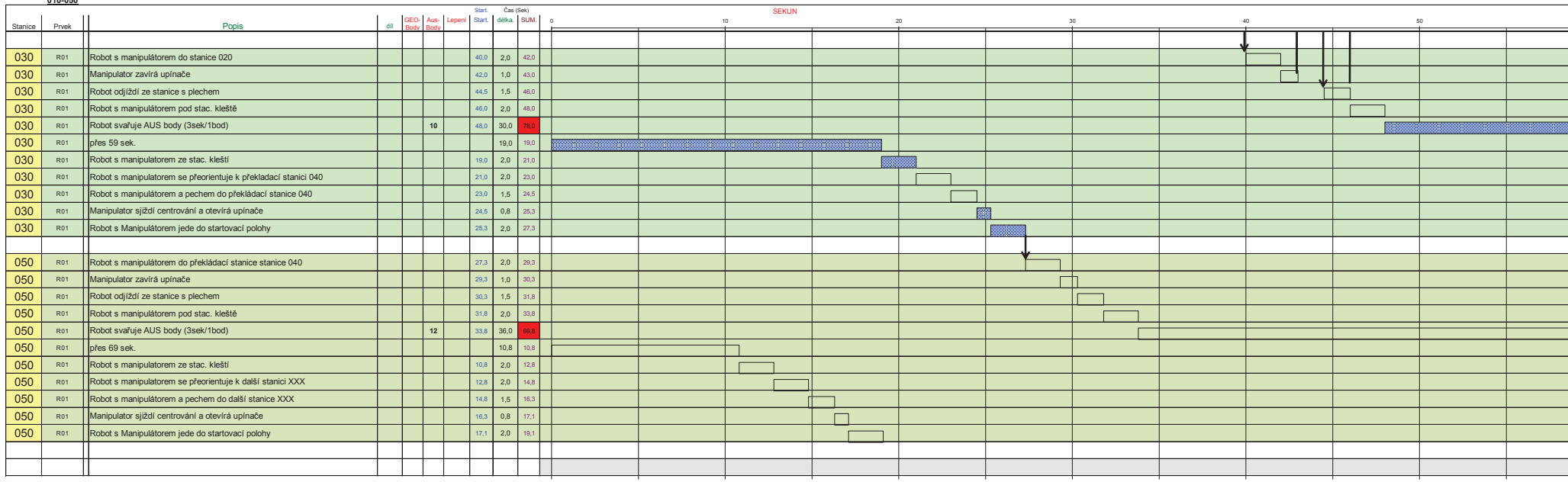


Příloha H

3.4.2019

oblast: podlahová výstuha zadní
010-050

XX



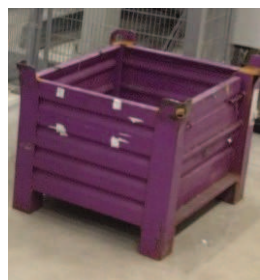


**Vysoká škola
logistiky**
o.p.s.

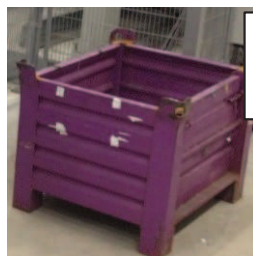
Příloha I

ROZLOŽENÍ SVAŘOVACÍ OBLASTI –LAYOUT

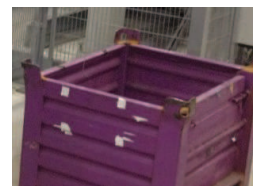
HALOVÝ PLÁN OBLASTI



Bedna s dílem
Podélník levý



Bedna s dílem
Podélník pravý



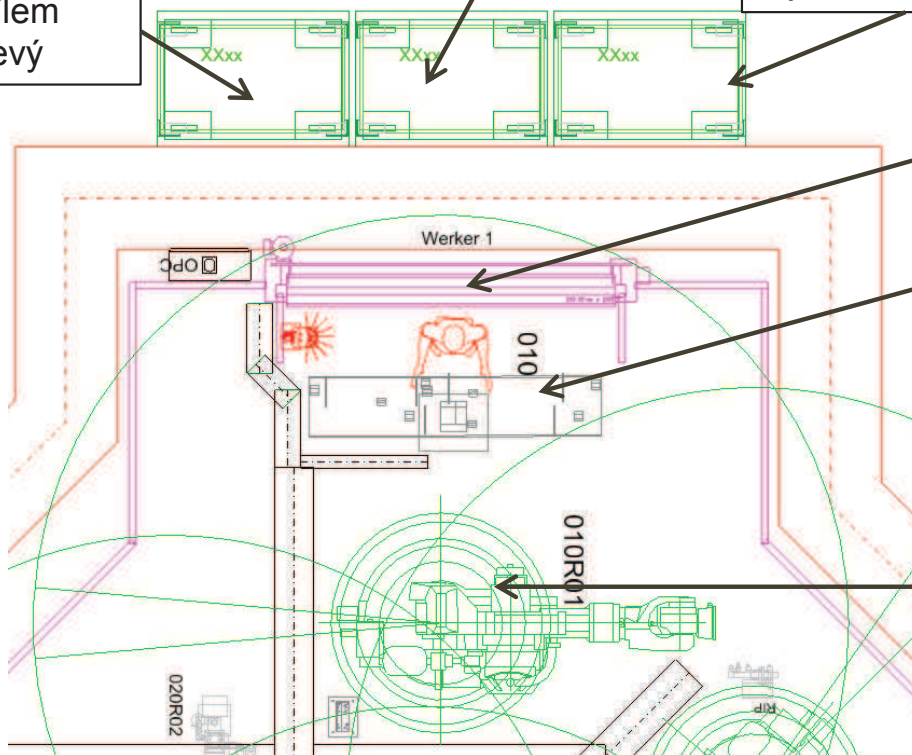
Bedna s dílem
Výztuha střední



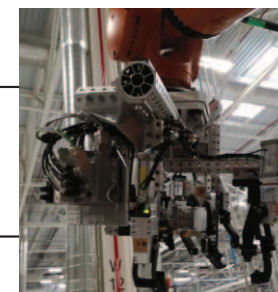
Dveře - roleta



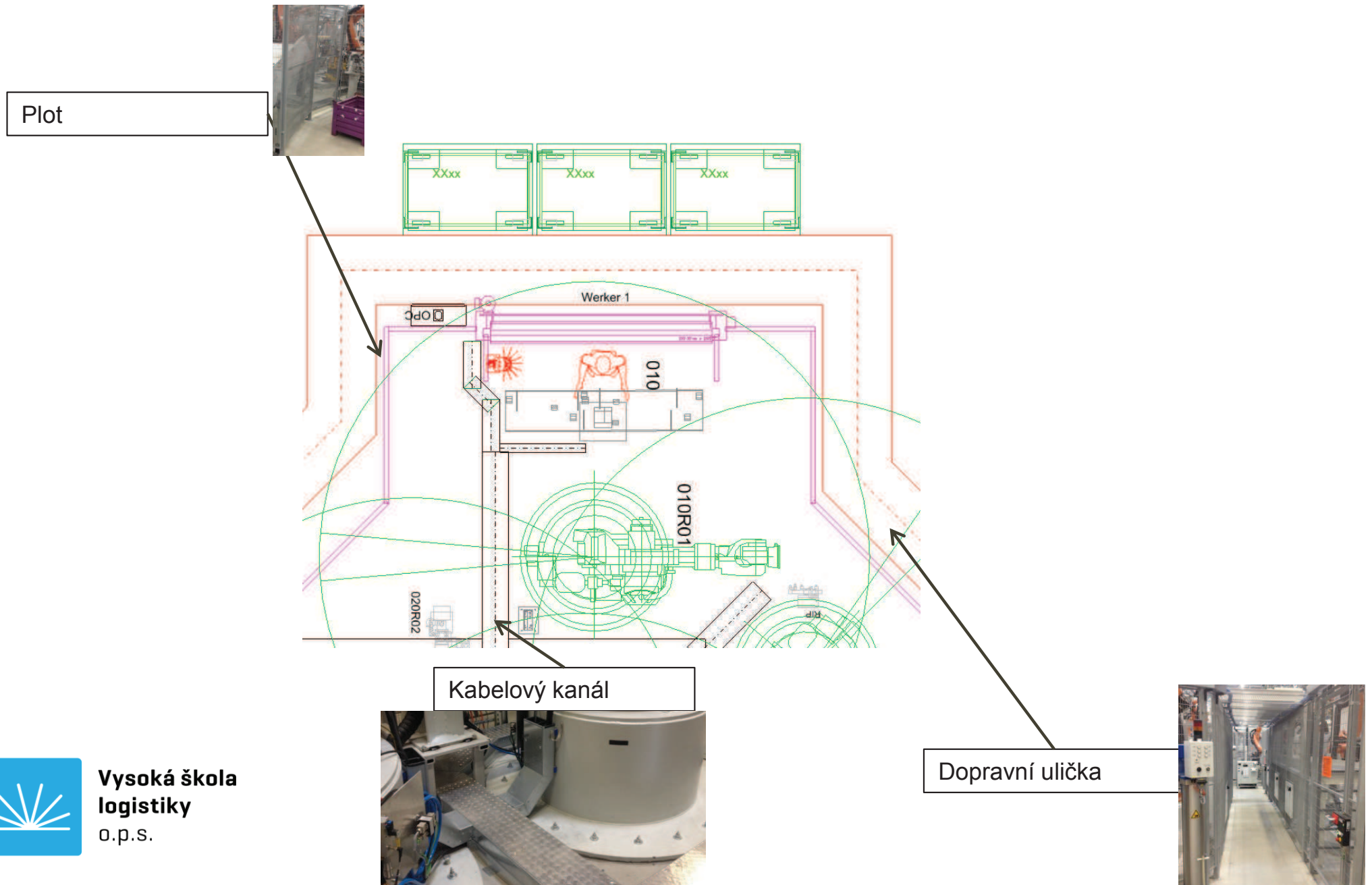
Zakládací stanice
010



Robot s
manipulátorem
010R01



HALOVÝ PLÁN OBLASTI



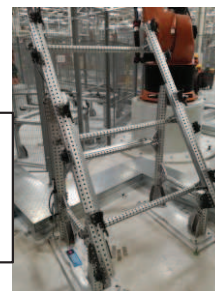
HALOVÝ PLÁN OBLASTI



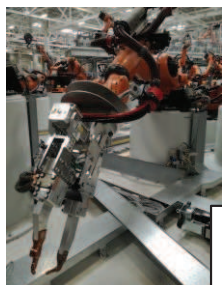
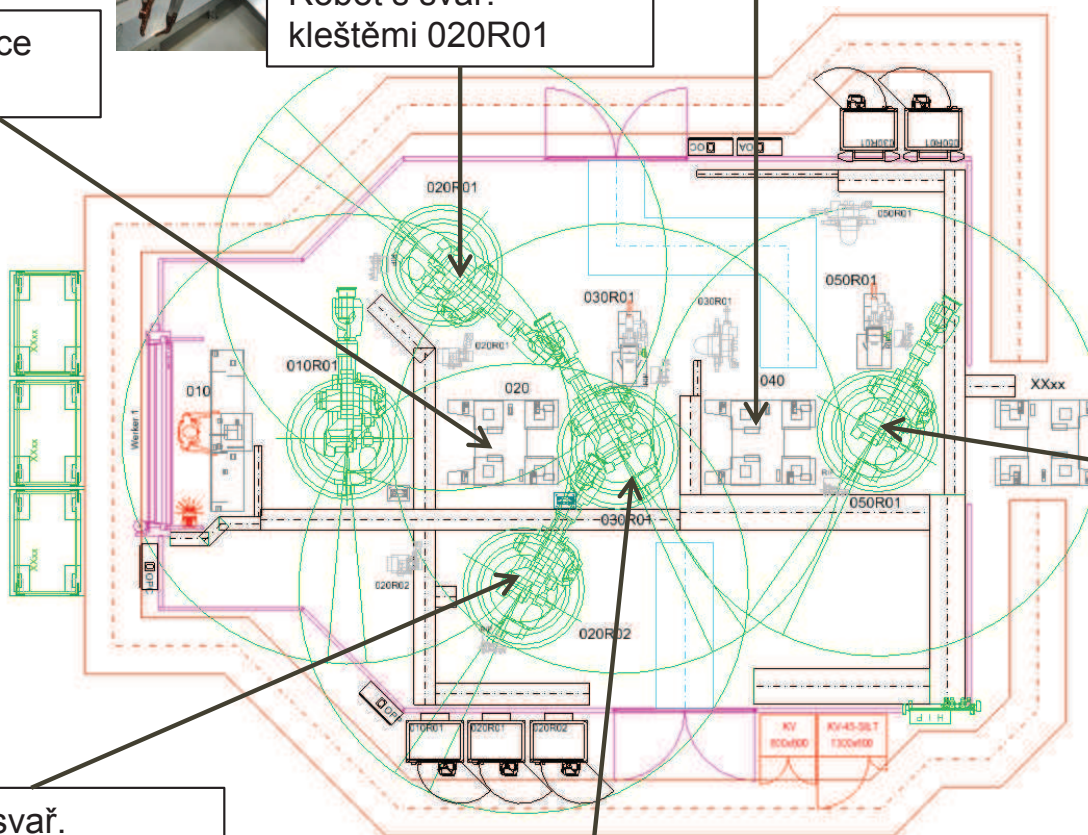
Stanice
020



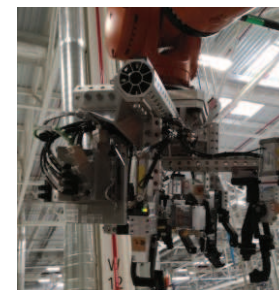
Robot s svař.
kleštěmi 020R01



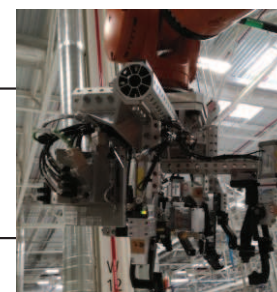
Překládací
zařízení
040



Robot s svař.
kleštěmi 020R02



Robot s
manipulátorem
050R01



Robot s
manipulátorem
030R01

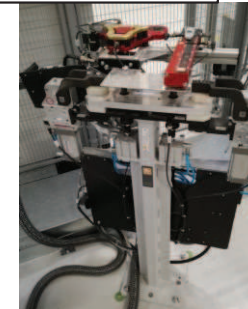
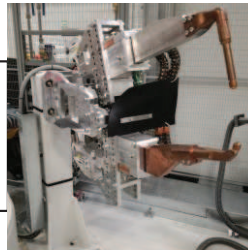


HALOVÝ PLÁN OBLASTI

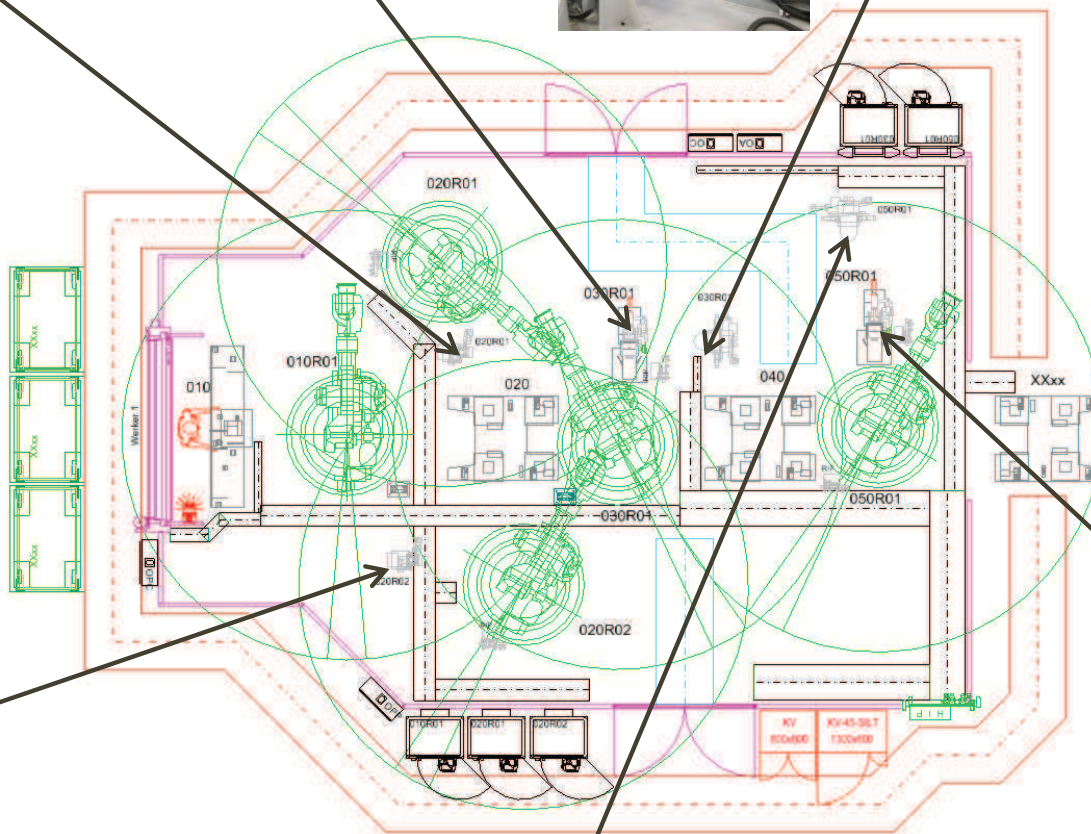
Mobilní frézka na elektrodu 030R01

Stacionární frézka na elektrodu 020R01

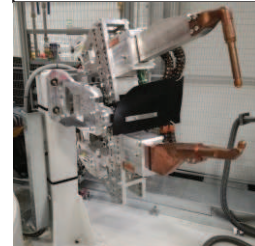
Stacionární svařovací kleště 030R01



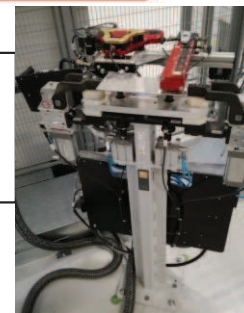
Stacionární frézka na elektrodu 020R02



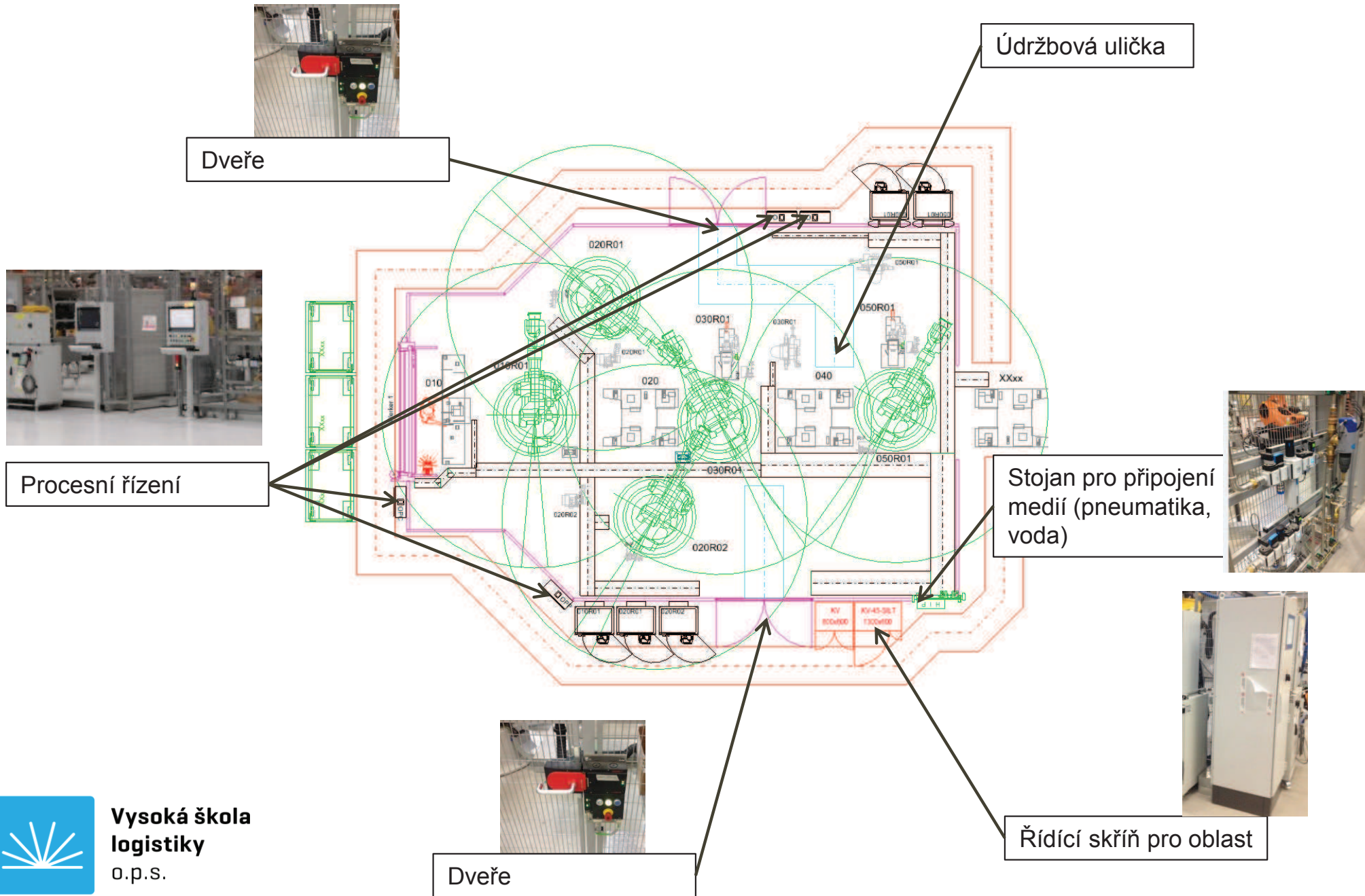
Stacionární svařovací kleště 050R01



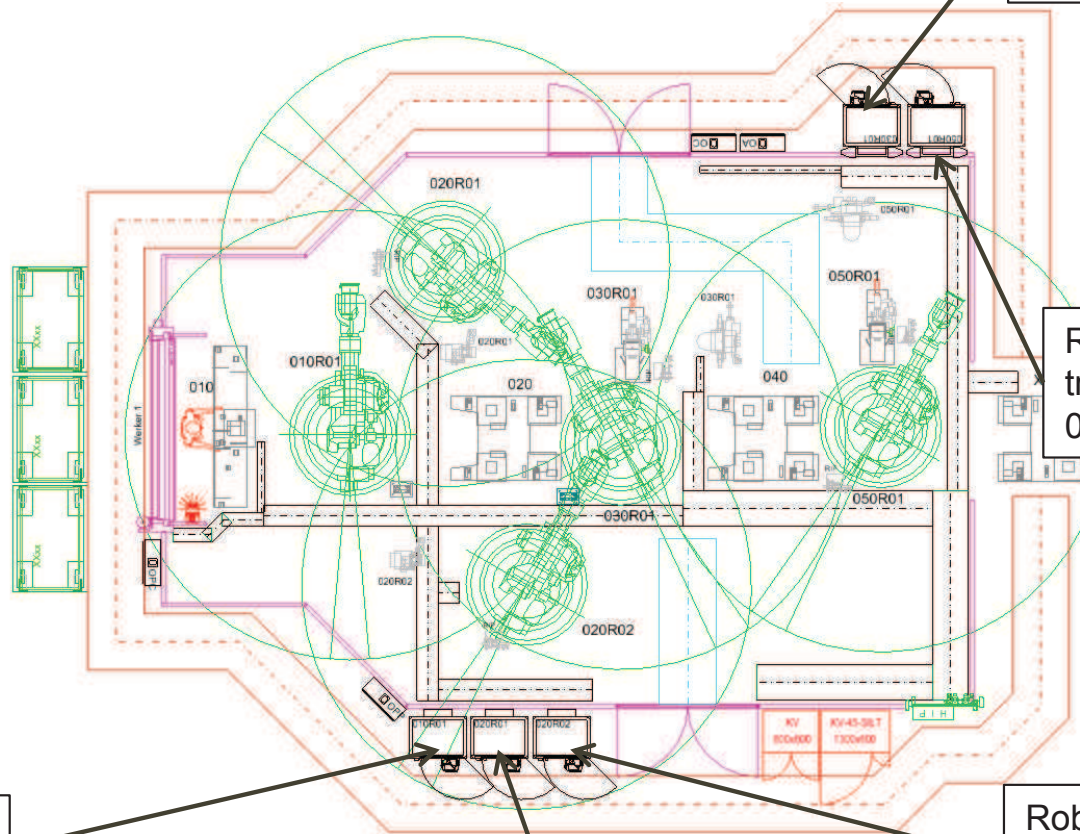
Mobilní frézka na elektrodu 050R01



HALOVÝ PLÁN OBLASTI



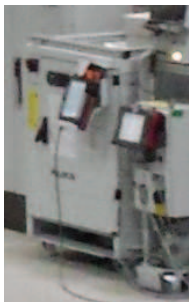
HALOVÝ PLÁN OBLASTI



Robotická skříň +
trafo pro svař. kleště
030R01

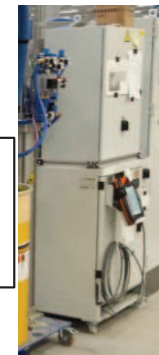


Robotická skříň +
trafo pro svař. kleště
050R01



Robotická skříň
010R01

Robotická skříň +
trafo pro svař. kleště
020R02



Robotická skříň +
trafo pro svař. kleště
020R01

