

ŠKODA AUTO VYSOKÁ ŠKOLA o.p.s.

Studijní program: B6208 Ekonomika a management

Studijní obor/specializace: Specializace Logistika a management kvality

Možnosti využití 3D dat svařovacích kleští pro plánování svařoven ve ŠKODA AUTO a.s. Bakalářská práce

Ondřej SAVI

Vedoucí práce: Ing. Josef Bradáč, Ph.D.



ŠKODA AUTO Vysoká škola

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Zpracovatel: **Ondřej Savi**
Studijní program: Ekonomika a management
Specializace: Logistika a management kvality

Název tématu: **Možnosti využití 3D dat svařovacích kleští pro plánování svařoven ve ŠKODA AUTO a.s.**

Cíl: Cílem bakalářské práce je návrh metodiky pro tvorbu virtuálních 3D dat svařovacích kleští v oblasti plánování svařoven ŠKODA AUTO a.s.. Navrhovaná metodika bude zohledňovat jak technická, tak ekonomická hlediska při využití stávajících, nebo nových modelů svařovacích kleští.

Rámcový obsah:

1. Technologie výroby automobilových karoserií
2. Možnosti využití digitalizace pro plánování svařoven
3. Návrh metodiky pro tvorbu 3D modelů svařovacích kleští
4. Zhodnocení využitelnosti virtuálních 3D modelů z hlediska vyrobitelnosti karoserie

Rozsah práce: 25 – 30 stran

Seznam odborné literatury:

1. VRABEC, M. *Základy strojírenské výroby*. 1. vyd. V Praze: České vysoké učení technické, 2015. 107 s. ISBN 978-80-01-05669-1.
2. KOVANDA, J. – A KOLEKTIV AUTORŮ. *Bezpečnostní aspekty návrhu dopravních prostředků*. 1. vyd. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2016. ISBN 978-80-01-05893-0.
3. *Materials, design, and manufacturing for lightweight vehicles*. Woodhead Publishing, 2021. 488 s. Woodhead Publishing series in materials. ISBN 9780128187128.

Datum zadání bakalářské práce: prosinec 2021

Termín odevzdání bakalářské práce: prosinec 2022

L. S.

Elektronicky schváleno dne 6. 5. 2022

Ondřej Savi

Autor práce

Elektronicky schváleno dne 6. 5. 2022

Ing. Josef Bradáč, Ph.D.

Vedoucí práce

Elektronicky schváleno dne 9. 5. 2022

doc. Ing. Jan Fábry, Ph.D.

Garant studijní specializace

Elektronicky schváleno dne 9. 5. 2022

doc. Ing. Pavel Mertlík, CSc.

Rektor ŠAVŠ

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci vypracoval(a) samostatně a použité zdroje uvádím v seznamu literatury. Prohlašuji, že jsem se při vypracování řídil(a) vnitřním předpisem ŠKODA AUTO VYSOKÉ ŠKOLY o.p.s. (dále jen ŠAVŠ) směrnici Vypracování závěrečné práce.

Jsem si vědom(a), že se na tuto závěrečnou práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, že se jedná ve smyslu § 60 o školní dílo a že podle § 35 odst. 3 je ŠAVŠ oprávněna mou práci využít k výuce nebo k vlastní vnitřní potřebě. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna podle § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách.

Beru na vědomí, že ŠAVŠ má právo na uzavření licenční smlouvy k této práci za obvyklých podmínek. Užiji-li tuto práci, nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, mám povinnost o této skutečnosti informovat ŠAVŠ. V takovém případě má ŠAVŠ právo ode mne požadovat příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to až do jejich skutečné výše.

V Mladé Boleslavi dne 28.11.2022

Děkuji Ing. Josefu Bradáčovi, Ph.D. za odborné vedení bakalářské práce, poskytování rad, a také za čas strávený s konzultacemi. Dále bych chtěl poděkovat svým kolegům z oddělení plánování svařoven za poskytnutí odborných podkladů, důležitých pro vypracování této bakalářské práce.

Obsah

Úvod.....	7
1 Technologie výroby automobilových karoserí	8
1.1 Technologie spojování automobilových karoserí	10
1.2 Stavba karoserí ve svařovnách ŠKODA AUTO a.s.	18
2 Digitální továrna	24
2.1 Process Designer	24
2.2 Process Simulate	25
3 3D modely svařovacích kleští	26
3.1 Obecná charakteristika.....	26
3.2 Metodika úprav svařovacích kleští pro simulace	27
3.3 Kinematizace 3D modelů svařovacích kleští	32
4 Ověření svařitelnosti produktu	36
4.1 Analýza dostupnosti svařovacích kleští.....	36
4.2 Analýza dosahů svařovacích robotů.....	42
5 Finanční posouzení	49
5.1 Využití již zkonstruovaného typu svařovacích kleští.....	49
5.2 Konstrukce nového typu svařovacích kleští	50
Závěr	51
Seznam literatury	53
Seznam obrázků a tabulek.....	55
Seznam příloh	58

Seznam použitých zkratk a symbolů

ŠA ŠKODA AUTO a.s.

PD Process Designer

PS Process Simulate

Úvod

V dnešní době jsou čím dál více kladeny nároky na digitalizaci celého výrobního procesu, a to především z důvodu úspory času a také finančních prostředků. K těmto účelům jsou ve ŠKODA AUTO a.s. využívány nástroje digitální továrny. Pomocí nástrojů digitální továrny je možné plánovat nové svařovací linky, a také implementovat změny ve fázi integrací nových modelů do stávajících linek. Nedílnou součástí digitální továrny pro plánování svařoven jsou svařovací kleště společně s průmyslovými roboty.

Cílem této práce je popsat metodiku pro tvorbu 3D modelů svařovacích kleští včetně kinematizace a následně přestavit další možné využití těchto 3D modelů v podobě analýzy dostupnosti svařovacích bodů, nebo také analýzy dosahů svařovacích robotů. Dalším výstupem této práce bude také finanční posouzení uplatnění této navrhované metodiky a s tím spojené použití již využívaných svařovacích kleští.

Teoretická část této práce se věnuje představení spojovacích technologií, které jsou ve svařovnách ŠKODA AUTO a.s. využívány k výrobě automobilových karoserií. Dále je v práci popsána skladba automobilové karoserie po jednotlivých výrobních úsecích, a také jsou zde představeny používané průmyslové roboty. Následně je v práci také představena digitální továrna a programy, které jsou ve ŠKODA AUTO a.s. pro digitální továrnu využívány.

V praktické části práce jsou nejprve charakterizovány 3D modely svařovacích kleští a poté je detailně popsána úprava těchto 3D modelů pro potřeby následných simulací. Dále se práce zabývá kinematizací vytvořených 3D modelů. Následující kapitola se věnuje analýze dostupnosti svařovacích kleští pro danou skupinu svařovacích bodů, ve které budou využity již vytvořené 3D modely svařovacích kleští. Následně, po zvolení vhodných svařovacích kleští, jsou tyto svařovací kleště nasazeny na robota a je s nimi provedena analýza dosahů svařovacích robotů. Následně je posouzena finanční stránka celé této metodiky s následnou analýzou svařovacích kleští a analýzou dosahů svařovacích robotů.

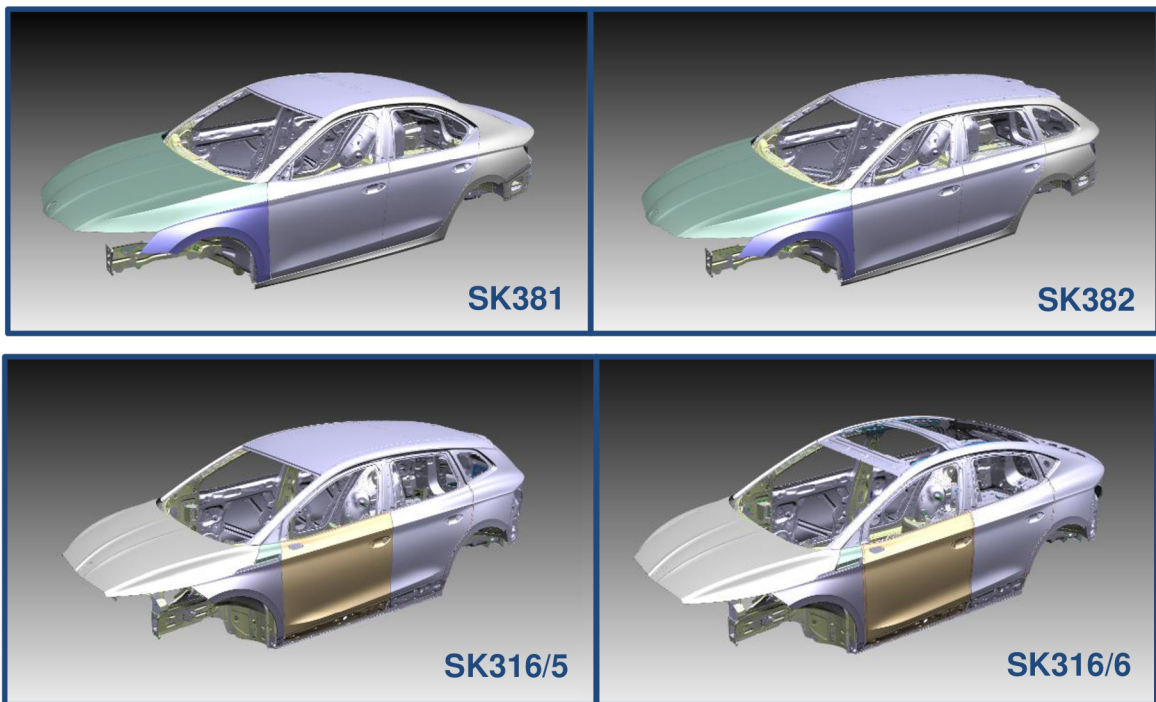
1 Technologie výroby automobilových karoserií

ŠKODA AUTO a.s. (dále jen ŠA) je jednou z nejdéle a nepřetržitě fungujících společností na výrobu automobilů na světě. Kořeny této společnosti sahají až do roku 1895, ve kterém byla založena společnost Laurin a Klement, budoucí ŠA. Tato společnost se z počátku specializovala na výrobou jízdních kol a po několika letech byla výroba zaměřena na produkci motocyklů. Následně se v roce 1905 začaly v Mladé Boleslavi vyrábět osobní automobily. V dnešní době je ŠA silnou a globální společností vyrábějící 12 modelů osobních automobilů. Kromě již zmíněného výrobního závodu v MB vlastní společnost ŠA v ČR také výrobní závod v Kvasinách a ve Vrchlabí. Výrobní závody jsou rozmístěny i mimo území ČR, a to na Slovensku, v Číně, v Indii, nebo také na Ukrajině (Výroční zpráva, 2021).

Ve výrobním závodě v Mladé Boleslavi se nacházejí celkem dvě svařovny, které svařují automobily z portfolia společnosti ŠA. První ze svařoven se nazývá Svařovna M12, nebo také Svařovna MBI. V této výrobní hale se v současnosti vyrábějí dva modely automobilů na dvou různých platformách, a to MQB a MEB. První z modelů, který je stavěn na platformě MQB, je rodinný vůz Škoda Octavia liftback (interní značení SK 381) a ŠKODA Octavia kombi (interní značení SK382), tyto vozy jsou znázorněny na obr. 1.

Dále je zde vyráběn model na čistě elektrické platformě MEB ve variantách ŠKODA Enyaq (interní značení SK316/5) a ŠKODA Enyaq Coupe (interní značení SK316/6). Tyto vozy jsou zde vyráběny od roku 2020 v případě vozu SK 316/5. Model SK316/6 se zde začal vyrábět o 2 roky déle, a to v roce 2022. Oba tyto vozy jsou znázorněny na obr. 1.

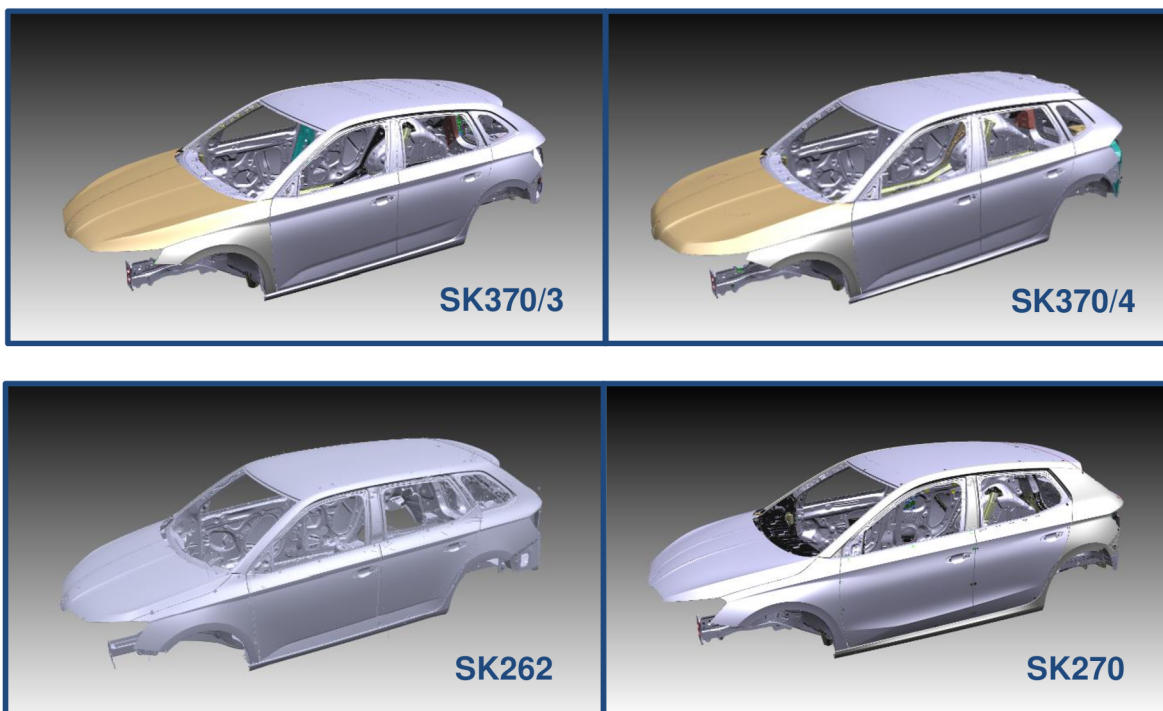
Výrobní hala M12 má výrobní kapacitu 1300 automobilů denně, což odpovídá výrobnímu taktu cca 52 s. (v třísměnném provozu). Tato kapacita je v aktuální době navyšována z důvodu rostoucího zájmu o vozy na elektrický pohon. Tato výrobní hala byla postavena v roce 1978, tím pádem je nejstarší svařovna v mladoboleslavském závodě. V této výrobní hale pracuje na rozloze 63000 metrů čtverečních celkem 900 zaměstnanců.



Zdroj: Interní dokumentace ŠKODA AUTO a.s., 2022

Obr. 1 – Vyráběné modely ve svařovně M12

Druhá svařovna, která se v tomto výrobním závodě nachází se nazývá Svařovna M14 nebo také Svařovna MBII. V současnosti jsou zde vyráběny modely na dvou platformách, a to na novější platformě MQB a na předchůdci této platformy PQ. Na starší platformě s označením PQ je zde vyráběn model ŠKODA Fabia kombi 3. generace (interní značení SK262), který je zde vyráběn už pouze ve variantě kombi. Výroba tohoto modelu započala už v roce 2014. Na novější platformě MQB jsou zde vyráběny modely ŠKODA Scala (interní značení SK370/3) a Škoda Kamiq (interní značení SK370/4), vyráběné od roku 2019. Jako čtvrtý a poslední model je zde od roku 2021 vyráběn model ŠKODA Fabia 4. generace (interní značení SK270). Všechny tyto vyráběné automobily jsou zobrazeny na obr. 2. Celá svařovna M14 vyrábí vozy s výrobní kapacitou 1300 automobilů denně, tzn. každých 55 vteřin je zde kompletně svařena a okována karoserie vozu ŠKODA.

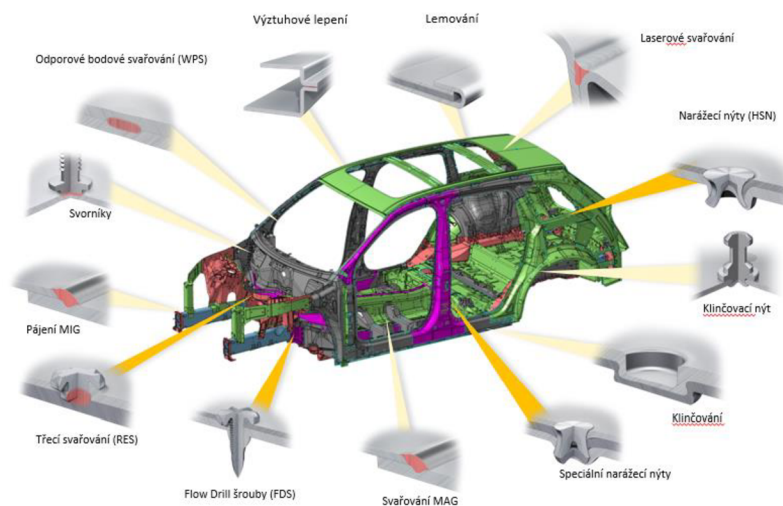


Zdroj: Interní dokumentace ŠKODA AUTO a.s., 2022

Obr. 2 – Vyráběné modely ve svařovně M14

1.1 Technologie spojování automobilových karoserií

K výrobě automobilu je ve svařovnách využíváno mnoho technologií. Tyto technologie lze rozlišovat podle druhu materiálu, ze kterého je automobil vyráběn, a to buď z oceli, nebo z hliníku. Současně vyráběné modely v MB na platformách MQB a MEB jsou vyráběny pouze z oceli. K výrobě těchto platform jsou využívány technologie jako jsou odporové bodové svařování, přivařování svorníků, odporové bradavkové svařování, svařování metodou MAG, laserové pájení, MIG pájení, lepení nebo lemování. Pro výrobu karoserií vyráběných z hliníku, nebo kombinací hliníků a jiným materiálu využívány odlišné technologie např. narážecí nýty, třecí svařování, nebo flow drill šrouby. Dále budou detailněji popsány spojovací technologie právě pro tvorbu automobilů na platformách vyráběných v závodě MB jako jsou platformy MQB a MEB.



Technologie pro spojování ocelových dílů

Technologie pro spojování hliníkových dílů a kombinací

Zdroj: Interní dokumentace ŠKODA AUTO a.s., 2022

Obr. 3 – Spojovací technologie

1.1.1 Svařování

„Svařování je proces vytváření nerozebíratelných spojů (svarové spoje) prostřednictvím meziatomových vazeb mezi spojovanými díly při jejich ohřevu nebo plastické deformaci, nebo při společném působení obou faktorů.“ (Vrabec a kol., 2015, str. 34)

Svařování je metalurgický proces, při kterém je tvořen nerozebíratelný spoj za pomoci meziatomových vazeb mezi svařovanými materiály, a to buď přímo anebo s přidáním přídavného materiálu. Tento přídavný materiál se musí buď ohřát na požadovanou teplotu, nebo musí dojít k jeho plastické deformaci. Tato metoda pro tvorbu nerozebíratelných spojů lze použít jak pro výrobu několikatunových součástí, tak i pro miniaturní součásti například v elektrotechnice (Bradáč, Sobotka, 2019)

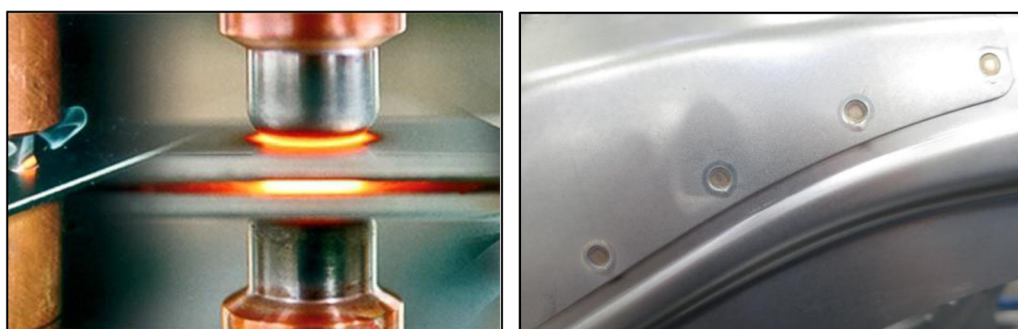
Odporové svařování

Tato technologie patří do tlakového svařování, při kterém se působením tlaku svařuje v místě ohřátém odporovým teplem na svařovací teplotu. Je zde potřeba teplo k roztavení materiálu, tzv. odporové teplo. Toto odporové teplo zde vzniká průchodem proudu vysoké intenzity, a to až 100 000 A a nízkého napětí, které má 5 až 15 V. V místě, kde je přechodový odpor největší vznikne největší množství tepla a proto zde, za působení tlaku, vznikne bodový svar (Novotný a kol., 2006).

Bodové odporové svařování

Bodové svařování je v dnešní době nejvíce používaný druh odporového svařování. Princip svařování spočívá ve vložení svařovaných plechů mezi dvě svařovací elektrody. Poté dojde ke sevření svařovacích elektrod a tím spojené stlačení svařovaných plechů. Následně je do elektrod zapnut elektrický proud po dobu předem vypočítaného času. Tento čas je ovlivněn například tloušťkou svařovaných plechů, nebo druhem svařovaného materiálu. Důležitými parametry jsou zde i přítláčná síla svařovacích ramen, nebo také elektrický proud. Podle Jouleova-Lenzova zákona vzniká v přechodových místech mezi dvěma plechy největší teplo z důvodu největšího odporu. Za působení tlaku elektrod a tepla dojde právě v tomto místě k natavení materiálu a tím vznikne bodový svar. Poté se proud při stálém sevření elektrod vypne a následně jsou elektrody oddáleny (Novotný a kol, 2006).

Bodové odporové svařování je jedna ze základních metod, používaných ve svařovnách ŠA. Na celé karoserii automobilu se nachází zhruba 4000 ks svařovacích bodů, vytvořených touto metodou. Bodové odporové svařování je používáno buď pro dvou, nebo tří plechové spoje. Touto metodou je možno svařovat plechy o tloušťce od 0,65 mm až do 3,0 mm, a to buď z pozinkovaného plechu, nebo z vysokopevnostního plechu (Interní dokumentace ŠKODA AUTO a.s., 2022).



Zdroj: Interní dokumentace ŠKODA AUTO a.s., 2022

Obr. 4 – Bodové odporové svařování

Bradavkové odporové svařování

Princip této metody svařování spočívá ve vložení svařovaných součástí mezi čelisti svařovacího lisu, které mohou být buď hladké, nebo mohou mít drážku. Je zde zapotřebí aby byly na svařovaných materiálech vytvořeny výstupky, skrz které se bude soustředit svařovací proud a tlak. Ty je ale ovšem potřeba vytvořit na co nejmenší ploše, aby se zde materiál natavil a mohl tak vzniknout svar.

Svařovací lis přitiskne čelistmi svařované součástky natolik, aby veškeré výstupky zcela dosedly a poté je do sevřeného lisu zapnut svařovací proud. Tento svařovací proud a také čas, po dobu kterého je zapnut tento elektrický proud, je předem stanoven v závislosti na tloušťku a druh svařovaných součástí. Za působení tohoto proudu a také tlaku lisu dojde k natavení výstupků na obou svařovaných materiálech a tím vzniknou svary. Tato metoda je možná použít pro materiály o tloušťce 0,5 až 5 mm (Novotný a kol., 2006).

Tato metoda svařování se ve ŠA používá především pro přivařování matic a šroubů k plechům. Narozdíl od bodového odporového svařování, které je využíváno pouze pro svařování bodové a má tak za následek spojení dvou a více plechů k sobě. Tyto přivařované matice a šrouby jsou nedílnou součástí automobilové karoserie. Později jsou využívány k upínání převážně montážních komponent. Na celé karoserii automobilu se vyskytuje cca 20 ks takto přivařených šroubů a matic. (Interní dokumentace ŠKODA AUTO a.s., 2022).



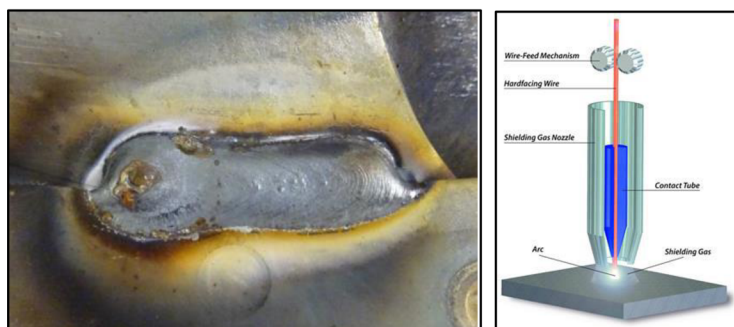
Zdroj: Interní dokumentace ŠKODA AUTO a.s., 2022

Obr. 5 – Bradavkové odporové svařování

Svařování tavící se elektrodou v ochranné atmosféře (MAG)

Metoda MAG neboli Metall Active Gas spočívá v přidávání drátu nebo trubičky přímo do svařovací lázně, která je tvořena v místě svaru. Drát je průběžně odvíjen z cívky nebo svitku pomocí kladek a podáván do hořáku. K podávání svařovacího drátu slouží podávací zařízení, které zajistí plynulé odvíjení a přísun drátu do svařovací lázně. Oblouk při svařování hoří mezi svařovaným materiálem a svářecím drátem. Při svařování touto metodou je také zapotřebí ochranná atmosféra, která je tvořena směsí plynů Argonu a CO₂ (Novotný a kol., 2006).

Mezi hlavní výhody tohoto typu svařování patří především nízká cena plynu, čistota pracovního prostředí, nebo také velká produktivita a velká odtavovací rychlost elektrody. V neposlední řadě se mezi výhody tohoto typu řadí také velká bezpečnost proti vzniku pórů (Hluchý, Kolouch, Paňák, 2001).



Zdroj: Interní dokumentace ŠKODA AUTO a.s., 2022

Obr. 6 – MAG svařování

Přivařování svorníků

Tato metoda svařování je v ŠA nazývána jako „Tuckerování“, z důvodu dodání svařovacích komponentů právě od společnosti Tucker s.r.o. a je založena na obloukovém přivařování zpravidla šroubů (svorníků), nebo čepů či matic. Přivařovaný „tukr“ (obr. 7) je podáván do místa svaru automaticky pomocí podavače. Tato metoda je na rozdíl od např. metody MAG bez ochranné atmosféry. Jedna z hlavních výhod je u této metody velmi vysoká produktivita práce.

Celá metoda svařování spočívá v natavení základního materiálu a svorníku pomocí řízeného, velmi krátkého elektrického oblouku právě mezi zmíněnými svařovanými součástkami. Tím vznikne tavná lázeň v základním materiálu, do které je lineárním

pohybem vtlačen přivařovaný svorník. Poté je potřeba aby spoj po velmi krátkou dobu vykrytalizoval a tím dojde k vytvoření svaru (Interní dokumentace ŠKODA AUTO a.s., 2022).



Zdroj: Interní dokumentace ŠKODA AUTO a.s., 2022

Obr. 7 – Přivařování svorníků

1.1.2 Lepení

Lepení je ve svařovnách ŠA čím dál více používaná technologie. Hlavní výhodou této technologie oproti svařování nebo pájení je například odolnost proti korozi nebo dobré izolační vlastnosti. V ŠA jsou používány dva druhy lepidel, a to buď pevnostní, anebo těsnící. Používaná těsnící lepidla jsou vyrobená na bázi kaučuku, výhodou jsou jejich antivibrační vlastnosti. Tato lepidla je používají například na utěsnění A-sloupku, kapoty, nebo střechy. Druhým druhem lepidla jsou lepidla pevnostní a jejich funkce je navýšení tuhosti karoserie. Tyto lepidla jsou vyrobené na bázi epoxidových pryskyřic a zvyšují tuhost karoserie.

Lepidla lze nanášet buď ručně, nebo roboticky. Ruční nanášení lepidla spočívá v manuální práci operátora, který má k dispozici lepící pistoli a ručně nanáší lepidlo do místa spoje. Druhá možnost je nanášení lepidla pomocí průmyslových robotů (viz kap. 1.1.2). Tato metoda spočívá v nanášení lepidla pomocí lepícího efektoru, který je upevněn na robotovi. Třetí a poslední možnost nanášení lepidla je stacionární lepení. Tato metoda spočívá v uchopení lepeného dílu pomocí průmyslového robota s uchopovacím manipulátorem a přesun tohoto dílu pod lepící trysku, která je většinou umístěna na ocelové konstrukci (Pilvousek, Roleček, Šanovec, 2017)



Zdroj: Interní dokumentace ŠKODA AUTO a.s., 2022

Obr. 8 – Lepení

1.1.3 Pájení

„Pájením se nerozebíratelně metalurgickou cestou působením vhodného zdroje tepla, spojují stejné nebo různé kovové materiály (popř. i s nekovy) pomocí přídavného materiálu tzv. pájky, která má odlišené chemické složení a nižší bod tavení než základní, pájený materiál.“ (Novotný a kol., 2006, str. 158)

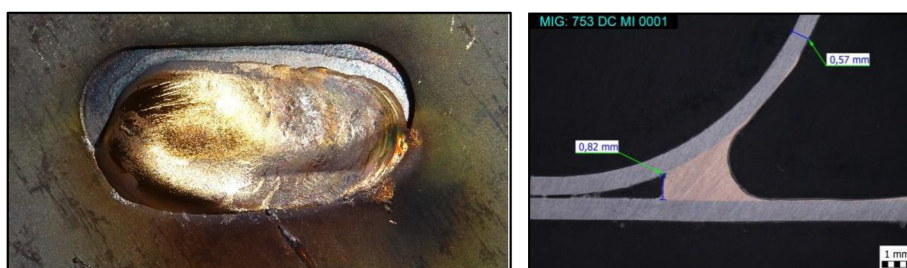
Pájení je proces, při kterém je tvořena nerozebíratelná spoj dvou stejných nebo různých kovových nebo nekovových materiálů, a to za přítomnosti třetího přidaného kovu nazývaného pájka. Pájený materiál zde zůstává v tuhém stavu a přidaná pájka je roztavena. Pájka zpenetruje a spojí se s pájeným materiálem reakcí nazývané slévání. Pájka a pájený materiál se musí při pájení zahřát nad teplotu tavení přídavné pájky z důvodu nutnosti natavení pájky a to pájedlem, benzínovým nebo plynovým plamenem, elektrickou indukcí, nebo průchodem elektrického proudu. Možné je zde ohřát buď celou součást nebo jen pájené místo. Výsledkem tohoto procesu je například tvorba vodivých nebo nosných spojů, nebo utěsnění spár či trhlin (Novotný a kol., 2006)

Vlastnosti pájky jsou důležité pro tvorbu vyhovujícího pájeného spoje. Požadované vlastnosti jsou například smáčivost. Tato vlastnost je důležitá především kvůli potřebě smáčení povrchu základního materiálu. Další z požadovaných vlastností je vzlínavost. Ta je potřeba z důvodu potřeby vyplnění úzkých mezer při pracovní teplotě. A jako poslední požadovaná vlastnost pájky a roztékavost. Tato vlastnost zaručí rovnoměrně roztečení pájky po vodorovném pájeném materiálu (Bradáč, Sobotka, 2019).

Pájení tavící se elektrodou v ochranné atmosféře (MIG)

Metoda pájení tavící se elektrodou MIG neboli Metall Inert Gas spočívá v postupném přidávání drátu do místa pájení, stejně jako u metody MAG. Hlavní rozdíly jsou v přidávaném materiálu a také v ochranném plynu. U této metody se využívá inertní ochranný plyn, který zde slouží pouze kvůli ochraně před vzduchem. Nejčastěji se pro toho svařování využívají plyny Helium a Argon. Použité přídatné materiály zde musí mít teplotu tavení nižší než základní materiál, aby nedocházelo k jeho tavení. Při pájení nesmí docházet k natavení základního materiálu, pájený spoj zajišťuje pouze pájka, která je za pomoci difuzního spojení spojena se základním materiálem.

Tato metoda se používá u méně namáhaných spojů, z důvodu nižší pevnosti pájeného spoje oproti svařovanému spoji MAG. Výhodou může být nižší teplota, na kterou je základní materiál zahřát a také snadnější spojování tenkých plechů (Interní dokumentace ŠKODA AUTO a.s., 2022).

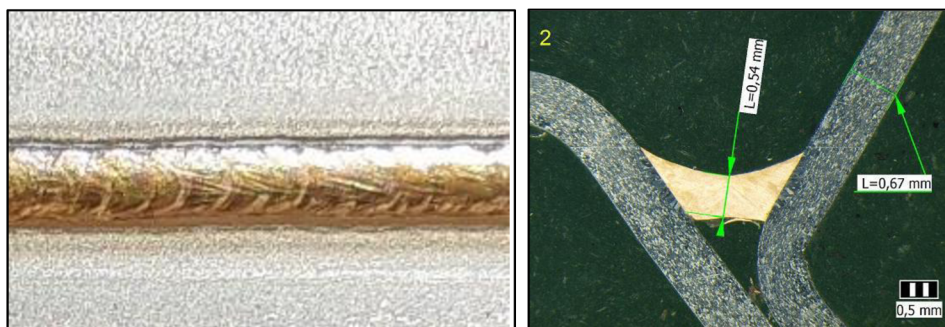


Zdroj: Interní dokumentace ŠKODA AUTO a.s., 2022

Obr. 9 – MIG pájení

Laserové pájení

Metoda laserového pájení spočívá v zahřátí svařovaného materiálu spolu s materiálem přidáváním pomocí laserového paprsku na požadovanou teplotu. Přidávaný materiál, v tomto případě svářecí drát, je do svařovaného místa přiváděn pomocí podavače a taví se v místě sváření laserovým paprskem, popř. pomocí zahřátého materiálu. Natavený přidávaný materiál se váže na místa plechu, které jsou předem ohřáty, a tudíž nezatéká kapilárním způsobem do spár neohřátých (Interní dokumentace ŠKODA AUTO a.s., 2022).



Zdroj: Interní dokumentace ŠKODA AUTO a.s., 2022

Obr. 10 – Laserové pájení

1.2 Stavba karoserií ve svařovnách ŠKODA AUTO a.s.

Karoserie se ve svařovnách ŠA vyrábějí celkem v pěti výrobních úsecích. Prvním výrobním úsekem je platforma (v ŠA nazýváno Unterbau). Zde je kompletně složena podlaha automobilu společně s příčnou stěnou, A-sloupky, kryty kol a zadním čelem. Poté co je platforma kompletně složena a jsou dovařeny všechny potřebné svařovací body, putuje karoserie do úseku svařené karoserie (v ŠA nazýváno Aufbau). Zde jsou na platformu postupně přidávány vnitřní a vnější postranice, které jsou v horní části spojeny příčnicí střešy. Vnější a vnitřní postranice jsou předem vyrobeny ve výrobním úseku postranic (v ŠA nazýváno Seitenteile). V poslední fázi tohoto výrobního úseku je přivařena střecha. Následně putuje svařovaná karoserie do linky Finiš. Zde jsou připevněny všechny panelové díly společně s předními blatníky. Tyto panelové díly jsou vyráběny v samostatném výrobním úseku (v ŠA nazýváno Anbauteile). Následně je v úseku Finiš vše slícováno a karoserie poté putuje do lakovny (Interní dokumentace ŠKODA AUTO a.s., 2022).



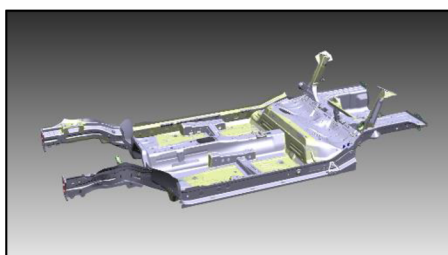
Zdroj: Interní dokumentace ŠKODA AUTO a.s., 2022

Obr. 11 – Stavba karoserie

1.2.1 Platforma

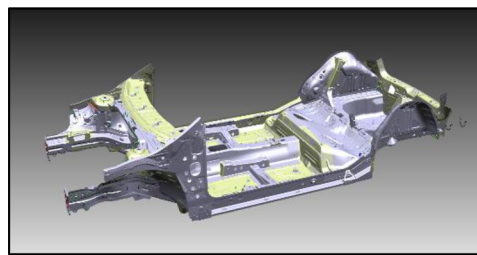
Tento výrobní úsek se skládá ze dvou částí. První část je nazývána UB I nebo také nosná část I. V této části jsou nejprve vyrobeny podskupiny UB I v samotných výrobních linkách. Podskupinami UB I jsou zadní podlaha a přední podlaha, do které navíc vstupuje tunel. Po vyrobení jsou následně složeny a svařeny dohromady. K tomu účelu je využívána výrobní linka nazývaná UB I GEO. V této lince jsou vstupujícími díly již zmíněná přední a zadní podlaha. U platformy MQB vstupují do linky také přední podélníky. V případě platformy MEB jsou přední podélníky nahrazeny přední nosnou strukturou. Oproti platformě MQB do linky vstupují také pásnice prahu, kterými je spojena přední a zadní podlaha. Následně se celá tato platforma plně dovaří a zajistí se tak její tuhost. Výsledkem tohoto procesu je tedy plně svařená nosná část I, která je zobrazena na obr. 12.

Druhá část výrobního úseku platformy se nazývá UB II, nebo také nosná část II. Zde do linky vstupuje plně složená a dovařená nosná část I, ke které jsou postupně přivařovány další díly. Jako první je na platformu přivařena příčná střena. Příčná stěna je vyráběna v samostatné výrobní lince. Dále jsou v lince UB II GEO přivařeny A-sloupky společně se zadními kryty kol. Posledním vstupujícím dílem do linky je zadní čelo. Po dovaření všech potřebných svařovacích bodů vznikne hotová nosná část II (viz obr. 13), která bude pokračovat dále po výrobním toku do linky svařené karoserie (Interní dokumentace ŠKODA AUTO a.s., 2022).



Zdroj: Interní dokumentace ŠA, 2022

Obr. 12 – Platforma UB I



Zdroj: Interní dokumentace ŠA, 2022

Obr. 13 – Platforma UB II

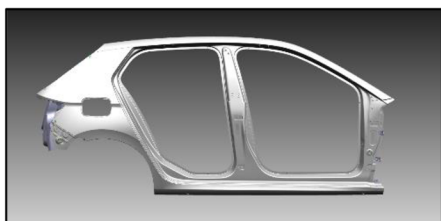
1.2.2 Postranice

Výrobní úsek s názvem postranice obsahuje čtyři výrobní linky, z nichž každá je dále rozdělena na levou a pravou stranu. První výrobní linkou je linka na C-sloupky. Vstupujícími díly jsou zde vnitřní podběh kola a nástavek prahu. Do druhého zakládacího okna jsou vkládány díly, jako vnitřní C-sloupek, konzole C-sloupku a zadní dýchací kanál. Tyto díly jsou následně sesazeny dohromady a plně svařeny.

Další výrobní linkou je výrobní linka na B-sloupky. Do této linky vstupují díly B-sloupek a A-sloupek. Poté jsou do linky vloženy díly pásnice prahu a šavle vnitřní postranice. Následně jsou všechny tyto čtyři díly svařeny k sobě.

Třetí výrobní linkou je linka na vnitřní postranice. Zde vstupují již svařené B-sloupky a také C-sloupky z předchozích linek. K těmto dílům je přidán vnitřní A-sloupek a společně je celá vnitřní postranice svařena (viz obr. 15).

Poslední výrobní linkou je linka na vnější postranice. Prvním vstupujícím dílem je plech vnější postranice a společně s dýchacím kanálem je spojen pomocí laserového svaru. Dalšími vstupujícími díly jsou zde plech zadních svítilen, výztuha zámku, uzavírací díl prahu a také úchyty blatníku. Všechny tyto díly jsou plně svařeny s plechem vnější postranice a výsledek je zobrazen na obr. 14 (Interní dokumentace ŠKODA AUTO a.s., 2022).



Zdroj: Interní dokumentace ŠA, 2022

Obr. 14 – Postranice vnější



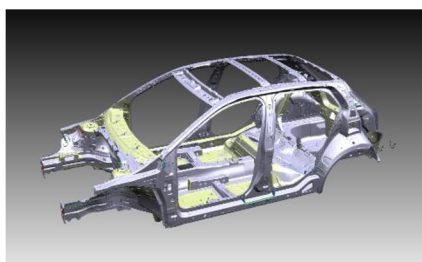
Zdroj: Interní dokumentace ŠA, 2022

Obr. 15 – Postranice vnitřní

1.2.3 Svařená karoserie

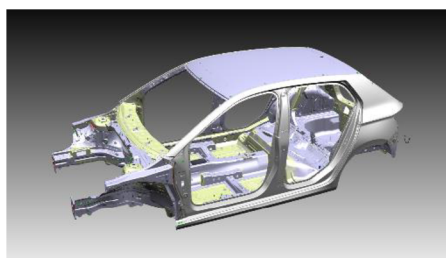
Výrobní úsek svařené karoserie se dělí na čtyři části, a to AB I, AB II, AB III a AB IV. Do první z výše zmíněných částí svařené karoserie vstupuje jako hlavní vstupující díl plně svařená platforma, ke které se následně přivařují vnitřní postranice. Vnitřní postranice byly vyrobeny v samostatném výrobním úseku. Spolu s vnitřními postranicemi se v lince AB I svařují také příčné střešní tyče, které spojují vnitřní postranice pod později namontovanou střechou. Podoba svařené karoserie po projetí výrobní linkou AB I je znázorněna na obr. 16.

Další výrobní linka svařené karoserie je AB II. Zde jsou jediným vstupujícím dílem vnější postranice. Tyto vnější postranice byly vyrobeny v samostatném výrobním úseku. Následuje výrobní linka AB III, do které vstupuje střecha, která je přivařena na příčnící střechy. Do linky také vstupují vnější postranice, které jsou přivařena na vnitřní postranice. V posledním úseku AB IV je celá svařená karoserie pouze dovážena a nevstupují do něj žádné další díly. Svařená karoserie, která opouští tento výrobní úsek, je znázorněna na obr. 17 (Interní dokumentace ŠKODA AUTO a.s., 2022).



Zdroj: Interní dokumentace ŠA, 2022

Obr. 16 – Svařená karoserie AB I



Zdroj: Interní dokumentace ŠA, 2022

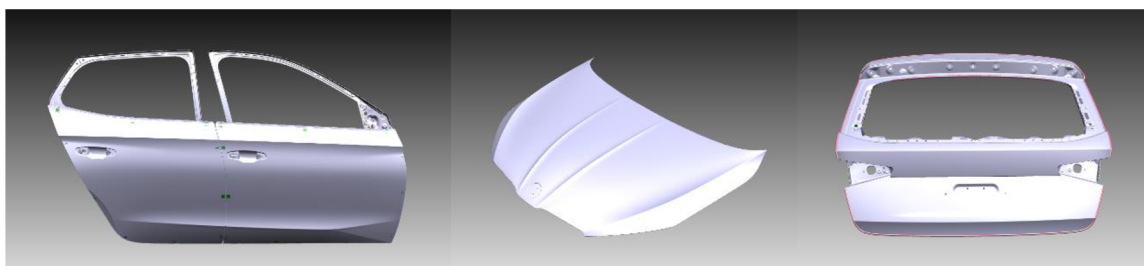
Obr. 17 – Svařená karoserie AB IV

1.2.4 Panelové díly

V tomto výrobním úseku se nachází celkem šest výrobních linek. První výrobní linka vyrábí přední kapotu. Ta se postupně skládá z vnitřních výztuh společně s vnitřním plechem kapoty. Tyto díly jsou spojeny pomocí technologie nazývané klinčování a poté jsou navíc také svařeny. Následně do linky vstupuje vnější povrchový plech, který je sesazen s již vyrobeným zbytkem kapoty. V poslední fázi je celá kapota očištěna a zkontrolována.

Další výrobní linkou je linka pátých dveří zavazadlového prostoru. V první fázi je nanášeno lepidlo na vnitřní plech a poté je tento plech spojen s výztuhou kapoty. Následně jsou tyto díly svařeny dohromady. Dále do této výrobní linky vstupuje povrchový plech společně s výztuhami zadních světel. Tyto díly jsou sesazeny dohromady s vnitřním plechem a výztuhami. Vnitřní i vnější plech je nejdříve předlemován a poté zde dochází k plnohodnotnému lemování těchto dvou plechů. Jelikož se na pátých dveřích nachází laserový svár, je nutné tento svár pomocí kartáčů očistit tak, aby byla splněna požadovaná kvalita. Také jsou na páté dveře namontovány panty, pomocí kterých je tento díl připevněn na karoserii automobilu. V poslední fázi této linky probíhá finální čištění společně s kontrolou.

Poslední výrobní linkou v tomto výrobním úseku je linka bočních dveří. Každé boční dveře jsou vyráběny v samostatné výrobní lince, avšak princip těchto linek je totožný. Nejdříve je do výrobní linky vložen vnitřní plech dveří, na který je nanášeno lepidlo. K tomuto vnitřnímu plechu je svařena vnitřní výztuha. Následně je do linky vložen vnější plech dveří a pomocí lepidla je spojen s vnitřním plechem dveří. Celý díl je zpevněn pomocí pojišťovacích svarů z důvodu vytvrzení lepidla až v lakovně. V poslední fázi jsou na dveře namontovány panty, pomocí kterých jsou dveře připevněny na karoserii (Interní dokumentace ŠKODA AUTO a.s., 2022).



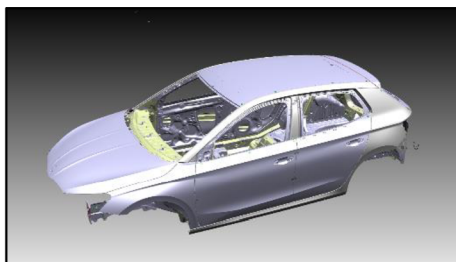
Zdroj: Interní dokumentace ŠKODA AUTO a.s., 2022

Obr. 18 – Panelové díly

1.2.5 Finiš

Pracoviště Finiš je posledním výrobním úsekem ve svařovně a dělí se na čtyři části. První částí je Finiš I, kde jsou nejprve roboticky broušeny laserové sváry na střeše karoserie, a také je zde nanášeno lepidlo na A-sloupky. Dále se zde nachází repasní pracoviště pro MIG a MAG svary. Druhou částí Finiše je Finiš IIA, ve kterém jsou montovány panty bočních dveří. Následně jsou zde montovány držáky blatníků a panty kapoty. Třetí část nese název Finiš IIB. Zde jsou namontovány přední boční dveře a později také zadní boční dveře. Jelikož jsou zde hlídané šroubové spoje, všechny tyto spoje jsou po slícování dotaženy momentovými klíči s elektronickým odesláním dat. Dále zde probíhá také montáž blatníků, kapoty a pátých dveří. V poslední fázi Finiše IIB se nachází montáž výztuhy zadního nárazníku. Poslední částí je Finiš III, ve kterém probíhá montáž přípravků pro lakování karoserie v lakovně, a také závěrečné lícování všech dílů s následným čištěním celé karoserie. Poslední činností je kontrola typu karoserie, při které je zjišťováno, zda karoserie byla svařena dle požadavků na typ nebo výbavu. Celkem na tomto

výrobním úseku pracuje zhruba 45 % zaměstnanců svařovny (Interní dokumentace ŠKODA AUTO a.s., 2022).



Zdroj: Interní dokumentace ŠKODA AUTO a.s., 2022

Obr. 19 – Okovaná karoserie

1.2.6 Robotizace

Robotizace je v dnešní době při výrobě automobilů čím dál více využívána. V současné době ŠA používá průmyslové roboty od tří renomovaných dodavatelů. V největším zastoupení jsou ve svařovnách ŠA roboty oranžové barvy od německé společnosti KUKA AG. Další společností, která dodává průmyslové roboty do svařoven ŠA je japonská společnost Fanuc Corporation. V nejmenším zastoupení jsou v ŠA bílé roboty od švédsko-švýcarské společnosti ABB Ltd.. Průmyslové roboty od všech třech dodavatelů jsou zobrazeny na obr. 19. Při volbě průmyslových robotů je brána v potaz pořizovací cena, nosnost robota, nebo také dosah ramen. Zátěž, kterou je schopen robot unést se pohybuje v rozmezí 210 kg až 600 kg a dosah ramen lze nakonfigurovat v rozmezí od 2700 mm až 3330 mm (Interní dokumentace ŠKODA AUTO a.s., 2022).



Zdroj: Interní dokumentace ŠKODA AUTO a.s., 2022

Obr. 20 – Průmyslové roboty

2 Digitální továrna

Digitální továrna je digitální kopie 1:1 reálné výrobní linky v digitálním světě (obr. 20). S pomocí digitální továrny lze snadněji plánovat nové výrobní linky, nebo také plánovat optimalizace těchto výrobních linek. Digitální továrna má pro výrobní společnosti mnoho výhod, například snížení nákladů z důvodu změn ve fázi náběhu, nebo také optimalizace celého výrobního procesu. Je tak možné snadno odhalit úzká místa ve výrobě a pomocí těchto digitálních možností je snadno odstraňovat. Tím pádem také zvyšovat kvalitu a efektivitu celého výrobního procesu.

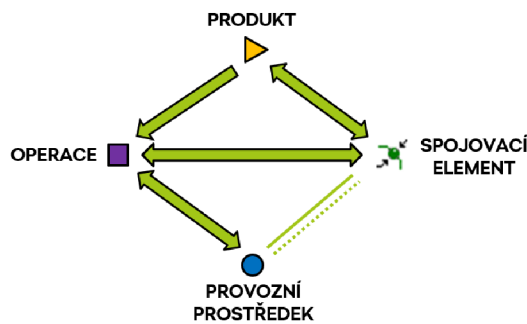


Zdroj: Interní dokumentace ŠKODA AUTO a.s., 2022

Obr. 21 – Digitální továrna

2.1 Process Designer

Process Designer (dále jen PD) je software od společnosti Tecnomatix a je také jedním z hlavních programů používaných v ŠA pro digitální továrnu. Tento software je využíván především k 3D vizualizaci výrobních linek. Dochází zde k propojení několika typů objektů jako je produkt, operace, provozní prostředky a spojovací elementy (viz obr. 21). Produktem je v tomto případě chápána karoserie vyráběného automobilu a je tak odpovědí na otázku co se vyrábí. Dalším hlavním objektem je zde provozní prostředek, popřípadě provozní prostředky. Ty jsou zde zastoupeny například svařovacími roboty, společně se svařovacími kleštěmi. Informují, čím se bude karoserie vyrábět. V tomto procesu je nezbytnou součástí také výrobní operace. Ta určuje, jakým způsobem bude vyráběný produkt vyráběn, a tudíž odpovídá na otázku jak. V neposlední řadě jsou zde spojovací elementy. Ve většině případů jsou zastoupeny svařovacími body, ale také nanášenými lepidly, nebo přivařovanými maticemi a šrouby.



Zdroj: Interní dokumentace ŠKODA AUTO a.s.,

Obr. 22 – Schéma Process Designer

2.2 Process Simulate

Process Simulate (dále jen PS) je software, který je do ŠA dodáván také od společnosti Tecnomatix. Tento program je především využíván k simulování výrobního procesu. Tyto simulace jsou využívány například k ověření, zda je robot v kolizi s okolním prostředím. Dále je možné ve výrobním procesu odhalit úzká místa, a také tato úzká místa následně odstraňovat. Další funkcí tohoto softwaru je ověření dosahu daného robota, nebo také svařitelnost vyráběného dílu konkrétními svařovacími kleštěmi (viz kap.4). Všechny tyto modely však musí být pro simulace přizpůsobeny a také obsahovat kinematiku (viz kap. 3.4).

Process Simulate umožňuje navrhnout a ověřit výrobní proces bodového svařování za pomoci 3D modelů a simulací od rané fáze plánování až po tvorbu offline programů. Za pomoci programu Process Simulate je možné rozmístění svařovacích bodů mezi výrobní stanice s ohledem na geometrické a časové omezení. Další funkcí je také výběr správných svařovacích kleští z vytvořené knihovny (Siemens Tecnomatix Process Simulate, 2022).

Process Simulate je nástroj k minimalizaci rizika při změnách na výrobním zařízení, nebo také při spuštění nového výrobního zařízení. Tento program umožňuje ověření plánů od koncepčního návrhu až po zahájení výroby. Výsledkem je rychlejší spuštění výroby a také lepší kvalita výroby. Hlavními funkcemi programu jsou 3D simulace, statická a dynamická detekce kolizí, 3D měření, plánování výrobních operací nebo také 3D geometrie objektů a kinematika. Mezi výhody lze řadit snížení rizika ve výrobním systému, zkrácení času ve fázi plánování, nebo také snížení nákladů na změny v závislosti včasného zjištění chyby (Štofová, Szaryszová, 2018).

3 3D modely svařovacích kleští

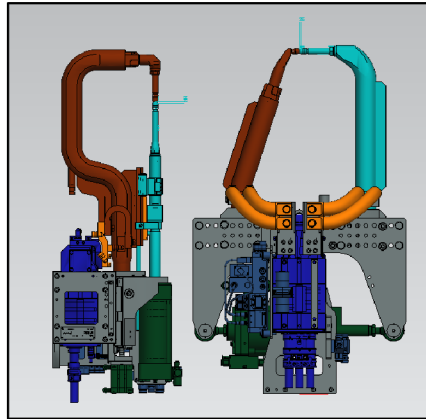
V této kapitole budou nejprve charakterizovány svařovací kleště. Dále bude stručně představeno k čemu jsou 3D modely svařovacích kleští v ŠA využívány a také zde bude vysvětleno, jakým způsobem jsou tyto modely tvořeny a spravovány. Dále zde bude definováno, proč se tyto modely shromažďují do tzv. knihoven a k čemu jsou tyto knihovny 3D modelů svařovacích kleští následně využívány. V závěru této kapitoly bude také představeno, proč je nutné tyto modely kinematizovat a jakým způsobem se tento proces provádí.

3.1 Obecná charakteristika

3D modely svařovacích kleští jsou nedílnou součástí digitální továrny pro plánování svařoven. Aby s těmito 3D modely mohly být prováděny následné analýzy, je nejprve nutné tyto 3D modely upravit podle interní směrnice pro PS označené *11-1D_301025* a následně uložit do sdíleného prostoru na disk do jedné složky, tzv. knihovny. Směrnice pro PS je závazná pro celou digitální továrnu koncernu VW a je nutné se jí řídit. V této směrnici jsou uvedené veškeré potřebné informace od barvy svařovacích kleští až po celý proces kinematizace těchto svařovacích kleští.

Svařovací kleště se skládají z několika součástí. Hlavní součástí je nepohyblivá konstrukce svařovacích kleští, na kterou jsou postupně montovány ostatní komponenty. Dalšími hlavními součástmi jsou svařovací ramena, a to pevné a pohyblivé. Součástí těchto svařovacích ramen jsou i jádra elektrod a také svařovací čepičky, pomocí kterých jsou svařovány svařovací body. Aby bylo možné s těmito svařovacími rameny pohybovat, obsahují svařovací kleště pístnice, do kterých je vtlačován stlačený vzduch (v případě servopneumatikých svařovacích kleští). Nedílnou součástí svařovacích kleští je také trafo a servobox.

Svařovací kleště lze dělit podle konstrukce svařovacích ramen na typ "C", který je zobrazen vlevo na obr. 23 a typ "X", vyobrazený vpravo na obr. 23. Dále lze svařovací kleště dělit na servopneumatiké a elektromotorické. Rozdíl v těchto dvou variantách je podle toho, zda jsou svařovací ramena ovládána pomocí stlačeného vzduchu nebo pomocí elektrického proudu.



Zdroj: Výstup z programu Process Simulate, 2022

Obr. 23 – Svařovací kleště typu C a X

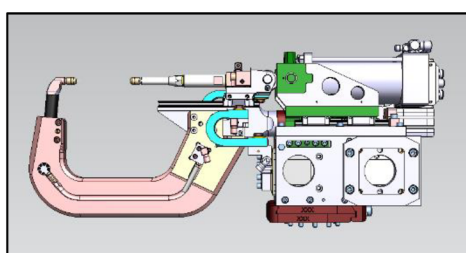
3.2 Metodika úprav svařovacích kleští pro simulace

V tomto odstavci bude detailně popsána metodika úprav 3D modelů svařovacích kleští, tak aby tyto modely byly následně vyhovující směrnicí a také funkční pro další činnosti. Tato metodika je nezbytnou součástí pro následné využití těchto 3D modelů svařovací kleští např. pro analýzu dostupnosti svařovacích kleští, nebo analýzu dosahů svařovacích robotů (viz. kap. 4). Některé úpravy jsou pouze formální, tak aby byla dodržena směrnice pro DF. Některé úpravy jsou ale nezbytné pro věrohodnou analýzu. Níže budou detailně popsány veškeré kroky, vedoucí ke správné přípravě 3D modelů svařovacích kleští pro simulace. Celý proces bude probíhat v PS v nově připravené offline studii. Pro popis metodiky byly vybrány svařovací kleště zcs_31_59D_398803_321. Jedná se tedy o servopneumatické svařovací kleště typu C, které se fyzicky nacházejí v závodě MB. Počáteční stav modelu je totožný s modelem, jaký ŠA obdrží od výrobce svařovacích kleští, tj. nepohyblivý 3D model v otevřeném stavu, který neodpovídá směrnicí pro simulace v PS.

Příprava studie

V první kroku bylo zapotřebí otevřít program PS on eMS Standalone, což je offline verze programu PS. Pro tyto účely je offline verze zcela dostačující. Po otevření PS byla založena nová studie, ve které je celý proces úprav svařovacích kleští následně prováděn. Studie byla založena přes funkci *Create new study*. Před započítím celého procesu byla studie uložena a pojmenována dle libovolného názvu. Do této studie byl následně nahrán 3D model svařovacích kleští, který měl být kontrolován.

Model, který byl obdržen od výrobce svařovacích kleští, byl předem uložen na sdílený disk, ze kterého program PS čerpá data. Pro správné nahrání svařovacích kleští do PS bylo nejprve nutné definovat typ objektu svařovacích kleští jako typ *gun* přes funkci *Define Component Type*. Tato funkce se nachází v záložce Modeling, v horní liště programu. Další potřebnou funkcí je funkce *Insert Component*. Použitím této funkce jsou následně do studie vloženy svařovací kleště zcs_31_59D_398803_321, zobrazené na obr. 24. Aby bylo možné s těmito svařovacími kleštěmi dále pracovat, byl zapnut těmito kleštím editační mód přes funkci *Set Modeling Scope*.



Zdroj: Výstup z programu Process Simulate, 2022

Obr. 24 – Neupravené svařovací kleště

Kontrola s dokumentací

Ke každým svařovacím kleštím je vždy od výrobce přiložen výrobní výkres, podle kterého jsou dané svařovací kleště vyráběny (viz příloha č. 1). Je nutné, aby 3D model svařovacích kleští byl totožný s výrobním výkresem. Z tohoto důvodu je nutné zkontrolovat, zda nějaká komponenta na svařovacích kleštích nechybí, nebo naopak nepřebývá. V tomto případě byla navíc spojka, která slouží k montáži svařovacích kleští na robota. Tuto spojku bylo nutné smazat z důvodu samostatné montáže na svařovacího robota. Další kontrola probíhala v podobě přeměření nejdůležitějších rozměrů svařovacích kleští a porovnání těchto naměřených hodnot s výkresem. Nejdůležitější rozměry jsou nezbytné pro následnou simulaci a nacházejí se v oblasti svařovacích ramen. Zde je nutné, aby pevné i pohyblivé rameno mělo správné rozměry. Součástí těchto svařovacích ramen jsou i jádra elektrod, jejichž rozměry bylo také nutné zkontrolovat. Kontrola komponent svařovacích kleští probíhala za použití funkce *Point to Point Distance*. V případě, že jsou zjištěny rozdílné rozměry mezi výrobním výkresem a 3D modelem, je nutné dodatečné obstarání správných 3D dat od výrobce. V případě, že se jedná o drobné

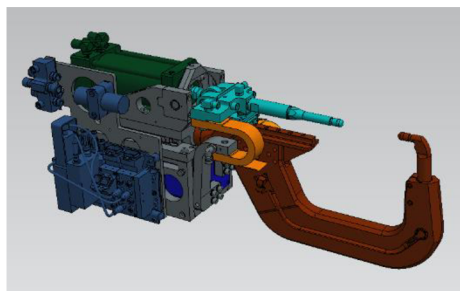
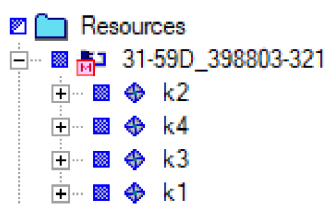
nepřesnosti, jako je například rozdílný rozměr otevření svařovacích ramen, můžou být tyto nepřesnosti opraveny.

Rozdělení komponent do sestav

Dalším krokem bylo rozdělení všech součástí svařovacích kleští do jednotlivých sestav. Na základě těchto sestav je svařovacím kleštím přiřazena barva podle směrnice a také jsou tyto sestavy nutné pro následnou kinematizaci. Za pomoci funkce *Kinematic Editor* je zobrazeno dialogové okno. Po aktivaci příkazu *Create New Link* bylo nutné nastavení vytvářené sestavy. Jako první byl zvolen název sestavy a dále také komponenty, které mají být do této sestavy přiřazeny. Takto byly vytvořeny všechny čtyři sestavy s názvem k1, k2, k3 a k4. Do sestavy k1 byly vloženy veškeré komponenty, které jsou součástí nepohyblivé konstrukce svařovacích kleští společně s trafem a servoboxem. Sestava k2 obsahuje všechny komponenty nepohyblivého ramena a komponenty pohyblivého ramena byly vloženy do sestavy s názvem k3. Poslední sestavou je sestava k4, do které byl vložen měděný pásek, spojující tělo svařovacích kleští a pohyblivé rameno.

Nastavení barev

Poté co jsou všechny komponenty svařovacích kleští rozděleny do jednotlivých sestav, mohla být pro jednotlivé sestavy definována správná barva. Barva svařovacích kleští není zásadní kritérium pro následnou funkčnost svařovacích kleští, avšak dle směrnice pro PS je to nezbytné. Nastavení správné barvy bylo provedeno pomocí funkce *Modify Color*. Tímto způsobem byla pro všechny sestavy nastavena dle směrnice správná barva. U sestavy k1 musela být navíc barevně rozlišena konstrukce, válce pro svařovací ramena, trafo a servobox. Správně obarvené svařovací kleště jsou znázorněny na obr. 25.



Zdroj: Výstup z programu Process Simulate, 2022

Obr. 25 – Obarvené svařovací kleště

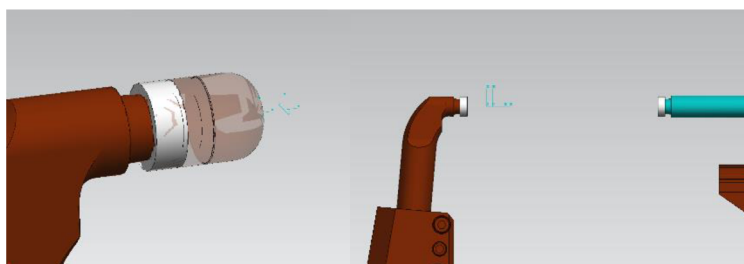
Souřadné systémy

Dalším krokem byla tvorba souřadných systémů. Souřadné systémy jsou nezbytnou součástí funkčních 3D modelů svařovacích kleští. Na svařovacích kleštích jsou tři základní souřadné systémy. První souřadný systém je nazýván *anb* a slouží ke správné montáži svařovacích kleští na robota. Umístění tohoto souřadného systému je na nepohyblivé konstrukci svařovacích kleští v místě, na které mají být kleště namontovány. Toto se liší podle typu upnutí jednotlivých svařovacích kleští. Správná pozice tohoto souřadného systému je orientace osy Z do středu svařovacích kleští a orientace osy Y kolmo ke svařovacím ramenům (viz příloha 4). Pokud tento souřadný systém zcela chybí, je nutné ho přes funkci *Create Frame* vytvořit. Dalšími potřebnými souřadnými systémy jsou *tcp* a *home*. Tyto dva souřadné systémy jsou dále rozdělovány na *tcp_x*, *home_x*, *tcp_z* a *home_z*. Rozdíl je pouze v orientaci těchto dvou souřadných systémů, a to v závislosti na svařovacím robotu, na kterého mají být svařovací kleště namontovány. Průmyslové roboty KUKA a Fanuc vyžadují osu X ve směru svařování a osu Z směřující vzhůru (viz příloha 2). Průmyslové roboty ABB naopak vyžadují osu Z ve směru svařování a osu X směřující vzhůru (viz příloha 3). Z důvodu tvorby knihovny, která má sloužit pro všechny tři typy průmyslových robotů, byly vytvořeny všechny čtyři souřadné systémy. Souřadný systém *home* byl vytvořen dle směrnice v bodě dotyku svařovacích čepiček a souřadný systém *tcp* o 5 mm vedle souřadného systému *home* směrem k modré, pohyblivé elektrodě (viz příloha 4). Všechny tyto souřadné systémy bylo nakonec nutné funkcí *Set Object to be Preserved* nastavit jako trvale viditelné i po vypnutí editačního módu.

Modelace cylindrů

Jelikož jsou při následných simulacích z analýz vyjmuty svařovací čepičky, je nutné pod těmito svařovacími čepičkami vytvořit objekty válcového tvaru, které jsou pro tyto simulace nezbytné. Válcové objekty nazývané „cylindry“ mají jasně definované rozměry dle směrnice. Průměr je stejný jako průměr svařovacích čepiček, tj. 16 mm a výška těchto válců je stanovena na 6 mm. Umístění je definováno v ose svařování. Tvorba cylindrů probíhala přes funkci *Create a cylinder*. Ve zobrazeném dialogovém okně byl vyplněn libovolný název vytvářeného objektu, poloměr a také výška. Nakonec zde bylo zadáno umístění nově vytvořeného objektu. Takto byly vytvořeny celkem dva válce bílé barvy, pod každou svařovací čepičkou jeden a umístěny

zároveň s patou svařovací čepičky, tj. 16 mm od souřadného systému *home* dle obr. 25 a také dle přílohy 5. Následně byly tyto válce také zařazeny pod jednotlivé sestavy ve struktuře, a to pod k2 a k3. Posledním krokem bylo odříznutí jader elektrod zároveň s vytvořenými válci na obou svařovacích elektrodách za pomoci funkce *Subtract*. Výsledný stav je znázorněn na obr. 26.



Zdroj: Výstup z programu Process Simulate, 2022

Obr. 26 – Vytvořené cylindry

Název

Každé svařovací kleště vlastní své specifické tzv. BEMI číslo, ve kterém jsou zaznamenány různé informace. Toto BEMI číslo je nutné zohlednit při pojmenovávání svařovacích kleští. Název svařovacích kleští, které byly vybrány pro detailní popis metodiky je *zcs_31_59D_398803_321*. Z prvních třech písmen lze vyčíst, že se jedná o servopneumatické svařovací kleště typu C. Další dvě čísla značí číslo výrobního závodu, ve kterém jsou dané svařovací kleště používány, v tomto případě je to číslo 31, tj. výrobní závod v Mladé Boleslavi. Značení 59D je totožné pro všechny svařovací kleště. Následujících šest čísel je specifických pro každé svařovací kleště a je uděleno svařovacím kleštím při jejich konstrukci. První číslo za lomítkem značí druh upnutí svařovacích kleští. Další číslo značí typ trafa a posledním číslem je zde typ servoboxu. Za tímto označením bylo také nutné uvést datum, kdy byly svařovací kleště takto upraveny. Celý název upravených svařovacích kleští pro simulace je tedy *zcs_31_59D_398803_321_12112022*, na který byly svařovací kleště následně přejmenovány.

Konečné nastavení

Před samotným uložením svařovacích kleští byly definovány potřebné údaje. Za pomoci funkce *Tool Definition* bylo zobrazeno dialogové okno. Zde bylo nastaveno, o jaký druh svařovacích kleští se jedná. V tomto případě se jednalo o servopneumatické svařovací kleště. Následně zde byly nastaveny již vytvořené souřadné systémy *tcp_x* a *home_x* z důvodu zohlednění a využívání těchto souřadných systémů při následných analýzách. V neposlední řadě byly definovány objekty, které mají být vyloučeny z kolizní analýzy, která je popsána v kap. 4. Vyloučeny zde byly obě svařovací čepičky. Po nastavení všech údajů jsou svařovací kleště kompletně upraveny. Mohl tak být ukončen editační režim a tím došlo k uložení všech provedených změn na uložení. Výsledek celé výše popsané metodiky je znázorněn na obr. 27.



Zdroj: Výstup z programu Process Simulate, 2022

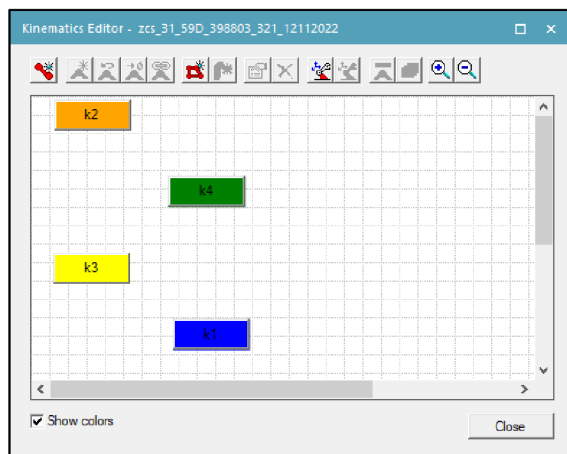
Obr. 27 – Upravené svařovací kleště

3.3 Kinematizace 3D modelů svařovacích kleští

Kinematizace 3D modelů je proces, při kterém se stacionárním 3D objektům přiřadí kinematické vazby mezi jednotlivými sestavami a tím se nastaví dráhy, po kterých se budou jednotlivé komponenty svařovacích kleští pohybovat. Kinematizace 3D modelů je důležitá především pro navazující činnosti, které jsou s těmito 3D modely dále vykonávány, jako např. analýza dostupnosti svařovacích kleští, nebo analýza dosahů svařovacích robotů (viz kap. 4).

Pro kinematizaci 3D modelů svařovacích kleští je nezbytné, aby jednotlivé komponenty svařovacích kleští byly nejdříve rozděleny do sestav k1 – k4 dle kap. 3.2. Jednotlivé kinematické vazby budou následně nastavovány mezi těmito vytvořenými sestavami. Proces kinematizace probíhá stále v programu PS, stejně jako předchozí kapitola. Pro zahájení kinematizace byly svařovací kleště nejdříve

otevřeny v editačním módu pomocí funkce *Set Modeling Scope*. Následně, za pomoci funkce *Kinematic Editor*, byl pro tyto kleště otevřen editor pro nastavení kinematiky. Tímto bylo vyvoláno dialogové okno, ve kterém mohla být kinematizace nastavena. Jak je vidět na obr. 28, byly zde zobrazeny jednotlivé sestavy, vytvořeny již v předchozí kapitole.



Zdroj: Výstup z programu Process Simulate, 2022

Obr. 28 – Kinematic Editor 1

Pevné svařovací rameno

V této fázi bylo nutné definovat vazby mezi těmito sestavami. První vytvořenou vazbou byla vazba nazývaná "ausgleich", neboli vyvážení. Tento pohyb vykonává pevné svařovací rameno vůči nepohyblivé konstrukci svařovacích kleští, tj. sestava k2 vůči k1. V nastavení byly tedy označeny tyto dvě sestavy a pomocí funkce *Create join* bylo zobrazeno dialogové okno. Zde byly nastaveny údaje o vytvářené vazbě jako např. název tohoto pohybu. Dále zde bylo automaticky vyplněno, mezi kterými sestavami je vazba tvořena. Nezbytným údajem byla také definice osy, po které se pevné svařovací rameno pohybuje, tj. osa svařování. Nastaven byl také druh pohybu, zda se jedná o pohyb lineární, nebo pohyb po kružnici. Posledním údajem zde byly limity pohybu, které určovaly krajní pozice pohybu dané sestavy. Ty byly určeny dle směrnice na -5,5 mm a 15,5 mm.

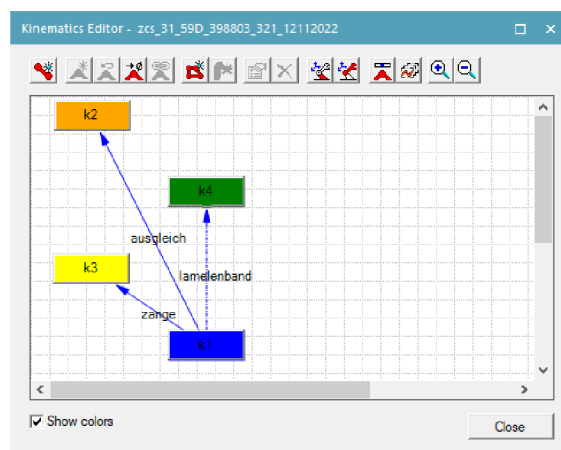
Pohyblivé svařovací rameno

Další vazba byla vytvořena mezi sestavami k1 a k3, tj. vazba mezi konstrukcí svařovacích kleští a pohyblivým svařovacím ramenem. V nastavení této vazby byl vyplněn název "zange", dle směrnice. Osa pohybu a také druh tohoto pohybu je

totožný, tudíž byl nastaven stejným způsobem jako u předešlé vazby. Před nastavením limitů pohybu pohyblivého ramene bylo nutné svařovací kleště uvést do zavřeného stavu a definovat tak nulový bod pro pohyby. K tomuto slouží funkce *Define as Zero Position*. Od této nově nastavené nuly v zavřeném stavu svařovacích kleští byly následně nastaveny limity otevírání. Tyto limity byly převzaty z výrobního výkresu (viz příloha 1). Horní limit byl nastaven na 120 mm a spodní limit dle směrnice na -21 mm.

Měděný pásek

Třetí a poslední vazba byla nastavena mezi nepohyblivou konstrukcí k1 a měděným páskem k4. Tato vazba byla tvořena stejným způsobem jako předchozí vazby, tj. lineární pohyb v ose svařování. Název byl dle směrnice nastaven na "lamelenband". Oproti předchozím sestavám bylo vyžadováno, aby se sestava k4 pohybovala podle pohyblivého ramena, a to poloviční rychlostí. Proto bylo za pomoci funkce *Join Dependency* zobrazeno dialogové okno. Zde byla ručně napsána funkce $D(zange) * 0,5$, která následně zajistila požadovaný poloviční pohyb vůči pohyblivému ramenu. Výsledné grafické schéma vazeb je znázorněno na obr. 29.

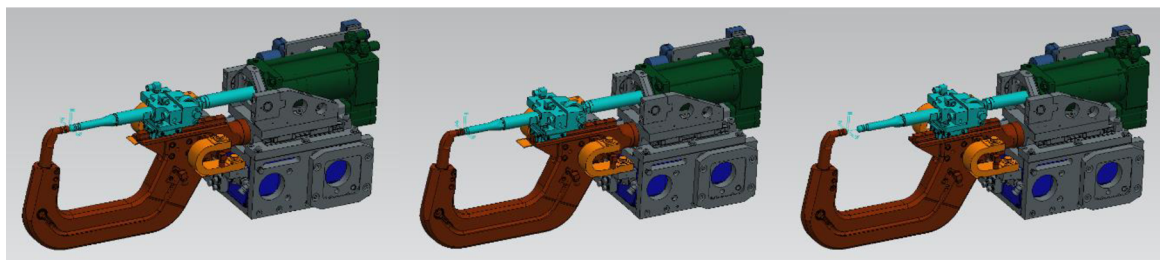


Zdroj: Výstup z programu Process Simulate, 2022

Obr. 29 – Kinematic Editor 2

Nastavení pozic

Poté co byly definovány všechny potřebné pohyby jednotlivých sestav svařovacích kleští, byly dle směrnice definovány potřebné pozice těchto svařovacích kleští. K nastavení pozic svařovacích kleští slouží funkce *Pose Editor*. Po otevření této funkce byla zobrazena jedna automaticky vytvořená pozice s názvem "HOME", která svařovací kleště nastavuje do zavřené polohy. Mimo tuto pozici byly nastaveny další tři pozice. První nastavovaná pozice je nazývána "OPEN". V této pozici jsou svařovací kleště plně otevřeny. Dle výrobního výkresu byly nastaveny rozměry otevření pro obě svařovací ramena. Pohyblivé rameno bylo nastaveno do bodu 120 mm vzdáleného od zavřené polohy a pevné rameno zůstalo pro tuto pozici bez pohybu. Další vytvářenou pozicí byla pozice "SEMIOOPEN", neboli napůl otevřený stav. Tato pozice měla stejné nastavení jako otevřená pozice s rozdílem otevření pohyblivého ramene pouze do bodu 30 mm vzdáleného od zavřené pozice. Poslední potřebnou pozicí byla pozice s názvem "CLOSE". V této pozici jsou svařovací čepičky procvaknuté do sebe. Nastaveno bylo -5,5 mm pro pohyblivé rameno a -15,5 mm pro rameno pevné. V této fázi byl ukončen editační mód svařovacích kleští. Výsledek plně zkinematizovaných svařovacích kleští je zobrazen na obr. 30.



Zdroj: Výstup z programu Process Simulate, 2022

Obr. 30 – Zkinematizované svařovací kleště

4 Ověření svařitelnosti produktu

V této kapitole je detailně představeno ověření svařitelnost produktu, jakožto navazující proces na tvorbu a kinematizaci 3D modelu svařovacích kleští. Tento proces je v dnešní době čím dál více využíván, z důvodu úspory času a finančních prostředků. Na základě správně ověřené svařitelnosti produktu je možné objednat přesný počet, a především správný model svařovacích kleští, které budou po reálném namontování na robota ve výrobní hale schopné svařit požadované svařovací body bez kolize s okolními předměty.

V této fázi jsou již 3D modely svařovacích kleští vytvořeny a zkinematizovány dle kap.3. Hlavním vstupem do tohoto procesu je tedy knihovna kleští. Dále sem vstupuje vyráběný produkt, v tomto případě karoserie automobilu a v neposlední řadě také spojovací elementy, které jsou zde zastoupeny svařovacími body. V první fázi svařitelnosti produktu bude nutné provést analýzu dostupnosti svařovacích kleští. Výsledkem této analýzy je posouzení vhodnosti všech svařovacích kleští z knihovny ke svaření všech požadovaných svařovacích bodů na daném produktu.

Poté co je tedy vytypováno, které kleště budou schopné požadované svařovací body svařit a nebudou tak v kolizi s okolními předměty je možné přejít na analýzu dosahů svařovacích robotů. Jedná se o proces, do kterého navíc vstupuje jeden nebo více svařovacích robotů, na které budou následně namontovány vytypované svařovací kleště. Tato analýza spočívá v ověření schopnosti svaření daných svařovacích bodů s přiřazenými svařovacími kleštěmi. Pokud tato analýza zjistí, že robot není schopný dané svařovací body svařit, bude potřeba změnit výšku, pozici nebo typ robota, nebo dokonce přikoupit dalšího svařovacího robota.

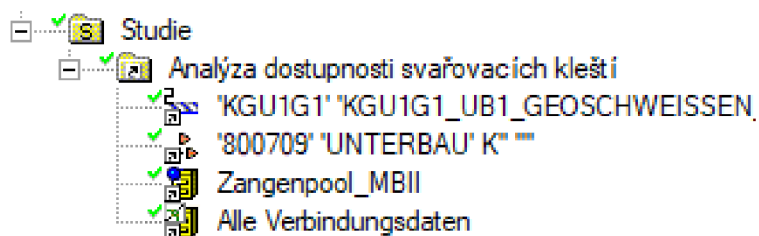
4.1 Analýza dostupnosti svařovacích kleští

Tato analýza je využívána k určení vhodnosti svařovacích kleští pro vybrané svařovací body. Celý proces probíhá stejně jako tvorba 3D modelů svařovacích kleští v softwaru PD a PS. Tato analýza může být provedena ve chvíli, kdy je vytvořena knihovna 3D modelů svařujících kleští a všechny tyto modely jsou řádně zkinematizovány. V této analýze byla použita výrobní linka UB I GEO ve výrobní hale M14 v závodě MB. Byly zachovány pozice čtyř svařovacích robotů společně s ocelovou konstrukcí a upínacím přípravkem, ve kterém je produkt svařován. Jako

vyráběný produkt byl použit model ŠKODA Fabia (interní značení SK270), konkrétně část nosná I platformy.

Příprava studie v programu Process Designer

Nejdříve bylo nutné připravit studii, ve které následně celá analýza probíhala. Tato studie byla založena v softwaru PD, v osobní složce uživatele. Studie je objekt typu *Study Folder*. V této studii byla dále založena složka *Robcad Study*. Do této složky bylo zapotřebí přidat všechny objekty, se kterými celá analýza probíhá. Jako první byl přidán objekt s názvem PR-line, ve kterém jsou 3D data, jako například svařovací roboti, nebo upínací přípravek, ve kterém bude karoserie svařovaná. Tyto 3D objekty zde představují provozní prostředky. Dále se zde nachází vyráběný produkt jako objekt *Compound Part*, v tomto případě platforma UB I (obr. 12). Dále byla do studie přidána již vytvořená knihovna 3D modelů svařovacích kleští. V poslední řadě bylo zapotřebí přidání spojovacích elementů v podobě svařovacích bodů. Pro tuto analýzu bylo vybráno 10 svařovacích bodů, které se nacházejí na spoji předních podélníků a přední podlahy. Po tomto kroku byly všechny potřebné vstupy připraveny, tudíž byla celá studie nahrána do softwaru PS. Na obr. 31 je znázorněna studie připravená k nahrání do PS.



Zdroj: Interní dokumentace ŠKODA AUTO a.s., 2022

Obr. 31 – Připravená studie

Příprava v programu Process Simulate

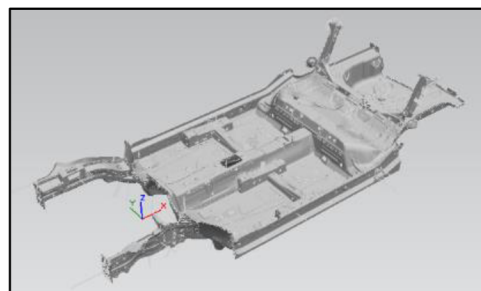
Po otevření celé studie v programu PS se znázornily všechny předpřipravené objekty v předchozím programu. Na obr. 32 je vidět PR-line, která je zde zastoupena svařovacími roboty a ostatní 3D objekty jako například upínací přípravek, nebo ocelová konstrukce pod roboty. Také byla do PS načtena svařovaná karoserie. V případě, že byly svařovací body již v minulosti vymodelovány a byl vytvořen jejich

odkaz v připravené studii, není nutná jejich dodatečná tvorba a v okamžiku načtení studie byly viditelné (vit obr.34).



Zdroj: Výstup z programu Process Simulate, 2022

Obr. 32 – Provozní prostředky



Zdroj: Interní dokumentace ŠA, 2022

Obr. 33 – Produkt

V případě, že potřebné svařovací body vymodelovány doposud nebyly, bylo nutné je před zahájením samotné analýzy vymodelovat. K tomu bylo zapotřebí znát přesné souřadnice těchto svařovacích bodů vztahné k nule karoserie. Jako příklad těchto souřadnic jsou na obr. 35 znázorněny souřadnice svařovacího bodu WP01. Za pomoci těchto souřadnic byla následně možná tvorba svařovacích bodů. Funkce k tvorbě svařovacích bodů se nazývá *Create Weld Point by Coordinates* neboli tvorba svařovacího bodu za pomoci souřadnic. Po vyvolání této funkce bylo zobrazeno dialogové okno, do kterého byl zadán libovolný název svařovacích bodů, v tomto případě WP01-WP10, a také jejich přesné souřadnice. Tímto způsobem byly vytvořeny všechny potřebné svařovací body. Bylo tak docíleno stejného výsledku, jako když by byly svařovací body převzaty z knihovny. Další postup je totožný pro obě varianty, a to jak pro převzetí svařovacích bodů z knihovny, tak pro tvorbu svařovacích bodů z knihovny.

Mfg Feature	
WP01	
WP02	
WP03	
WP04	
WP05	
WP06	
WP07	
WP08	
WP09	
WP10	

x=174,593mm
y=486,137mm
z=206,03mm

Zdroj: Interní dokumentace ŠA, 2022

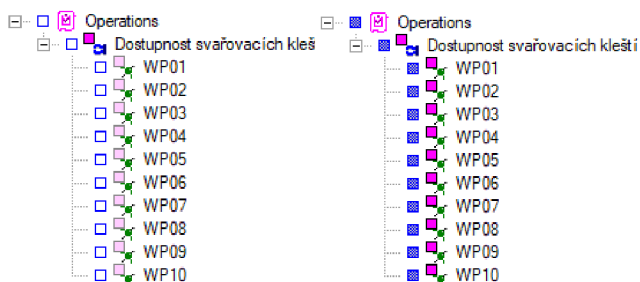
Obr. 35 – Souřadnice svařovacího bodu

Zdroj: Výstup z programu Process Simulate, 2022

Obr. 34 – Spojovací elementy

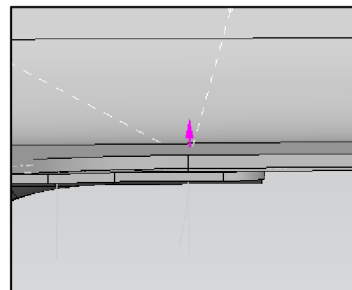
Poté co byly vytvořeny svařovací body, byla vytvořena svařovací operaci s libovolným názvem, v tomto případě *Dostupnost svařovacích kleští*. Funkce pro tvorbu nové operace se nachází v záložce *Operation* a nese název *New Weld Operation* neboli nová svařovací operace. Následně byly do této nově vytvořené operace přesunuty veškeré svařovací body. V tomto případě se jedná o deset předem zvolených svařovacích bodů s názvem *WP01-WP10*. (viz obr. 34). Tyto svařovací body měly přiřazený pouze název a souřadnice. Jako třetí informaci bylo nutné každému svařovacímu bodu přiřadit plechy, které mají spojovat. Toto přiřazení lze provést dvěma způsoby, buď manuálně, nebo automaticky. Manuální přiřazování spočívalo v manuálním zvolení plechů, které má daný svařovací bod spojovat. Druhá, jednodušší možnost spočívá v použití funkce *Automatic Parts Assignment*. Před použitím této funkce bylo ale nutné zvolit všechny svařovací body, které má tato funkce následně přiřadit. Po vyvolání této funkce bylo zobrazeno dialogové okno, ve kterém byly vypsány všechny předem označené svařovací body. V levém horním rohu se nachází ikona s funkcí *Search*, která po potvrzení vyhledá automaticky všechny plechy, které jsou v kontaktu s danými svařovacími body a které mají být tím pádem těmito svařovacími body spojeny.

V této fázi byly připraveny svařovací body s přiřazenými plechy, které má daný svařovací bod spojovat. V dalším kroku následovalo vyprojektování těchto svařovacích bodů. Nejprve byly tyto svařovací body označeny a poté vyvolána funkce *Project Weld Point*. Vyprojektované svařovací body jsou znázorněny na obr. 36 v pravé části. Vyprojektování svařovacích bodů má za následek tvorbu kolmice vůči svařovanému plechu ve středu svařovacího bodu. Na obr. 37 je znázorněn svařovací bod *WP04*, který je svařován přes tři plechy, a nově vytvořená kolmice z tohoto svařovacího bodu. Tato kolmice později, při samotné analýze dostupnosti, zajistí správnou pozici svařovacích kleští při najetí na svařovací bod. Tyto kolmice jsou využívány pouze v případě použití svařovacích robotů KUKA nebo Fanuc. V případě použití svařovacích robotů ABB je nutné nastavit v nastavení programu tvorbu těchto kolmic ve směru plechu, z důvodu rozdílné orientace svařování právě u svařovacích robotů ABB.



Zdroj: Interní dokumentace ŠA, 2022

Obr. 36 – Operace se svařovacími body



Zdroj: Výstup z programu Process Simulate, 2022

Obr. 37 – Kolmice ve svařovacím bodě

Dostupnost svařovacích kleští

Poté, co jsou všechny potřebné svařovací body vloženy do svařovací operace a proběhne definice a projektování, může být provedena samotná analýza dostupnosti svařovacích kleští. K tomu se v programu PS využívá funkce *Geometrical Gun Search*, která zobrazí dialogové okno. V tomto okně byly zobrazeny všechny svařovací kleště, které program vyhledal ve vytvořené studii. V tomto případě se jedná o knihovnu kleští, která byla předem vytvořena v kap.3. Bylo zde potřeba vybrat všechny svařovací kleště, které měly být následně zohledněny v analýze, a to způsobem přemístění z levé části okna do části pravé. Následně po potvrzení výběru svařovacích kleští bylo nastaveno, zda bude analýza zohledňovat kolize svařovacích kleští pouze s vybranými předměty, nebo se všemi předměty v okolí. Jelikož se v tomto případě v okolí produktu žádné objekty nevyskytují, není potřeba toto nastavovat a mohlo zde být ponecháno nastavení zohlednění kolizí se všemi objekty ve studii. Následně po potvrzení zvoleného nastavení byla zobrazena volba, ve které bylo možné nastavení rozevření ramen svařovacích kleští při probíhající analýze, a také úhel rotace svařovacích kleští spolu s počtem testovaných kroků. Následně po potvrzení tohoto nastavení byla zobrazena matice, ve které byly vypsány veškeré vstupující svařovací kleště do analýzy a ke každým těmto kleštím také všechny testované svařovací body. Navíc se zde nacházel také sloupec Success, který znázorňoval procentuální úspěšnost svařitelnosti daných svařovacích kleští a všech deseti svařovacích bodů.

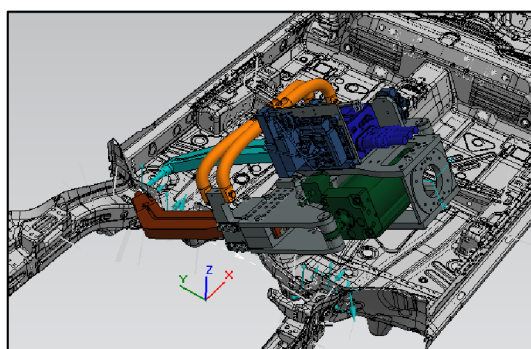
Proces analýzy probíhá způsobem postupného přikládání svařovacích kleští na svařovací body v několika pozicích a vyhodnocování, zda jsou svařovací kleště v kolizi, nebo nikoliv. Poté co byla celá analýza dokončena, program vyplnil matici

svařovacích bodů a kleští. Byly zde vyznačeny křížky a háčky, kde háček znamená že bod je s danými svařovacími kleštěmi svařitelný a křížek značí nedostupnost svařovacích kleští v daném svařovacím bodě. Část výsledku analýzy je znázorněna na obr. 38.

Geometric Gun Search - Search											
Select the gun(s) you wish to insert to the study:											
Guns	Success (%)	w/P01	w/P02	w/P03	w/P04	w/P05	w/P06	w/P07	w/P08	w/P09	w/P10
<input type="checkbox"/> zcs_31_59D_36828	0.00	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
<input type="checkbox"/> zcs_31_59D_36828	0.00	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
<input type="checkbox"/> zcs_31_59D_36828	0.00	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
<input type="checkbox"/> zcs_31_59D_37013	80.00	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓
<input type="checkbox"/> zcs_31_59D_37013	0.00	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
<input type="checkbox"/> zcs_31_59D_37022	0.00	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
<input type="checkbox"/> zcs_31_59D_37022	0.00	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
<input type="checkbox"/> zcs_31_59D_37022	50.00	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓
<input type="checkbox"/> zcs_31_59D_37022	100.00	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<input type="checkbox"/> zcs_31_59D_37173	0.00	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
<input type="checkbox"/> zcs_31_59D_37584	0.00	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗

Zdroj: Výstup z programu Process Simulate, 2022

Obr. 38 – Výsledná matice



Zdroj: Výstup z programu Process Simulate, 2022

Obr. 39 – Průběh analýzy dostupnosti svař. kleští

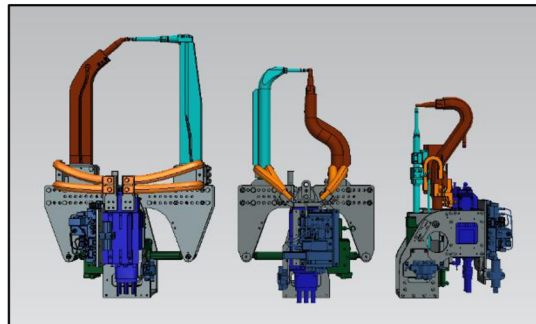
Výsledek analýzy

Výsledná matice byla následně exportována do programu Microsoft Excel přes funkci *Save to file*. V tomto programu je dále možné filtrovat úspěšnost svařovacích kleští. Po provedení tohoto filtru bylo zjištěno, že všech deset svařovacích bodů, které byly pro analýzu dostupnosti svařovacích kleští vybrány, je možné svařit pouze třemi svařovacími kleštěmi z přiložené knihovny, která obsahuje 102 svařovacích kleští. Posledním krokem bylo zobrazení modelů svařovacích kleští, které byly dle provedené analýzy úspěšné na 100%, a to vyhledáním v seznamu všech vstupujících kleští a následné zapnutí viditelnosti. Výsledek celé analýzy je znázorněn na obr. 40 a v tab. 1.

Tab. 1 – Výsledek dostupnosti svař. kleští

Guns	Success (%)
zcs_31_59D_370227_134_20220311	100.00
zxs_31_59D_363977_134_20220112	100.00
zxs_31_59D_398754_174_20220201	100.00

Zdroj: Výstup z programu Process Simulate, 2022



Zdroj: Výstup z programu Process Simulate, 2022

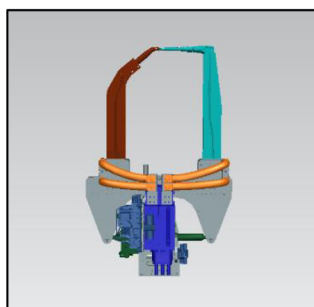
Obr. 40 – Výsledek dostupnosti svař. kleští

4.2 Analýza dosahů svařovacích robotů

Tato analýza je využívána v návaznosti na analýzu dostupnosti svařovacích kleští a probíhá stejně jako předchozí analýza v programu PS. Podstatou této analýzy je nasazení již předem vybraných svařovacích kleští na jednoho nebo více robotů a následné provedení simulace svařovacího procesu ve všech vybraných svařovacích bodech. Tím je následně ověřeno, zda tyto vybrané svařovací kleště zvládnou svařit dané svařovací body i po nasazení na svařovacího robota a nejsou tak v kolizi s okolními předměty. Vstupujícími elementy jsou zde vybrané svařovací kleště (viz kap. 3) a také svařovací roboty, na které jsou tyto kleště namontované. Dále do analýzy vstupuje vyráběná karoserie a také upínací přípravek, ve kterém je produkt upnut. Posledním vstupujícím elementem jsou svařovací body, které jsou v analýze prověřovány.

Výsledkem předchozí analýzy bylo zjištění, že tři druhy svařovacích kleští jsou schopné svařit deset požadovaných svařovacích (obr. 40) bodů bez ohledu na svařovacího robota, který tyto kleště nese. Pro analýzu dosahů svařovacích robotů bylo ale zapotřebí vybrat pouze jeden druh svařovacích kleští. Na základě zkušeností byly vybrány svařovací kleště typu "C" s označením *zxs_31_59D_363977_134*, zobrazeny na obr. 41. Analýza dosahů svařovacích robotů je tedy prováděna s těmito svařovacími kleštěmi. Tyto svařovací kleště mají největší rozměry v oblasti svařovacích ramen, tudíž by teoreticky měly být schopné dosáhnout na požadované svařovací body v oblasti platformy. V případě, že by

analýza následně ukázala kolizi takto velké konstrukce svařovacích kleští, bude nutné celou analýzu opakovat s jinými svařovacími kleštěmi ze seznamu v tab. 1.



Zdroj: Výstup z programu Process Simulate, 2022

Obr. 41 – Vybrané svařovací kleště

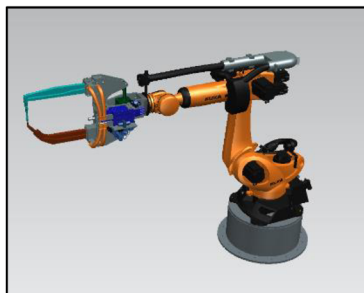
Příprava studie v programu Process Simulate

V případě, že není předem prováděna analýza dostupnosti svařovacích kleští a je předem známo, které svařovací kleště jsou pro svařovací body vyhovující, je zapotřebí připravit studii v PD a následně v PS stejným způsobem jako v kap. 4.1. V opačném případě byla studie vytvořena už pro analýzu dostupnosti svařovacích kleští, a tak mohla být použita i pro následnou analýzu dosahů svařovacích robotů. V praxi je standartně využívána jedna studie pro obě analýzy prováděné za sebou. Oproti předchozí analýze bylo v programu PS zapotřebí studii doplnit o několik kroků.

Montáž svařovacích kleští

Zvolené svařovací kleště *zxs_31_59D_363977_134* byly nejdříve přiřazeny pro každého robota odděleně a následně na všechny čtyři roboty namontované. Montáž neboli připnutí svařovacích kleští na svařovací roboty, byla provedena přes funkci *Mount Tool*. Po rozkliknutí daného robota a následném vyvolání této funkce bylo zobrazeno dialogové okno, ve kterém bylo nutné zvolit, které svařovací kleště měly být na daného svařovacího robota uchyceny. Následně byl zvolen souřadný systém, pomocí kterého měly být svařovací kleště uchyceny. Na svařovacích kleštích se tento souřadný systém nazývá *anb*. Svařovací kleště byly namontovány na montážní robotovou spojku, na souřadný systém s názvem *tool*. Toto správné přiřazení následně zajistí správné namontování svařovacích kleští na robota.

Výsledek správně namontovaných svařovacích kleští na robota je znázorněn na obr. 42.



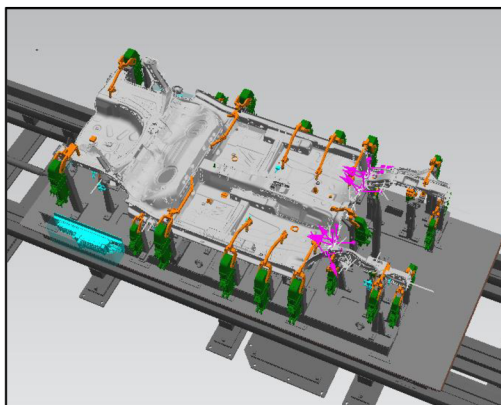
Zdroj: Výstup z programu Process Simulate, 2022

Obr. 42 – Namontované svařovací kleště

Příprava karoserie

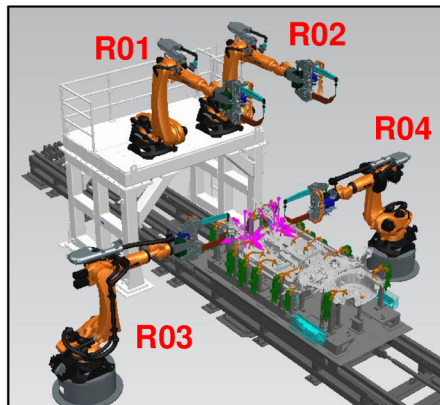
Po úspěšné montáži svařovacích kleští na všechny čtyři roboty byla nutná příprava svařované karoserie do svařovacího přípravku. Ta byla při přípravě studie v PD přidána do vytvářené studie, a tudíž se v tuto chvíli nacházela i ve studii v PS v nule souřadného systému. Odtud bylo potřeba promítnout svařovanou karoserie do upínacího přípravku, do dosahu svařovacích robotů společně s již vytvořenými nebo převzatými svařovacími body, které se nacházely také v nule souřadného systému. Tyto svařovací body musely být řádně vyprojektované, aby bylo možné s těmito svařovacími body dále pracovat (viz kap. 4.1.). Následně, po označení karoserie a vyvolání funkce *Multiple Part Appearance* bylo zobrazeno dialogové okno. V tomto okně byla předem vyplněna promítaná karoserie a dále zde bylo nutné vyplnit lokaci, ve které měla být karoserie promítnuta. V tomto případě se jedná o upínací přípravek. Oba tyto objekty mají shodný souřadný systém Self, který je vždy roven nule automobilu. Pomocí tohoto souřadného systému je tak možné přesné pozicování karoserie do upínacího přípravku. Dalším potřebným údajem zde bylo nastavení vůči čemu má být promítnutá karoserie relativní, v tomto případě se jedná také o upínací přípravek. V neposlední řadě zde byla přiřazena operace, která má být s danou karoserií promítnuta do upínacího přípravku. V tomto případě se jedná o již vytvořenou svařovací operaci s vytvořenými a vyprojektovanými svařovacími body v kap. 4.1. V posledním sloupci je nutné zaškrtnutí tlačítka "yes", v případě že je vyžadováno promítnutí svařovacích bodů spolu s karoserií automobilu. V grafickém okně znázorněn výsledek v podobě úspěšného vytvoření promítnuté

karoserie se všemi deseti svařovacími body do upínacího přípravku (viz obr. 43). Takto bylo nutné vytvořit promítnutí karoserie pro každého robota zvlášť, tedy celkem čtyři promítnuté karoserie do upínacího přípravku.



Zdroj: Výstup z programu PS, 2022

Obr. 43 – Promítnutá karoserie v přípravku



Zdroj: Výstup z programu PS, 2022

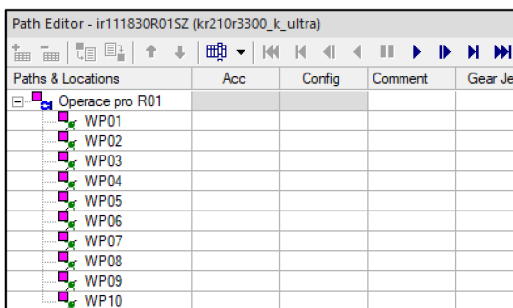
Obr. 44 – Připravená studie pro analýzu

Analýza dosahů svařovacích robotů

Poté co byly namontovány svařovací kleště na roboty a promítnuta svařovaná karoserie společně se svařovacími body v upínacím přípravku, mohla být následně provedena samotná analýza dosahů svařovacích robotů. Tato analýza byla provedena postupně pro všechny čtyři roboty a cílem bylo zjistit, kolik svařovacích bodů je schopen každý svařovací robot svařit, aniž by byl v kolizi s okolními předměty.

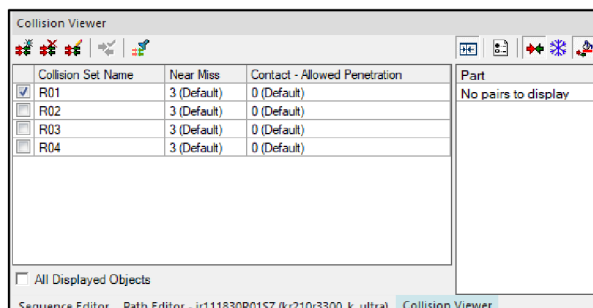
Nejprve bylo potřeba vytvořit čtyři svařovací operace tak, aby každý robot měl přiřazenou svou svařovací operaci a následně v každé této svařovací operaci nastavit, který robot, se kterými svařovacími kleštěmi bude danou operaci využívat. V zobrazeném dialogovém okně, v záložce *Process* bylo zvolen robota, který danou svařovací operaci vykonává a poté svařovací kleště, kterými je svařovací operace vykonávána. Stejným způsobem byly nastaveny všechny čtyři svařovací operace. Takto vytvořené a řádně nastavené svařovací operace bylo následně nutné nahrát do *Path Editoru*. Před spuštěním samotné analýzy dosahů svařovacích robotů, je možné nastavení kolizní analýzy, která napomáhá k vyhodnocení kolizí dvou a více předmětů mezi sebou. Obvykle je tato kolizní analýza využívána ke sledování kolizí mezi svařovacími kleštěmi a karoserií, popřípadě upínacím přípravkem. Funkce pro sledování kolizní analýzy se jmenuje *Collision Viewer*. Po otevření byl nastaven

nový kolizní set a v zobrazeném dialogovém okně bylo nastaveno, jaké objekty mají být zahrnuty do kolizní analýzy a také s jakými objekty mají být kontrolovány. Takto vytvořený kolizní set byl následně zapnut, a to pomocí tlačítka *Collision mode On/Off*. Vytvořené kolizní sety pro všechny čtyři roboty jsou zobrazeny na obr. 46.



Zdroj: Výstup z programu PS, 2022

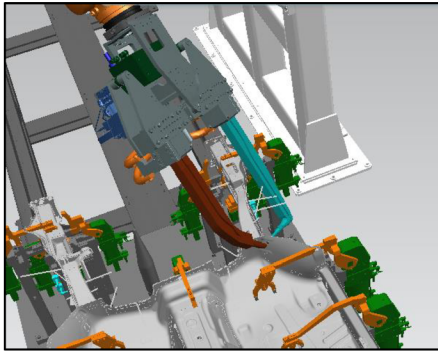
Obr. 45 – Path Editor



Zdroj: Výstup z programu PS, 2022

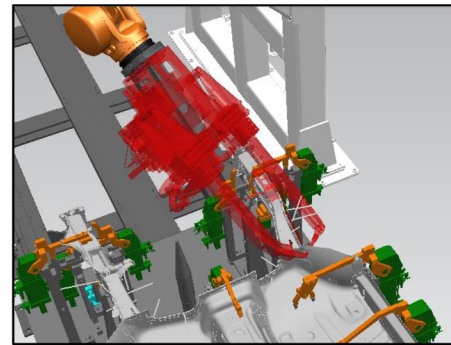
Obr. 46 – Collision Viewer

Po zapnutí kolizní analýzy mohla být započata samotná analýza dosahů svařovacích robotů, která probíhala v již zmíněném *Path editoru*. V tomto editoru byly zobrazeny pod každou svařovací operací všechny svařovací body. Následně byl označen jakýkoliv z deseti svařovacích bodů a poté vyvolána funkce *Single or Multiple Locations Manipulator*. Po aktivaci této funkce byly svařovací kleště, které byly k danému robotu a do dané svařovací operace přiřazeny, automaticky přemístěny do zvoleného svařovacího bodu. Pomocí kurzoru, který byl automaticky vytvořen v bodě svařování, bylo nutné se svařovacími kleštěmi otáčet kolem svařovacího bodu a nalézt tak bezkolizní polohu svařovacích kleští. Navíc zde byla možnost nastavení otočení svařovacích kleští o 180° pomocí funkce *Flip Location*. Na obr. 48 je zobrazena kolizní poloha svařovacích kleští. Opačný, bezkolizní případ je zobrazen na obr. 47. Z obr. 48 je také patrné, jak kolizní analýza vyznačila kolizi mezi svařovacími kleštěmi a karoserií pomocí automatického zbarvení svařovacích kleští červenou barvou. Takto se následně pokračovalo se všemi čtyřmi roboty ve všech deseti bodech a výsledky byly postupně manuálně zaznamenávány do tab. 2.



Zdroj: Výstup z programu PS, 2022

Obr. 47 – Bezkolizní stav kleští



Zdroj: Výstup z programu PS, 2022

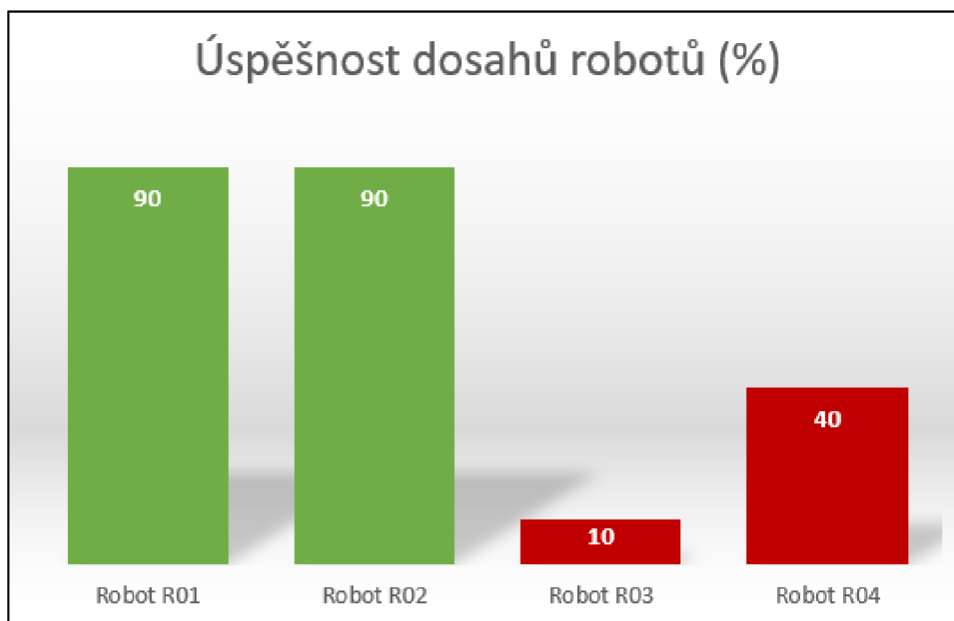
Obr. 48 – Kolizní stav kleští

Výsledek analýzy

Výsledkem celé analýzy byla tabulka, ve které byla znázorněna svařitelnost všech deseti svařovacích bodů, a to všemi čtyřmi roboty. Znaménko „+“ v tab. 2 znamená úspěšně svařitelný bod daným svařovacím robotem. Znaménko „-“ značí kolizi při svařování daného svařovacího bodu. Jako poslední znak „!“ znázorňuje bezkolizní svařitelnost daného svařovacího bodu, avšak ve velmi omezeném prostoru. Jak je z tabulky patrné, úspěšnost robota R03 je nejhorší ze všech čtyř testovaných robotů, a to pouze 10 %. O něco lépe dopadl robot R04, který úspěšně zvládl svařit 40 % svařovacích bodů. Nejlépe dopadly roboty R01 a R02, které zvládly shodně svařit 90 % analyzovaných svařovacích bodů. Analýza tedy ukázala, že nejlepší rozdělení svařovacích bodů je mezi svařovací roboty R01 a R02. Svařovací body WP01, WP03, WP04, WP05 a WP08 byly přiděleny robotu R02 a svařovací body WP02, WP06, WP07, WP09, WP10 robotu R01.

Tab. 2 – Úspěšnost dosahů robotů

Robot	Úspěšnost (%)	WP01	WP02	WP03	WP04	WP05	WP06	WP07	WP08	WP09	WP10
R01	90	+	+	!	+	!	+	+	-	+	+
R02	90	+	+	+	+	+	+	!	+	+	-
R03	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
R04	40	+	!	+	-	-	!	-	-	-	-



Obr. 49 – Úspěšnost dosahů robotů

5 Finanční posouzení

V této kapitole je finančně zhodnocen rozdíl mezi nákupem již zkonstruovaných svařovacích kleští, oproti konstrukci nového typu. Metodika pro úpravy 3D modelů svařovacích kleští a následná analýza dostupnosti svařovacích kleští, a také analýza dosahů svařovacích robotů jsou prováděny právě z důvodu možnosti využití již zkonstruovaných svařovacích kleští a zredukování tak nákladů spojených s pořízením. S nasazením nového typu svařovacích kleští souvisí také jiné pořizovací náklady, které jsou popsány v kapitole 5.1. Posouzení je představeno na servopneumatických svařovacích kleštích typu "C" (obr. 24). Z důvodu nemožnosti zveřejňování přesných cen byla určena proměnná X jako pořizovací cena svařovacích kleští, ke které byly další náklady kalkulovány.

5.1 Využití již zkonstruovaného typu svařovacích kleští

Využití již zkonstruovaného typu svařovacích kleští lze dělit na dvě kategorie. První kategorií je použití stejného typu svařovacích kleští v rámci stejné svařovny. Druhou kategorií je využití již zkonstruovaného typu svařovacích kleští, avšak v rámci jiné svařovny. S nasazením nového typu svařovacích kleští je spjato také pořízení náhradních svařovacích kleští pro údržbu, které je nutno zohlednit ve finančním zhodnocení. Tyto svařovací kleště jsou využity tehdy, když údržba není schopna, v případě poruchy nebo kolize, opravit využívané svařovací kleště v požadovaném čase. Množství náhradních svařovacích kleští, které by údržba ŠA měla vlastnit je zobrazeno v tab. 3.

Tab. 3 – Přehled využití náhradních svařovacích kleští

Počet nasazených svařovacích kleští	Potřeba náhradních svařovacích kleští
1 – 3	1
4 – 13	2
14 – 20	3
> 20	4

Zdroj: Interní dokumentace ŠKODA AUTO a.s., 2022

Využití zkonstruovaného typu v rámci jedné svařovny

V případě, že analýza dostupnosti svařovacích kleští a analýza dosahů svařovacích robotů prokážou možnost použití již využívaných svařovacích kleští v rámci stejné svařovny, není tak potřeba konstrukce nového typu svařovacích kleští a odpadají tak náklady spojené s konstrukcí. V tomto případě jsou náklady na pořízení svařovacích kleští ve výši X . Pokud by množství nasazených svařovacích kleští přesáhlo některou z hranic intervalů z tab. 3, bylo by nutné dané svařovací kleště objednat v počtu dvou kusů, tj. jedny svařovací kleště do výrobní linky a druhé pro údržbu ŠA. Pořizovací náklady by tak byly ve výši $2X$.

Využití zkonstruovaného typu v rámci jiné svařovny

Další možnou situací je, že výsledek analýzy dostupnosti svařovacích kleští a analýzy dosahů svařovacích robotů ukáže možné použití již zkonstruovaného typu svařovacích kleští, které jsou ale využívány v jiné svařovně. V tomto případě opět není pořizovací cena svařovacích kleští navýšena o náklady spojené s konstrukcí nového typu. Dle tab. 3 je ale nutné pořízení náhradních svařovacích kleští pro údržbu ŠA. Pořizovací náklady jsou v tomto případě ve výši $2X$.

5.2 Konstrukce nového typu svařovacích kleští

Další případ nasazení nových svařovacích kleští nastane tehdy, když analýzy neprokážou možnost použití již využívaných svařovacích kleští, a to buď ve stejné, nebo v jiné svařovně. V tomto případě je nutná konstrukce zcela nového typu svařovacích kleští. Prvním krokem pro konstrukci nového typu svařovacích kleští je volba referenčních kleští, ze kterých bude nová konstrukce vycházet. Pořizovací cena tohoto nového typu svařovacích kleští je tak navýšena o náklady spojené s konstrukcí a s pořízením náhradních svařovacích kleští pro údržbu ŠA dle tab. 3. Pořizovací náklady pro tento případ nasazení nových svařovacích kleští jsou ve výši $2,27X$. V tab. 4 je znázorněno porovnání všech tří možných případů pro nasazení nových svařovacích kleští do svařoven ŠA.

Zhodnocení

Byly posouzeny tři definované případy využití svařovacích kleští, které jsou popsány v kap.5.1, 5.2 a 5.3. V případě využití již zkonstruovaného typu svařovacích kleští z jiné svařovny než takové, do které jsou svařovací kleště nakupovány, lze oproti konstrukci nového typu svařovacích kleští ušetřit 12 % pořizovacích nákladů (viz

tab.4). Toto platí v případě pořízení 1-3 ks svařovacích kleští. Pokud by potřebný počet svařovacích kleští přesáhl počet 3, bylo by nutné pořízení druhého kusu svařovacích kleští pro údržbu. Dále bylo zjištěno, že při využití svařovacích kleští, které v dané svařovně již svařují, lze oproti konstrukci nového typu svařovacích kleští ušetřit 56 % pořizovacích nákladů (viz. tab. 4). Toto platí v případě, že počet svařovacích kleští nepřesáhne hranici intervalů z tab. 3., v opačném případě je nutné pořízení svařovacích kleští navíc.

Tab. 4 – Náklady na pořízení svařovacích kleští

Případ	Cena	Pořízení pro údržbu	Konstrukce
Využití zkonstruovaného typu v rámci jedné svařovny	X	NE *	NE
Využití zkonstruovaného typu v rámci jiné svařovny	2 X	ANO	NE
Konstrukce nového typu svařovacích kleští	2,27 X	ANO	ANO
*V případě nepřesáhnutí intervalu z tab. 3			

Zdroj: Interní dokumentace ŠKODA AUTO a.s., 2022

Závěr

V této práci byly nejdříve představeny spojovací technologie, které jsou ve svařovnách ŠA využívány k výrobě automobilových karoserií. Poté byla popsána skladba automobilových karoserií po jednotlivých výrobních úsecích, a také byly představeny průmyslové roboty, které jsou ve svařovnách ŠA používány. Následně byla v práci popsána digitální továrna a programy, které jsou ve ŠA pro digitální továrnu využívány.

V praktické části byla detailně popsána metodika pro úpravy 3D modelů svařovacích kleští tak, aby tyto 3D modely byly vhodné pro následné simulace výrobního procesu. Výsledkem takto upravených 3D modelů svařovacích kleští byla knihovna, pomocí které byly později prováděny analýzy dostupnosti svařovacích kleští a dosahů svařovacích robotů. Dále byla představena kinematizace již upravených 3D modelů svařovacích kleští pro simulace z důvodu potřeby kinematických pohybů těchto 3D modelů.

V dalším kroku této práce byla provedena analýza dostupnosti svařovacích kleští. Tato analýza spočívala v postupném přiřazování jednotlivých svařovacích kleští z předem vytvořené knihovny na deset vybraných svařovacích bodů. Tyto svařovací body se nacházely na spoji předních podélníků a přední podlahy. Výsledkem této analýzy bylo zjištění, že tři typy svařovacích kleští z knihovny jsou schopny svařit 10 požadovaných svařovacích bodů.

Následně byla provedena analýza dosahů svařovacích robotů. Na základě analýzy dostupnosti svařovacích kleští byl ze třech typů svařovacích kleští vybrán jeden typ a nasazen na všechny čtyři zvolené svařovací roboty. Postupně bylo s každým robotem zjišťováno, zda je schopen daný svařovací bod s vybranými svařovacími kleštěmi svařit. Výsledkem této analýzy bylo rozdělení deseti svařovacích bodů mezi roboty R01 a R02, které jsou schopny tyto svařovací body svařit.

V poslední části této práce byly finančně posouzeny tři možnosti pořízení nových svařovacích kleští. Výsledkem tohoto posouzení bylo zjištění, že v případě využití zkonstruovaného typu svařovacích kleští z jiné svařovny lze ušetřit 12 % pořizovacích nákladů oproti konstrukci nového typu svařovacích kleští. Při využití zkonstruovaného typu v rámci stejné svařovny lze oproti konstrukci nového typu svařovacích kleští ušetřit 56 % pořizovacích nákladů.

Seznam literatury

BRADÁČ, Josef a Jiří SOBOTKA. *Základy strojírenské výroby: pro prezenční a kombinovanou formu studia [online]*. Mladá Boleslav: ŠKODA AUTO Vysoká škola, 2019 [cit. 2022-11-10]. ISBN 978-80-87042-81-6. Dostupné z: <https://savs.tritius.cz/pdf-viewer/?id=39210>

HLUCHÝ, Miroslav, Jan KOLOUCH a Rudolf PAŇÁK. *Strojírenská technologie II: Polotovary a jejich technologičnost*. 2. upravené vydání. ISBN 80-7183-244-8.

Interní dokumentace ŠKODA AUTO a.s., 2022

NOVOTNÝ, Jiljí, Jan ŠANOVEC, Bohumír BEDNÁŘ a Viktor KREIBICH. *Technologie I: Slévání, tváření, svařování a povrchové úpravy*. Praha: ČVUT, 2006. ISBN 80-01-02351-6.

Siemens Digital Industries Software. *Process Simulate 16* [software]. [cit. 2022-11-26].

Siemens Tecnomatix Process Simulate. *Engineering: Simulate* [online]. Engineering USA ©, 2022 [cit. 2022-11-17]. Dostupné z: <https://www.engusa.com/en/product/siemens-tecnomatix-process-simulate>

ŠKODA AUTO Výroční zpráva 2021. ŠKODA Storyboard [online]. 2022 [cit. 2022-11-06]. Dostupné z: <https://cdn.skoda-storyboard.com/2022/03/220322-SKODA-AUTO-Vyrocnni-zprava-2021-1.pdf>

ŠTOFOVÁ, Lenka a Petra SZARYSZOVÁ, ed. *New Trends in Process Control and Production Management [online]*. Londýn: Taylor & Francis Group, 2018 [cit. 2022-11-20]. ISBN 978-1-138-05885-9. Dostupné z: <https://books.google.cz/books?id=IDgPEAAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=cs#v=onepage&q&f=false>

VRABEC, Martin, Libor BERÁNEK, Pavel NOVÁK a Jan TOMÍČEK. *Základy strojírenské výroby*. Praha: ČVUT, 2015. ISBN 978-80-01-05669-1.

Seznam obrázků a tabulek

Seznam obrázků

Obr. 1 – Vyráběné modely ve svařovně M12	9
Obr. 2 – Vyráběné modely ve svařovně M14	10
Obr. 3 – Spojovací technologie	11
Obr. 4 – Bodové odporové svařování	12
Obr. 5 – Bradavkové odporové svařování	13
Obr. 6 – MAG svařování.....	14
Obr. 7 – Přivařování svorníků.....	15
Obr. 8 – Lepení	16
Obr. 9 – MIG pájení	17
Obr. 10 – Laserové pájení	18
Obr. 11 – Stavba karoserie.....	18
Obr. 12 – Platforma UB I	19
Obr. 13 – Platforma UB II	19
Obr. 14 – Postranice vnější	20
Obr. 15 – Postranice vnitřní.....	20
Obr. 16 – Svařená karoserie AB I.....	21
Obr. 17 – Svařená karoserie AB IV	21
Obr. 18 – Panelové díly	22
Obr. 19 – Okovaná karoserie	23
Obr. 20 – Průmyslové roboty.....	23
Obr. 21 – Digitální továrna	24
Obr. 22 – Schéma Process Designer	25
Obr. 23 – Svařovací kleště typu C a X	27
Obr. 24 – Neupravené svařovací kleště	28

Obr. 25 – Obarvené svařovací kleště	29
Obr. 26 – Vytvořené cylindry	31
Obr. 27 – Upravené svařovací kleště	32
Obr. 28 – Kinematic Editor 1	33
Obr. 29 – Kinematic Editor 2	34
Obr. 30 – Zkinematizované svařovací kleště.....	35
Obr. 31 – Připravená studie.....	37
Obr. 32 – Provozní prostředky.....	38
Obr. 33 – Produkt	38
Obr. 34 – Spojovací elementy	38
Obr. 35 – Souřadnice svařovacího bodu	38
Obr. 36 – Operace se svařovacími body	40
Obr. 37 – Kolmice ve svařovacím bodě.....	40
Obr. 38 – Výsledná matice	41
Obr. 39 – Průběh analýzy dostupnosti svař. kleští	41
Obr. 40 – Výsledek dostupnosti svař. kleští	42
Obr. 41 – Vybrané svařovací kleště	43
Obr. 42 – Namontované svařovací kleště	44
Obr. 43 – Promítnutá karoserie v přípravku	45
Obr. 44 – Připravená studie pro analýzu	45
Obr. 45 – Path Editor.....	46
Obr. 46 – Collision Viewer	46
Obr. 47 – Bezkolizní stav kleští	47
Obr. 48 – Kolizní stav kleští.....	47
Obr. 49 – Úspěšnost dosahů robotů.....	48

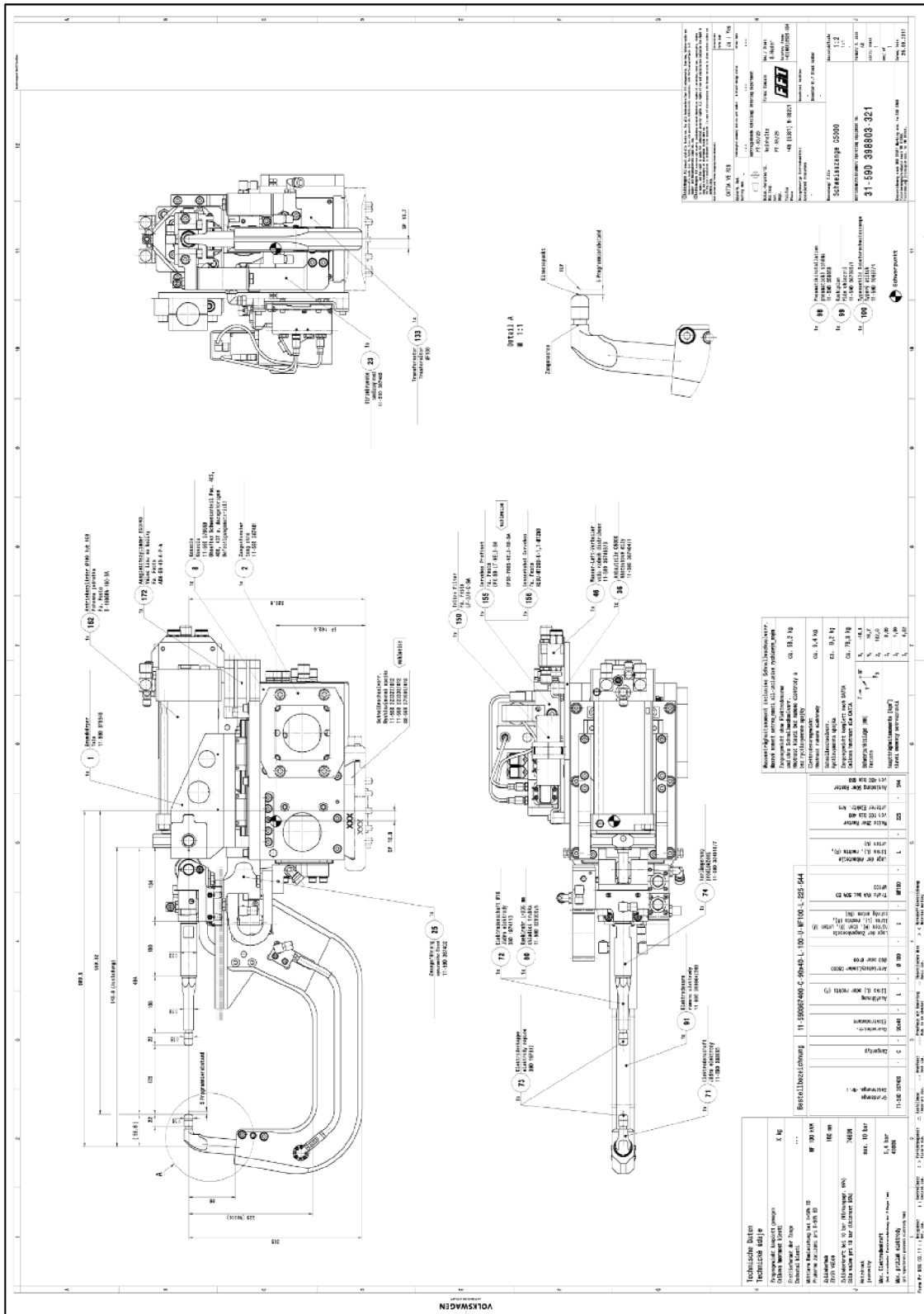
Seznam tabulek

Tab. 1 – Výsledek dostupnosti svař. kleští	42
Tab. 2 – Úspěšnost dosahů robotů	47
Tab. 3 – Přehled využití náhradních svařovacích kleští	49
Tab. 4 – Náklady na pořízení svařovacích kleští	51

Seznam příloh

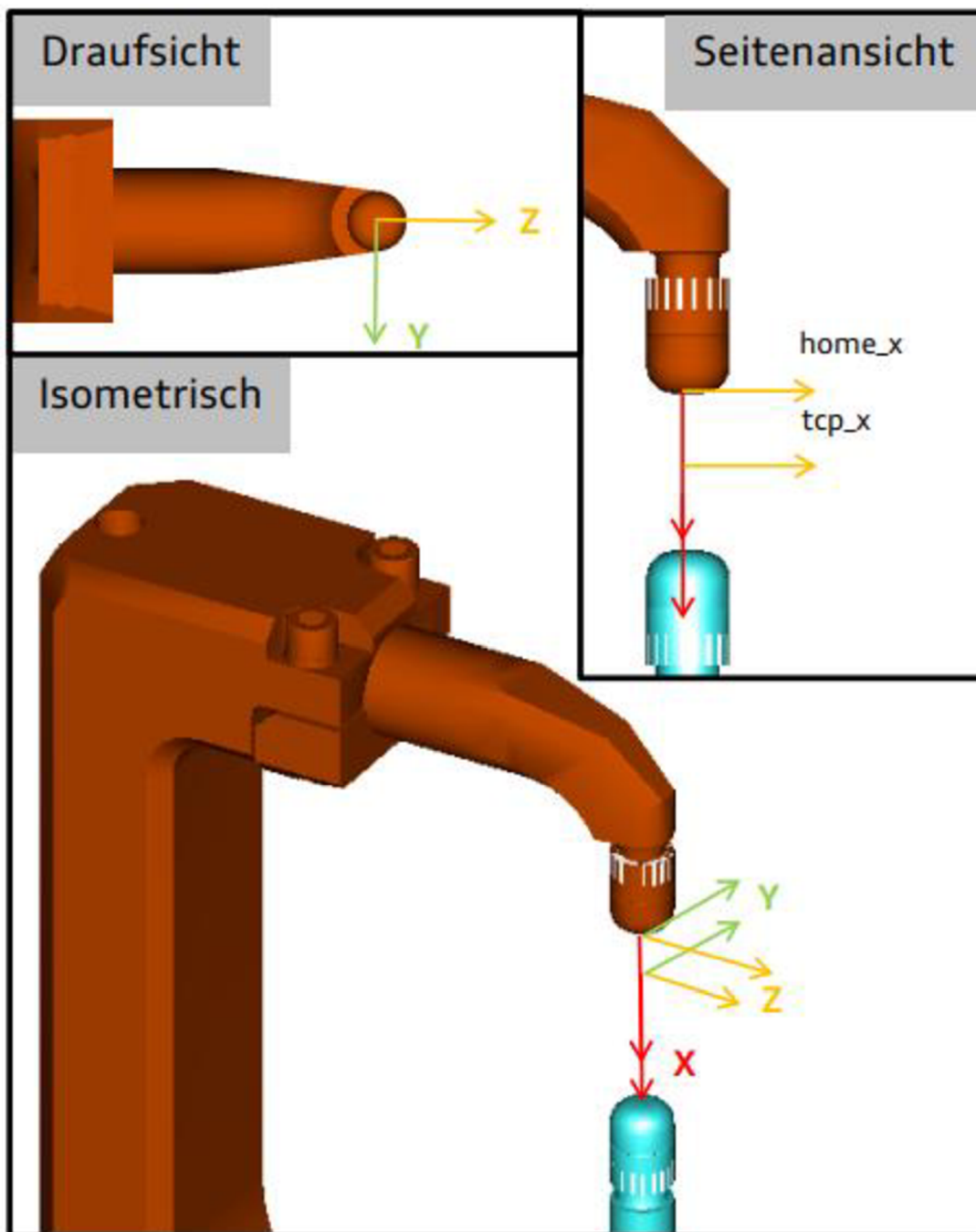
Příloha 1 Výkresová dokumentace svařovacích kleští	59
Příloha 2 Souřadné systémy home_x a tcp_x	60
Příloha 3 Souřadné systémy home_z a tcp_z	61
Příloha 4 Umístění souřadných systémů home a tcp	62
Příloha 5 Modelace cylindrů	63

Příloha 1 Výkresová dokumentace svařovacích kleští



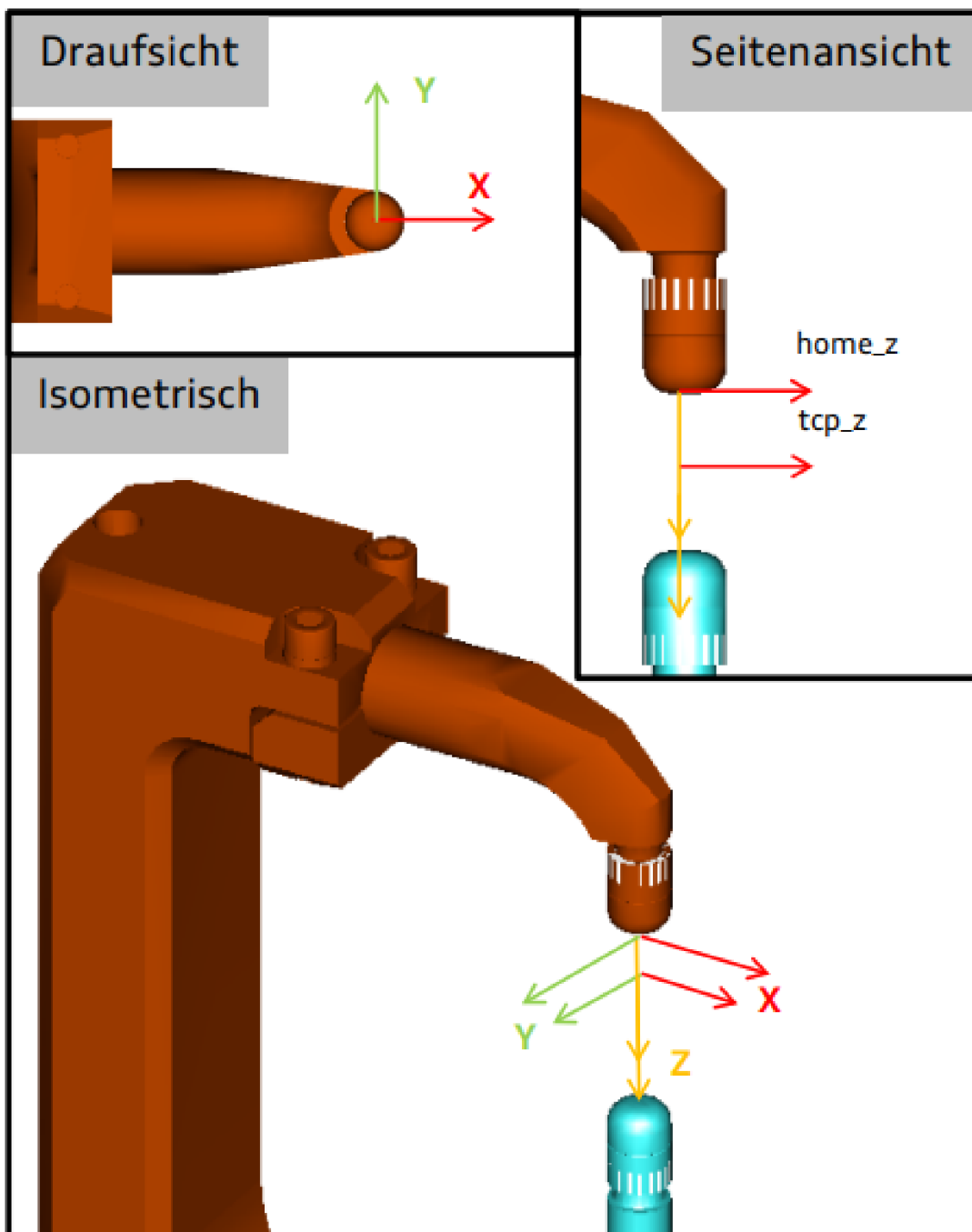
Zdroj: Interní dokumentace ŠKODA AUTO a.s., 2022

Příloha 2 Souřadné systémy home_x a tcp_x



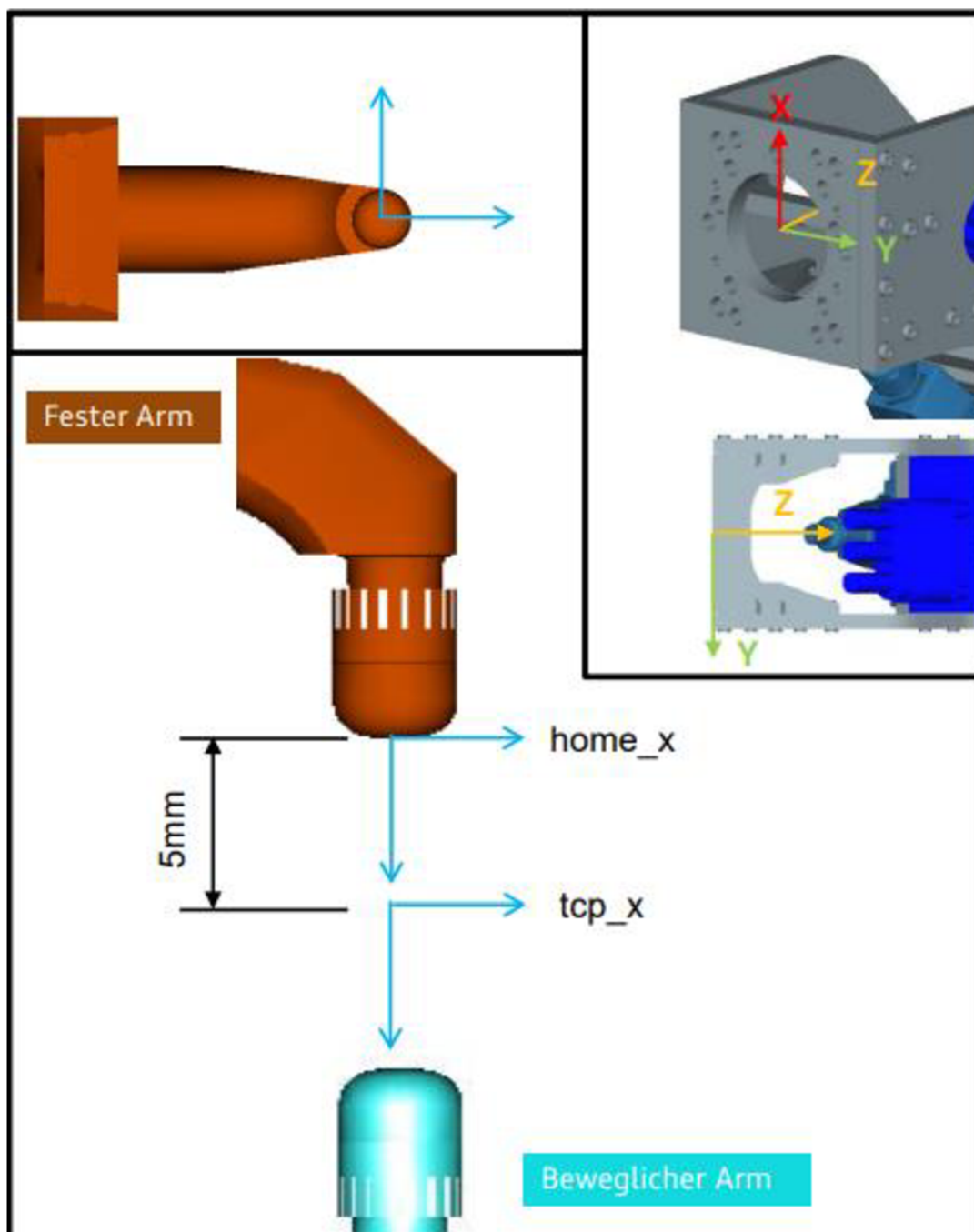
Zdroj: Interní dokumentace ŠKODA AUTO a.s., 2022

Příloha 3 Souřadné systémy home_z a tcp_z



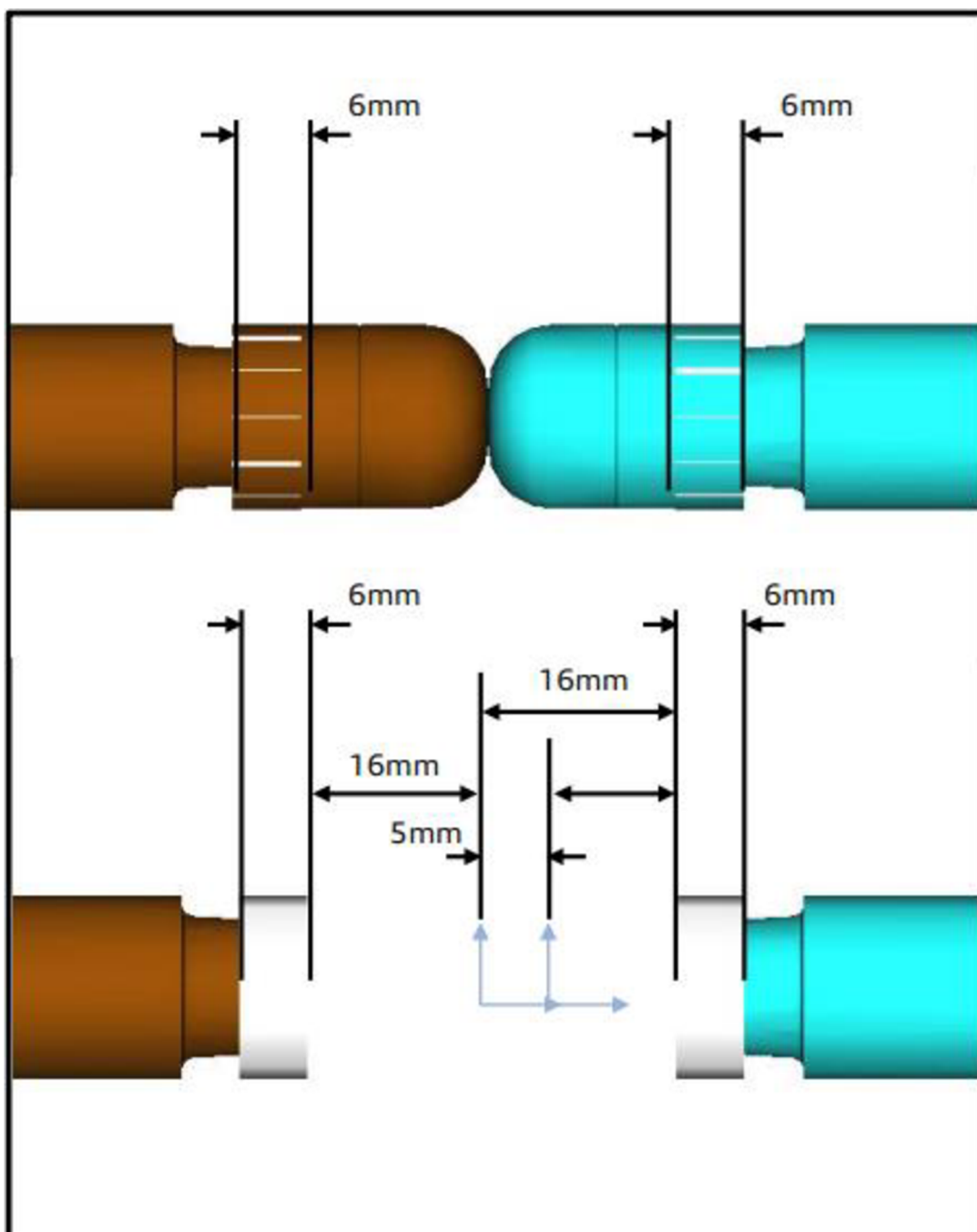
Zdroj: Interní dokumentace ŠKODA AUTO a.s., 2022

Příloha 4 Umístění souřadných systémů home a tcp



Zdroj: Interní dokumentace ŠKODA AUTO a.s., 2022

Příloha 5 Modelace cylindrů



Zdroj: Interní dokumentace ŠKODA AUTO a.s., 2022

ANOTAČNÍ ZÁZNAM

AUTOR	Ondřej Savi		
STUDIJNÍ PROGRAM/OBOR/SPECIALIZACE	Specializace Logistika a management kvality		
NÁZEV PRÁCE	Možnosti využití 3D dat svařovacích kleští pro plánování svařoven ve ŠKODA AUTO a.s.		
VEDOUCÍ PRÁCE	Ing. Josef Bradáč, Ph.D.		
KATEDRA	KSE - Katedra strojírenství a elektrotechniky	ROK ODEVZDÁNÍ	2022
POČET STRAN	65		
POČET OBRÁZKŮ	49		
POČET TABULEK	4		
POČET PŘÍLOH	5		
STRUČNÝ POPIS	<p>Tato bakalářská práce je zaměřena na 3D modely svařovacích kleští ve ŠKODA AUTO a.s.. Teoretickou náplní práce jsou spojovací technologie využívané ve svařovnách ŠKODA AUTO a.s., a také skladba automobilových karoserií. Dále je zde teoreticky popsána digitální továrna a programy pro ni využívané. Cílem této práce je představení metodiky pro úpravu 3D modelů svařovacích kleští tak, aby byly tyto modely vhodné pro následné simulace. V práci je také představeno další možné využití těchto 3D modelů svařovacích kleští v podobě analýzy dostupnosti svařovacích kleští a také analýzy dosahů svařovacích robotů. Obě tyto analýzy jsou vykonávány z důvodu možné úspory finančních prostředků ve fázi pořízení nových svařovacích kleští. V poslední fázi této práce je finančně zhodnoceno, kolik finančních prostředků lze ušetřit za pomoci této metodiky a následných analýz.</p>		
KLÍČOVÁ SLOVA	ŠKODA AUTO a.s., Svařovací kleště, Digitální továrna, Process Designer, Process Simulate, Robotizace		

ANNOTATION

AUTHOR	Ondřej Savi		
FIELD	Specialization Logistics and Quality Management		
THESIS TITLE	The possibility of using 3D data of welding guns for planning the welding shop in ŠKODA AUTO a.s.		
SUPERVISOR	Ing. Josef Bradáč, Ph.D.		
DEPARTMENT	KSE - Department of Mechanical and Electrical Engineering	YEAR	2022
NUMBER OF PAGES	65		
NUMBER OF PICTURES	49		
NUMBER OF TABLES	4		
NUMBER OF APPENDICES	5		
SUMMARY	<p>This bachelor thesis is focused on 3D models of welding guns at ŠKODA AUTO a.s. The theoretical content of the thesis is the joining technologies used in ŠKODA AUTO a.s. welding shops and the composition of car bodies. Furthermore, the digital factory and the programs used for it are theoretically described here. The aim of this thesis is to present a methodology for modifying 3D models of welding guns so that these models are suitable for subsequent simulations. The thesis also presents another possible use of 3D models of welding guns which is the analysis of the availability of welding guns and analysis of the reach of welding robots. Both of these analyses are performed due to the possible savings of funds at the stage of acquiring new welding guns. The last part of this thesis is focused on financially evaluating how much money can be saved with the help of this methodology and analyses.</p>		
KEY WORDS	ŠKODA AUTO a.s., Welding gun, Digital factory, Process Designer, Process Simulate, Robotization		