



**FAKULTA
ŠROJNÍ
ČVUT V PRAZE**

Ústav strojírenské technologie

**Návrh svařovacího procesu výložníku
Bobcat E20**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2022

Bc. Jakub BURDYCH

Studijní program: Výrobní inženýrství

Vedoucí práce: doc. Ing. Ladislav Kolařík, Ph.D., IWE



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Burdych** Jméno: **Jakub** Osobní číslo: **466515**
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
Zadávací katedra/ústav: **Ústav strojírenské technologie**
Studijní program: **Výrobní inženýrství**
Specializace: **Bez specializace**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Návrh svařovacího procesu výložníku Bobcat E20

Název diplomové práce anglicky:

Welding proces design of boom Bobcat E20

Pokyny pro vypracování:

- Popis řešené problematiky výroby svařovaného výložníku, včetně popisu použitých materiálů a technologií svařování
- Provedení vhodných vybraných analýz pro odhalení rizik ve výrobě
- Návrh svařovacího přípravku – definovat technologické požadavky na přípravek
- Vytvoření postupu zakládání do přípravku, včetně návrhu stehování apod.
- Vyhodnocení výsledků a závěr

Seznam doporučené literatury:

- [1] Klas Weman, Welding processes handbook, Woodhead Publishing, 2012
- [2] Joshi Prakash, Jigs and Fixtures Design Manual, McGraw-Hill Professional, 2002
- [3] Mikulak Raymond J., McDermott Robin, Beauregard Michael. The Basic of FMEA, Productivity Press, 2008

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

doc. Ing. Ladislav Kolařík, Ph.D. ústav strojírenské technologie FS

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) diplomové práce:

Datum zadání diplomové práce: **21.04.2022** Termín odevzdání diplomové práce: **15.08.2022**

Platnost zadání diplomové práce: **31.12.2022**

doc. Ing. Ladislav Kolařík, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) práce

doc. Ing. Ladislav Kolařík, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

doc. Ing. Miroslav Španiel, CSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Diplomant bere na vědomí, že je povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací.
Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v diplomové práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta



PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu diplomové práce doc. Ladislavu Kolaříkovi, Ph.D. za cenné rady a pomoc při vypracování mé diplomové práce. Dále bych pak chtěl poděkovat panu Ing. Barcuchovi a celému týmu technologie společnosti Doosan Bobcat EMEA s.r.o. za cenné rady při tvorbě této práce.



PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že svou diplomovou práci s názvem „Návrh svařovacího procesu výložníku Bobcat E20“ jsem vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

Datum

Podpis

.....

.....

ANOTACE

Název práce: Návrh svařovacího procesu výložníku Bobcat E20

Autor: Bc. Jakub Burdych

Druh práce: Diplomová

Vedoucí práce: doc. Ing. Ladislav Kolařík, Ph.D.

Ústav: Ústav strojírenské technologie, FS, ČVUT v Praze

Vedoucí ústavu: doc. Ing. Ladislav Kolařík, Ph.D.

Diplomová práce se věnuje návrhu svařovacího procesu výložníku bagru Bobcat E20, popisu problematiky a technologií svařování. Za pomoci provedení vybraných analýz k odhalení rizik ve výrobě byly vyspecifikovány technologické požadavky na svařovací přípravek a navrženy sekvence pro zakládání do přípravku, pro stehování a svařování. Pro návrh svařovacího procesu byla provedena P-FMEA a DPI analýza. V praktické části je popsána výsledná výrobní sekvence, upínací body v přípravku, počet a umístění stehových svarů, pořadí jednotlivých svarů, výsledky DPI analýzy a P-FMEA analýzy.

Klíčová slova: Svařování, MAG, P-FMEA, výložník, výrobní proces

Rozsah práce: 99

Počet obrázků: 41

Počet tabulek: 16

Počet příloh: 3

ANNOTATION

<i>Thesis title:</i>	Welding proces design of boom Bobcat E20
<i>Author:</i>	Bc. Jakub Burdych
<i>Type of work:</i>	Master
<i>Supervisor:</i>	doc. Ing. Ladislav Kolařík, Ph.D.
<i>Institute:</i>	Institute of manufacturing technology CTU in Prague
<i>Supervisor of institute:</i>	doc. Ing. Ladislav Kolařík, Ph.D.

This master thesis is focused on the design welding process of the Boom excavator Bobcat E20 and the description of welding problems and technologies. With the help of a selected analysis to detect risks in production, I will be specifying the technological requirement for the fixture and design process of taking into the fixture, taging and welding. For the design of the welding process, P-FMEA analysis and DPI analysis were made. The experimental part shows the description of the welding process, clamping point in the fixture, number and places tag welds, sequence of welds, Results DPI analysis and P-FMEA analysis.

<i>Key words:</i>	Welding, MAG, P-FMEA, boom, manufacturing process
<i>Scope of work:</i>	99
<i>Number of pictures:</i>	41
<i>Number of tables:</i>	16
<i>Number of appendix:</i>	3

Obsah

Obsah	7
1. ÚVOD.....	9
2. Představení společnosti Doosan Bobcat EMEA s.r.o.....	10
3. Řešená problematika.....	11
4. Metody svařování.....	12
4.1. Obloukové svařování v ochranné atmosféře	14
4.1.1. Metoda MIG/MAG	14
4.2. Zařízení pro svařování	15
4.2.1. Svařovací zdroj a řídicí systém	16
4.2.2. Ochranné plyny pro svařování metodou MAG.....	18
4.2.3. Přídavný materiál pro svařování metodou MAG.....	20
4.3. Vliv procesních parametrů svařování na geometrii svaru.....	21
4.3.1. Vliv svařovací napětí	21
4.3.2. Vliv svařovacího proudu	22
4.3.3. Vliv rychlosti svařování.....	23
4.4. Napětí a deformace při procesu svařování	23
4.4.1. Faktory ovlivňující velikost deformací	24
4.5. Robotické svařování.....	25
4.5.1. Stupně automatizace svařovacího procesu.....	26
4.5.2. Roboti ve svařovacím procesu	26
4.6. Svařovací přípravky.....	28
5. DPI (design process industry) analýza.....	31
5.1.1. DFM (design for manufacturability)	32
6. Procesní FMEA analýza	33
7. Použité metody svařování.....	40
8. Výrobní proces výložníku.....	41
8.1. Stehování výložníku	44
8.1.1. Sekvence zakládání a stehování	44
8.1.2. Robotické svařování výložníku	50
8.1.3. Dokončovací pracoviště.....	52
9. Provedení DPI analýzy	53
9.1. CTQ – critical to quality	53
9.2. Kritické parametry dílů.....	54
9.3. Dorazové plochy	55
9.4. Výsledky DPI analýzy.....	55
10. Provedení P-FMEA analýzy	57
10.1. Navržené úpravy pro snížení RPN	58
10.1.1. zakládání spodního plechu do přípravku	59
10.1.2. Stehování první části výložníku	60
10.1.3. Svařování vnitřních svarů	61



10.1.4.	Zakládání horního plechu do přípravku	62
10.1.5.	Stehování celého výložníku.....	63
10.1.6.	Kontrola svarů.....	64
10.2.	Vyhodnocení P-FMEA analýzy	64
11.	Závěr	65
	Použité literární zdroje.....	67
	Seznam obrázků	68
	Seznam tabulek	69
	Seznam symbolů a zkratk	70
	přílohy.....	71

1. ÚVOD

Diplomová práce s názvem „Návrh svařovacího procesu výložníku Bobcat E20“ má za cíl zmapovat výrobní proces, a to z hlediska svařování vybraného dílu. Diplomová práce je provedena ve spolupráci se společností Doosan Bobcat EMEA s.r.o. Pro navržení svařovacího procesu je potřeba provést potřebné analýzy a popsat veškeré kroky nutné k zavedení do výroby. DP vznikla z důvodu zavádění nové verze modelu bagru Bobcat E20 (Obr. 2) do výroby. Co se týče vybraného dílu, tedy výložníku, jedná se o novou konstrukci vycházející z předcházejících modelů. Dnešní situace na trhu vyžaduje neustálé inovace, které jsou umožněny díky zlepšujícím se materiálům, výrobním technologiím a zvyšujícím se nárokům na kvalitu. Firmy se také snaží nabídnout zákazníkům lepší výrobky a snížit výrobní náklady.

Teoretická část diplomové práce se věnuje popisu dílu a historii společnosti Bobcat. Dále jsou v ní popsány použité technologie svařování a použité analýzy (použity byly analýzy P-FMEA a DPI). Praktická část se věnuje samotnému návrhu výrobního procesu. Jsou zde popsány jednotlivé kroky výroby včetně počtu a polohy stehových svarů, pořadí, ve kterém budou provedeny svary a upínací body, za které bude výložník fixován v přípravcích během výroby. DPI analýza obsahuje výrobní sekvenci, rozbor tolerancí, geometrických tolerancí a možné vady, se kterými mohou díly vstupovat do výroby. P-FMEA analýza se věnuje rozboru možných vad vzniklých při svařovacím procesu.

2. Představení společnosti Doosan Bobcat EMEA s.r.o.

Diplomová práce je vytvořena ve spolupráci s průmyslovým partnerem, firmou Doosan Bobcat EMEA s.r.o., proto je nutné ji krátce představit a zmínit její historii. Jedná se o odnož firmy Doosan Bobcat, konkrétně její Evropskou pobočku se sídlem v Dobříši, kde byla diplomová práce zpracována a bude se zde řešený výložník i vyrábět. Název společnosti Bobcat (v češtině Rys) má připomínat mrštnost tohoto zvířete.

Historie společnosti se začala psát v Severní Dakotě ve městě Gwinner v roce 1947, kdy Gideon Melroe založil společnost s názvem Melroe Manufacturing Company, zaměřující se na výrobu zemědělské techniky. Ke zlomu došlo v roce 1958, kdy byl představen nakladač M200 (Obr. 1). Důvodem k vývoji kompaktního tříkolového nakladače byl požadavek chovatele krocanů na lehký obratný nakladač, který se dokáže bezpečně pohybovat i ve druhém podlaží stodoly. V roce 1960 byl vyroben první čtyřkolový smykový nakladač. V roce 1989 byly přidány k výrobnímu portfoliu firmy i kompaktní rypadla. V roce 2000 zakoupila společnost i výrobní závod ve francouzském Pont Château, ve kterém se vyrábí teleskopické manipulátory. O rok později zakoupil Bobcat i Superstav v Dobříši. Ke spojení Bobcatu s firmou Doosan infracore došlo v roce 2007, kdy Bobcat byl prodán za 4,9 miliardy dolarů, čímž se společnost stala jedním z největších výrobců stavebních strojů. K poslednímu rozšíření výrobního portfolia došlo v roce 2021, kdy se začali v Dobříši vyrábět kompaktní kolové nakladače.



Obrázek 1 Melroe M200

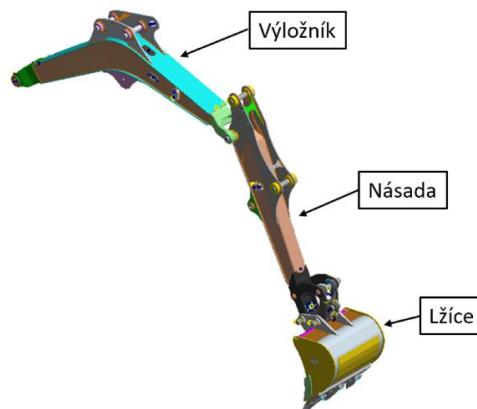
V roce 2003 bylo v Dobříšší otevřeno inovační centrum a v roce 2009 došlo k otevření nového výrobního závodu. Aktuální směr vývoje, kterým se společnost vydává je elektrifikace, kdy do výroby přichází elektrické stroje. Na trhu je již elektrický model Bobcat E10e a dalším modelem s elektrickým pohonem bude i E20e. [1] [2] [3]



Obrázek 2 Bobcat E20 [3]

3. Řešená problematika

Společnost Bobcat se specializuje na výrobu kompaktních strojů, jako jsou: bagry, smykové nakladače, kompaktní kolové nakladače a telehandlery. Diplomová práce se zaměřuje na jeden díl kompaktního bagru E20, konkrétně výložník (Obr. 3). Výložník je jednou ze dvou hlavních částí, ze kterých se skládá rameno bagru. Jedná se o svařenec, který je jednou stranou připojen k otoči bagru a druhou stranou k násadě. Na výložník jsou připojeny dva hydraulické válce, které slouží k rozpohybování ramene. Výložník se svařuje z ocelových plechových dílů, které jsou vyřezány pomocí laseru a dále ohýbány na požadovaný tvar.



Obrázek 3 Rameno bagru

Výroba bude probíhat na stávající lince, kde se vyrábí výložníky i pro ostatní modely. Linka je rozdělena na tři stanoviště. Na prvním je realizováno „stehování“, ve kterém se jednotlivé vyřezané a naohýbané plechy založí do přípravku a po upnutí nastehují. Druhé stanoviště je „robotické pracoviště“, na kterém se nachází svařovací robot, který provede většinu svarů. Poslední stanoviště je „dokončovací“ a slouží ke svaření svarových spojů, které nebylo možné svařit pomocí robotu, a kde probíhá následné broušení svarů a odstranění rozstříku svarového kovu vzniklého při svařovacím procesu.

Vnesené teplo při svařování způsobuje napětí s následnými deformacemi, ty mohou negativně ovlivnit rozměry svařence. V případě, že dojde k rozměrovým odchylkám vzhledem k předepsaným rozměrům, ovlivní se tím nejen smontovatelnost, ale i funkčnost a životnost celé pracovní skupiny. Vzhledem ke zkušenostem s předešlými modely, budou pouzdra pro čepy sloužící k připojení hydraulických válců a spojení dalšími částmi obráběna.

4. Metody svařování

Protože výroba vybraného dílu se realizuje především technologií svařování, je dále v textu tato výrobní technologie podrobněji rozebrána, s detailnějším popisem metody, která je ve výrobě použita. Jedná se o tavné svařování, což je metoda spojování materiálu, při které dochází k natavení materiálů a vzniku svarové lázně, kde po následném zchlazení vznikne nerozebíratelné spojení materiálů. Po několik tisíc let bylo prováděno pouze kovářské svařování. Na začátku 19. století došlo k objevům, které se poté začali využívat pro svařování (el. Oblouk, svařování plamenem). Na konci 19. století začalo být možné bezpečně zkombinovat kyslík a acetylen, čímž vznikl plamen o dostatečné teplotě použitelný k tavení kovových slitin na bázi Fe. Ve stejné době začalo být možné generovat dostatečné množství elektrického proudu pro obloukové a posléze i pro odporové svařování. Základní metody jako jsou, plamenové svařování, svařování elektrickým obloukem a svařování elektrickým odporem se začaly pro průmyslové použití využívat na začátku 20. století. [4]

Obecně lze metody svařování rozdělit na dvě základní skupiny (Tab. 1): metody tavného a tlakového svařování. Tavné svařování pracuje s přívodem tepelné energie do oblasti svaru a dendrickou krystalizací roztaveného kovu. Tlakové metody svařování jsou založeny na působení mechanické energie, ta přiblíží spojované povrchy na vzdálenost, při které dojde k působení meziatomových sil, přičemž vznikne spoj. Rozdělením a klasifikací (značením) metod svařování se zabývá norma *Svařování a příbuzné procesy - Přehled metod a jejich číslování* (ČSN EN ISO 4063). Pro další části diplomové práce je nejdůležitější metoda obloukového svařování v ochranné atmosféře (MIG/MAG), proto bude tato metoda detailněji popsána v následující kapitole.

Tabulka 1 Přehled metod svařování [5]

Tavné svařování	
číslo metody	Název metody
1	Obloukové svařování
11	Obloukové svařování tavící se elektrodou bez ochranného plynu
<i>111</i>	<i>Ruční obloukové svařování obalenou elektrodou</i>
12	Svařování pod tavidlem
<i>121</i>	<i>Svařování pod tavidlem drátovou elektrodou</i>
<i>125</i>	<i>Svařování pod tavidlem plněnou elektrodou</i>
13	Obloukové svařování tavící se elektrodou
<i>131</i>	<i>Obloukové svařování tavící se elektrodou v interním plynu: MIG</i>
<i>135</i>	<i>Obloukové svařování tavící se elektrodou v aktivním plynu: MAG</i>
14	Obloukové svařování netavící se elektrodou v ochranném plynu
<i>141</i>	<i>Obloukové svařování wolframovou elektrodou v inertním plynu WIG, TIG svařování</i>
15	Plazmové svařování
<i>151</i>	<i>Plazmové MIG svařování</i>
3	Plamenové svařování
31	Plamenové svařování s kyslíkem
<i>311</i>	<i>Kyslíko-acetylenové svařování</i>
5	Svařování svazkem paprsků
51	elektronové svařování
52	Laserové svařování

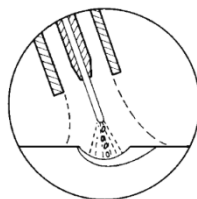
Tlakové svařování	
číslo metody	Název metody
2	Odporové svařování
21	Odporové bodové svařování
<i>211</i>	<i>Nepřímé bodové svařování</i>
<i>212</i>	<i>Přímé bodové svařování</i>
22	Odporové švové svařování
<i>221</i>	<i>Švové svařování s přeplátováním</i>
23	Odporové výstupkové svařování
24	Odtavovací stykové svařování
25	Stlačovací svařování
27	vysokofrekvenční odporové svařování
4	Tlakové svařování
41	Ultrazvukové svařování
42	Třecí svařování

4.1. Obloukové svařování v ochranné atmosféře

Jedná se dnes o jednu z nejpoužívanějších metod tavného svařování, která funguje na principu elektrického oblouku hořícího mezi hořákem a svařovaným materiálem. Přenos kovu je možný několika způsoby. Přídavný materiál je kontinuálně dodáván do svarové lázně. Elektroda, el. oblouk i svarová lázeň je chráněna ochrannou atmosférou tvořenou plynem, který je dodáván do místa svařování prostřednictvím hubice hořáku. Ochranná atmosféra se používá jako ochrana před okolní atmosférou, největší vliv na svarovou lázeň mají vzdušné prvky: kyslík, dusík a vodík. Tato metoda se dělí dle typu ochranné atmosféry na tři typy MIG, s inertní atmosférou, MAG s aktivní atmosférou a TIG(WIG), který ale používá neodtavující se wolframovou elektrodu. [4]

4.1.1. Metoda MIG/MAG

Obě metody pracují na stejném principu, liší se jen ochrannou atmosférou a složením přídavného materiálu. Elektroda ve formě drátu je přiváděna ze zásobníku přes automatický kladkový podavač až do hořáku. Oblouk hoří mezi svařovacím drátem (elektrodou) a základním materiálem, tím se elektroda taví a přechází ve formě tekutých kapek do svarové lázně, čímž tvoří přídavný svařovací materiál. Přenos elektrického proudu na elektrodu probíhá třecím kontaktem v ústí hořáku, tím se minimalizuje délka elektrody, která je zatížena elektrickým proudem tzv. výlet elektrody. Výhodou těchto technologií je snadná možnost robotizace a velká produktivita procesu. [4]



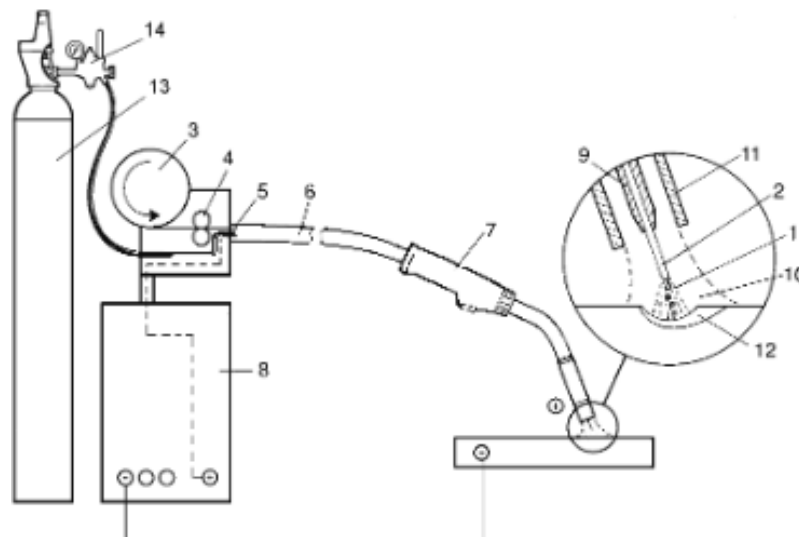
Obrázek 4 Princip svařování MIG/MAG (upraveno) [4]

Metoda MIG (Metal Inert Gas): Svarová lázeň je chráněna inertním plynem, dle normy ČSN EN ISO 14175 *Svařovací materiály - Plyny a jejich směsi pro tavné svařování a příbuzné procesy* se používá Argon, Helium, nebo jejich směs. Inertní plyn slouží jako ochrana svarové lázně před okolní atmosférou, hlavně před kyslíkem, dusíkem a vodíkem obsaženým ve vzduchu. Metoda MIG se proto využívá zejména při svařování neželezných kovů a jejich slitin, jako jsou např.: hliník, nikl, měď, titan. [4] [6]

Metoda MAG (Metal Active Gas): Metoda využívající aktivní plyn, který vstupuje částečně do chemických reakcí. Samostatně se používá pouze CO₂ (oxid uhličitý), další aktivní ochranné atmosféry se používají ve směsích jako např: směs argonu a oxidu uhličitého, nebo argonu a kyslíku. Pro zlepšení kvality svarů se využívají elektrody (svarovací dráty) legované manganem a křemíkem, protože tyto prvky mají větší afinitu ke kyslíku, než k železu a díky tomu přednostně reagují s kyslíkem než kyslík s železem. Takto vzniklé oxidy vyplavou na povrch, a tím se kyslík odstraní ze svarového kovu, čímž se dezoxizuje tavná lázeň Metoda MAG se nejčastěji používá pro svařování ocelí. [4] [6]

4.2. Zařízení pro svařování

Pro svařování metodami MIG a MAG se používá stejná zařízení. Jedná se o zdroj elektrického proudu a podavač drátu, při svařování s větší produktivitou se používá chladicí jednotka. Přívod svarovacího plynu se zajišťuje z tlakové lahve umístěné na vozíku svářečky nebo z centrálního rozvodu (Obr. 5). Celá tato sestava je pro lepší mobilitu umístěna na vozíku. Přídavný materiál ve formě drátu je namotán na cívku a vložen do zásobníku, který je součástí podavače drátu.



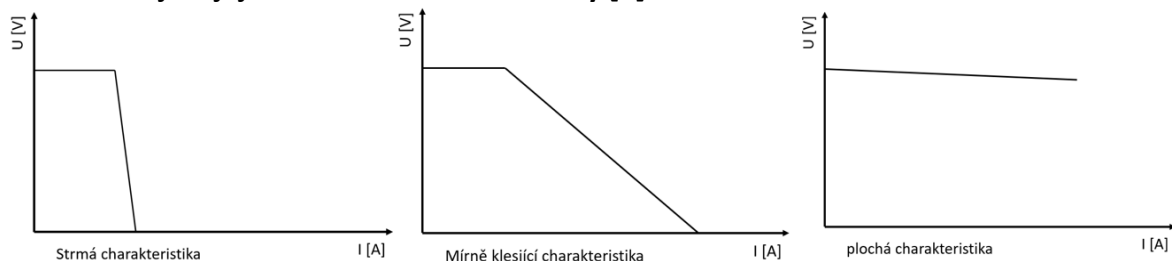
Obrázek 5 Schéma svarovacího zařízení pro MIG/MAG svařování [4]

1 – elektrický oblouk, 2 – přídavný materiál, 3 – držák cívky přídavného materiálu, 4 – kladky podavače, 5 – rychloupínací spojka, 6 – hořákový kabel, 7 – svarovací hořák, 8 – svarovací zdroj s chlazením, 9 – kontaktní svarovací průvlek, 10 – svarovací plyn, 11 – plynová hubice, 12 – svarová lázeň, 13 – lahev svarovacího plynu, 14 – redukční ventil

4.2.1. Svařovací zdroj a řídicí systém

Zdroje elektrického proudu využívané při svařování metodami MIG/MAG generují stejnosměrný proud. Kladný pól svařovacího zdroje je připojený na drátovou elektrodu a záporný pól je připojen k základnímu materiálu, jedná se o tzv. nepřímou polaritu (značí se DC+). Používají se zdroje s plochou statickou charakteristikou, které udržují konstantní napětí a zároveň umí reagovat na změny vzdálenosti mezi hořákem a základním materiálem. Svařovací zdroje jsou konstruovány podle normy ČSN EN 60974-1 *Zařízení pro obloukové svařování*. U moderních svařovacích zdrojů je možné mít předem navolené programy, mezi kterými si svářeč přepíná a tím mění parametry svaru. [7]

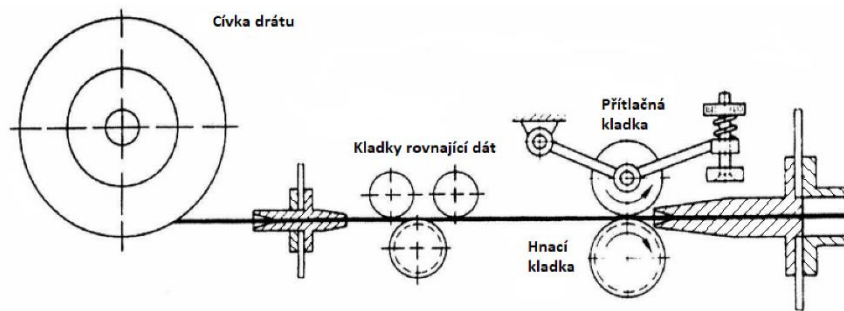
Dělení zdrojů a jejich statické charakteristiky [7]



Obrázek 6 Schéma svařovacích charakteristik

- **Strmá charakteristika** – (s konstantním proudem) změna napětí v elektrickém oblouku nezpůsobuje téměř žádnou změnu svařovacího proudu viz (Obr. 6 vlevo)
- **Polostrmá charakteristika** – (s konstantním výkonem) s růstem svařovacího proudu znatelně klesá napětí. U této charakteristiky je možné považovat výkon jako konstantní (Obr. 6 uprostřed).
- **Plochá charakteristika** – (s konstantním napětím) s růstem svařovacím proudem dochází k nepatrnému poklesu napětí zdroje (Obr. 6 vpravo).

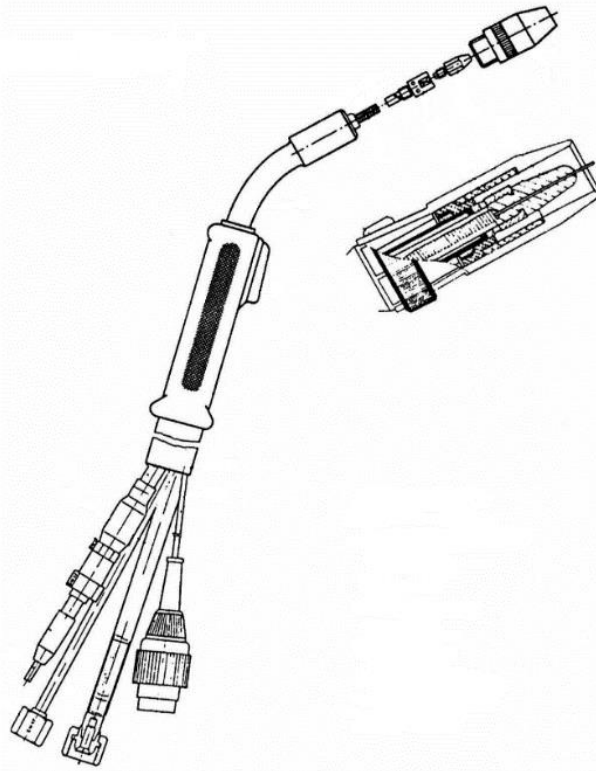
Svařovací drát sloužící jako elektroda je nepřetržitě dodáván do svařovacího hořáku pomocí kladkového podavače (Obr.7). Podavač musí zajišťovat konstantní dodávání a nesmí docházet k deformaci drátu ani jeho povrchu. Podávací mechanismus se skládá z několika kladek, před kterými je čistič drátu. Čistič drátu slouží k odstranění nečistot, které by mohli zanášet podávací mechanismus a bovden vedoucí drát do hořáku. [8]



Obrázek 7 Schéma podavače svařovacího drátu (upraveno z [8])

Svařovací hořák zajišťuje přísun drátu a ochranného plynu do místa svařování. Je napájen elektrickým proudem a na jeho rukojeti je umístěn spínač. Drát prochází středem svařovací hubice a kolem něj proudí ochranný plyn, který zároveň slouží i k ochlazení. U svařování s vyšším výkonem je hořák chlazen kapalinou, která odvádí přebytečné teplo a zabraňuje jeho přehřátí. Na konci hořáku je umístěn kontaktní průvlak, který slouží k přenosu proudu na drát. Pro robotické svařování se používají kvůli velkému výkonu svařování kapalinou chlazené hořáky. [8]

Jednou z modifikací metody MIG/MAG je technologie, při které není drát dodáván nepřetržitě pouze jedním směrem, ale dochází k opakovanému vysouvání a zasouvání drátu se nazývá CMT (Cold Metal Transfer). K hořáku je přirazen systém, který detekuje zkrat a vyšle signál, který stáhne svařovací drát před dopadem další kapky, tato metoda zvyšuje kvalitu svaru, tím, že snižuje množství vneseného tepla a minimalizuje rozstřík. Oblouk zůstává stabilní bez ohledu na geometrii svaru nebo rychlost svařování. Díky tomu je možné svařovat touto metodou ve všech polohách. Pro použití zpětného pohybu drátu, musí být svařovací hořák vybaven druhým podavačem, který vytváří zpětný pohyb drátu. Pro zamezení zamotávání drátu je nutné použití kompenzačního dílu, který kompenzuje podávání drátu z podavače umístěného ve svařovacím zdroji. CMT bylo původně vyvinuto pro robotické svařování, v dnešní době existuje i ruční hořák pro poloautomatické použití. [7] [9]



Obrázek 8 Schéma svařovacího hořáku (upraveno z [8])

4.2.2. Ochranné plyny pro svařování metodou MAG

Svařovací plyn slouží jako ochrana tavné lázně před vlivy okolní atmosféry. Vzdušné plyny mají negativní účinek na svařovací proces. Způsobuje oxidaci a nitridaci svarového kovu, které zhoršují mechanické vlastnosti svaru. Prvním plynem používaným pro metodu MAG bylo CO_2 , které se ale v dnešní době skoro nepoužívá. Při použití samotného CO_2 se dosahuje dobrého průvaru, ale špatné kvality povrchu a vysokého množství zplodin. Pro zlepšení kvality svarů došlo k nahrazení CO_2 směsí $\text{Ar} + \text{CO}_2$ nebo $\text{Ar} + \text{O}_2$. Případně směsí $\text{Ar} + \text{CO}_2 + \text{O}_2$. Díky těmto směsím je možné dosáhnout vyšších výkonů, a tím i větší rychlosti svařování. Vliv argonu ve směsi významně zlepšuje stabilitu oblouku a redukuje rozstřík. [10]

OXID UHLIČITÝ

Oxid uhličitý (CO_2) je nehořlavý, nejedovatý a bezbarvý plyn. Jeho měrná hmotnost je vyšší než u vzduchu, což příznivě ovlivňuje ochrannou funkci v běžných polohách (PA, PB) svařování. Díky vysoké tepelné vodivosti umožňuje vysoký přenos tepla do svarové lázně. Ve spojení s teplem získaným exotermickými oxidačními procesy způsobuje dobré natavení svarových ploch, hluboký průvar s oválným profilem svarové housenky a dobré odplynění svarové lázně. Z roztaveného konce elektrody se vlivem velkého povrchového napětí způsobeného oxidem uhličitým oddělují velké kapky, které způsobují obtížně odstranitelný rozstřík. Povrch svarové housenky je nerovnoměrný s větším převýšením, okraj housenky má značný vrubový účinek. Vysoké povrchové napětí v tavné lázni navíc znemožňuje použití sprchového přenosu materiálu během svařování. [10]

ARGON + OXID UHLIČITÝ

V této směsi se používá 5 až 25 % CO_2 a zbytek tvoří argon. Jedná se o univerzální plyn pro svařování nelegovaných a nízkolegovaných ocelí. Vyznačuje se velmi dobrými svařovacími vlastnostmi. Oxid uhličitý ve směsi zajišťuje hlubší závar. Argon zajišťuje stabilitu oblouku, malý rozstřík a hladký povrch svaru s dobrým přechodem k základnímu materiálu. Lze ho použít pro všechny tloušťky plechů a pro zkratový i sprchový přenos kovu. [11]

ARGON + KYSLÍK

Často používaná směs pro svařování. Obsahuje do 5 % kyslíku. Umožňuje klidný svařovací proces s měkkým elektrickým obloukem a dobrou kvalitou svarů. Vysoký obsah kyslíku zajišťuje dobrou tekutost tavné lázně a výborné odplynění svarového kovu. I při nízkém proudu je možný sprchový přenos kovu, což snižuje množství rozstříku. Často se používá při automatizovaných způsobech svařování plechů o malých a středních tloušťkách. [11]

ARGON + OXID UHLIČITÝ + KYSLÍK

Obsahuje 5 až 13 % CO_2 , 5 % O_2 , zbytek je tvořen argonem. Tato směs kombinuje vlastnosti obou předcházejících směsí, klidný svařovací proces s měkkým elektrickým obloukem a dobrou kvalitou svarů. Kyslík zajišťuje dobrou tekutost a dobré odplynění svarové lázně. [11]

Tabulka 2 porovnání vlastností ochranných plynů [11]

Vlastnosti	Ar + CO ₂	Ar + O ₂	CO ₂
Závar <ul style="list-style-type: none"> normální poloha nucená poloha 	dobrý spolehlivější s rostoucím % CO ₂	dobrý může být kritický z důvodu předbíhání svarové lázně	dobrý spolehlivý
Tepelné zatížení hořáků	vysoké, snižuje se s rostoucím % CO ₂	vysoké, výkon může být omezen, jestliže je hořák příliš horký	nízké díky dobré tepelné vodivosti
Stupeň oxidace	nízký, stoupá s rostoucím % CO ₂	výrazně závisí na obsahu O ₂ (1 – 8%)	vysoký
Porozita	snižuje se s rostoucím obsahem CO ₂	vysoká citlivost	spolehlivá
Přemostitelnost mezery	zlepšuje se s poklesem % CO ₂	dobrá	horší než u směsných plynů
Tvorba rozstříku	stoupá s rostoucím % CO ₂	téměř bez rozstříku	vysoká, stoupá s rostoucím výkonem
Vnášení tepla do svaru	stoupá s rostoucím % CO ₂ nižší rychlost ochlazování menší nebezpečí vzniku trhlin	nejnižší vysoká rychlost ochlazování, nebezpečí vzniku trhlin větší	vysoké malá rychlost ochlazování, nebezpečí vzniku trhlin malé
Typ přenosu kovu obloukem	všechny typy	všechny typy	zkratový, kapkový

4.2.3. Přídavný materiál pro svařování metodou MAG

Stejně důležitý jako svařovací plyn je i přídavný materiál. Přídavný materiál ve formě plného drátu případně plněné elektrody se volí na základě požadovaných mechanických vlastností svarového kovu a chemického složení svařovaného materiálu. Průměr se pohybuje od 0,6 do 2 mm. Dráty se dodávají navinuté na cívce o hmotnostech od 5 do 30 kg, ty se často vkládají do zásobníku (Obr. 5). Pro robotické svařování se používají i velkokapacitní sudy, ve kterých je více jak 200 kg drátu (Obr. 9). Při přepravě a skladování musí být zajištěny vhodné podmínky, aby nedocházelo k oxidaci drátu, doporučuje se teplota nad 15 °C a relativní vlhkost do 60 %. Pro zabránění koroze se svařovací dráty potahují tenkou vrstvou mědi, která brání vzniku koroze. Měděná vrstva na povrchu drátu zároveň zvyšuje i vodivost, čímž usnadňuje zapálení oblouku.[11]



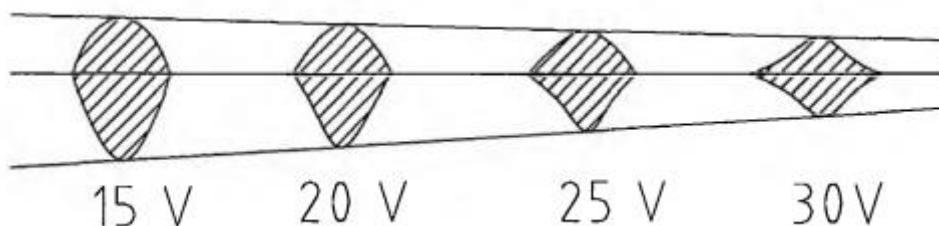
Obrázek 9 Sud se svařovacím drátem

4.3. Vliv procesních parametrů svařování na geometrii svaru

Mezi hlavní procesní parametry při procesu svařování el. obloukem patří: svařovací proud, napětí na oblouku a rychlost svařování. Nastavení těchto parametrů závisí na konstrukci zdroje, zvolené statické a dynamické charakteristice. Pomocí nich je možné ovlivnit hodnotu vneseného tepla do základního materiálu, které má vliv na velikost tepelně ovlivněné oblasti (TOO) a velikost napěťových i deformačních oblastí. Mezi další parametry ovlivňující tvar a rozměry svarové lázně patří rychlost posuvu drátu, polarita zapojení elektrody, výlet drátu, sklon hořáku, rychlost průtoku ochranného plynu a poloha svařování. Všechny tyto parametry a podmínky procesu spolu souvisí a společně ovlivňují jak proces, tak i kvalitu svarové housenky. [11] [12]

4.3.1. Vliv svařovací napětí

Napětí na oblouku představuje potenciální rozdíl mezi drátem a povrchem svarové lázně. Závisí na délce oblouku, na odtavovací výkon a hloubku závaru má jen malý vliv. Velmi ale ovlivňuje šířku a profil svarové housenky (viz Obr. 10). Napětí je možné měnit pouze v určitém rozsahu a má výrazný vliv na typ přenosu kovu. Obecně je možné stanovit hodnotu



Obrázek 10 Vliv napětí na tvar housenky [11]

napětí pro svařování metodou MAG dle následujícího vztahu uvedeného v ČSN EN 60974-1.

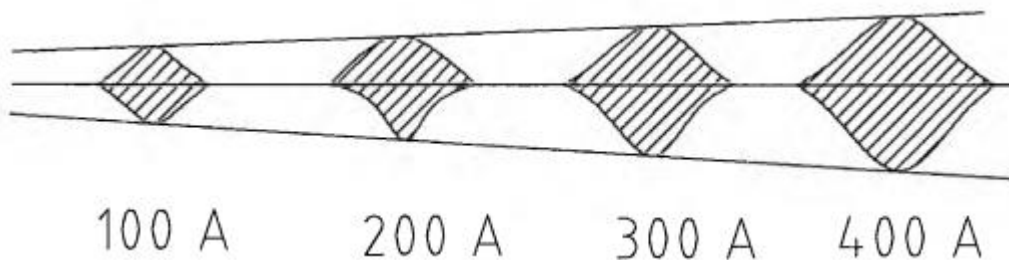
$$U = 14 + 0,05 \cdot I \text{ [V]} \quad (1)$$

Kde: U [V] – hodnota pracovního napětí; I [A] – svařovací proud

Nadměrně vysoké napětí zvětšuje délku oblouku, svarová lázeň je široká a mělká. Způsobuje také propal některých prvků, pórovitost svarů a rozstřík. Nízké napětí způsobuje nestabilitu procesu, tvoří se úzké svary s nadměrným převýšením a nedostatečně se natavují hrany, což může způsobit vznik studených spojů. [11] [12]

4.3.2. Vliv svařovacího proudu

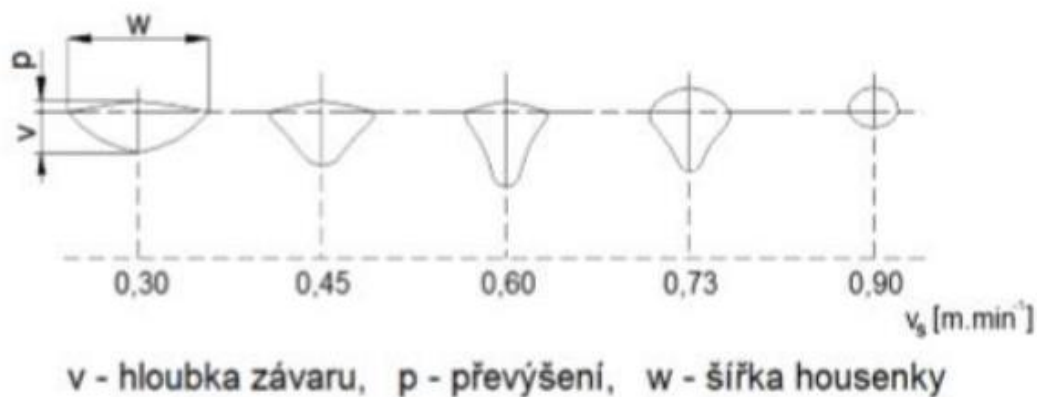
Největší vliv na charakter přenosu kovu při svařovacím procesu má právě svařovací proud. Společně s růstem proudu roste i tekutost svarové lázně, odtavovací výkon a proudová hustota. Růst proudu způsobuje i zvyšování frekvence průchodu kapek a klesá jejich objem. Při zvyšování proudu za konstantního napětí dochází k významnému nárůstu hloubky závaru s relativně malým růstem šířky housenky i převýšení (Obr. 11). Pro lepší kvalitu povrchu svaru je vhodnější použití tenčího drátu, protože vzniká větší počet drobných kapek. Z hlediska směrové stability výletu drátu a ekonomických nákladů je vhodnější drát většího průměru. Při překročení kritické hodnoty proudu nastává nadměrný rozstřík kovu a hrozí nebezpečí protavení základního materiálu. [11] [12]



Obrázek 11 Vliv svařovacího proudu na tvar housenky [11]

4.3.3. Vliv rychlosti svařování

Jako rychlost svařování označujeme rychlost pohybu svařovacího hořáku ve směru tvorby svaru. S rostoucí rychlostí svařování se snižuje množství vneseného tepla a zároveň se zvyšuje rychlost ochlazování svarové lázně. Šířka svaru při rostoucí rychlosti klesá, hloubka průvaru nejdříve roste, ale od určité rychlosti výrazně klesá. (Obr. 12) Při vysokých rychlostech dochází k nárůstu převýšení svaru a na rozhraní základního materiálu a svarové housenky vzniká vrub, ve kterém se koncentruje napětí. [22]



Obrázek 12 Vliv rychlosti svařování na geometrii svaru [22]

4.4. Napětí a deformace při procesu svařování

U všech tavných technologií svařování dochází k natavení základního materiálu soustředěným zdrojem tepla. Vlivem tepelné vodivosti vzniká kolem svarové housenky na základním materiálu tepelně ovlivněná oblast. V místě svaru a tepelně ovlivněné oblasti vznikají napětí vlivem vneseného tepla. Napětí je možné rozdělit na vnitřní (objem průřezu) a vnější (tvar a rozměry), nebo na přechodná a zbytková. S těmito deformacemi je nutné počítat, protože nepříznivě ovlivňují předepsané rozměry. Deformace je možné ovlivnit druhem základního materiálu a správně zvolenými svařovacími parametry, případně způsobem vytváření svarového spoje. Důvodem vzniku deformací je vnitřní napjatost, která úzce souvisí se vznikem vad, zejména trhlin. Při velké koncentraci napětí dojde k překročení meze kluzu a tím vznikají trvalé (plastické) deformace. Vzniku napětí a následně deformací nelze zcela zabránit, lze je ale vhodným konstrukčním řešením, volbou parametrů a technologickou přípravou výroby minimalizovat. [13]

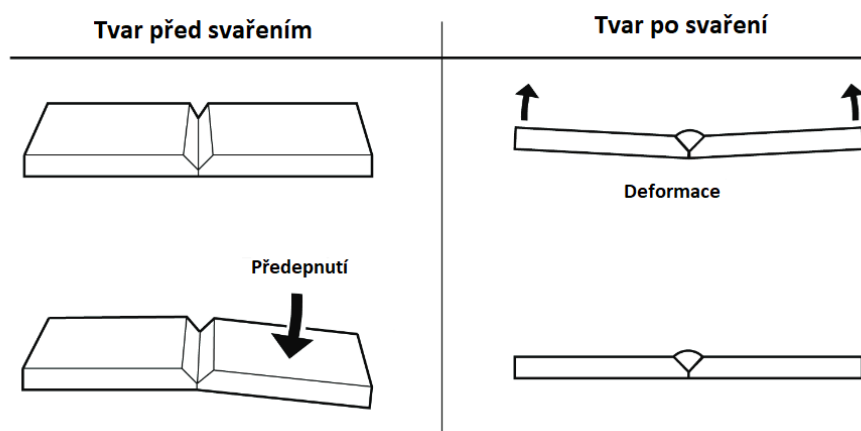
4.4.1. Faktory ovlivňující velikost deformací

Všechny deformace i napětí vznikají v důsledku tepelného namáhání. Při vystavení nerovnoměrnému teplotnímu cyklu vzniká v materiálu deformace, té se dá zabránit omezením pohybu materiálu (svěrkou, přípravkem nebo zvýšením tuhosti). Pokud je materiál nerovnoměrně tepelně namáhán a zabráníme deformaci, tak se v něm vytvoří zbytkové napětí. Vhodnou volbou technologie, parametrů a materiálu je možné omezit vznik napětí a deformací. [14]

TECHNOLOGIE SVAŘOVÁNÍ

Z pohledu technologie svařování má největší vliv na vznik napětí a deformací intenzita procesu neboli koncentrace tepelného zdroje. Při vyšší koncentraci je možné docílit většího průvaru, menší potřeby rozevření svarových ploch a snižuje se nutnost použití vícevrstevného svařování. Proces je také produktivnější díky použití větších rychlostí svařování. Z pohledu vzniku deformací je nejvhodnější svařování s co největší rychlostí při použití co nejmenší koncentrace napětí, aby bylo množství vneseného tepla co nejmenší. Vhodným technologickým postupem, je možné snížit množství deformací. Tento technologický postup zahrnuje přípravu materiálu, způsob stehování i pořadí jednotlivých svarů na svařenci resp. svařované konstrukci. [15]

Pro snížení velikosti deformací je možné předeprnout materiál, nebo použít přípravek. Přípravek zabrání vzniku deformací, ale vnáší se tím do svařence napětí. Díky tomu není geometrie po založení shodná s předepsanou geometrií, ale až deformace vzniklá po svařování „vyrovná“ díl do požadované geometrie (Obr. 13).



Obrázek 13 princip předeprnutí materiálu upraveno z [4]

K omezení velikosti deformací se provádí stehování, další funkcí stehování je vymezení správné vzdálenosti a polohy jednotlivých dílů. Stehování je důležité, protože pomáhá udržet plechy pohromadě a zabraňuje rozpadnutí při transportu mezi pracovišti. Délka stehů by měla být co nejmenší, ale zároveň dostatečná, aby nedošlo k jejich porušení. Doporučuje se 20 až 40 mm. Rozteč mezi jednotlivými stehovými svary se počítá dle vztahu:

$$l = 25 \cdot s \text{ [mm]} \quad (2)$$

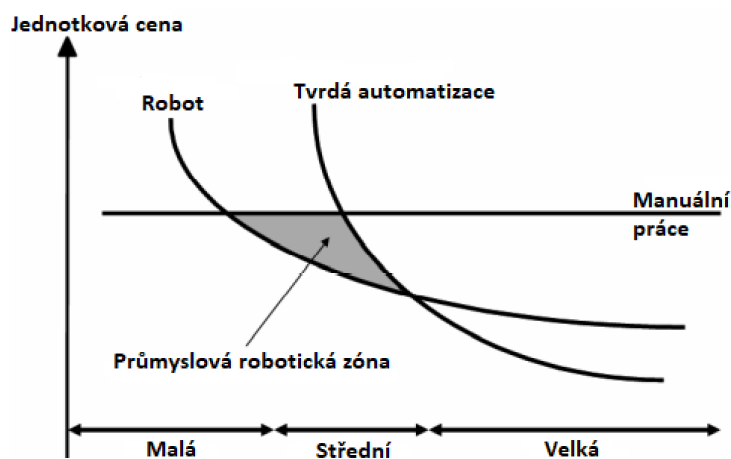
Kde: s [mm] – tloušťka svařovaného materiálu [15]

DALŠÍ FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ VELIKOST DEFORMACÍ

1. Vlastnosti materiálu – Tepelná roztažnost, tepelná vodivost, mez kluzu materiálu
2. Svařovací přípravek – konstrukce, upínací body, tuhost přípravku, vnitřní napětí a mez kluzu materiálu přípravku

4.5. Robotické svařování

Robotické svařování je nejrozšířenějším použitím robotů v průmyslu. Jejich použití umožňuje nahrazení lidských zdrojů, kterých je na dnešním trhu práce nedostatek a zároveň umožňují dosažení lepší produktivity práce. Dalším faktorem ve prospěch robotického svařování je snížení chybovosti zaviněné lidským faktorem, nemluvě o ochraně zdraví svářečů, kteří tak nejsou vystaveni takovému množství zplodin vzniklých svařováním. Hlavním důvodem, který nutí firmy zavádět robotické svařování, je však nedostatek kvalifikovaného personálu.[4]



Obrázek 14 Porovnání metod automatizace [4]

Rozvoj výpočetní techniky umožnil zlepšení a zefektivnění procesu svařování, vznikly manipulátory, výkonné svařovací zdroje, průmysloví roboti a automatizované linky. Robotizace si dnes nachází místo i v malosériových výrobcích. Oproti ručnímu svařování má automatizace tyto výhody:

- Vyšší kvalita svarových spojů
- Lepší produktivita a přesnost
- Stabilita procesu
- Nižší výrobní náklady

4.5.1. Stupně automatizace svařovacího procesu

0. Stupeň: ruční svařování obalenou elektrodou s využitím jednoduchých upínek, konstantní svařovací proud, rychlost a délka oblouku v závislosti na svářeči.
1. Stupeň: ruční svařování MIG/MAG, které využívá mechanizovaného podávání drátu, použití jednoduchých upínek (poloautomatické svařování).
2. Stupeň: mechanizované svařování ve spojení s mechanizovanými upínacími přípravky a polohovadly. Jedná se o strojní svařování v ochranných atmosférách MIG/MAG a TIG.
3. Stupeň: svařování s využitím jednoúčelových automatů, pružné a adaptivní programové řízení. Automatická polohovadla a hořáky osazené senzoričkou. [11]

4.5.2. Roboti ve svařovacím procesu

Automatizované svařovací zařízení můžeme definovat jako svařovacího robota nebo automatický svařovací stroj. Svařovací robot je automatické zařízení s více než třemi stupni volnosti (dnes mají obvykle 6 stupňů volnosti) a možností řízeného programování a učení. Jako svařovací stroj se označuje svařovací zařízení, které není svařovacím robotem. Svařovací průmyslový robot je zařízení umožňující pohyb po předepsané dráze, stanovenou rychlostí a s možnou volbou orientace hořáku. Svařovací robot se v dnešní době pohání nejčastěji elektrickými pohony. Díky rozvoji číslicově řízených krokových motorů umožňují největší přesnost a není třeba převodníků energie oproti pneumatickým a hydraulickým pohonům.



Obrázek 15 pracoviště vybavené svařovacím robotem

KINEMATIKA ROBOTA

Svařování patří mezi nejsnáze automatizované a robotizované technologie. Je nutné rozlišit dva typy automatizace. První se týká vlastního procesu a obsahuje regulaci proudu, rychlost podávání drátu a délku oblouku. Druhý se zabývá manipulací, tedy nastavením dráhy, rychlosti a pohybu svařovacího hořáku. Manipulace je vhodná pro automatizaci, protože zde není nutná vysoká přesnost pohybů. [11]

Kinematika robota je tvořena všemi navzájem pohyblivě propojenými částmi kinematického řetězce robota a výstupní svařovací hlavicí. Univerzální typy průmyslových robotů (Obr. 15) mají šest stupňů volnosti. K dosažení libovolného bodu v prostoru stačí 3 souřadnice, ale pro dosažení správné orientace hořáku kdekoliv v prostoru je třeba 5 stupňů volnosti u svařování MIG/MAG, 6 stupňů je nutné u odporového svařování. Kinematické struktury robotů je možné rozdělit do čtyř základních skupin dle souřadnicového systému:

- Pravoúhlý (ortogonální) souřadnicový systém – tři translační kinematické dvojice. Polohovací ústrojí robota má tři lineární osy (x , y , z) realizované v pravoúhlých souřadnicích, pracovním prostorem je tedy kvádr.
- Válcový (polární) souřadnicový systém – dvě translační a jedna rotační kinematická dvojice. Robot má dvě lineární osy (x , z) a jednu rotační (φ), pracovním prostorem je tedy váleček.

- Sférický (polární) souřadnicový systém – dvě rotační a jedna translační kinematická dvojice. Robot má jeden lineární pohyb realizovaný osou x, naklápění realizované v rovině z a rotaci kolem osy z, pracovním prostorem je tedy koule.
- Úhlový (angulární) souřadnicový systém – tři rotační kinematické dvojice. Robot má tedy pohyb hlavice odvozen od třech rotačních os. Pracovním prostorem je tedy torusový prstenec. [11]

ŘÍDÍCÍ SYSTÉM ROBOTŮ

Řídící systém svařovacího robota zajišťuje řízení všech pohybů vykonávaných robotem, včetně ovládání svařovacího zdroje a případně dalších periferních zařízení (např. Polohovadla). Hořák se musí pohybovat po předepsané trajektorii, stanovenou rychlostí a současně ovládat technologické parametry svařování. Jako je regulace proudu a napětí, délka oblouku, rychlost podávání drátu a průtok ochranného plynu. Pokud je svařovací robot vybaven snímači, může se program upravovat na základě zpětné vazby. Robot může díky tomu lépe reagovat na reálnou situaci (např. velikost mezery mezi plechy apod.). [7]

4.6. Svařovací přípravy

Přípravky se používají pro usnadnění výroby, zvýšení produktivity, přesnosti a bezpečnosti. Jejich úkolem je fixace dílů ve správné poloze a zabránění vzniku deformací. Musí umožnit rychlé a bezpečné zakládání všech dílů, po následném upnutí musí díl zafixovat v přesně dané poloze. U přípravků jsou kladeny velké nároky na kvalitu, protože jejich přesnost upnutí přímo ovlivňuje rozměrovou i geometrickou přesnost svařence. Přípravek musí být schopen vyvinout dostatečnou upínací sílu, která zabrání vzniku deformací. Pohon bývá realizován mechanicky, hydraulicky nebo pneumaticky.

Svařovací přípravek bývá zpravidla upnut na stole, který může být buď pevný nebo vybaven pohonem pro polohování (polohovadlem). Použití polohovadla pomáhá díky výškovému nastavení snížit námahu operátora a rotace umožňuje otáčet svařencem. Díky otáčení mohou být všechny svary prováděny v základních polohách (PA a PB). Fixace jednotlivých dílů bývá zpravidla prováděna pomocí upínek, ty mohou být manuální, hydraulické nebo pneumatické. Z důvodu zvýšení bezpečnosti a využití principu Poka-joke (zabránění

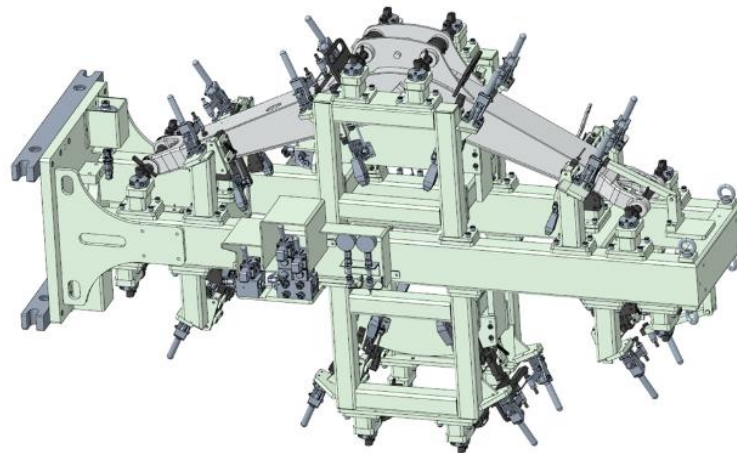
nechtěných chyb při výrobě) se přípravky vybavují senzory. Používají se magnetické senzory založení plechů, které detekují, jestli byl plech založen a jestli byl založen do správné polohy. Hydraulické upínky jsou vybaveny senzory, jestli hydraulický píst dojel do koncové pozice. Ovládání je zpravidla dvouručním spínačem pro zabránění skřípnutí ruky hydraulickým okruhem. Kolem přípravku je vyznačena zóna vybavena světelnou závorou, která brání zranění operátora během otáčení. Řízení může být buď manuální, při kterém operátor ovládá jednotlivé okruhy, nebo programovatelné, při kterém se automaticky upínají a odepínají jednotlivé okruhy.

Svařovací přípravky používané ve společnosti Bobcat je možné rozdělit na tři základní skupiny: stahovací přípravky, robotické přípravky a přípravky na dokončování. Důležité vlastnosti svařovacích přípravků jsou popsány níže:

1. Tepelné roztažení přípravku a výsledná deformace by neměla mít vliv na vyndání svařence z přípravku. Jednotlivé dorazy by měli být stavitelné, aby bylo možné jejich seřízení.
2. Všechny závitové části přípravků by měly být chráněny proti rozstříku vznikajícímu při svařování. Proto je vhodné používat manuální upínky bez závitových částí, jejichž výhodou je i rychlost ovládání a opakovatelnost upnutí.
3. Dosedací plochy přípravku musí být v dostatečné vzdálenosti od místa svařování, aby nedošlo k přivaření svařence k přípravku.
4. Přípravek musí být konstruován tak, aby po složení a svaření svařence bylo možné svařenec vyjmout.
5. Pro svařence, které je nutné svařovat z více stran, by mělo být zajištěno naklánění nebo otáčení přípravku. [16]

STEHOVACÍ PŘÍPRAVKY

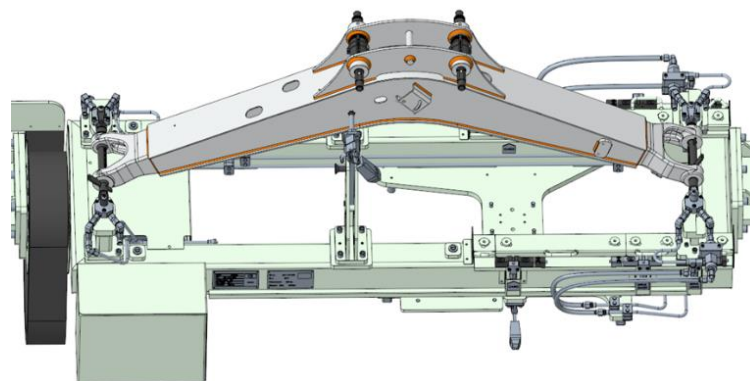
Stehovací přípravky slouží k vytvoření stehovacích svarových spojů jednotlivých částí před založením do „robotického pracoviště“. Musí v nich být možno svařenec poskládat, zafixovat všechny části pomocí upínek a nastehovat sestavu dohromady. Na rozdíl od přípravků pro svařování, mají více upínacích bodů pro zajištění polohy než svařovací nebo robotické přípravky. Svařování bývá většinou prováděno ručně.



Obrázek 16 Příklad stehovacího přípravku

ROBOTICKÉ PŘÍPRAVKY

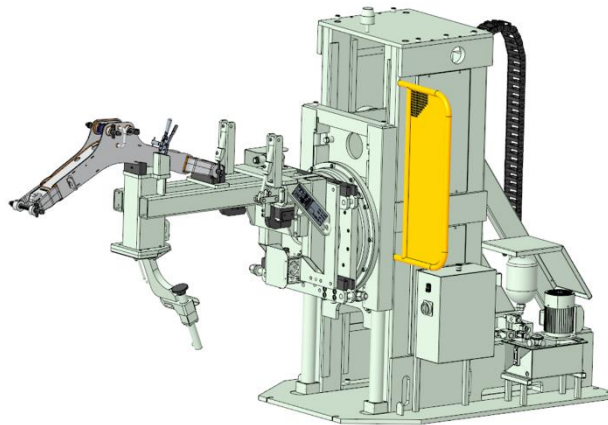
Robotické svařovací přípravky se používají v robotizovaných pracovištích, neprovádí se v nich stehování, ale svařování již nastehovaných svařenců. Není u nich potřeba tolik upínek, protože díly drží pohromadě díky nastehování. Součástí přípravku bývá zpravidla i polohovadlo. Důležité je, aby měl robot přístup ke všem svarům.



Obrázek 17 příklad robotického přípravku

DOKONČOVACÍ PŘÍPRAVEK

Dokončovací přípravky se používají na posledním stanovišti svařovací linky. Jejich úkolem je uchycení a polohování svařence, aby mohlo být provedeno broušení svarů, odstranění rozstříku vzniklého na předešlých stanovištích a oprava svarů provedených robotem. Tyto přípravky se používají hlavně u svařenců s větší hmotností, kdy z důvodu bezpečnosti není vhodné provádět tyto operace na stole.



Obrázek 18 Dokončovací přípravek

5. DPI (design process industry) analýza

Pro přípravu výroby je nutné nejen vytvořit svařovací proces, ale i provést analýzy, které slouží pro odhalení možných vad během výroby. Ve společnosti Bobcat se k tomuto účelu používají DPI a PFMEA analýzy. Jedná se o upravenou DFM (design for manufacturing) analýzu pro společnost Bobcat. Jejím hlavním úkolem je minimalizovat množství CTQ (critical to quality) mezi jednotlivými součástmi sestavy. V tomto případě se jedná o vztahy geometrických tolerancí mezi jednotlivými částmi pracovní skupiny ramene bagru (spojení s otočí a násadou). Pro vytvoření DPI je nutné mít hotovou sekvenci výroby (postup skládání do přípravku a pořadí stehování/svařování). Jednotlivé kroky se následně analyzují a vyhodnocují se možná kritická místa. Tato analýza se provádí ještě před uzavřením návrhu dílu, aby bylo možné provést úpravy, které minimalizují kritická místa. Její výstupy slouží jako podklad pro procesní FMEA analýzu. [17] [24]

5.1.1. DFM (design for manufacturability)

Hlavní myšlenkou DFM (konstrukce pro výrobu) je přizpůsobení konstrukce pro co nejjednodušší výrobu, tedy zvýšení technologičnosti konstrukce. Tento proces si klade nároky na dobrou znalost jednotlivých procesů výroby, zohlednění dodavatelského a výrobního řetězce. Jejím cílem je zkrátit dobu výroby na co nejmenší dobu ve srovnání s původním návrhem. [17]

Správné nastavení výrobního procesu je rozhodujícím faktorem pro úspěch produktu na trhu. Je nutné brát ohled na několik faktorů, jako jsou náklady, materiál, povrchová úprava a tolerance, aby bylo možné nastavit výrobní proces co nejefektivněji. Pro proces svařování jsou důležité tyto body:

- Místa svařování by měla být přístupné pro správné umístění svarů, odolné proti propálení a pro snadno dosažitelný optimální průvar.
 - Proces by měl minimalizovat vnesené teplo a tím minimalizovat dopad deformací, smrštění a množství vneseného napětí.
 - Pro zjednodušení konstrukce upřednostnit koutové svary před ostatními typy svarových spojů.
 - Vyvarovat se spojů svařovaných na obou stranách.
 - Minimalizovat nutnost otáčení svařence.
 - Minimalizovat počet kritických geometrických tolerancí, pro správné fungování součástí.
 - Minimalizovat množství přivařovaných matic.
 - Vyhnout se svarovým spojům vyžadujícím přípravné práce (tvorba drážek a úkosů).
- [17]

Pro lepší únosnost svarů a jejich kvalitu by bylo vhodnější upřednostit oboustranné svary, polohování přípravku před nucenými polohami a tupé svary před tvorbou úkosů. Průmysl si ale žádá co nejkratší čas výroby a tyto operace jej prodlužují. Proto je důležité najít rovnováhu mezi kvalitou svarů a co nejsnazší výrobou.

6. Procesní FMEA analýza

Metoda FMEA (Failure Mode and Effect Analysis), jedná se o analýzu způsobů a důsledků poruch, dokáže predikovat možné poruchy objektu nebo procesu, zjišťuje důsledky poruchy na výkonnost a vliv těchto poruch na okolí a pracovníky. Díky této analýze, je možné odstranit slabá místa ve výrobě, čímž dojde ke snížení zmetkovitosti a množství reklamací. Byla vyvinuta v 60. letech firmou Ford, dnes je zařazena do normy ČSN ISO 31000 *Management rizik*. Metoda FMEA se dělí na tři základní druhy: [19]

- **Systémová FMEA (SFMEA)** – analýza systémů a podsystémů zaměřená na jednotlivé interakce mezi systémy a jejich částmi.
- **Návrhová FMEA (DFMEA)** – analýza možných vad výrobků a jejich součástí. Je prováděna konstruktéry v průběhu vývoje produktu.
- **Procesní FMEA (PFMEA)** – analýza možných vad vzniklých v průběhu výrobního procesu. [19]

FMEA analýzu je možné provádět nejen při zavádění nového procesu, ale je možné s její pomocí analyzovat i stávající proces, a tím odhalit jeho úzká místa. V prvním kroku je nutné analyzovat a zhodnotit rizika současného stavu. Druhý krok se věnuje návržení preventivních opatření pro snížení rizik. Ve třetím kroku se následně hodnotí a analyzují zrealizovaná opatření. Nevýhodou této analýzy je její časová náročnost, velký objem zpracovávaných dat a to že musí být prováděna opakovaně po každé úpravě procesu. [19] [24]

Nejdříve je nutné seznámit se s jednotlivými operacemi v průběhu výroby. Jednotlivé kroky se zadají do tabulky, ke každému kroku je nutné vyplnit i možná selhání vzniklých nestandardními podmínkami provozu a jejich možným důsledkům. Po vyhotovení této analýzy přichází na řadu zhodnocení jednotlivých selhání, kde se doplní jejich závažnost, četnost a odhalitelnost. Z těchto tří hodnot je možné spočítat jejich součin, abychom získali hodnotu RPN. Pokud hodnota RPN překračuje určitou stanovenou mez, přistupuje se k úpravě procesu a vyhodnocení probíhá znovu. [18] [19] [20]

FORMULÁŘ FMEA

Formulář pro zaznamenání analýzy FMEA (Obr. 19) pro lepší přehlednost se tyto formuláře používají ve formě tabulky. Pro účely analýzy v praktické části DP byl použit obdobný formulář dle standardu společnosti Bobcat. Do tohoto formuláře se zadávají veškeré informace a probíhá v něm i vyhodnocení. [20] [24]

operace	Popis součásti	Procesní funkce/ Požadavek	možnost selhání	efekt selhání	závažnost [1-10]	důvod selhání	číslo [1-10]	způsob detekce	detekovatelnost [1-10]	RPN	Navržené akce			Výsledek akce				
											akce	zodpovědnost	termín splnění	termín splnění	závažnost	číslo	RPN	

Obrázek 19 Formulář FMEA [21] [24]

1. **Operace** – označení čísla operace, aby korespondovalo s DPI
2. **Popis součásti** – Zde může být zaznamenána jakákoliv součást, zařízení, funkční jednotka nebo operace, kterou je možné se individuálně zabývat.
3. **Procesní funkce/požadavek** – konkrétní popis co se s danou součástí děje, případně popis prováděné operace
4. **Možnost selhání** – Způsob jakým může dojít k selhání při plnění zamýšlené funkce.
5. **Efekt selhání** – Následky způsobené vznikem vady z pohledu třetí osoby.
6. **Závažnost** – vyhodnocuje se dle (tab. 21), hodnotí se na stupnici od 1 do 10
7. **Důvod selhání** – důvod proč došlo k zadanému selhání
8. **Četnost** – pravděpodobnost výskytu dané vady, hodnotí se na základě počtu vzniklých chyb.
9. **Způsob detekce** – jakým způsobem je možné vzniklou vadu detekovat.
10. **Detekovatelnost** – hodnotí, jak těžké je vzniklou vadu odhalit.
11. **RPN** – součin hodnot závažnosti, četnosti a detekovatelnosti.
12. **Akce** – úprava procesu provedená pro snížení parametru RPN
13. **Zodpovědnost** – jaký pracovník je odpovědný za provedenou úpravu
14. **Předpokládaný termín splnění** – plánovaný termín úpravy procesu
15. **Termín splnění** – reálný termín kdy byla úprava dokončena
16. **Výsledek akce** – nové vyhodnocení všech parametrů u upraveného procesu.

Tabulka 3 Tabulka hodnocení závažnosti, četnosti a detekovatelnosti

závažnost			
stupeň závažnosti	pro díl	pro výrobu	Hodnocení
Nebezpečný - nebezpečí bez varování	Selhání bezpečnosti bez varování pro obsluhu nebo jiná funkce, která je regulována mezinárodními normami a vyžaduje kontrolu ve výrobě.	Ohrožení bezpečnosti obsluhy bez jakéhokoli varování.	10
Nebezpečný - nebezpečí s varováním	Selhání bezpečnosti s varováním pro obsluhu nebo jiná funkce, která je regulována mezinárodními normami a vyžaduje kontrolu ve výrobě.	Ohrožení bezpečnosti obsluhy s varováním.	9
Velmi vysoký	ztráta primární funkce (Stroj nepohyblivý - bez vlivu na bezpečnost obsluhy)	100% zmetkovitost subkomponentů - přepracování mimo stanici/výrobní linku vyžadující více než 1 hodinu. Ztráta více slotů sestavení kvůli zastavení linky	8
Vysoký	Omezení schopnosti stroje vykonávat primární funkci	<100% zmetkovitost dílčích komponent -Zvýšená doba cyklu nebo zvýšená potřeba pracovní síly	7
Střední	Ztráta schopnosti stroje vykonávat sekundární funkci (komfort a ostatní funkce)	Vyžaduje 100% přepracování mimo linku	6
Malý	Omezení schopnosti stroje vykonávat sekundární funkci	Vyžaduje <100% přepracování mimo linku	5
Velmi malý	Znatelný vliv na zákaznickou kvalitu (vzhled, hluk)	100% přepracování in-line – žádný vliv na čas cyklu nebo pracovní sílu	4
nejmenší	Znatelný vliv na zákaznickou kvalitu pro některé zákazníky (vzhled, hluk)	<100% přepracování in-line – žádný vliv na dobu cyklu nebo pracovní sílu	3
zanedbatelný	Další drobné položky ovlivňující spokojenost zákazníků	Nepříjemnosti nebo potíže při montáži	2
žádný	Bez jakéhokoli dopadu	Žádný dopad na výrobu nebo obsluhu	1

Tabulka 4 Tabulka hodnocení četnosti

pravděpodobnost detekce	procent	x vad na y jednotek	hodnocení
Velmi vysoká	10,0000%	1 vada na 10 jednotek	10
	5,0000%	1 vada na 20 jednotek	9
vysoká	2,0000%	1 vada na 50 jednotek	8
	1,0000%	1 vada na 100 jednotek	7
střední	0,2000%	1 vada na 500 jednotek	6
	0,1000%	1 vada na 1000 jednotek	5
	0,0500%	1 vada na 2000 jednotek	4
malá	0,0333%	1 vada na 3000 jednotek	3
	<0,0333%	<1 vada na 3000 jednotek	2
nemožná	preventivně eliminováno		1

Tabulka 5 Tabulka hodnocení detekovatelnosti

Detekovatelnost		
pravděpodobnost detekce	metoda kontroly (příklad)	Ranking
téměř nemožná	"Nedefinováno / Použitelné / Bez implementace detekce - Vnitřní svary	10
Velmi omezená	náhodná kontrola - Metrologie - Vizuální - Audity - Destruktivní zkoušení	9
Velmi omezená	100% Subjektivní (Vizuální / hmatem / zvuk) Kontrola po procesu (v následujícím kroku po vytvoření prvku) - Kontrola na konci linky - kontrola laku	8
Omezená	100% Subjektivní (Vizuální / Hmatem / zvuk) kontrola při procesu (přímo/v následujícím kroku) - na kontrolním listu, bod kvality	7
Malá	100% Variabilní specifikace / kalibrace / měření po procesu (měření s numerickým výsledkem) 100% Attributivní specifikace / kalibrace při procesu 200 % (vizuální / hmatem / zvuk) při procesu (dvojitá kontrola) (combination of 7 & 8)	6
pravděpodobná	100% variabilní specifikace /kalibrace / měření při procesu - měření pouze při procesu Automatická strojní ndikace (vizuální nebo zvuková) (umožňuje obsluze zkontrolovat díl)	5
velmi pravděpodobná	Automatická 100% kontrola po procesu - kontrola momentu po dotažení Error kód z automatické diagnostiky	4
vysoká	Automatická 100% kontrola při procesu, uzamknutí vadné součástky	3
velmi vysoká	Automatická 100% kontrola vady na začátku procesu	2
Poka Yoke	Vadu není možné provést díky konstrukci přípravku, konstrukci stroje, nebo konstrukci dílu.	1



Praktická část

7. Použité metody svařování

Jak už bylo zmíněno v kapitole č. 3 výroba bude probíhat na stávající lince. Na prvním stanovišti bude umístěn nový svařovací stehovací přípravek, přípravky na druhém a třetím stanovišti budou pouze upraveny pro nový model. Robotická buňka je obsluhována jedním robotem a vybavena robotickým svařovacím přípravkem připevněným na polohovatelném stole. Roboty používané ve společnosti Bobcat jsou od několika výrobců (ABB, Yaskawa a CLOOS). Poslední stanoviště slouží pro vizuální kontrolu svarů po robotickém svařování, broušení svarů.

Po celé výrobní hale je veden centrální rozvod svařovacího ochranného plynu. Jak bylo zmíněno v předešlé kapitole č. 4, svařuje se metodou MAG. Jako ochranný plyn se používá směs plynů CO₂ a argonu a to v poměru 10 % CO₂ a 90 % argonu. Vlastnosti této směsi plynu jsou popsány v kapitole 4.2.2.

Jako přídavný materiál se používá svařovací drát Sidergas S7 o průměru 1 mm. Jedná se o poměděný drát plného průřezu s vyšším obsahem manganu a křemíku pro lepší dezoxidaci a zlepšení mechanických vlastností svarového kovu. V tabulce č. 6 jsou popsány mechanické vlastnosti a chemické složení přídavného materiálu. Používá se pro svařování metodou MAG s ochranným plynem Ar/CO₂ nebo čistým CO₂. Tento drát se používá na všech třech pracovištích výrobní linky.

Tabulka 6 Chemické složení a mechanické vlastnost drátu Sidergas S7 [23]

Prvek	Sidergas	
	min.	max.
C	0,065	0,08
Mn	1,60	1,70
Si	0,90	1,00
P	-	0,02
S	-	0,02
Cu	-	0,30
Mo	-	0,10
Ni	-	0,10
Ti+Zr	-	0,03
Al	-	0,02
Cr	-	0,15
V	-	0,015

	Sidergas
	průměrné hodnoty (*)
Mez pevnosti (Rm)	600 [MPa]
Mez kluzu (Rp0.2)	500 [MPa]
Tažnost (A%)	26 (L₀=5d₀)

8. Výrobní proces výložníku

Výložník se skládá z ocelových plechů a odlitků. Odlitky jsou outsoursovány k dodavatelům a jsou z nich vyrobeny odlitky spojující výložník s otočí a násadou bagru (Obr. 2). Dalším dílem jsou obráběná pouzdra čepů, sloužící k připojení hydraulických válců, které se také outsoursují. Zbylé vyřezané a ohýbané plechy se vyrábí přímo ve společnosti Bobcat. Na svařovací linku vstupuje materiál pohromadě na vozíku, odkud si jej svářeči berou a zakládají do přípravku. Vozík zároveň slouží i pro odkládání a pohyb materiálu po jednotlivých stanovištích linky. Pro pohyb mezi stanovišti je vozík připojen na pohybový řetěz. Výrobní takt linky je 18 minut, proto pracovní operace na každém stanovišti nesmí překročit tento časový limit.

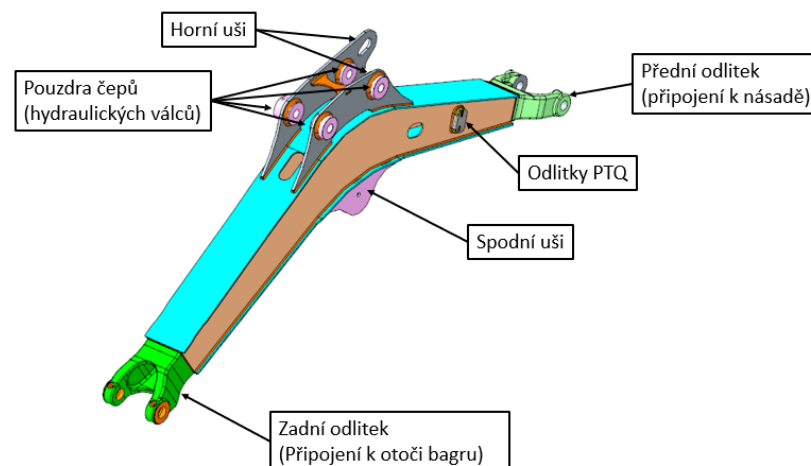
Na výložníku jsou použity dva druhy materiálů. Plechy a pouzdra čepů z nelegované jakostní oceli S355J2G3 (ČSN 11523) a odlitky z oceli na odlitky MS27 (dle standardu Bobcat).

Tabulka 7 Chemické složení oceli S355J2G3

	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Cr+Mo+Ni	Al
	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.
S355J2G3	0,22	0,55	1,60	0,035	0,035	0,30	0,08	0,30	0,48	0,02

Tabulka 8 Chemické složení oceli na odlitky MS27

	C	Mn	P	S	Si	Cr	Mo	Cu	Al	B
	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Max.	Min.
MS27	0,30	1,60	0,04	0,045	0,30-0,70	0,50	0,30	0,30	0,02-0,08	<0,0005



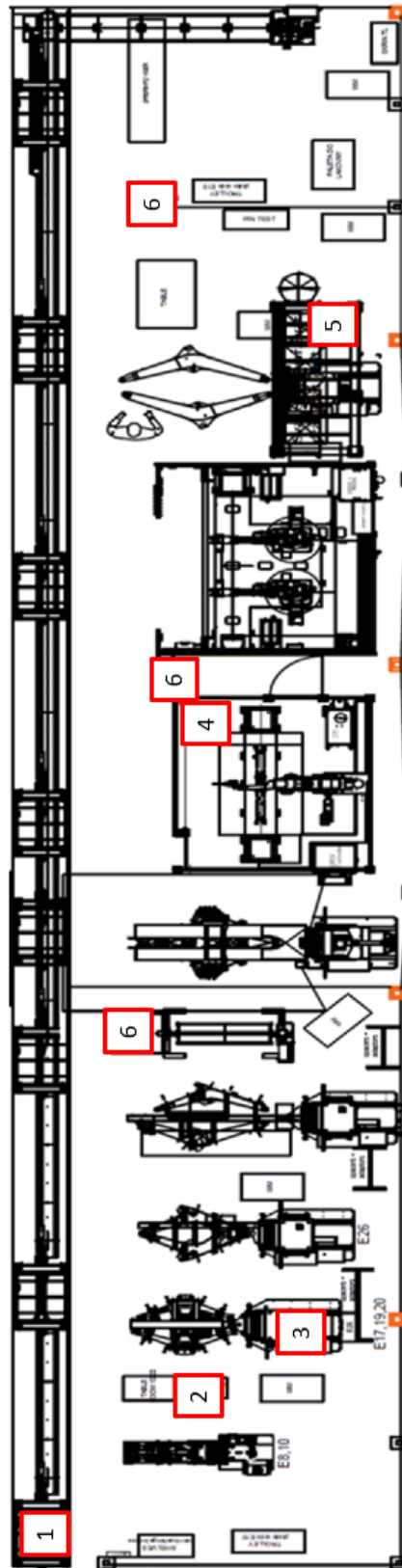
Obrázek 20 výložník bagru Bobcat E20

Na rámu bagru se nachází otoč, která slouží k připojení výložníku bagru, je na ní připojen i hydraulický válec, který slouží k rozpohybování a jehož druhá strana je připojená k horním uším (Obr. 22). Druhý hydraulický válec je připojený na jednom konci k uším výložníku a na druhé straně k násadě. Poloha horních uší patří k nejkritičtějším rozměrům z pohledu přesnosti, protože v případě nedodržení výkresové výrobní dokumentace, může dojít k problémům při montáži a předčasnému opotřebení hydraulických válců. Spodní uši (Obr. 22) slouží pro namontování osvětlení. Na odlitky se připojují držáky hydraulických hadic. Přední a zadní odlitky jsou duté, stejně jako výložník nemá uvnitř žádnou výztuhu, aby jím mohly být protaženy hadice.

Vozíky s materiálem jsou připravovány ve skladu, kde se na ně umístí všechny potřebné díly, proto řešený výrobní proces v diplomové práci začíná vstupem materiálu na svařovací linku. Všechny díly vstupují na linku naskládané na vozíku. Prvním krokem je založení jednotlivých plechů do stehovacího přípravku a jejich nastehování. Násada a výložník jsou párové díly proto jsou linky umístěny vedle sebe a mají společné vozíky.



Obrázek 21 Vozík z linky násady a výložníku



1. Vozík svařovací linky
2. Stůl pro stehování horních uší
3. Polohovadlo se stehovacími přípravky
4. Robotické pracoviště
5. Polohovadlo s přípravkem pro dokončování
6. Parkovací polohy jeřábů

Obrázek 22 layout svařovací linky

8.1. Stehování výložníku

Stehovací přípravek musí být vybaven hydraulickými nebo manuálními upínkami, prizmaty pro zafixování otvorů pro čepy a stavitelnými dorazy. Jeho úkolem je přesně vytvořit následný tvar svařence v požadovaných rozměrech a tolerancích. Po založení dílů do přípravku a jejich fixace pomocí upínek a dorazů je možné pomocí krátkých stehových svarů spojit jednotlivé díly. Zakládání do přípravku bude nutné provádět na několik částí, z důvodu vnitřních svarů mezi odlitkem a plechy. Pro stehování výložníku bude nutné použít dva přípravky, v jednom budou nastehovány horní uši jako podsestavy a ve druhém se bude stehovat celý výložník. Přípravky pro stehování uší budou z důvodu úspory místa uloženy v regálu a budou přesouvány na stůl, kde budou používány. Pro stehování výložníku bude použit přípravek připojený k polohovačce, aby bylo možné svařencem otáčet a tím dosáhnout svařování v základních polohách.

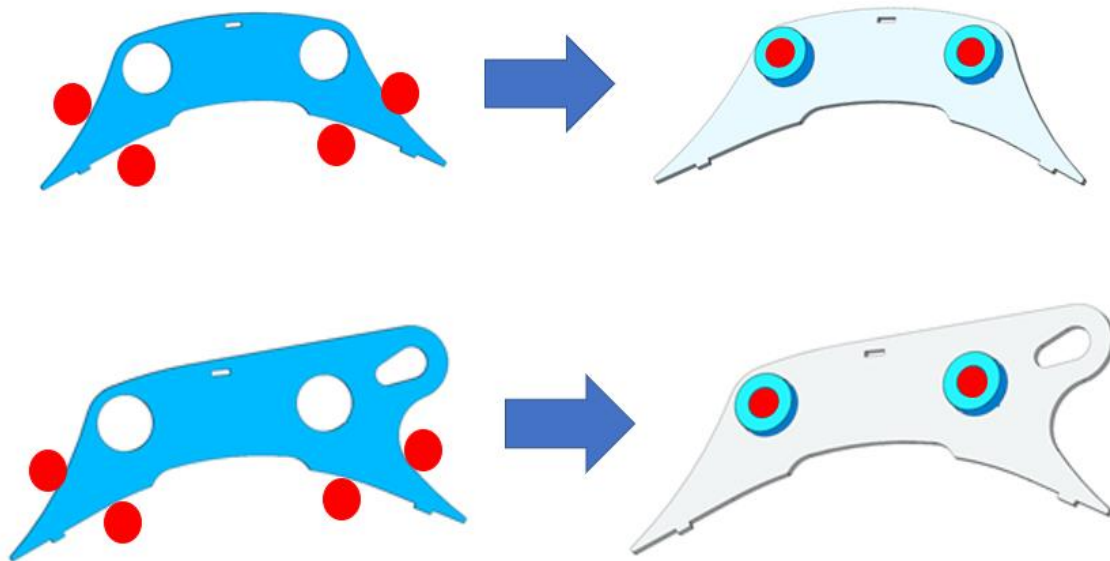
Tabulka 3 svařovací parametry stehování dle standardu Bobcat

Svařovací parametry - stehování	
Napětí na oblouku	29 V +/- 10%
Svařovací proud	220 A +/- 10%

8.1.1. Sekvence zakládání a stehování

Nejprve se v menším přípravku, který bude umístěn na stole sestaví horní uši. Přípravek není potřeba ukládat na polohovačce, protože se zde svařují pouze tři krátké stehové koutové svary. Na stůl se bude přípravek přemísťovat z regálu pouze při výrobě tohoto modelu, při výrobě ostatních modelů bude umístěn v regálu spolu s ostatními nepoužívanými přípravky.

První se založí plechy uší a poté se do nich založí pouzdra pro čepy. Plechy uší se od sebe tvarově liší, liší se i pouzdra, které se do nich zakládají. Jedno z pouzder má v sobě otvor, sloužící k fixaci čepu držícího hydraulický válec, tento otvor je kolmý k ose čepu. Pro zajištění správné orientace čepu bude přípravek vybaven upínkou zapadající do tohoto otvoru, tím se nejen vymezí jeho přesná orientace, ale zamezí se tím i otočení pouzdra a prohození jednotlivých pouzder. Jelikož mají obě pouzdra stejný vnitřní i vnější průměr. Tento přípravek bude vybaven pouze manuálními upínkami a nebude vybaven senzory.

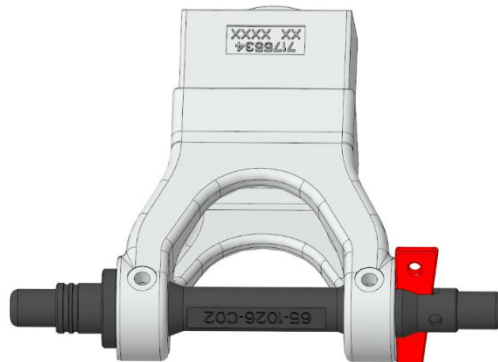


Obrázek 23 postup skládání uší

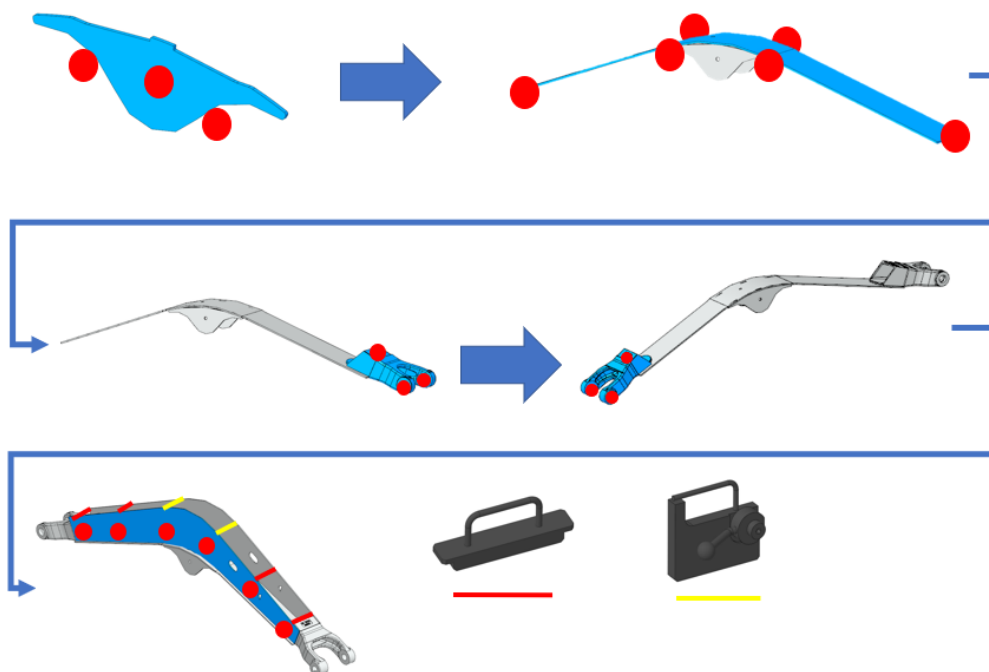
Plechý uší budou fixovány na spodní straně dorazy a na červeně vyznačených místech budou dorazy pro vymezení polohy (Obr. 25). Pouzdra čepů se založí na kolíky, které musí mít osazení pro nastavení přesné polohy vůči plechům. Poloha pouzder je jeden z kritických rozměrů, protože po sestavení se do mezery mezi podsestavami zakládají hydraulické válce. Musí tedy být zajištěna jejich souosost a vzdálenost mezi nimi. Z důvodu úspory času se obě podsestavy budou stehovat až při stehování první části výložníku.

Po složení uší je možné začít skládat jednotlivé díly do hlavního stehovacího přípravku. Ten bude připojený k polohovadlu, vybaven senzory, hydraulickými a manuálními upínkami. Kvůli úspoře místa se na této lince používají „sendvičové“ přípravky (dva přípravky spojené k sobě a připevněné k jednomu polohovadlu). Tato konstrukce umožňuje úsporu místa hlavně pokud se na jedné lince vyrábí více různých svařenců. Pomocí senzorů se bude kontrolovat, jestli byl díl správně založen, což je důležité z pohledu kvality, a jestli hydraulické válce byly vysunuty do koncové polohy. Kontrola vysunutí je důležitá hlavně kvůli bezpečnosti svařeče při otáčení přípravku, aby se zabránilo jeho vypadnutí.

První se do přípravku založí spodní uši, následně se založí spodní plech. Po založení těchto dvou plechů svářeč založí do odlitků čepy, které chrání plochy a vnitřní otvory proti svařovacímu rozstříku, a bude možné za ně díl uchytit do přípravku (Obr. 24). Oba odlitky se poté založí do přípravku. Do odlitků svářeč založí boční plechy. Tím je dokončeno skládání první části, svářeč může upnout manuální upínky a pomocí hydraulického okruhu zavřít hydraulické. Mezi boční plechy je potřeba umístit rozpěry, aby při stehování nedošlo k jejich sevření a byla zachována mezera mezi nimi, budou použity dva druhy viz (Obr. 25). Jeden druh drží plechy pouze na horní straně (červeně označený) a druhý ve spodní části (žlutý). Červeně jsou vyznačeny upínací body přípravku.

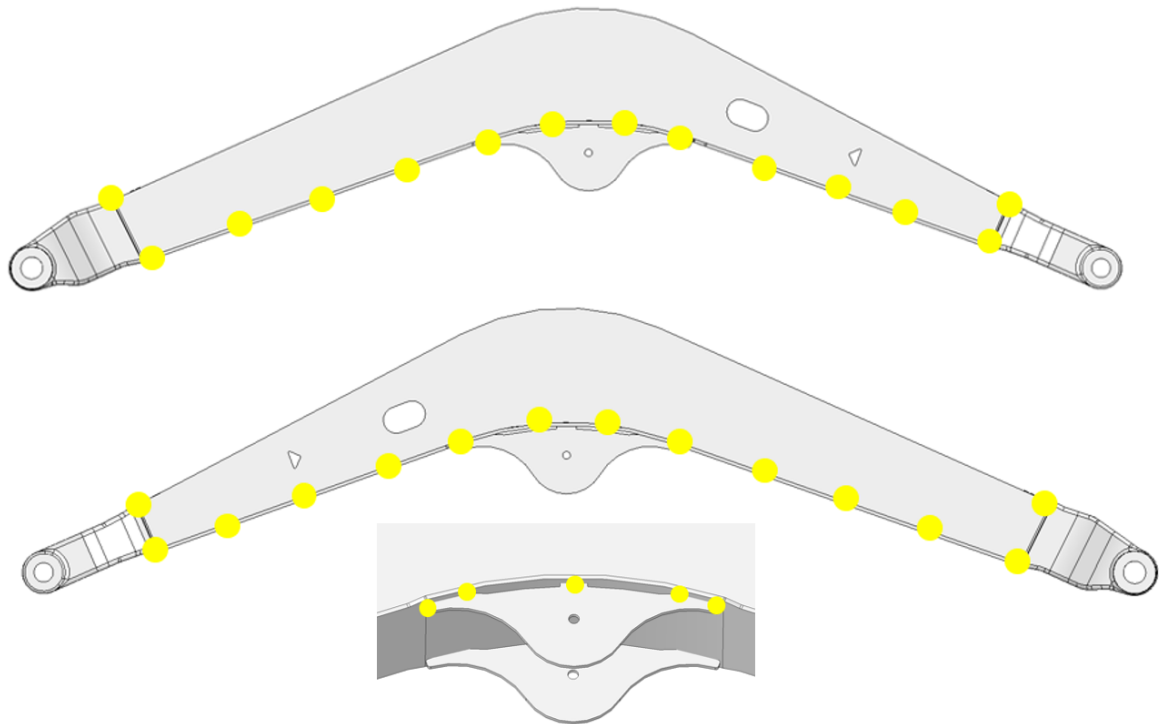


Obrázek 24 Fixační čep odlitku



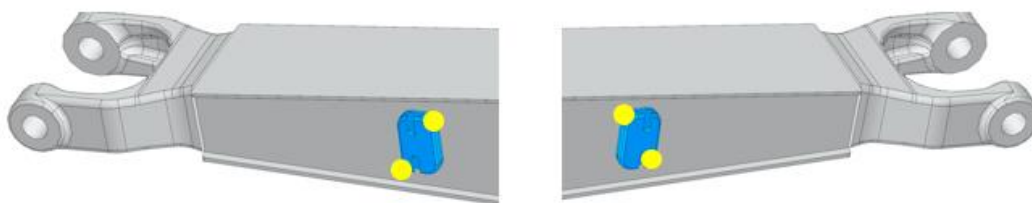
Obrázek 25 Postup skládání první části výložníku ve stehovacího přípravku

Dále bude možné začít stehovat první část, nastehovat i uši a svařit vnitřní svary. Svářeč začne stehovat výložník z jedné strany a bude pokračovat dokola. Stehy budou dlouhé 20 mm. Důležité je aby svářeč při stehování podvařil případné mezery mezi spodním a bočním plechem. V případě že zůstane velká mezera mezi plechy, robot nedokáže provést svar v požadované kvalitě.



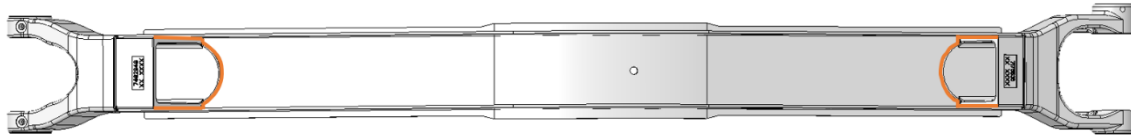
Obrázek 26 Schéma polohy stehových svarů

Po nastehování je možné založit odlitky držáků hadic na bocích výložníku. Tyto odlitky zapadají do trojúhelníkových otvorů, čímž je přesně vymezena jejich poloha. Není tedy nutné je fixovat pomocí upínek a svářeč je může přivařit stehovými svary.



Obrázek 27 stehování bočních odlitků

Po nastehování obou stran výložníku může svářeč svařit vnitřní svary. Tyto svary je nutné provést teď, protože po zaklopení vrchním plechem se k nim nebude možné již dostat (Obr. 31).

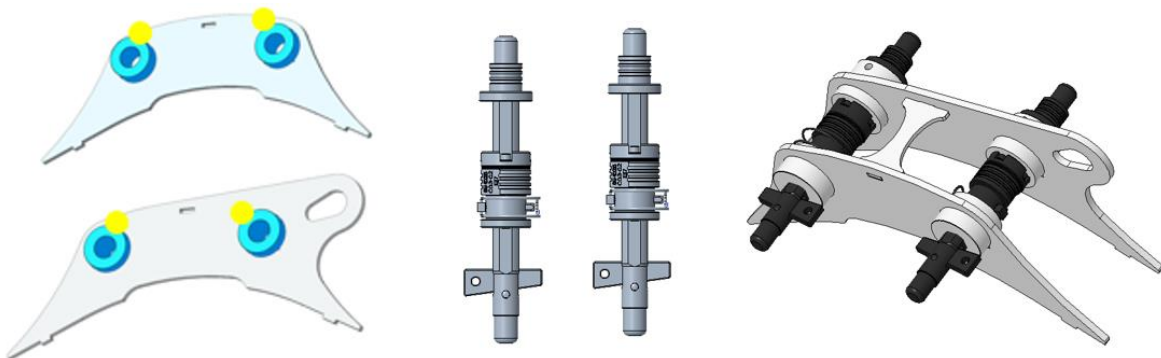


Obrázek 28 Schéma vnitřního svaru výložníku

Tabulka 9 svařovací parametry - svařování

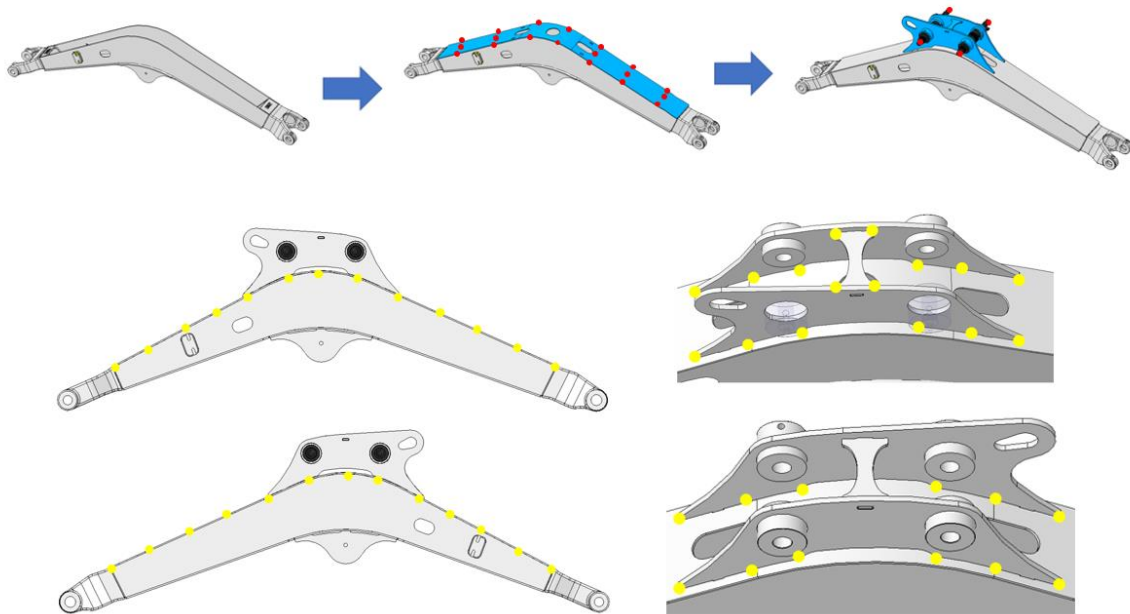
Svařovací parametry - svařování	
Napětí na oblouku	26,2 V +/- 10%
Svařovací proud	243 A +/- 10%

Po svaření vnitřního svaru se svářeč přesune ke stolu, kde nastehuje uši, složí je dohromady pomocí čepů a založí mezi ně rozpěrný plech (Obr. 32). Čepy mají dvě funkce, vymezují správnou vzdálenost mezi pouzdry a zároveň chrání funkční plochy pouzder od svařovacího rozstříku vzniklého při robotickém svařování. Pouzdra čepů budou svařována pouze v jednom místě a svary kolem pouzder budou prováděny až jako poslední. Je to vhodné z důvodu vneseného tepla do svařence při procesu svařování, aby byla zajištěna jejich sousost.



Obrázek 29 Stehování a skládání uší

Nyní je možné poskládat zbytek svařence v hlavním přípravku. Dojde k zaklopení vrchním plechem, založení složených horních uší. Fixační body jsou vyznačené červeně, po složení dojde k upnutí zbývajících upínek, následně dojde k provedení stehovacích svarů (Obr. 33). Fixování horních uší bude provedeno pomocí prizmatického „sedla“ do kterého zapadnou válcové konce rozpěrných čepů založených do horních uší.



Obrázek 30 skládání a stehování výložníku

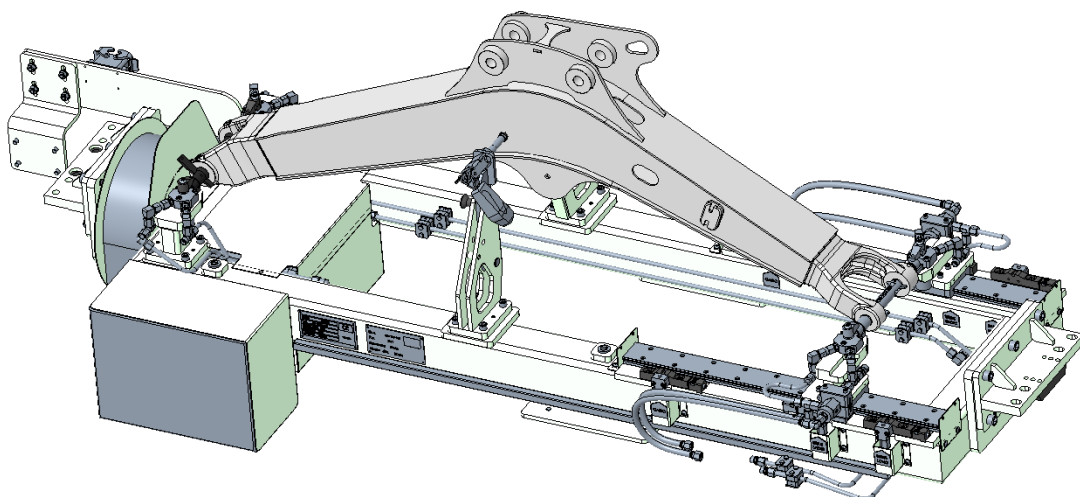
Po provedení stehovacích svarů bude možné odepnout všechny hydraulické a manuální upínky a vyjmout svařenec z přípravku. Nastehovaný výložník bude přemístěn na vozík odkud bude následně přemístěn do robotického přípravku. Hmotnost výložníku je přibližně 55 kg, proto se k transportu použije mostový jeřáb, kterým je linka vybavena. Jako upínací bod je projektováno jedno z horních uší, ale vzhledem k těžišti výložníku bude k vyjmutí z přípravku použit plech spojující obě uší. V případě použití upínacího bodu by došlo ke vzpříčení výložníku v přípravku a nebylo by jej možné vyjmout.

8.1.2. Robotické svařování výložníku

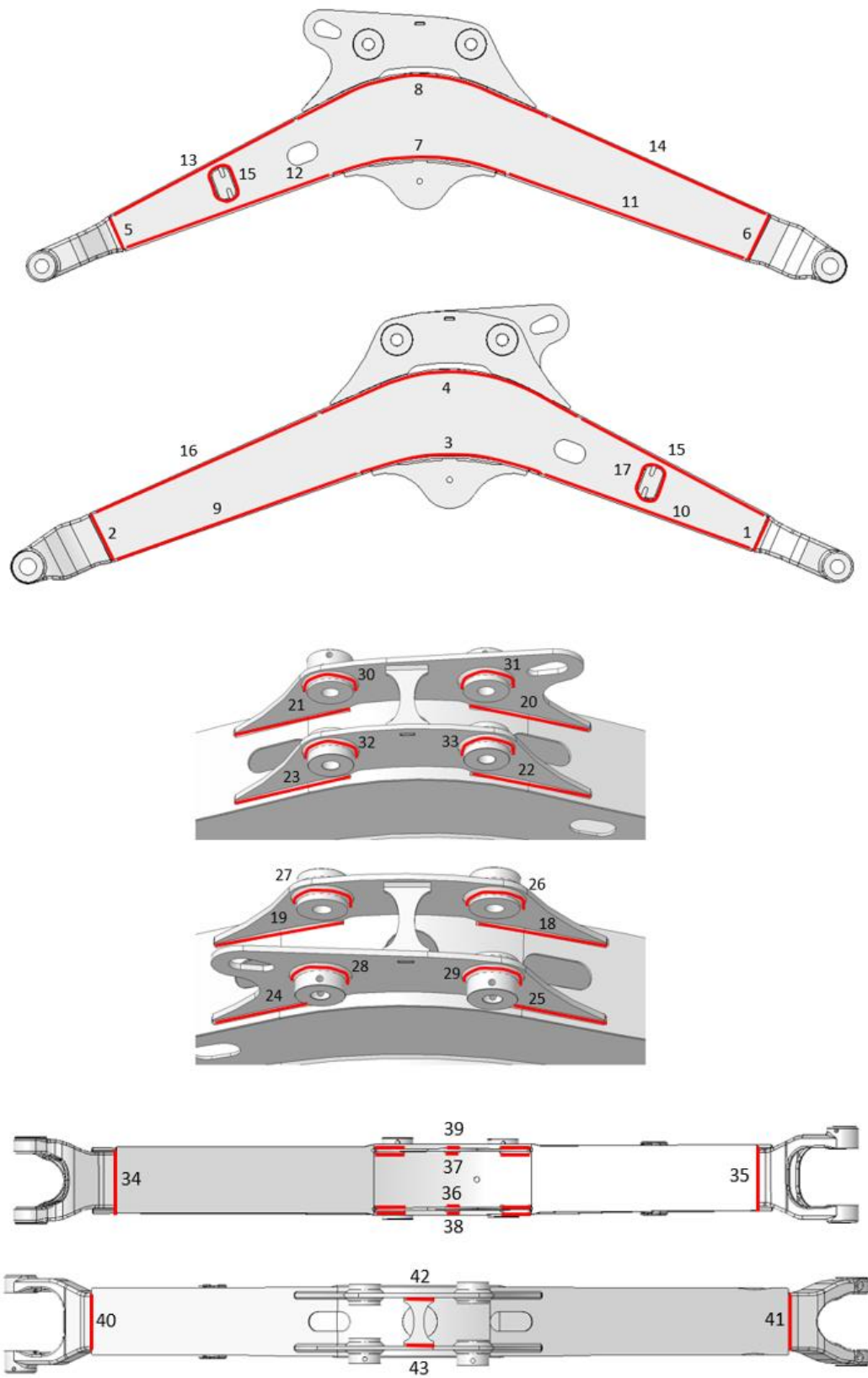
Dalším stanovištěm výrobní linky je pracoviště robotického svařování. Zde bude použito stávajícího svařovacího přípravku, na kterém budou provedeny úpravy. Upnutí svařence se realizuje za čepy vložené do odlitků na obou koncích výložníku. Před založením do přípravku bude svařenec nastříkán separátorem, který minimalizuje množství kuliček kovu zachycených na svařenci vlivem rozstříku svarového kovu. Jedna strana uchycení výložníku je pevná a upínky na druhé straně jsou na lineárním vedení, díky tomu nebude třeba složitých úprav (Obr. 34). Nejdříve budou svařovány příčné, následně podélné svary, jako poslední budou svařovány horní uši, kde se jako poslední budou svařovat svary kolem pouzder pro čepy. Přípravek je připojen k polohovadlu, společně s kinematikou robotu je tak možné docílit svařování v nevhodnějších polohách. Z důvodu minimalizace množství vneseného tepla se budou svary provádět zrcadlově, nejdříve na jedné a následně na druhé straně. Na následujícím obrázku (Obr. 35) je očíslováno pořadí jednotlivých svarů.

Tabulka 10 Svařovací parametry robotického svařování

Svařovací parametry – robotické svařování	
Napětí na oblouku	27,5 V +/- 10%
Svařovací proud	256 A +/- 10%
Svařovací rychlost	45 cm/min



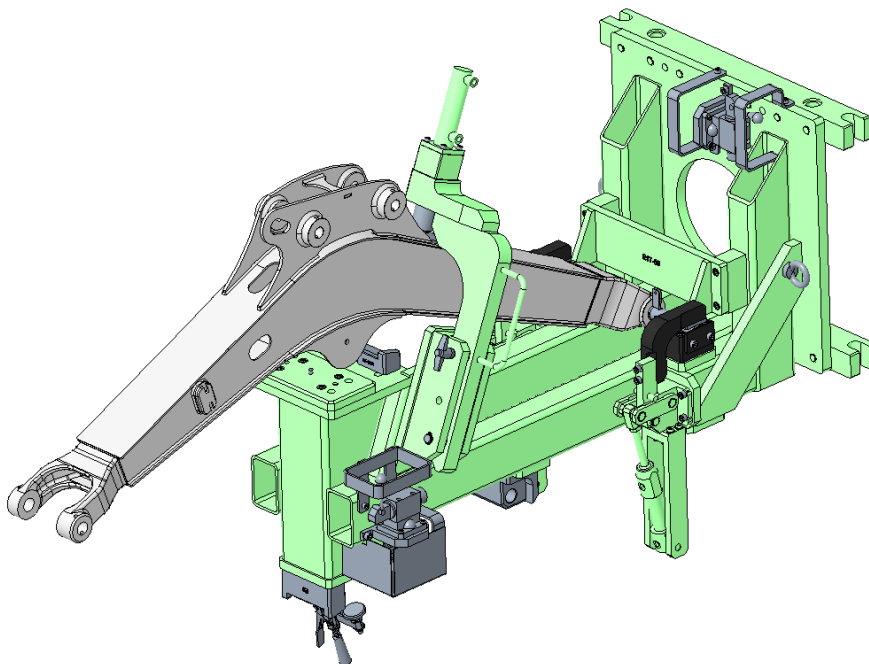
Obrázek 31 Výložník založený do svařovacího přípravku



Obrázek 32 sekvence pro robotické svařování

8.1.3. Dokončovací pracoviště

Po vyjmutí z robotického přípravku bude svařenec přemístěn na dokončovací pracoviště. Na tomto stanovišti bude provedena vizuální kontrola a případná oprava svarů provedených robotem. Dále dokončení některých svarů v místě, kam se robot nedostal, broušení svarů a čištění od kuliček kovu vzniklých svařovacím rozstříkem. Svařování bude prováděné stejně jako na prvním stanovišti pomocí poloautomatického způsobu svařování (ruční hořák). Dokončení svarů bude hlavně v místech, do kterých se robot nedokázal dostat. Přípravek pro dokončování bude nutné upravit, protože předchozí model nemá spodní „ušič“ (Obr. 36). Očištění od kuliček kovu vzniklých svařovacím rozstříkem je důležité, protože se jedná o pohledové díly. Kuličky kovu by tak tvořily nerovnosti po nalakování. Po očištění svařence v přípravku bude nutné položit výložník na stůl, a i na něm očistit zbylá místa, do kterých nebyl přístup kvůli přípravku. Z tohoto pracoviště je výložník posílán na vozíku do lakovny odkud následně putuje na montáž. Před odvezením do lakovny je nutné provést finální vizuální kontrolu, při které se zkontrolují všechny svarové housenky, očištění povrchu od kuliček a všechny hrany (nesmí být žádné ostré hrany). Důležité je také pomocí čepů vyzkoušet průchodnost všech pouzder pro čepy.



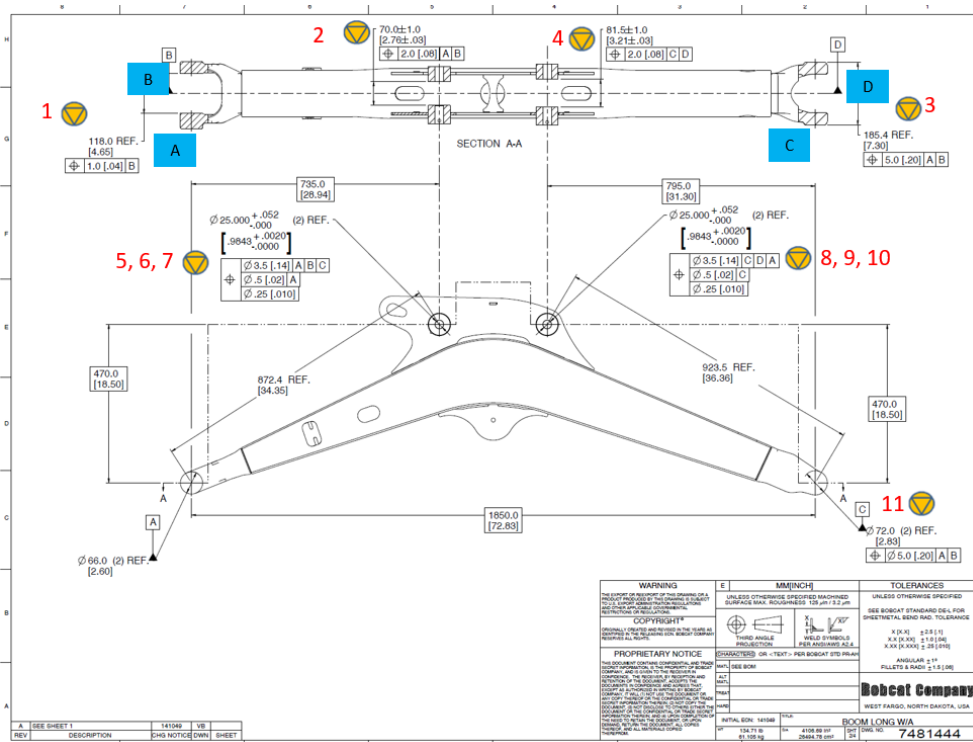
Obrázek 33 Dokončovací přípravek se založeným dílem

9. Provedení DPI analýzy

Pro provedení DPI analýzy je třeba se nejdříve seznámit s vyráběným dílem a zjistit které faktory jsou kritické z pohledu kvality, procesu a konstrukce. Po dodání modelu byla vytvořena výrobní sekvence. Pro vytvoření sekvence bylo nutné seznámit se s modelem a projít všechny svary výložníku.

9.1. CTQ – critical to quality

Hlavním důvodem provedení této analýzy je seznámení se s kritickými parametry výložníku. Jedná se o tolerance mající vliv na kvalitu a životnost výložníku. Na výrobním výkresu bylo nutné analyzovat jednotlivé tolerance. Z pohledu svařování nejsou důležité všechny tolerance, ale pouze tolerance celé sestavy, protože jednotlivé díly by měly vstupovat na linku v požadované kvalitě a splňovat předepsané tolerance. Po svaření celého výložníku bude následovat obrábění, které minimalizuje možné nepřesnosti vzniklé deformacemi při svařovacím procesu.

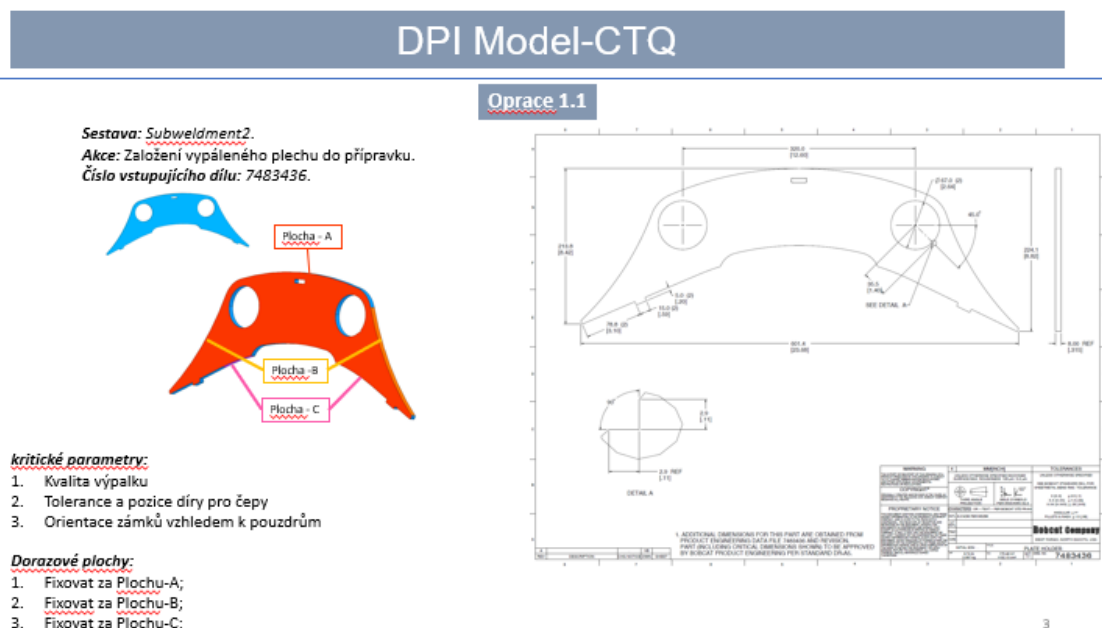


Obrázek 34 Vyznačené CTQ tolerance výložníku

Z výkresu je zřejmé, že geometrické tolerance tvoří dvě skupiny. Svazují na každé straně společně odlitek s pouzdry pro čepy. Od této skutečnosti se bude následně odvíjet i konstrukce přípravku. Základnami geometrických tolerancí jsou dvě osy, dvě procházející středem odlitků a dvě osy jdoucí středy děr v odlitku sloužící k připojení násady a otoče bagru. Vzájemná poloha středů děr pro čepy v odlitcích musí být v 5 milimetrech vůči ose procházející středem protějšího odlitku.

9.2. Kritické parametry dílů

Existují rozměry a geometrie jednotlivých dílů, u kterých, pokud nedojde k dodržení, nebude to mít vliv na funkčnost celé sestavy. Naopak kritické parametry, které budou mít při nedodržení vliv na sestavení nebo funkčnost celé sestavy, je nutné vyspecifikovat, aby bylo možné jejich hodnoty sledovat. Na rozdíl od P-FMEA analýzy se nehodnotí vady vzniklé procesem, ale posuzují se možné vady, se kterými by jednotlivé díly mohly vstupovat do procesu. Vzhledem k výrobnímu procesu, se jako nejkritičtější jeví otvory, za které se jednotlivé díly budou fixovat. Nejkritičtějším prvkem je přesnost dílu vyrobených pomocí laseru a rovinnost plechů. Před vstupem do linky neprobíhá rovnání plechů. Některé díly jsou vyráběny u dodavatelů a vlivem transportu může docházet k jejich zvlnění. Stejně tak díly, které nejsou vyráběny u dodavatelů nejsou rovnány před ani po výrobě.



Obrázek 35 Příklad DPI analýzy

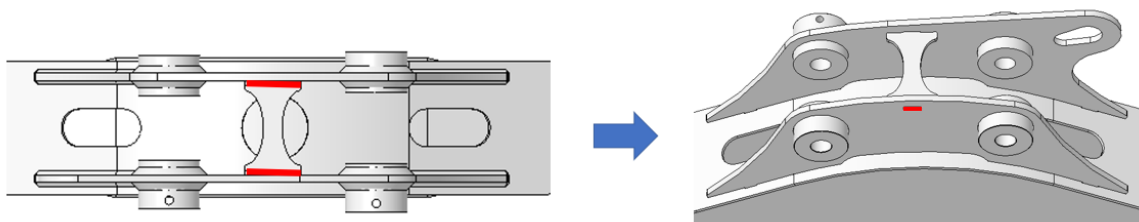
9.3. Dorazové plochy

Pro vytvoření přípravku je nutné vyspecifikovat i plochy za které bude probíhat upínání. Vzhledem ke konstrukci přípravků, kdy nejnáročnější je v tomto ohledu stehovací přípravek, týká se vyspecifikování těchto ploch pouze stehovacího přípravku. Jsou zde vyznačené pouze upínací plochy, a ne přesné body, jako tomu je v sekvenci. Tato analýza se často provádí před uzavřením finální konstrukce, a proto může dojít k drobným změnám. Plochy je nutné vybírat tak, aby byly dostupné všechny svary a zároveň umožňovali fixaci dílu v předepsané poloze.

9.4. Výsledky DPI analýzy

DPI analýza po vypracování sloužila jako podklad pro P-FMEA analýzu. Její výsledky byly prezentovány oddělení technologie společnosti Bobcat. Při prezentaci se vyskytly drobné připomínky ke konstrukci od technologů lakovny, kteří požadovali přidání některých svarů do míst, které nebude možné zalakovat. Jedná se o pohledový díl, a proto je nutné, dodržet vysokou kvalitu povrchové úpravy. Připomínky byly předány zpět konstruktérům, aby vyřešili tyto problémy.

Jedním ze svarů, který by bylo vhodné přemístit je svar držící rozpěru horních uší. Při aktuálním designu by byl problém se zalakováním v místě zámku, proto by bylo vhodné nahradit koutové svary tupými v oblasti zámku (Obr. 39).



Obrázek 36 Přesun svaru rozpěry uší

Nejkritičtějším parametrem z pohledu kvality vstupujících dílů je rovinnost plechů. Plechy nejsou rovnané, proto bude nutné konstruovat přípravek tak, aby bylo možné tyto nepřesnosti minimalizovat. Toto se týká hlavně dlouhých plechů tvořících tělo výložníku (spodní, vrchní a boční plechy). U horních a spodních plechů je dalším kritickým místem přesnost a kvalita ohybu. V přípravku sice dojde k drobnému vyrovnání díky založení bočních plechů, ale i přes to mohou mezi vodorovnými a svislými plechy vznikat mezery, které bude nutné „podvařit“ na pracovišti stehování. „Podvařování“ mezer je nutné, protože pokud je mezi plechy mezera, svařovací robot nevytvoří svarovou housenku v místě dotyku plechů. Dalším dílem, u kterého je nutné sledovat kvalitu, jsou odlitky na koncích, které jsou z pohledu výroby nejkritičtějším faktorem celého výložníku. Pokud budou díry pro čepy pouze odlity a nebudou vrtány, může to způsobovat nemožnost založení čepů fixujících odlitek. Dalším faktorem je nutnost obrobení boků odlitek sloužících pro připojení k násadě a výložníku. Odlitky jsou vyráběny odléváním do pískových forem a kvalita povrchu ploch dotýkajících se spodního, vrchního a bočních plechů není dostatečná. Což by mohlo způsobit mezeru mezi plechy a odlitkem, a tím snížit pevnost svarů. To povede ke snížení odolnosti výložníku. Odlitky by tedy měly být obrobeny načisto bez přídavku na plochách dosedajících do výložníku a díry pro čepy. Tyto otvory jsou nutné pro uchycování v přípravcích a manipulaci po lince. Pouzdra čepů v uších je potřeba před vstupem do procesu vyvrtat s průměrem menším, než je předepsaný na výkrese a po finálním svaření obrobit načisto.

Vzhledem k hmotnosti výložníku, která je přibližně 61 kilogramů bude nutné použít pro manipulaci na výrobní lince jeřáb. A to jak pro vyndání ze stehovacího přípravku, tak i pro manipulaci mezi stanovišti. Výložník je vybaven upínacím okem na jednom z uší, pokud by byl výložník uchycen za toto ucho, dojde k jeho vzpříčení v přípravku a nebude ho možné vyndat ze stehovacího přípravku. Stejně obtížné by bylo i jeho založení do robotického a dokončovacího přípravku. Proto bude k tomuto účelu využita rozpěra mezi ušima. Výložník tak bude možné zaháknout přibližně v místě jeho těžiště a nedojde k jeho vzpříčení v přípravku. Stejně tak bude snazší zakládání do robotického a dokončovacího přípravku. Celou DPI analýzu je možné nalézt v **příloze č.2**.

10. Provedení P-FMEA analýzy

Procesní FMEA analýza byla revidována týmem technologie. V této části budou zobrazeny pouze kritické procesy, překračující zvolenou hranici. Kompletní P-FMEA analýza je přidána jako příloha č. 3 Jako hranice maximálního RPN byla stanovena hranice 100 bodů, u všech položek, které tuto hodnotu překračovaly, bylo navrženo opatření pro snížení této hranice.

Nejsnazším způsobem zabránění vzniku vad při výrobě je design podle principu Poka-Yoke, jak při konstrukci samotného dílu, tak i při konstrukci přípravku. Díly jsou konstruovány tak, aby se nedaly založit jiným způsobem, nebo přípravky znemožňují vznik vady. Jedná se například o použití zámků (v jednom díle jsou vytvořeny otvory a druhý díl do něj zapadne pouze ve správném směru). Další možností je osazení přípravku senzory, detekujícími přítomnost plechu, ty současně fungují i z bezpečnostního hlediska a zabraňují zranění svářeče.

Jako jeden z výchozích podkladů pro vytvoření P-FMEA analýzy posloužila DPI analýza, ze které bylo možné použít výrobní sekvenci. Na rozdíl od DPI analýzy se P-FMEA věnuje chybám vzniklým při procesu výroby a vychází se z předpokladu, že jednotlivé komponenty vstoupily na linku v předepsané kvalitě. Ke každému kroku výroby byly navrženy jednotlivé možnosti selhání. Pokud se jedná o skládání dílů v přípravku, jsou to vždy tyto možnosti selhání: díl nebude do přípravku založen vůbec, díl bude založen ale ne do správné polohy a díl bude založen, ale jeho orientace v přípravku nebude správná (například otočení plechu o 180°). Při procesu stehování a svařování jsou následující možnosti selhání: neprovedení některých svarů a špatná velikost svaru. Většina vad je způsobena nedodržením předepsaného pracovního postupu, případně nedostatečnou kvalifikací pracovníka. Stejně jako ve všech ostatních oblastech průmyslu se společnost Bobcat potýká s velkou fluktuací zaměstnanců a jejich nedostatečnou kvalifikací. Dalším problémem je nedostatečná znalost češtiny u některých svářečů. Z důvodu neznalosti češtiny nejsou schopni následovat pracovní postup podle návodů, které jsou psány v českém jazyce.

10.1. Navržené úpravy pro snížení RPN

V této části DP budou popsány navržené úpravy pro snížení RPN (kritičnost procesu). Všechny části procesu přesahující hranici 100 bodů RPN budou revidovány a navrženy úpravy, které tuto hranici sníží. Nejsnazší možností snížení tohoto parametru je pomocí zvýšení detekovatelnosti, případně zabránění možnosti tuto chybu provést. Úpravy se týkají jen některých částí procesu, celou P-FMEA analýzu je možné nalézt na konci diplomové práce jako **přílohu č.3**.

Způsobů, jak snížit RPN, je několik. Nejlepším z nich je zamezení nechtěného vzniku těchto vad tak, aby je nebylo možné vůbec provést, jedná se tak o princip Poka-Yoke, tedy snížení neúmyslných chyb. Tento princip se dá uplatnit hlavně při skládání v přípravku. Konstrukce přípravku, společně s konstrukcí dílu, musí zamezit umožnění provedení chyby. Například tak, že díl nejde jinak založit. Dalším způsobem, jak detekovat vady například špatného založení do přípravku, je například pomocí indukčních senzorů. Tyto senzory mají zároveň bezpečnostní funkci, protože v případě špatného založení by nemusel být díl pevně upnut a při otáčení přípravků by mohl vypadnout. Tyto senzory se používají i u robotických přípravku kde sice nehrozí zranění operátora robota, ale hrozí nabourání a poškození svařovacího robota.

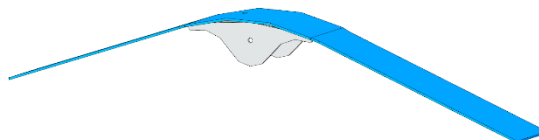
Pro zajištění požadované kvality svarů je většina svarů prováděna svařovacím robotem. Jedním z nejkritičtějších míst celého procesu se ukázalo stehování. Pro stehování by bylo možné buď použít svařovacího robota, což by ovšem znamenalo stavbu nové, případně úplné předělání stávající linky. Další možností, jak zkontrolovat velikost, polohu a počet stehových svarů je použití optických senzorů. Optické scannery vybavené laserem dokážou určit polohu a změřit velikost svarů.

10.1.1. zakládání spodního plechu do přípravku

Tabulka 11 P-FMEA Operace 3.3

operace	Popis součásti	Procesní funkce/Požadavek	možnost selhání	efekt selhání	závažnost [1-10]	důvod selhání	RPN			
							četnost [1-10]	způsob detekce	detekovatelnost [1-10]	
Operace 3.3	Ohnutý plech (7461913)	Založení plechu ve správné poloze do přípravku (65-xxx)	Nezaložení do přípravku	nebude možné založit odlitek	7	Operátor nepracuje dle stanoveného pracovního postupu	2	Následující operace	2	28
			špatná orientace plechu	Boční plechy budou přečínávat	8	Operátor nepracuje dle stanoveného pracovního postupu	3	Vizuální	8	192
			špatné založení plechu	nebude možné založit odlitek	8	Operátor nepracuje dle stanoveného pracovního postupu	2	vizuální	8	128

Založení ohnutého spodního plechu do přípravku (Obr. 40). Problémem tohoto plechu, je možnost založení do přípravku obráceně. Vzhledem k tomu, že strany dílu nejsou symetrické, existuje možnost ho do přípravku založit obráceně. Druhou možností je nesprávné založení do přípravku, což by mělo vliv na skládání zbytku výložníku. Pro zamezení těchto chyb, by neměl přípravek umožňovat založení do nesprávné polohy, či špatnou orientaci plechu. Toho se dá docílit osazením přípravku senzory detekujícími přítomnost dílu ve správné poloze. Další možností by bylo použití „zámků“ (na bočních plechách, kde by byly výstupky), které by zapadly do otvorů ve spodním plechu. Jedná se tedy o princip Poka-Yoke.



Obrázek 37 Spodní plech Operace 3.3

10.1.2. Stehování první části výložníku

Tabulka 12 P-FMEA operace 4.1

operace	Popis součásti	Procesní funkce/Požadavek	možnost selhání	efekt selhání	závažnost [1-10]	důvod selhání	RPN			
							četnost [1-10]	způsob detekce	detekovatelnost [1-10]	RPN
Operace 4.1	Stehování	Stehování plechů a odlitků	žádné svary	Díl se rozpane při vyndávání z přípravku	7	Operátor nepracuje dle stanoveného pracovního postupu	2	Vizuální	8	112
			Velikost svarů bude větší než předepsaná	Může dojít k podvažení hran	7	Operátor nepracuje dle stanoveného pracovního postupu	2	Vizuální	8	112
			Velikost svarů bude menší než předepsaná	Riziko rozpadnutí součásti při transportu do robotu	8	Operátor nepracuje dle stanoveného pracovního postupu	3	Vizuální	8	192
			nedojde k podvažení mezer	Dojde k dislokaci svarové housenky	7	Operátor nepracuje dle stanoveného pracovního postupu	3	Double Vizuální	7	147
			Špatný počet stehových svarů	Dojde k nepřiměřené deformaci	7	Operátor nepracuje dle stanoveného pracovního postupu	3	Vizuální	8	168

Popis této operace je znázorněn na (Obr. 29). Jedná se o stehování první části výložníku a také stehování podsestav horních uší. Celý proces stehování dosahuje poměrně vysokých hodnot RPN. Je to z důvodu špatné detekovatelnosti a velké závažnosti chybějících stehových svarů, kdy by mohlo v extrémním případě při transportu do robotického pracoviště k selhání celé sestavy. Pokud by svářeč díl vůbec nenastehoval, došlo by k rozpadnutí sestavy při uvolňování manuálních a hydraulických upínek. Malý počet stehových svarů nebo malé velikosti stehových svarů by mohly způsobit selhání součásti při transportu, nebo poruchu stehových svarů během svařovacího procesu v robotickém pracovišti. V případě poruchy stehových svarů by mohlo dojít k uvolnění dílu, a tím k dislokaci svaru prováděného robotem, případně nabourání robota. Pokud svářeč nepodvaří mezery mezi plechy, robot nebude schopen provést svary ve správném místě a v požadované přesnosti. V případě velké velikosti stehových svarů by mohlo dojít k podvažení. Způsob detekce těchto vad je pouze vizuální, pro snížení RPN bylo navrženo osadit přípravek optickými senzory, které budou kontrolovat velikost a umístění stehových svarů. Další variantou by bylo, aby stehování sestavy prováděl sám robot, vybavený senzory tak, aby dokázal vyvařit případné mezery mezi jednotlivými plechy.

10.1.3. Svařování vnitřních svarů

Tabulka 13 P-FMEA operace 4.2

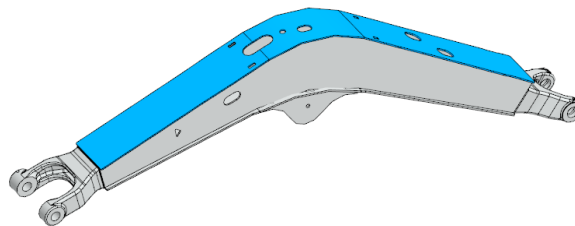
operace	Popis součásti	Procesní funkce/Požadavek	možnost selhání	efekt selhání	závažnost [1-10]	důvod selhání	četnost [1-10]	způsob detekce	detekovatelnost [1-10]	RPN
Operace 4.2	Svařování	Svařování vnitřních svarů	Nebudou svařeny	Snížená životnost výložníku	8	Operátor nepracuje dle stanoveného pracovního postupu	4	Vizuální	8	256
			Velikost svarů je větší než předepsaná	Možnost vzniku deformací a nemožnost založení dalších dílů	7	Operátor nepracuje dle stanoveného pracovního postupu	2	Vizuální	8	112
			Velikost svarů je menší než předepsaná	Snížená životnost výložníku	8	Operátor nepracuje dle stanoveného pracovního postupu	2	Vizuální	8	128

Tato operace se věnuje svařování vnitřních svarů, které budou následně zaklopeny vrchním plechem a nebude možné provést kontrolu svaru. Kontrola provedení tohoto svaru musí být provedena ještě ve stehovacím přípravku, protože po založení vrchního plechu by musel být ke kontrole svaru použit například endoskop nebo boroskop. Největším rizikem je, že svar nebude proveden vůbec. V takovém případě by mohlo dojít k selhání celého svařence během provozu stroje, protože svary spojují odlitky na koncích s plechy tvořící tělo výložníku (Obr.31). Menší, než předepsaná velikost svarů by mohla rovněž vést k porušení svarů a tím k porušení celého svařence. Důvodem, proč může dojít k těmto vadám (a dochází k nim při výrobě ostatních modelů) je lidský faktor. Svářeči často nerespektují předepsaný výrobní postup, čímž vznikají tyto vady. Kontrola svaru by mohla být provedena ještě před zaklopením vrchním plechem pomocí optických senzorů, které by zjistili přítomnost svaru a ověřily jeho správnou velikost. V takovém případě by hodnota detekovatelnosti klesla na hodnotu 2 a tím by se snížilo nejkritičtější RPN (případ neprovedení svaru) na hodnotu 64. V takovém případě by se RPN snížilo u všech možností selhání pod kritickou hranici sta bodů.

10.1.4. Zakládání horního plechu do přípravku

Tabulka 14 P-FMEA Operace 5.1

operace	Popis součástí	Procesní funkce/Požadavek	možnost selhání	efekt selhání	závažnost [1-10]	důvod selhání	četnost [1-10]	způsob detekce	detekovatelnost [1-10]	RPN
Operace 5.1	Ohnutý plech (7461912)	Založení plechu ve správné poloze do přípravku (65-xxx)	Nezaložení do přípravku	Oprace 5.4 nebude moci být provedena	7	Operátor nepracuje dle stanoveného pracovního postupu	1	následující operace	1	7
			špatná pozice v přípravku	nebudou rovnoběžné s odliškem	8	Operátor nepracuje dle stanoveného pracovního postupu	3	Vizuální	8	192
			špatná orientace v přípravku	Problémy při montáži - hadice	8	Operátor nepracuje dle stanoveného pracovního postupu	2	Vizuální	8	128



Obrázek 38 Operace 5.1 založení horního plechu

Založení horního plechu do přípravku (Obr. 38). Horní plech stejně jako spodní je možné založit obráceně, nebo jej založit do nesprávné polohy. Pokud bude díl založen do přípravku obráceně, budou muset být obráceně založeny i horní uši. To způsobí problémy při montáži, kdy nebude možné protáhnout hadice výložníkem a připojit hydraulické válce. V případě, že bude díl založen obráceně, pozice horních uší nebude splňovat předepsanou výrobní toleranci což bude mít vliv na připojení a životnost hydraulických válců. Plech sice není symetrický, ale i přesto je možné ho založit obráceně. Navržená akce pro snížení RPN je buď vytvoření „zámků“ (na boční plechy se vytvoří výstupky, které zapadnou do otvorů ve vrchním plechu). Druhou možností je navržení přípravku tak, aby neumožňoval opačné založení, např. pomocí dorazů, do kterých plech zapadne nebo senzorů sledujících založení plechu.

10.1.5. Stehování celého výložníku

Tabulka 15 P-FMEA Operace 6

operace	Popis součásti	Procesní funkce/Požadavek	možnost selhání	efekt selhání	závažnost [1-10]	důvod selhání	RPN			
							četnost [1-10]	způsob detekce	detekovatelnost [1-10]	RPN
Operace 6	stehování	Stehování celé sestavy	žádné svary	Díl se rozpane při vyndávání z přípravku	8	Operátor nepracuje dle stanoveného pracovního postupu	2	vizuální	8	128
			Velikost svarů bude větší než předepsaná	Může dojít k podvažení hran	7	Operátor nepracuje dle stanoveného pracovního postupu	2	Vizuální	8	112
			Velikost svarů bude menší než předepsaná	Riziko rozpadnutí součástí při transportu do robu	9	Operátor nepracuje dle stanoveného pracovního postupu	3	Vizuální	8	216
			nedojde k podvažení mezer	Dojde k dislokaci svarové housenky	7	Operátor nepracuje dle stanoveného pracovního postupu	3	Double Vizuali	7	147
			Špatný počet stehových svarů	Dojde k nepřiměřené deformaci	7	Operátor nepracuje dle stanoveného pracovního postupu	3	Vizuální	8	168

Operace konečného stehování (Obr. 33). Tato operace představuje konečné stehování všech dílů v přípravku. Podobně jako u operace 4.2., je největším rizikem je nedostatečná velikost stehových svarů. V takovém případě nedojde k dostatečně pevnému spojení plechů dohromady, a tím nebude zajištěna dostatečná pevnost nastehovaného výložníku. V takovém případě by mohlo dojít k rozpadnutí výložníku během transportu do robotického přípravku. Případně k popraskání stehových svarů vlivem deformace způsobené při robotickém svařování. Původcem těchto vad je opět lidský faktor, přesněji nerespektování předepsaného výrobního postupu svářečem. Jednou z možností, jak předejít těmto vadám by bylo, aby stehové svařování prováděl robot, což by ovšem vyžadovalo kompletní přebudování stávající linky, a to by bylo spojené s velkými finančními náklady. Proto pro snížení RPN bylo navrženo osazení stehovacího přípravku optickými senzory sledujícími polohu, počet a velikost stehových svarů. V takovém případě RPN klesne pod kritickou hranici sta bodů.

10.1.6. Kontrola svarů

Tabulka 16 P-FMEA Operace 8

operace	Popis součásti	Procesní funkce/Požadavek	možnost selhání	efekt selhání	závažnost [1-10]	důvod selhání	[1-10]			RPN
							četnost	způsob detekce	detekovatelnost [1-10]	
Operace 8	kontrola svarů	Kontrola svarů provedených robotem	Nebude provedena	není zaručena kvalita svarů	5	Operátor nepracuje dle stanoveného pracovního postupu	4	vizuální	8	160
			svary nebudou dovařeny	Snížená životnost výložníku	7	Operátor nepracuje dle stanoveného pracovního postupu	2	dvojitá vizuální	6	84

Tato operace provádí kontrolu a dokončení svarů, které svařovací robot nedokázal svařit. Jedná se hlavně o svary kolem pouzder čepů horních uší. Do těchto míst se svařovací robot nedostane, protože mezi pouzdry jsou vloženy čepy vymezující jejich polohu. Kontrola svarů bývá svářeči zanedbávána poměrně často. Jedním z důvodů je práce v taktu linky, kdy si svářeči usnadňují práci a tuto kontrolu zanedbávají a výložníky se vrací k předělání z lakovny nebo z montážní linky. V takovém případě je nutné výložník zbavit laku, opravit vadné svary a znovu ho nalakovat. Jako úprava pro předejití vzniku těchto vad, bylo navrženo vybavení svařovacího robota optickým senzorem s 3D laserovým scannerem, který bude kontrolovat kvalitu a velikost provedeného svaru. Takto vybavený robot by dokázal i rozpoznat mezeru mezi plechy a vyvařit tuto mezeru.

10.2. Vyhodnocení P-FMEA analýzy

Analýza byla revidována svařovacím týmem oddělení technologie společnosti Bobcat včetně navržených úprav. Návrhy zahrnující konstrukci byly předány konstruktérům ke zvážení a zapracování do konstrukce dílu. Takto provedená analýza bude sloužit oddělení konstrukce přípravků pro konstrukci stahovacího přípravku a úpravu stávajícího robotického přípravku a přípravku na pracovišti dokončování. U všech operací, které překračovaly hodnotu 100 RPN byly navrženy úpravy pro snížení této hodnoty.

11. Závěr

Cílem diplomové práce bylo popsat řešenou problematiku výroby svařovaného výložníku bagru E20, popsat použité materiály a technologii svařování. Dále provést vhodné vybrané analýzy pro odhalení rizik ve výrobě, v tomto případě se jednalo o analýzy P-FMEA a analýzu DPI, což je analýza DFM (design for manufacturing) upravená pro potřeby technologie dle standardu firmy Bobcat. Diplomová práce dále obsahuje návrh technologických požadavků na přípravku, vytvoření výrobní sekvence, konkrétně zakládání do přípravku, návrh stehování a pořadí svarů.

Protože bude výložník vyráběn na stávající lince, bylo nutné se seznámit s výrobní linkou, procesem výroby a používanou technologií svařování. Následně bylo možné začít popisovat technologie svařování konkrétně metodu MAG, zařízení pro svařování, vlivy procesních parametrů na geometrii svaru, napětí a deformace při procesu svařování, robotické svařování a svařovací přípravky. Po popsání svařovacího procesu bylo možné popsat analýzy, které bylo nutné provést k navržení svařovacího procesu, a to konkrétně DPI analýzu a P-FMEA analýzu.

Praktická část je provedena na základě informací popsaných v teoretické části a věnuje se výrobnímu procesu výložníku, ve kterém je popsán celý proces výroby. Ten začíná stehováním výložníku, které se skládá ze sekvence zakládání do přípravku a stehování jednotlivých částí. Následně je výložník přesunut na druhé stanoviště linky do svařovacího robotického pracoviště. V této části je popsána situace, jakým způsobem bude výložník uchycen v robotickém přípravku a je stanoveno pořadí svarů, v jakém je bude robot provádět. Posledním stanovištěm linky je dokončovací pracoviště, kde bude provedeno dovaření některých svarů, kontrola svarů provedených na robotickém pracovišti a očištění výložníku od rozstříku svarového kovu.

Po navržení svařovacího procesu, bylo možné provést analýzy sloužící k odhalení rizik ve výrobě. Pro provedení těchto analýz bylo nutné věnovat zvláštní pozornost kritickým parametrům kvality CTQ (Critical to quality) výložníku. Jednalo se o rozteče funkčních otvorů a jejich geometrické tolerance. Dodržení těchto parametrů má velký vliv na proces montáže jednotlivých komponent pracovní skupiny a životnost celého výložníku. Analýza

P-FMEA odhalila možné vady vzniklé při procesu výroby, pro všechny parametry překračující hodnotu 100 RPN byly navrženy úpravy pro snížení tohoto parametru.

Všechny cíle diplomové práce byly splněny včetně vyspecifikování upínacích ploch a bodů pro tvorbu přípravků. Podklady vypracované při tvorbě diplomové práce poslouží k zavedení řešeného typu výložníku do výroby. Původní časový plán zavedení do výroby byl vlivem změny konstrukce jiných částí posunut, podle původního plánu měla být hotová konstrukce výložníku v lednu a přípravků v květnu roku 2022. Vzhledem ke zpoždění byl aktuálně vyroben pouze první prototyp výložníku. Prototyp byl vyroben podle navrženého výrobního postupu, jen s tím rozdílem, že místo přípravku byl svařen pomocí upínek na svařovacím stole. Takto vyrobený prototyp splňuje výrobní tolerance, čímž potvrzuje možnost využití navrženého svařovacího procesu pro výrobu.

Použité literární zdroje

- [1] Historie Bobcat dobříš. Bobcat Dobříš. [Online] Doosan Bobcat s.r.o. [Citace: 2. 1 2022.] <https://www.bobcatdobris.cz/bobcat>.
- [2] Bobcat CZ. bobcat. [Online] Doosan Bobcat s.r.o. [Citace: 2. 1 2022.] <https://www.bobcat.cz/o-spolecnosti-bobcat-cz>.
- [3] Bobcat: Doosan Bobcat s.r.o. [online]. [cit. 2022-03-01]. Dostupné z: <https://www.bobcat.com/>
- [4] KWEMAN, Klas. Welding processes handbook. 2nd ed. Oxford: Woodhead Publishing, 2012. Woodhead Publishing in materials. ISBN 978-0-85709-510-7.
- [5] ČSN EN ISO 4063. Svařování a příbuzné procesy: Přehled metod a jejich číslování. Praha: Český normalizační institut, 2001.
- [6] PILOUS, Václav. Technologie kovových materiálů. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2001. ISBN 80-708-2811-0.
- [7] Technologie svařování a zařízení: učební texty pro kurzy svářečských inženýrů a technologů. Ostrava: ZEROSS, 2001. Svařování. ISBN 80-857-7181-0.
- [8] AN INTRODUCTION TO MIG WELDING. Weldability [online]. [cit. 2022-04-23]. Dostupné z: https://www.weldability-sif.com/media/docs/Intro_MIG_Welding.pdf
- [9] CMT – COLD METAL TRANSFER: THE COLD WELDING PROCESS FOR PREMIUM QUALITY [online]. 11.6.2019 [cit. 2022-04-24]. Dostupné z: <https://www.fronius.com/en/welding-technology/world-of-welding/fronius-welding-processes/cmt>
- [10] KAŠPAR IWE, Ing. Jan. Ochranné plyny pro MAG svařování nelegovaných a nízkolegovaných ocelí [online]. [cit. 2022-04-25]. Dostupné z: <https://konstrukce.cz/materialy-a-technologie/ochranné-plyny-pro-mag-svarovani-nelegovanych-a-nizkolegovanych-oceli-921?fbclid=IwAR0ttaQgdEcGvz5N0AyNbCa9kC6mo5INrMiuViP7ivVsMRrekf3AYS3lcTs>
- [11] Technologie svařování a zařízení: učební texty pro kurzy svářečských inženýrů a technologů. Ostrava: ZEROSS, 2001. Svařování. ISBN 80-857-7181-0.
- [12] KOLAŘÍK, Ladislav. Metalurgie svařování a struktura svarového spoje. Teorie spojování a dělení materiálu. ČVUT v Praze. Fakulta Strojní. Ústav strojírenské technologie. 2013
- [13] KUNCIPÁL, Josef. Svařování pro konstruktéry a technology. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1980.
- [14] MESSLER, Robert. Principles of Welding: Processes, Physics, Chemistry, and Metallurgy. New york: USA: John Wiley, 1999. ISBN 04-712-5376-6.

- [15] HUDEC, Zdeněk. Deformace a napětí při svařování. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 1998. ISBN 80-708-3313-0.
- [16] PARAKASH, Joshi. Jigs and Fixtures Design Manual. McGraw-HillProfessional, 2002. ISBN 0-07-140556-9.
- [17] Fractory: design for manufacturing DFM [online]. [cit. 2022-05-28]. Dostupné z: <https://fractory.com/design-for-manufacturing-dfm/>
- [18] Failure mode and effects analysis: FMEA handbook (with robustness Linkages. 4.1. Dearborn, MI: Ford Motor Company, 2004.
- [19] MCDERMOTT, Robin E., Raymond J. MIKULAK a Michael R. BEAUREGARD. The basics of FMEA. 2nd ed. New York: CRC Press, c2009. ISBN 978-1-56327-377-3.
- [20] SC&C Partner, spol. s.r.o. Analýza možných způsobů a důsledků poruch (FMEA). Firemní materiál, Brno, 2015
- [21] Lean6sigma: FMEA [online]. [cit. 2022-06-25]. Dostupné z: <https://lean6sigma.cz/fmea/>
- [22] MORAVEC, Jaromír. Vliv procesních parametrů na geometrii svarové lázně při svařování v ochranných atmosférách. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2011. ISBN 978-80-7372-.
- [23] Materiálový list Sidergas S7. Svarecky-elektrody [online]. [cit. 2022-06-10]. Dostupné z: https://img.svarecky-elektrody.cz/files/SID_S7.pdf?download=0
- [24] Interní materiály Bobcat

Seznam obrázků

Obrázek 1 Melroe M200.....	10
Obrázek 2 Bobcat E20 [3]	11
Obrázek 3 Rameno bagru	11
Obrázek 4 Princip svařování MIG/MAG (upraveno) [4].....	14
Obrázek 5 Schéma svařovacího zařízení pro MIG/MAG svařování [4]	15
Obrázek 6 Schéma svařovacích charakteristik.....	16
Obrázek 7 Schéma podavače svařovacího drátu (upraveno z [8])	17
Obrázek 8 Schéma svařovacího hořáku (upraveno z [8])	18
Obrázek 9 Sud se svařovacím drátem.....	21
Obrázek 10 Vliv napětí na tvar housenky [11].....	21
Obrázek 11 Vliv svařovacího proudu na tvar housenky [11]	22
Obrázek 12 Vliv rychlosti svařování na geometrii svaru [22].....	23
Obrázek 13 princip předepnutí materiálu upraveno z [4]	24
Obrázek 14 Porovnání metod automatizace [4].....	25
Obrázek 15 pracoviště vybavené svařovacím robotem.....	27
Obrázek 16 Příklad stehovacího přípravku	30
Obrázek 17 příklad robotického přípravku.....	30
Obrázek 18 Dokončovací přípravek.....	31
Obrázek 19 Formulář FMEA [21] [24]	35

Obrázek 20 výložník bagru Bobcat E20.....	41
Obrázek 21 Vozík z linky násady a výložníku	42
Obrázek 22 layout svařovací linky	43
Obrázek 23 postup skládání uší	45
Obrázek 24 Fixační čep odlitku	46
Obrázek 25 Postup skládání první části výložníku ve stehovacího přípravku	46
Obrázek 26 Schéma polohy stehových svarů	47
Obrázek 27 stehování bočních odlitků	47
Obrázek 28 Schéma vnitřního svaru výložníku	48
Obrázek 29 Stehování a skládání uší	48
Obrázek 30 skládání a stehování výložníku	49
Obrázek 31 Výložník založený do svařovacího přípravku	50
Obrázek 32 sekvence pro robotické svařování	51
Obrázek 33 Dokončovací přípravek se založeným dílem	52
Obrázek 34 Vyznačené CTQ tolerance výložníku	53
Obrázek 35 Příklad DPI analýzy	54
Obrázek 36 Přesun svaru rozpěry uší	55
Obrázek 37 Spodní plech Operace 3.3.....	59
Obrázek 38 Operace 5.1 založení horního plechu	62

Seznam tabulek

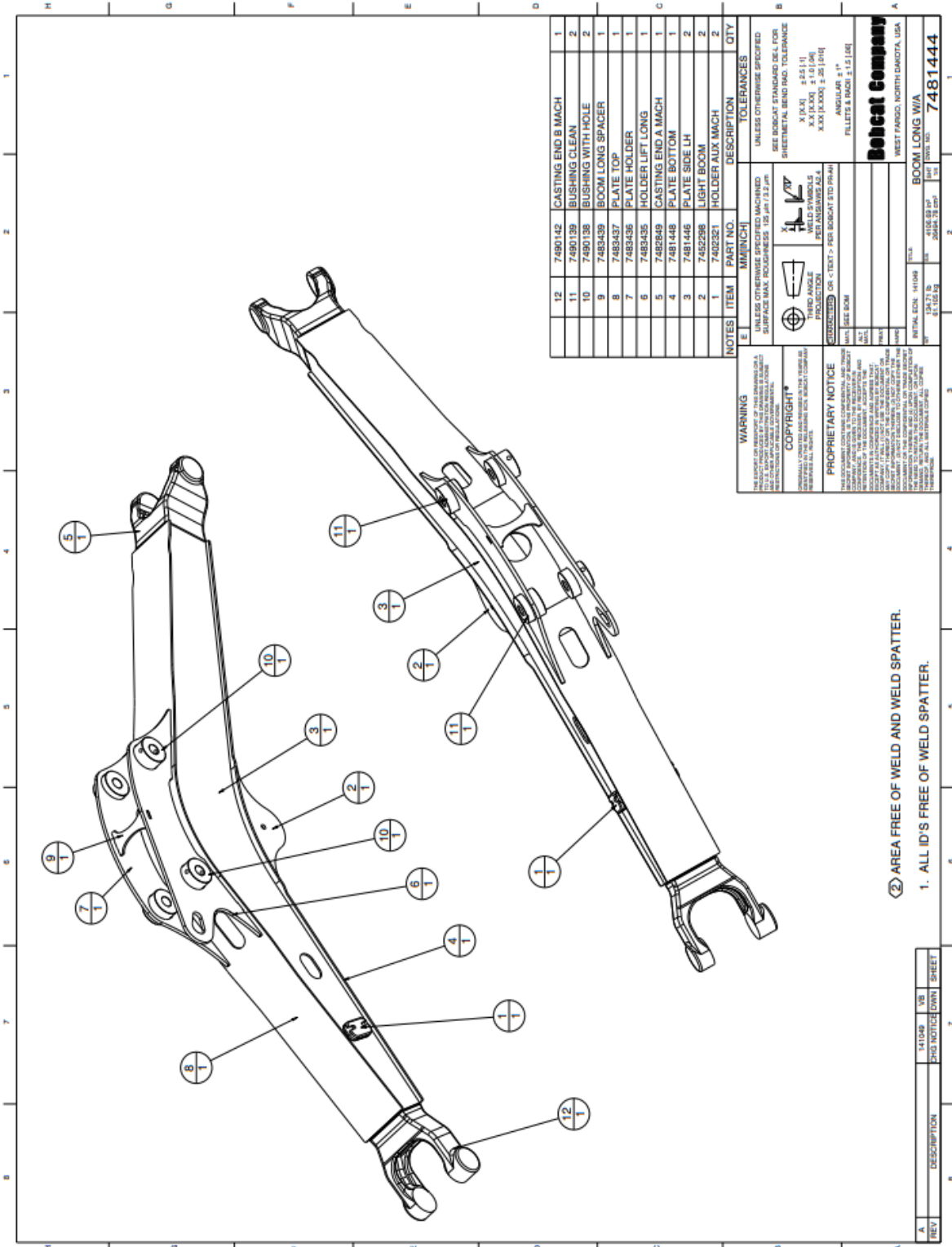
Tabulka 1 Přehled metod svařování [5]	13
Tabulka 2 porovnání vlastností ochranných plynů [11]	20
Tabulka 3 Tabulka hodnocení závažnosti, četnosti a detekovatelnosti	37
Tabulka 4 Tabulka hodnocení četnosti	37
Tabulka 5 Tabulka hodnocení detekovatelnosti	38
Tabulka 6 Chemické složení a mechanické vlastnost drátu Sidergas S7 [23]	40
Tabulka 7 Chemické složení oceli S355J2G3	41
Tabulka 8 Chemické složení oceli na odlitky MS27	41
Tabulka 9 svařovací parametry - svařování	48
Tabulka 10 Svařovací parametry robotického svařování	50
Tabulka 11 P-FMEA Operace 3.3	59
Tabulka 12 P-FMEA operace 4.1	60
Tabulka 13 P-FMEA operace 4.2	61
Tabulka 14 P-FMEA Operace 5.1	62
Tabulka 15 P-FMEA Operace 6	63
Tabulka 16 P-FMEA Operace 8	64

Seznam symbolů a zkratk

Zkratka:	Popis:	Jednotky:
EMEA	Evropa, Middle East, Africa (Evropa, Střední východ, Afrika)	
P-FMEA	Process failure mode effect analysis (analýza možných procesních vad a jejich důsledků)	
S-FMEA	System failure mode effect analysis (analýza možných systémových vad a jejich důsledků)	
D-FMEA	Design failure mode effect analysis (analýza možných konstrukčních vad a jejich důsledků)	
DPI	Design process industry (návrh výrobního procesu)	
RPN	Risk priority number (míra závažnosti)	
CTQ	Critical to quality (kritické z pohledu kvality)	
MIG	Metal inert gas (svařování v inertní atmosféře)	
MAG	Metal active gas (svařování v aktivní atmosféře)	
DC+	Kladný pól stejnosměrného proudu	
TOO	Tepelně ovlivněná oblast	
CO ₂	Oxid uhličitý	
Ar	Argon	
O ₂	Kyslík	
Fe	Železo	
I	proud	[A]
U	Napětí	[V]

přílohy

PŘÍLOHA 1



WARNING
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED MACHINED SURFACE FINISH: 125 μm (5.0 μm) RA

COPYRIGHT
© 2011 BOBCAT COMPANY

PROPRIETARY NOTICE
THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF BOBCAT COMPANY. IT IS TO BE USED ONLY FOR THE MANUFACTURE OF BOBCAT EQUIPMENT. IT IS NOT TO BE REPRODUCED, COPIED, OR TRANSMITTED IN ANY FORM OR BY ANY MEANS, ELECTRONIC OR MECHANICAL, INCLUDING PHOTOCOPYING, RECORDING, OR BY ANY INFORMATION STORAGE AND RETRIEVAL SYSTEM. ANY UNAUTHORIZED REPRODUCTION OR USE OF THIS DRAWING IS STRICTLY PROHIBITED. BOBCAT COMPANY SHALL NOT BE LIABLE FOR ANY DAMAGES, INCLUDING CONSEQUENTIAL DAMAGES, ARISING FROM THE USE OF THIS DRAWING.

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED
SEE BOBCAT STANDARD DEL FOR SHEETMETAL BEND RAO TOLERANCE

WELD SYMBOLS
X.X.X.X 0.51 (1)
X.X.X.X 1.13 (2)
X.X.X.X 2.28 (4)
ANGULAR ±1°
FILLETS & RAO ±1.5 (1)
SEE BOOM

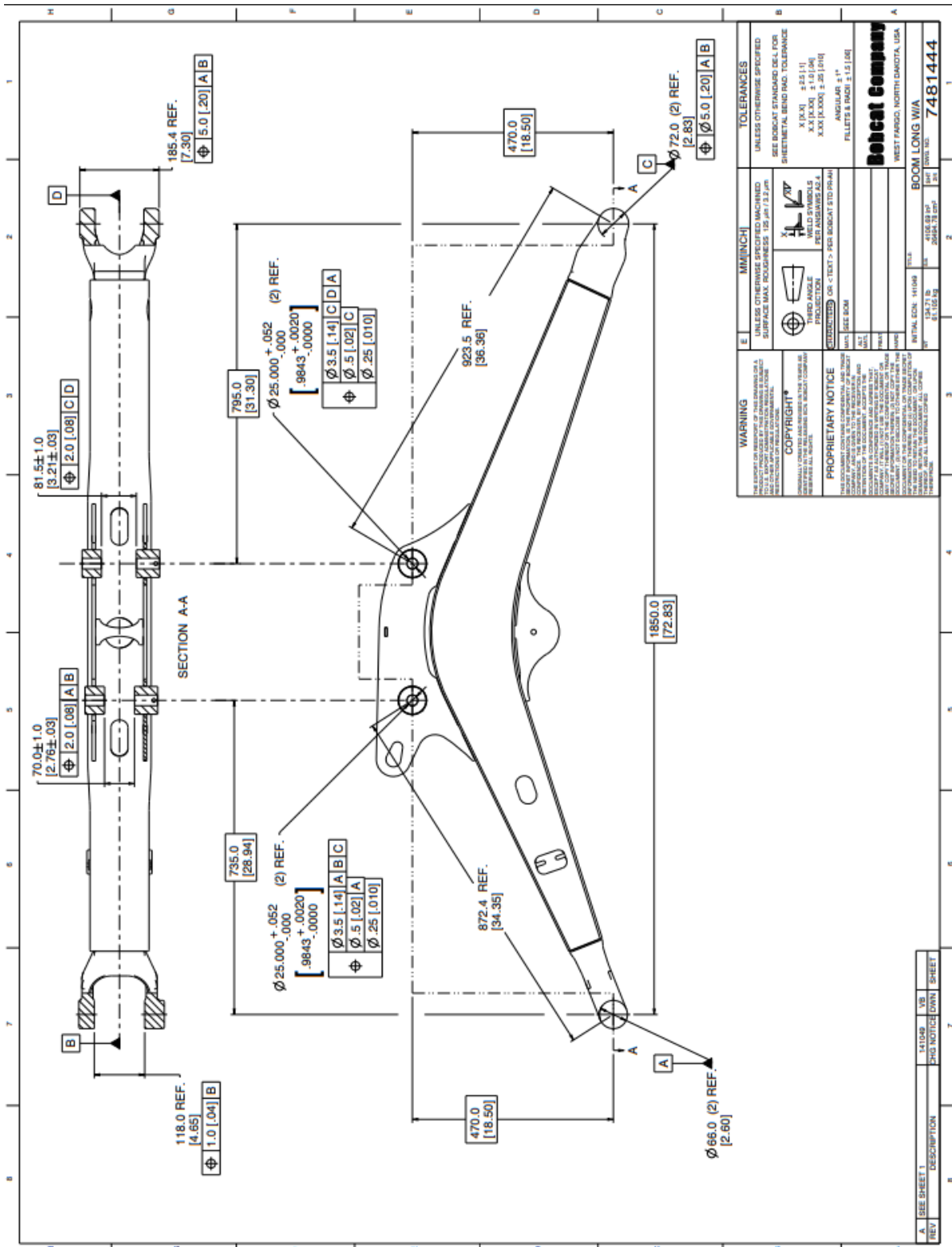
Bobcat Company
WEST FARGO, NORTH DAKOTA, USA

INITIAL ECU: 111048
REV: 134.71.13
REV: 4102.89.10
REV: 20484.78.28P

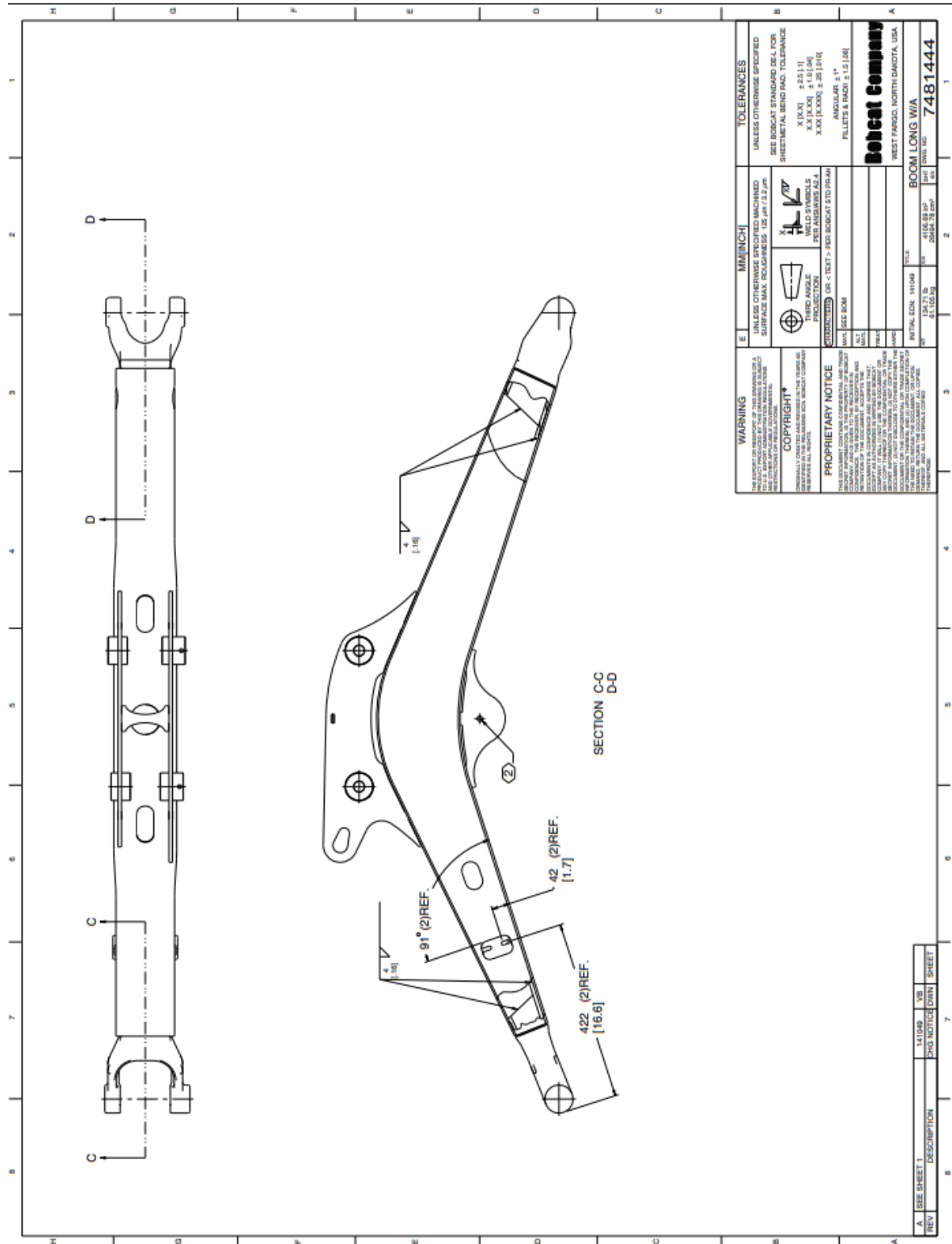
BOOM LONG W/A
SHEET NO: **7481444**

- ② AREA FREE OF WELD AND WELD SPATTER.
- 1. ALL ID'S FREE OF WELD SPATTER.

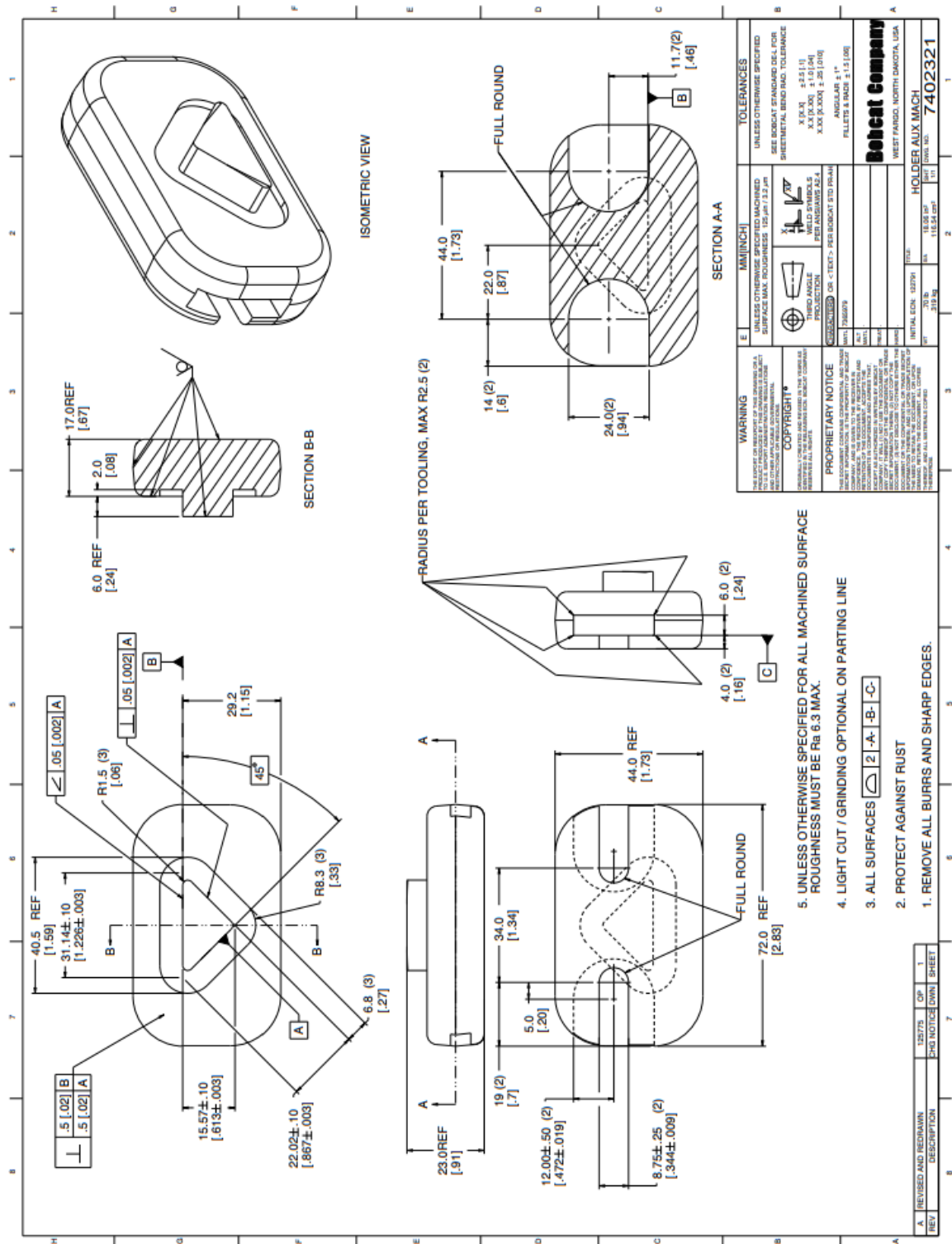
A	REV	DESCRIPTION	1/31	1/31	1/31	1/31

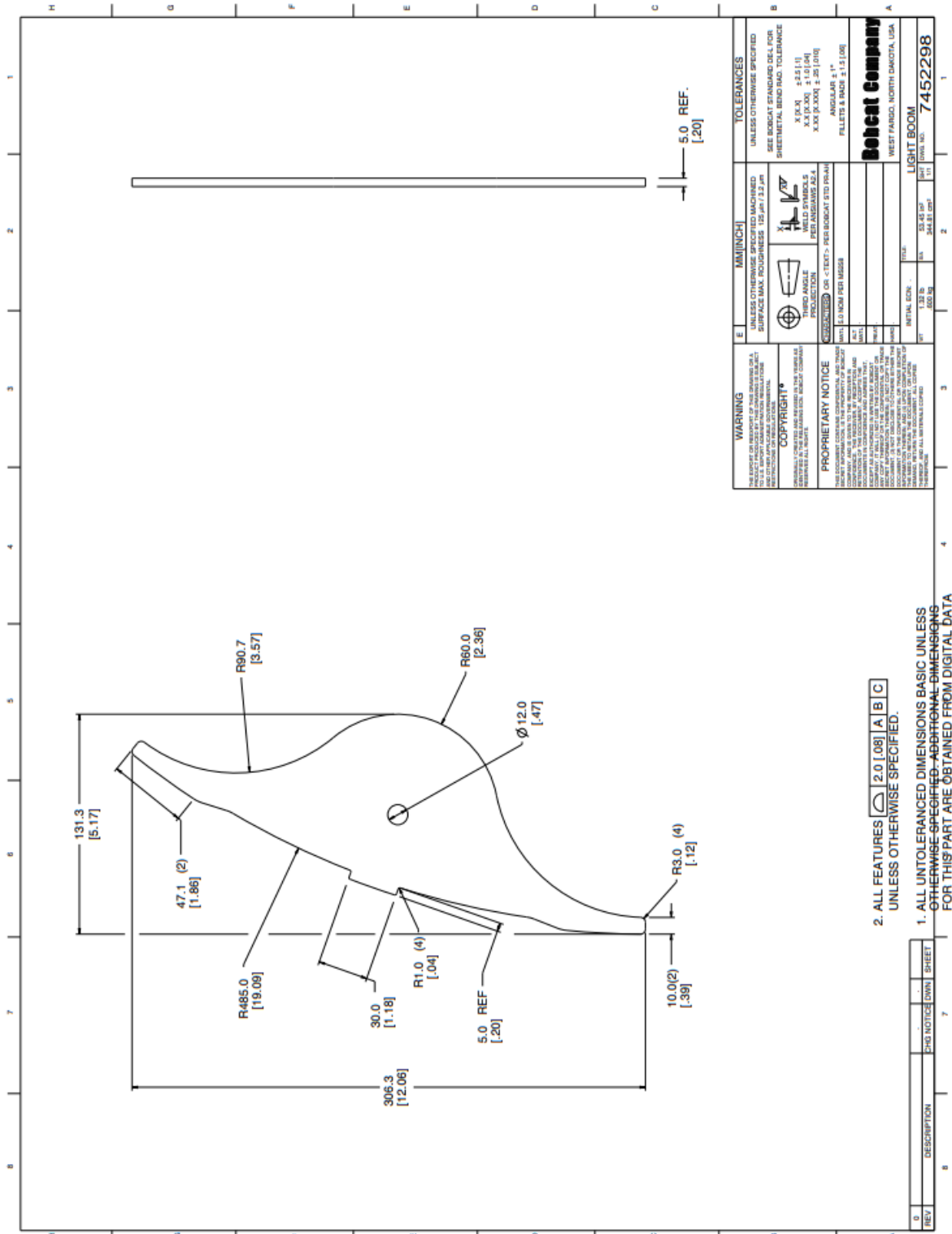


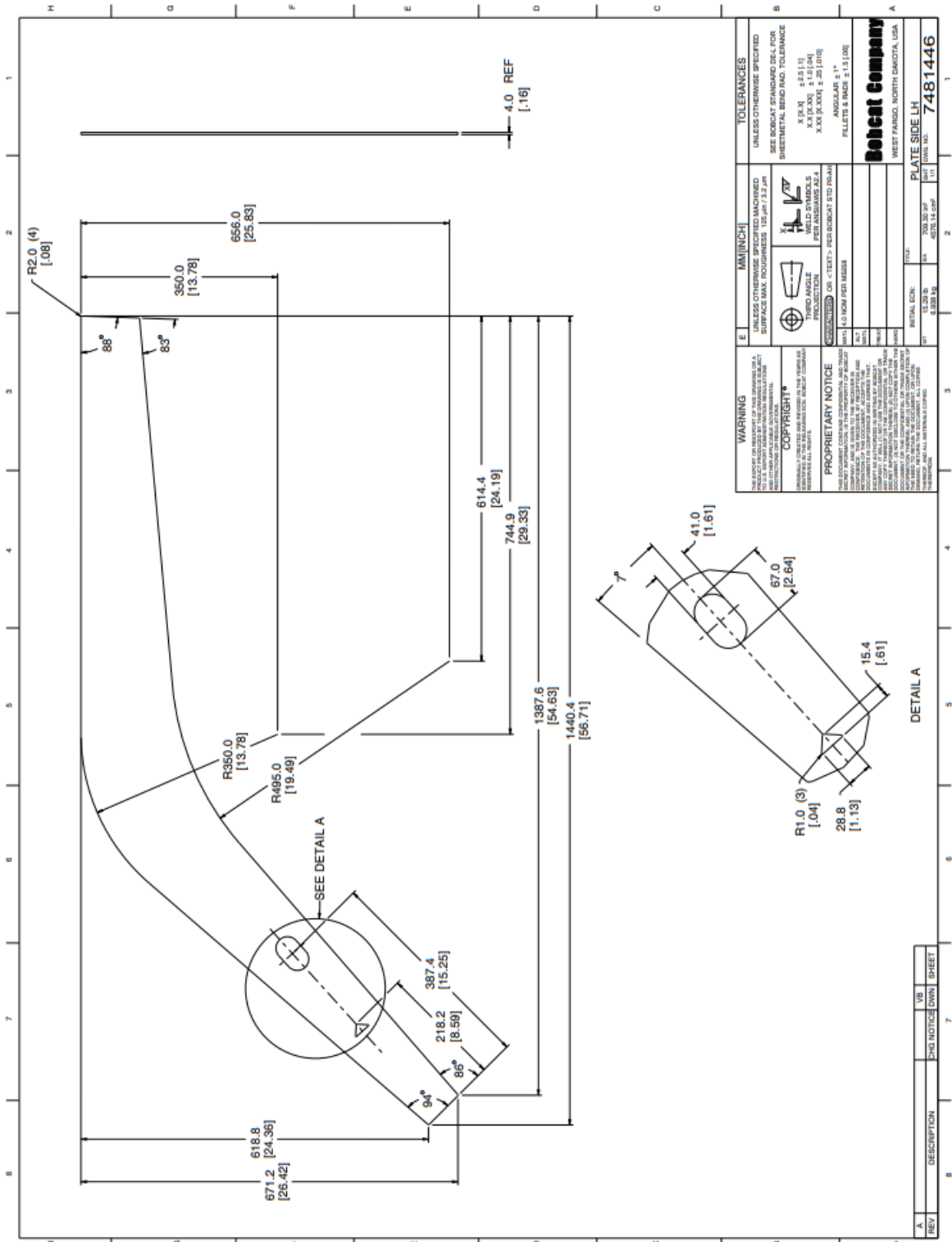
WARNING THE REPORT OR DRAWING OF THIS DRAWING OR A PART THEREOF IS NOT TO BE REPRODUCED OR TRANSMITTED IN ANY FORM OR BY ANY MEANS, ELECTRONIC OR MECHANICAL, INCLUDING PHOTOCOPYING, RECORDING, OR BY ANY INFORMATION STORAGE AND RETRIEVAL SYSTEM, WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF THE ORIGINAL AUTHOR.	MM(INCH) UNLESS OTHERWISE SPECIFIED SURFACE MAX. ROUGHNESS 125 µm / 3.2 µm	TOLERANCES UNLESS OTHERWISE SPECIFIED SEE BOBCAT STANDARD SPEC FOR METALLURGICAL AND TOLERANCES
COPYRIGHT © 2014 BOBCAT COMPANY ALL RIGHTS RESERVED	PROPRIETARY NOTICE THIS DOCUMENT CONTAINS CONFIDENTIAL AND PROPRIETARY INFORMATION OF BOBCAT COMPANY. IT IS TO BE USED ONLY FOR THE PURPOSES AND IN THE MANNER SPECIFIED HEREIN. IT IS NOT TO BE DISCLOSED, REPRODUCED, COPIED, OR TRANSMITTED IN ANY FORM OR BY ANY MEANS, ELECTRONIC OR MECHANICAL, INCLUDING PHOTOCOPYING, RECORDING, OR BY ANY INFORMATION STORAGE AND RETRIEVAL SYSTEM, WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF BOBCAT COMPANY.	SEE BOBCAT STANDARD SPEC FOR METALLURGICAL AND TOLERANCES X (2X) ± 0.1 (1) XX (4X) ± 0.05 (0.5) XXX (6X) ± .05 (0.5) ANGLES AS SHOWN FILLETS & RADI: ± 1.5 (0.4)
PROPRIETARY NOTICE THIS DOCUMENT CONTAINS CONFIDENTIAL AND PROPRIETARY INFORMATION OF BOBCAT COMPANY. IT IS TO BE USED ONLY FOR THE PURPOSES AND IN THE MANNER SPECIFIED HEREIN. IT IS NOT TO BE DISCLOSED, REPRODUCED, COPIED, OR TRANSMITTED IN ANY FORM OR BY ANY MEANS, ELECTRONIC OR MECHANICAL, INCLUDING PHOTOCOPYING, RECORDING, OR BY ANY INFORMATION STORAGE AND RETRIEVAL SYSTEM, WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF BOBCAT COMPANY.	BOBCAT COMPANY WEST FARROD, NORTH DAKOTA, USA	BOBCAT COMPANY WEST FARROD, NORTH DAKOTA, USA
REV	DESCRIPTION	DATE
1	141049	11/10/08
2	ENG NOTICE DWN	08/24/12
3		08/24/12
4		08/24/12
5		08/24/12
6		08/24/12
7		08/24/12
8		08/24/12
9		08/24/12
10		08/24/12
11		08/24/12
12		08/24/12
13		08/24/12
14		08/24/12
15		08/24/12
16		08/24/12
17		08/24/12
18		08/24/12
19		08/24/12
20		08/24/12
21		08/24/12
22		08/24/12
23		08/24/12
24		08/24/12
25		08/24/12
26		08/24/12
27		08/24/12
28		08/24/12
29		08/24/12
30		08/24/12
31		08/24/12
32		08/24/12
33		08/24/12
34		08/24/12
35		08/24/12
36		08/24/12
37		08/24/12
38		08/24/12
39		08/24/12
40		08/24/12
41		08/24/12
42		08/24/12
43		08/24/12
44		08/24/12
45		08/24/12
46		08/24/12
47		08/24/12
48		08/24/12
49		08/24/12
50		08/24/12

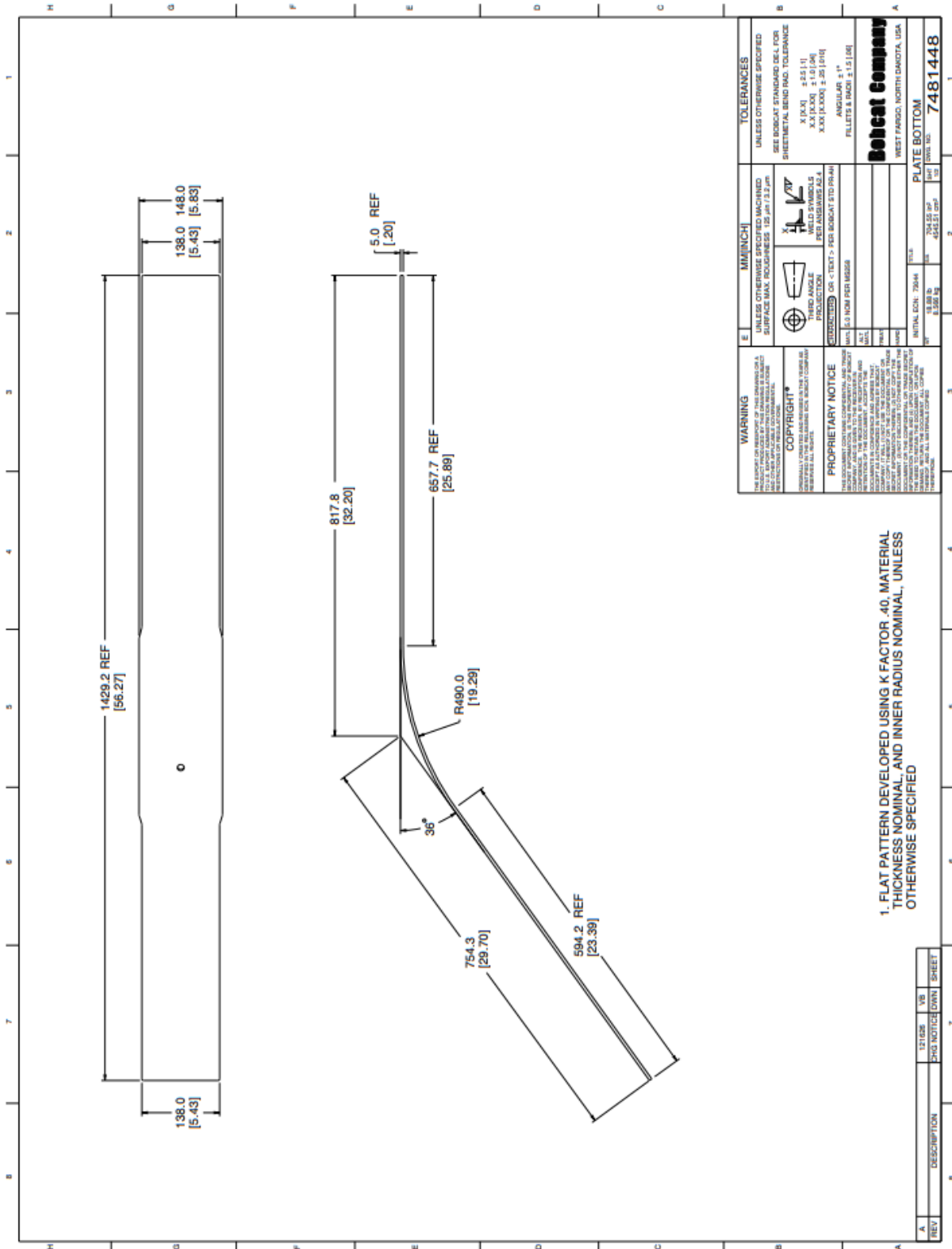


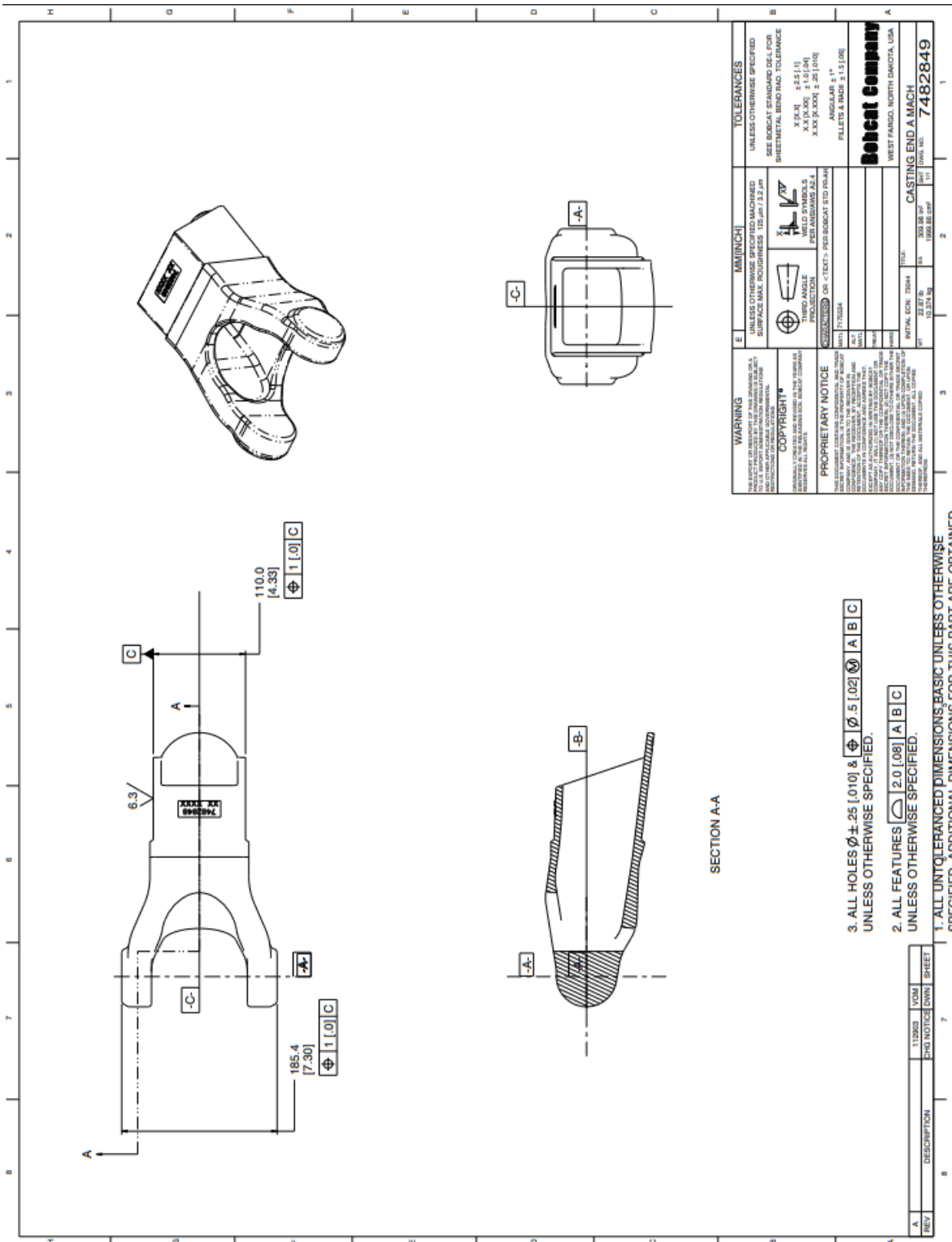
WARNING THE EXERCISE OF INVENTION BY THE INVENTOR OR A DESIGNER OR BY ANY OTHER PERSON SHALL BE PROTECTED BY PATENT RIGHTS. INSTRUCTIONS ON REPRODUCTION	MM(INCH) UNLESS OTHERWISE SPECIFIED MACHINED SURFACE MAX. ROUGHNESS 125 µm / 3.2 µm	TOLERANCES UNLESS OTHERWISE SPECIFIED SEE BOBCAT STANDARDS DEL. FOR SHEET METAL BEND RAO TOLERANCE
COPYRIGHT © 2014 BOBCAT COMPANY ALL RIGHTS RESERVED. THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF BOBCAT COMPANY AND IS NOT TO BE REPRODUCED OR TRANSMITTED IN ANY FORM OR BY ANY MEANS, ELECTRONIC OR MECHANICAL, INCLUDING PHOTOCOPYING, RECORDING, OR BY ANY INFORMATION STORAGE AND RETRIEVAL SYSTEM, WITHOUT PERMISSION IN WRITING FROM BOBCAT COMPANY. ANY UNAUTHORIZED REPRODUCTION OR TRANSMISSION OF THIS DRAWING IS STRICTLY PROHIBITED. ANY UNAUTHORIZED REPRODUCTION OR TRANSMISSION OF THIS DRAWING IS STRICTLY PROHIBITED. ANY UNAUTHORIZED REPRODUCTION OR TRANSMISSION OF THIS DRAWING IS STRICTLY PROHIBITED.	PROJECTIONS FIRST ANGLE WELD SYMBOLS PER ANSI/ASME AS.4	UNLESS OTHERWISE SPECIFIED SEE BOBCAT STANDARDS DEL. FOR SHEET METAL BEND RAO TOLERANCE
PROPRIETARY NOTICE THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF BOBCAT COMPANY. IT IS NOT TO BE REPRODUCED OR TRANSMITTED IN ANY FORM OR BY ANY MEANS, ELECTRONIC OR MECHANICAL, INCLUDING PHOTOCOPYING, RECORDING, OR BY ANY INFORMATION STORAGE AND RETRIEVAL SYSTEM, WITHOUT PERMISSION IN WRITING FROM BOBCAT COMPANY. ANY UNAUTHORIZED REPRODUCTION OR TRANSMISSION OF THIS DRAWING IS STRICTLY PROHIBITED. ANY UNAUTHORIZED REPRODUCTION OR TRANSMISSION OF THIS DRAWING IS STRICTLY PROHIBITED.	WELD SYMBOLS PER ANSI/ASME AS.4	UNLESS OTHERWISE SPECIFIED SEE BOBCAT STANDARDS DEL. FOR SHEET METAL BEND RAO TOLERANCE
BOBCAT COMPANY WEST FARGO, NORTH DAKOTA, USA	BOOM LONG W/A 141048 150.71 IN. 3844.28 MM	UNLESS OTHERWISE SPECIFIED SEE BOBCAT STANDARDS DEL. FOR SHEET METAL BEND RAO TOLERANCE
REV	DESCRIPTION	DATE
A	SEE SHEET 1	10/11/14
	CHG NOTICE/DWN	08
	SHEET	7481444

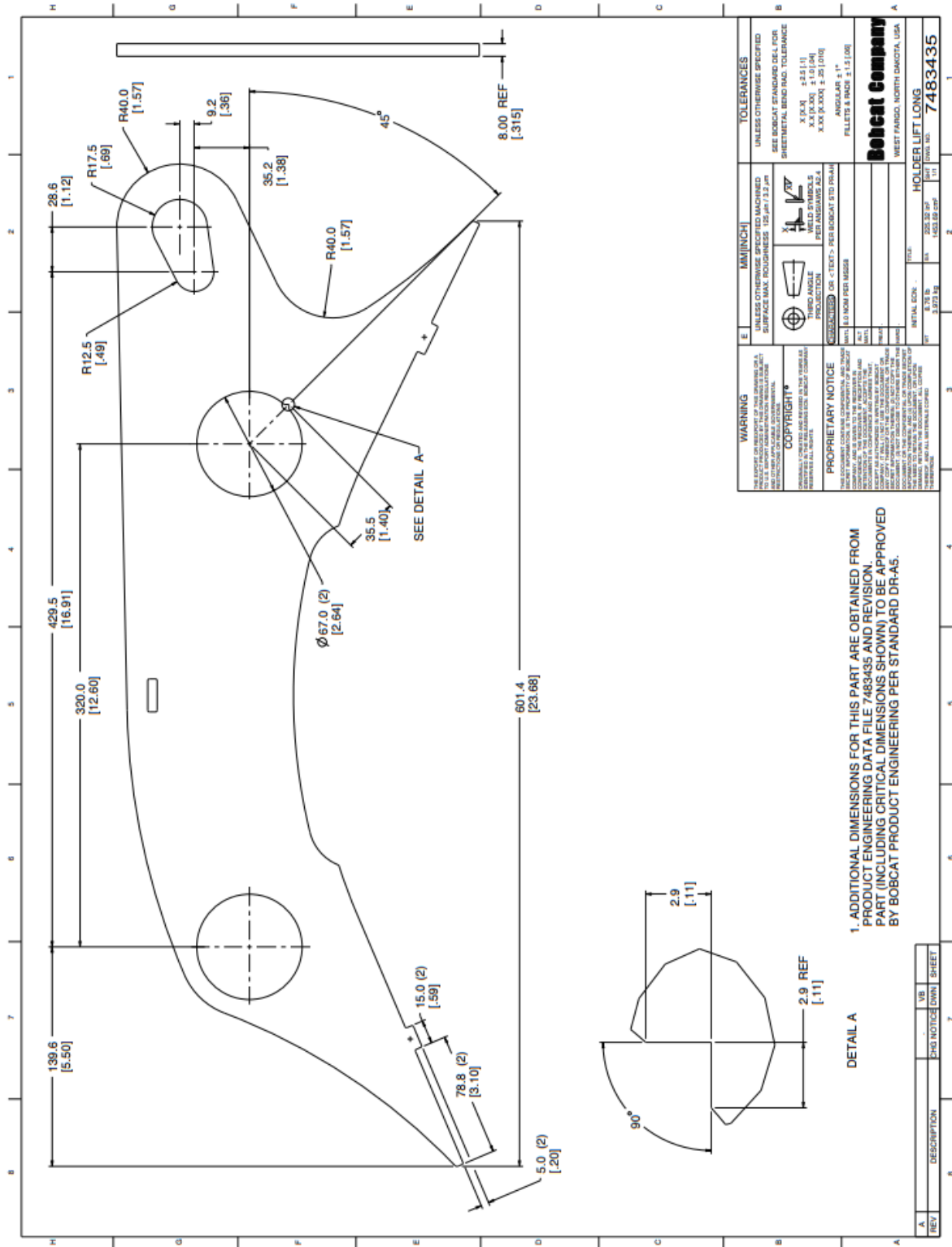


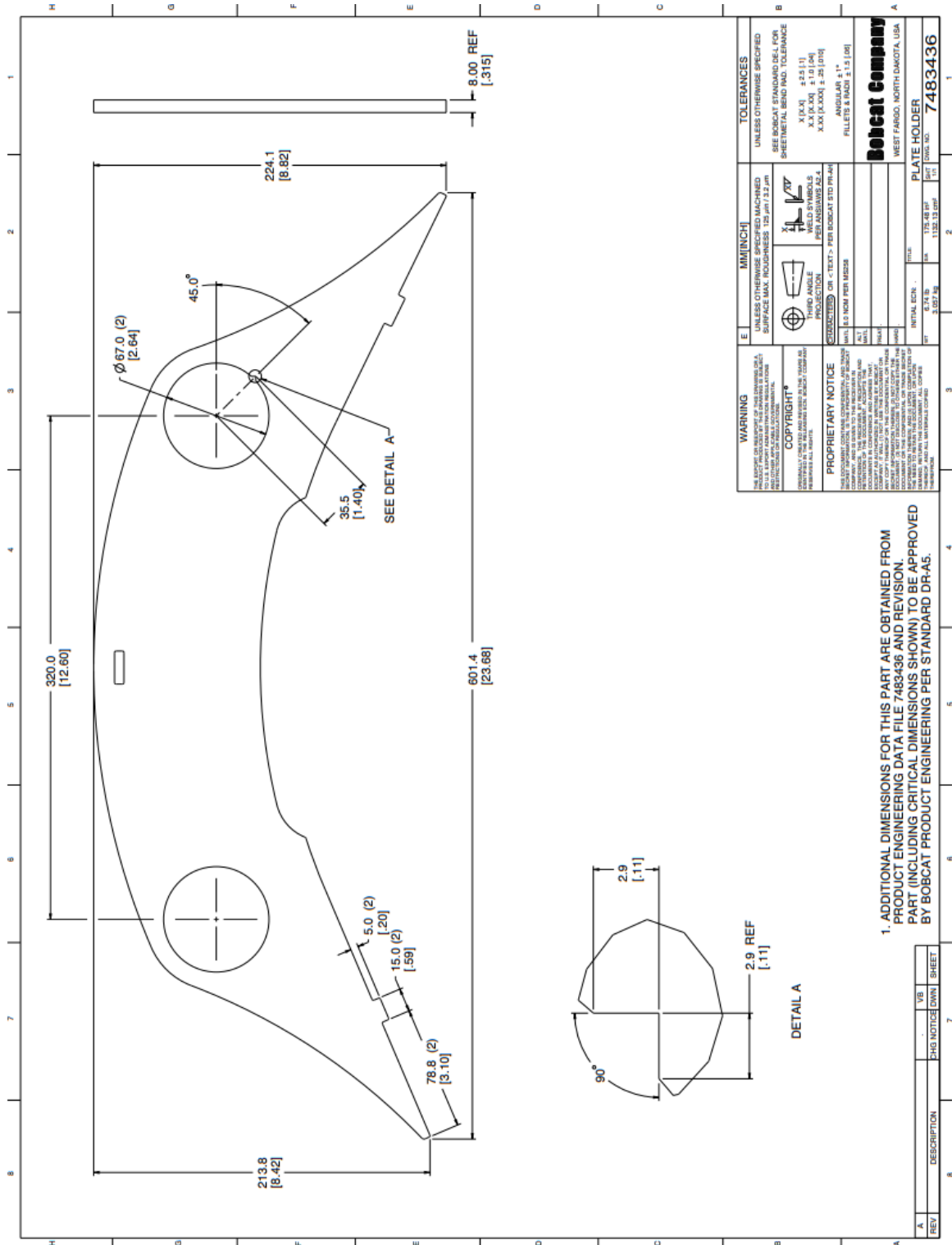


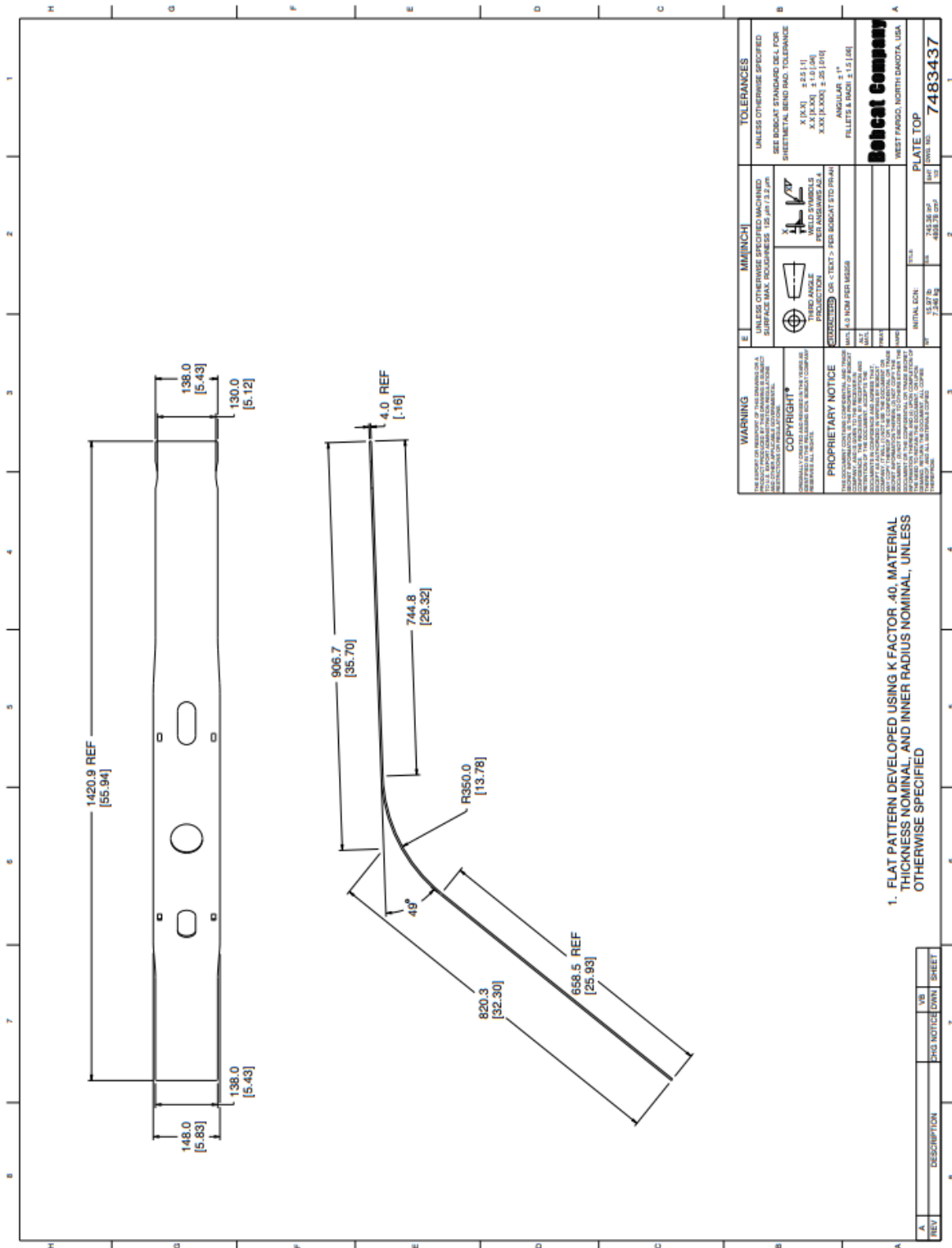


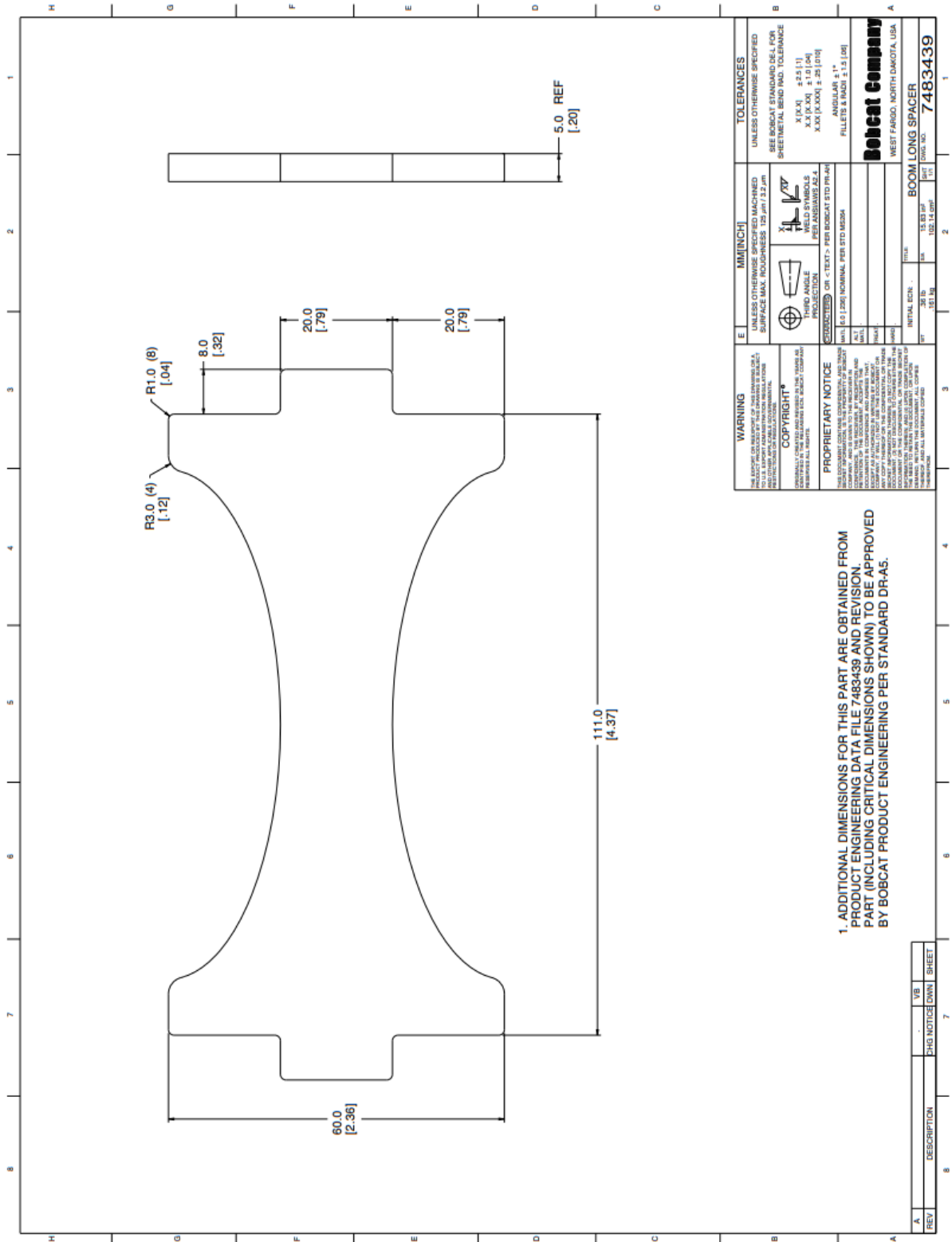


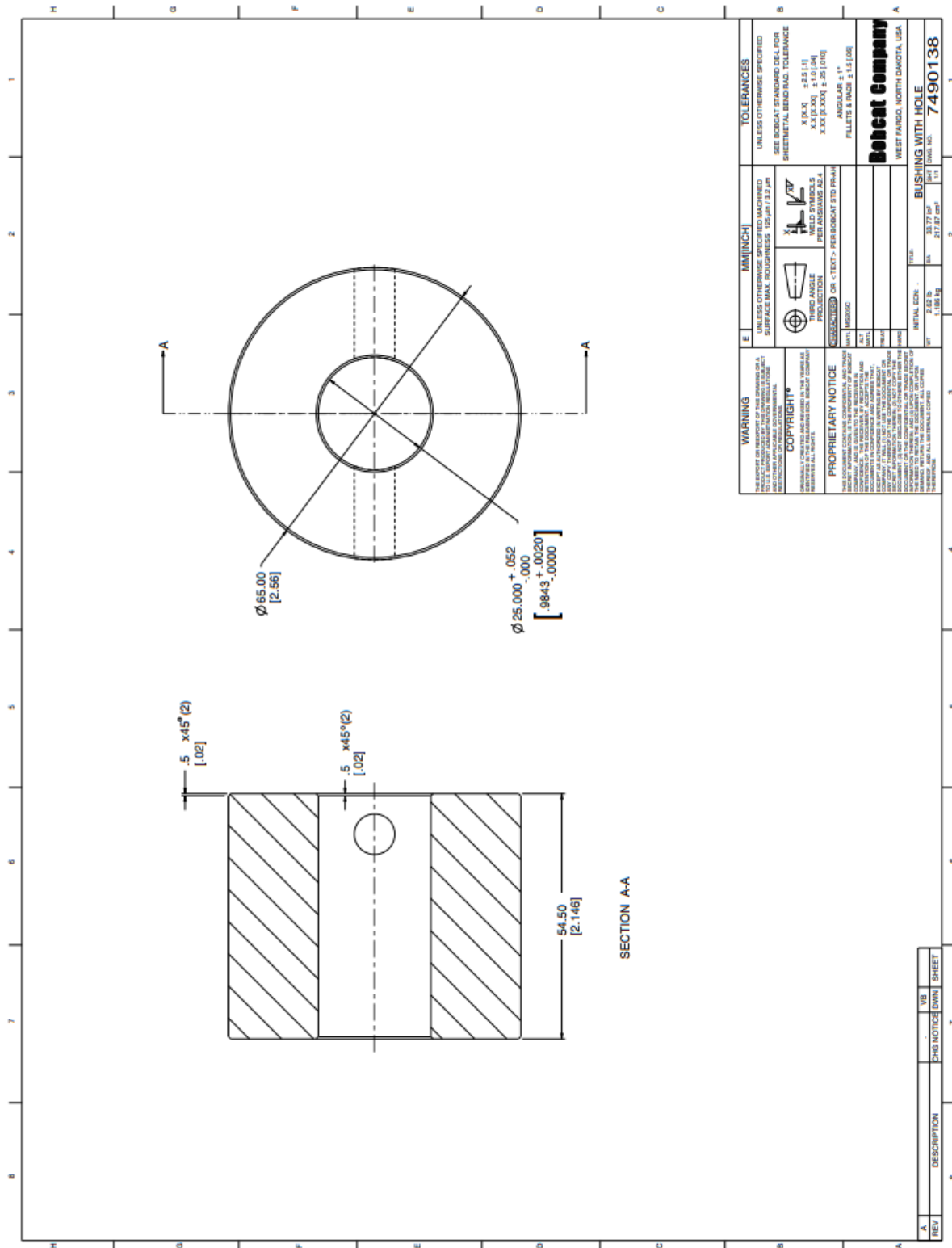










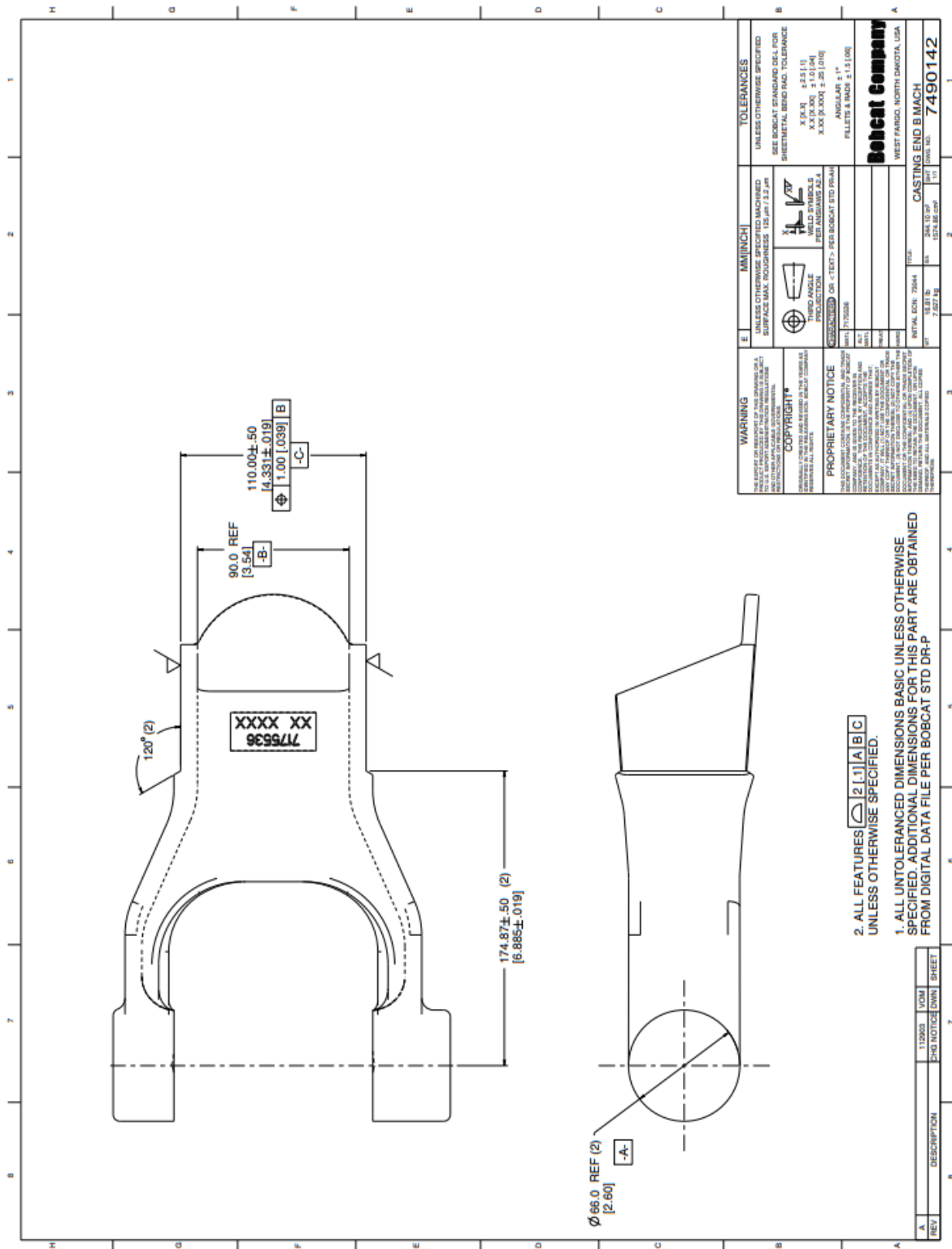


WARNING THIS DOCUMENT IS THE PROPERTY OF ROBOCAT. IT IS TO BE USED ONLY FOR THE PROJECT AND NOT TO BE REPRODUCED OR TRANSMITTED IN ANY FORM OR BY ANY MEANS, ELECTRONIC OR MECHANICAL, INCLUDING PHOTOCOPYING, RECORDING, OR BY ANY INFORMATION STORAGE AND RETRIEVAL SYSTEM. THE USER AGREES TO HOLD ROBOCAT HARMLESS FROM ALL LIABILITY, DAMAGES, LOSSES, AND EXPENSES, INCLUDING ATTORNEY'S FEES, ARISING FROM THE USE OF THIS DOCUMENT. THE USER AGREES TO HOLD ROBOCAT HARMLESS FROM ALL LIABILITY, DAMAGES, LOSSES, AND EXPENSES, INCLUDING ATTORNEY'S FEES, ARISING FROM THE USE OF THIS DOCUMENT. THE USER AGREES TO HOLD ROBOCAT HARMLESS FROM ALL LIABILITY, DAMAGES, LOSSES, AND EXPENSES, INCLUDING ATTORNEY'S FEES, ARISING FROM THE USE OF THIS DOCUMENT.	IMMUNICH UNLESS OTHERWISE SPECIFIED, MACHINED SURFACE FINISH: FINE (32 Rm) / 1.5 μm WELD SYMBOLS PER ANSI Y32.1 WELD JOINTS PER ROBOCAT STD PHAN WELD SYMBOLS PER ANSI Y32.1 WELD JOINTS PER ROBOCAT STD PHAN	TOLERANCES UNLESS OTHERWISE SPECIFIED, SEE ROBOCAT STANDARD DEL FOR SHEET METAL BEND RAO. TOLERANCE XX(X) ±.25(1) XX(X) ±.1(1) XX(X) ±.25(1) ANGULAR ±.1° FILLETS & ROUNDS ±.15(1)
COPYRIGHT ROBOCAT COMPANY, 2019. ALL RIGHTS RESERVED.	WELD SYMBOLS PER ANSI Y32.1 WELD JOINTS PER ROBOCAT STD PHAN	UNLESS OTHERWISE SPECIFIED, SEE ROBOCAT STANDARD DEL FOR SHEET METAL BEND RAO. TOLERANCE XX(X) ±.25(1) XX(X) ±.1(1) XX(X) ±.25(1) ANGULAR ±.1° FILLETS & ROUNDS ±.15(1)
PROPRIETARY NOTICE ROBOCAT COMPANY, 2019. ALL RIGHTS RESERVED.	WELD SYMBOLS PER ANSI Y32.1 WELD JOINTS PER ROBOCAT STD PHAN	UNLESS OTHERWISE SPECIFIED, SEE ROBOCAT STANDARD DEL FOR SHEET METAL BEND RAO. TOLERANCE XX(X) ±.25(1) XX(X) ±.1(1) XX(X) ±.25(1) ANGULAR ±.1° FILLETS & ROUNDS ±.15(1)
ROBOCAT COMPANY, 2019. ALL RIGHTS RESERVED.	WELD SYMBOLS PER ANSI Y32.1 WELD JOINTS PER ROBOCAT STD PHAN	UNLESS OTHERWISE SPECIFIED, SEE ROBOCAT STANDARD DEL FOR SHEET METAL BEND RAO. TOLERANCE XX(X) ±.25(1) XX(X) ±.1(1) XX(X) ±.25(1) ANGULAR ±.1° FILLETS & ROUNDS ±.15(1)
ROBOCAT COMPANY, 2019. ALL RIGHTS RESERVED.	WELD SYMBOLS PER ANSI Y32.1 WELD JOINTS PER ROBOCAT STD PHAN	UNLESS OTHERWISE SPECIFIED, SEE ROBOCAT STANDARD DEL FOR SHEET METAL BEND RAO. TOLERANCE XX(X) ±.25(1) XX(X) ±.1(1) XX(X) ±.25(1) ANGULAR ±.1° FILLETS & ROUNDS ±.15(1)

Robocat Company
 WESTFARDC, NORTH DAKOTA, USA

BUSHING WITH HOLE
 PART NO.: 7490138

REV	DESCRIPTION	DATE	BY
A			



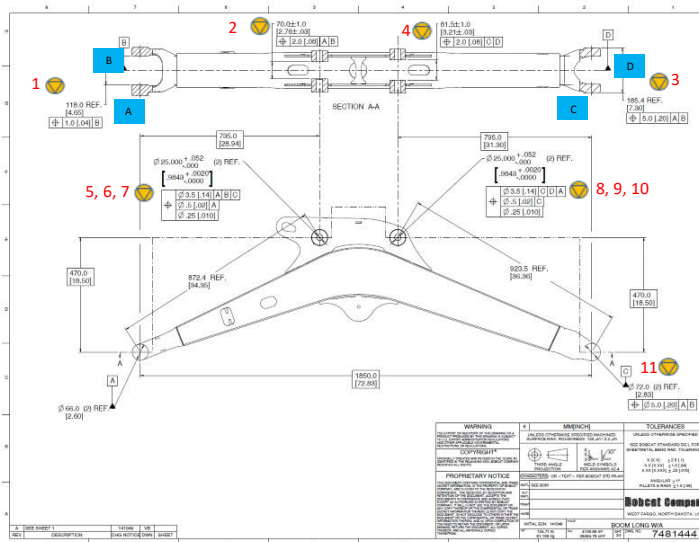
PŘÍLOHA 2



D.P.I MODEL – BOOM Sirius III



DPI Model-CTQ



CTQ-LIST

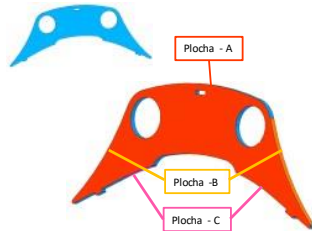
	popis	Tolerance [mm]
1.	Poloha odlitku vzhledem ke středu osy výložníku	±0,5
2.	Poloha pouzder vzhledem k odlitku (strana k násadě)	±1
3.	Poloha odlitku (připojení k otoči) vzhledem k odlitku (strana k násadě)	±1,5
4.	Poloha pouzder vzhledem k odlitku (strana k otoči)	±1
5.	Poloha pouzder vzhledem k výložníku (strana k násadě)	±1,75
6.	Poloha pouzder vzhledem k odlitku (strana k násadě)	±0,25
7.	Poloha pouzder	±0,125
8.	Poloha pouzder vzhledem k výložníku (strana k otoči)	±1,75
9.	Poloha pouzder vzhledem k odlitku (strana k otoči)	±0,25
10.	Poloha pouzder	±0,125
11.	Poloha osy odlitku (strana k otoči) vzhledem k odlitku (strana k násadě)	±2,5

2

DPI Model-CTQ

Oprace 1.1

Sestava Subweldment.
Akce: Založení vypáleného plechu do přípravku
Číslo vstupujícího dílu: 7483436.

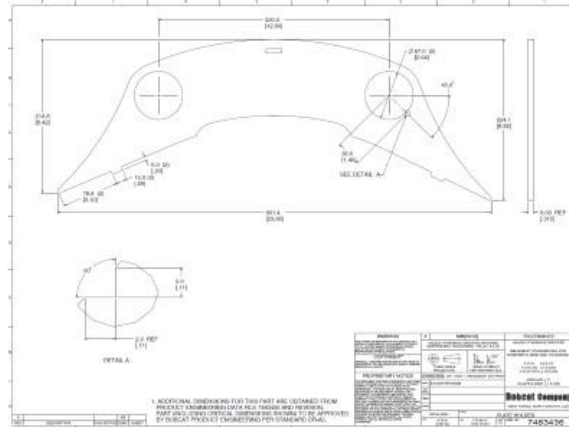


kritické parametry:

1. Kvalita výpalku
2. Tolerance a pozice díry pro čepy
3. Orientace zámků vzhledem k pouzdrům

Dorazové plochy:

1. Fixovat za Plochu-A;
2. Fixovat za Plochu-B;
3. Fixovat za Plochu-C;

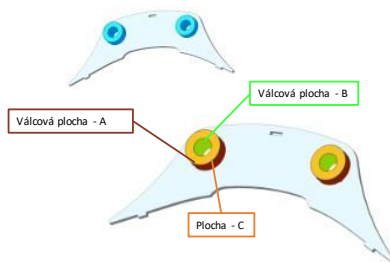


3

DPI Model-CTQ

Oprace 1.2

Sestava Subweldment.
Akce: Založení pouzdra do přípravku
Číslo vstupujícího dílu: 7490139.

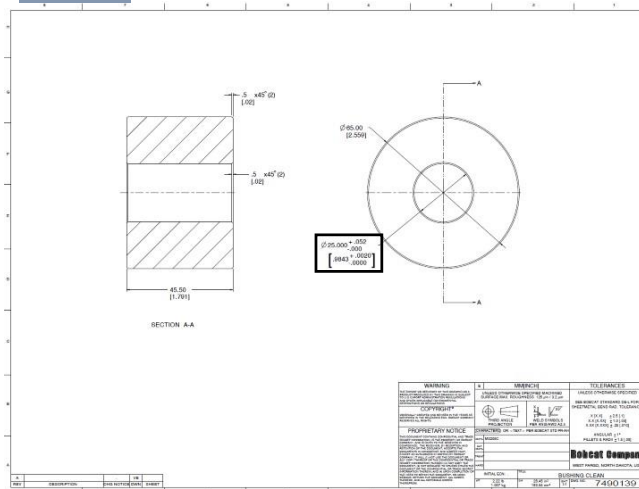


kritické parametry:

1. Vnější průměr pouzder čepů
2. Vnitřní průměr pouzder čepů

Dorazové plochy:

1. Fixovat za válcovou plochu A;
2. Fixovat za válcovou plochu B;
3. Fixovat za plochu C.



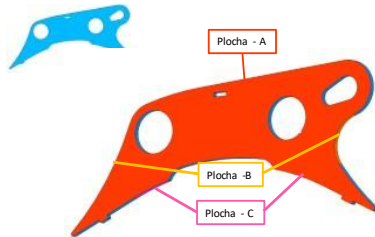
4

DPI Model-CTQ

Oprave 2.1

Sestava Subweldment1

Akce: Založení vypáleného plechu do přípravku
Číslo vstupujícího dílu: 7483435.

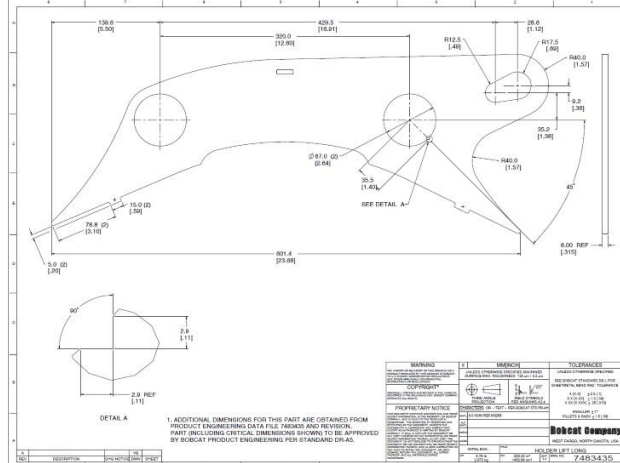


kritické parametry:

1. Kvalita výpalku
2. Tolerance a pozice díry pro pouzdro čepů
3. Orientace zámku vzhledem k pouzdru čepu

Dorazové plochy:

1. Fixovazta plochu-A;
2. Fixovazta plochu-B;
3. Fixovazta plochu-C;



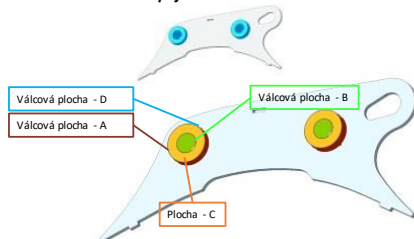
5

DPI Model-CTQ

Oprave 2.2

Sestava Subweldment2

Akce: Tiskání Bushingů a putting into the fixture.
Číslo vstupujícího dílu: 7490138.

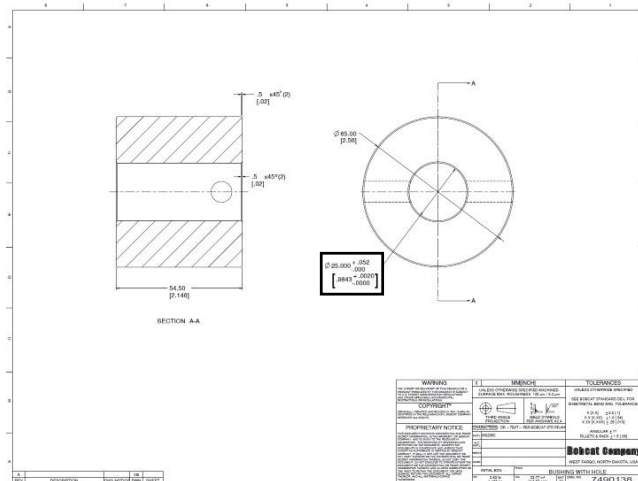


kritické parametry:

1. Vnější průměr pouzder čepů
2. Pozice pouzder čepů vzhledem k zámčkům
3. Vnitřní průměr pouzder pro obrábění
4. kolmost válcové plochy D na válcovou plochu B

Dorazové plochy:

1. Fixovazta válcovou plochu-A;
2. Fixovazta válcovou plochu-B;
3. Fixovazta plochu-C;
4. Fixovazta válcovou plochu-D.

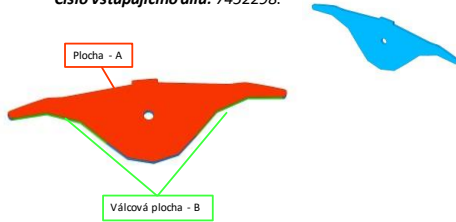


6

DPI Model-CTQ

Oprace3.1

Sestava Svařenec výložníku
Akce: Založení vypáleného plechu do přípravku
Číslo vstupujícího dílu: 7452298.

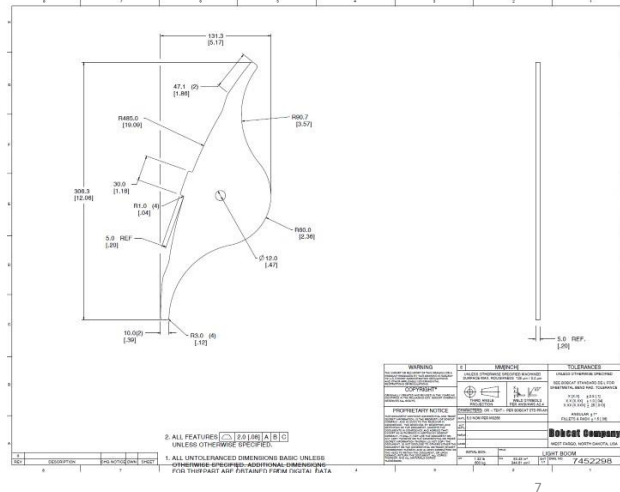


kritické parametry:

1. Přesnost vypáleného plechu

Dorazové plochy:

1. Fixovazta plochu-A;
2. Fixovazta válcovou plochB

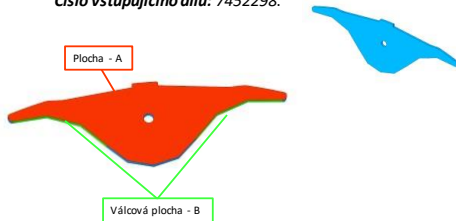


7

DPI Model-CTQ

Oprace3.2

Sestava Svařenec výložníku
Akce: Založení vypáleného plechu do přípravku
Číslo vstupujícího dílu: 7452298.

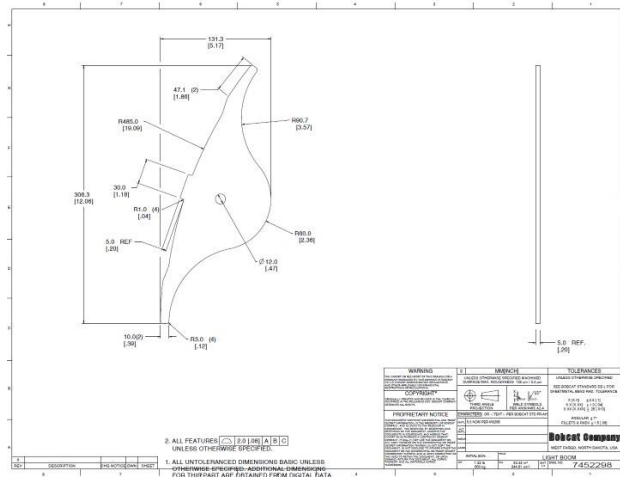


kritické parametry:

1. Přesnost vypáleného plechu

Dorazové plochy:

1. Fixovazta plochu-A;
2. Fixovazta válcovou plochB

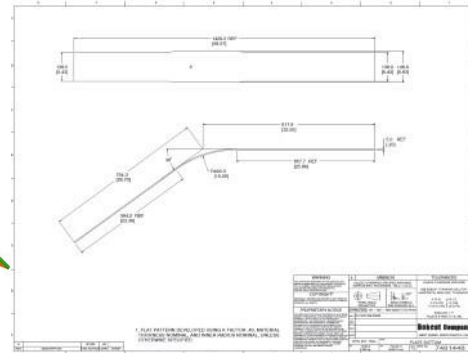
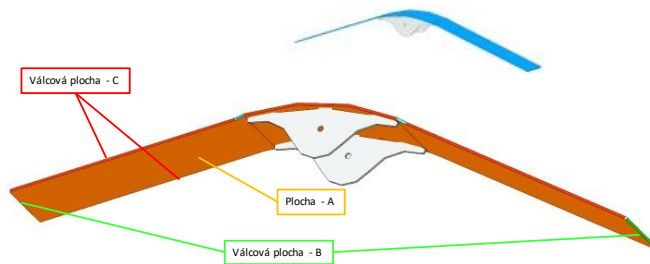


8

DPI Model-CTQ

Oprace3.3

Sestava: Svařenec výložníku
Akce: Založení vypáleného a ohnutého plechu do přípravku
Číslo vstupujícího dílu: 7481448.



kritické parametry:

1. Kvalita ohnutého plechu
2. Přesnost dílu po vypálení

Dorazové plochy:

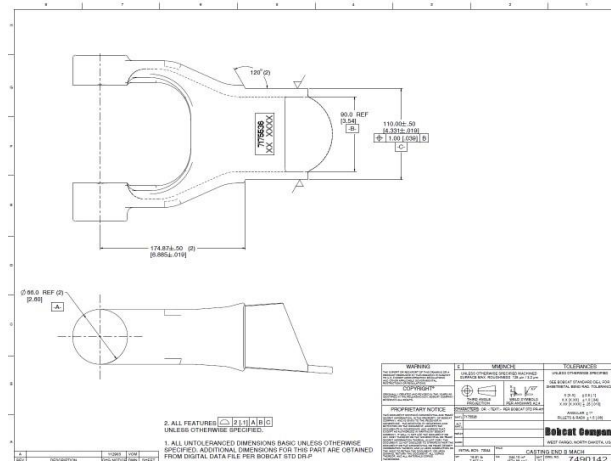
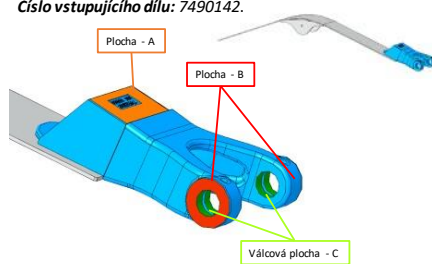
1. Fixovača plochu-A
2. Fixovača plochu-B
3. Fixovača plochu-C

9

DPI Model-CTQ

Oprace3.4

Sestava: Svařenec výložníku
Akce: Založení odlitku do přípravku
Číslo vstupujícího dílu: 7490142.



kritické parametry:

1. Kvalita odlitku
2. Přesnost díry pročepey
3. Kvalita ploch dosedajících na plechy

Dorazové plochy:

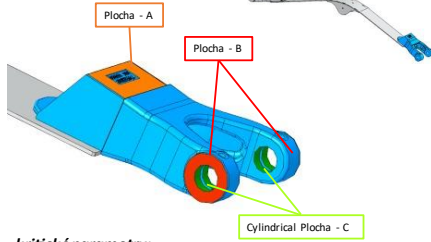
1. Fixovača plochu-A;
2. Fixovača plochu-B;
3. Fixovača válcovou plochu.

DPI Model-CTQ

Sestava Svařenec výložníku

Akce: Založení odlitku do přípravku

Číslo vstupujícího dílu: 7482849.



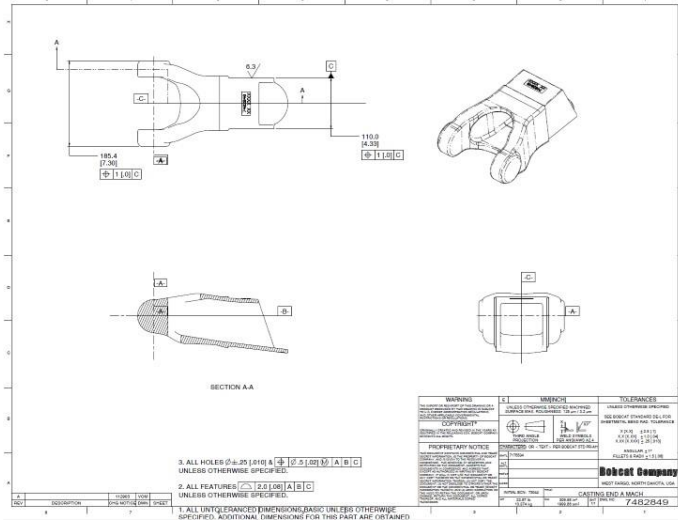
Kritické parametry:

1. Kvalita odlitku
2. Přesnost díry pročepce
3. Kvalita ploch dosedajících na plechy

Dorazové plochy:

1. Fixovazta plochu-A;
2. Fixovazta plochu-B;
3. Fixovazta válcovou plochou.

Oprace3.5

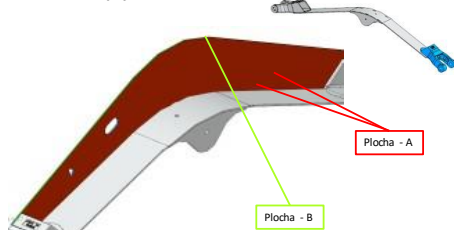


DPI Model-CTQ

Sestava Svařenec výložníku

Akce: Založení plechu do přípravku

Číslo vstupujícího dílu: 7481446.



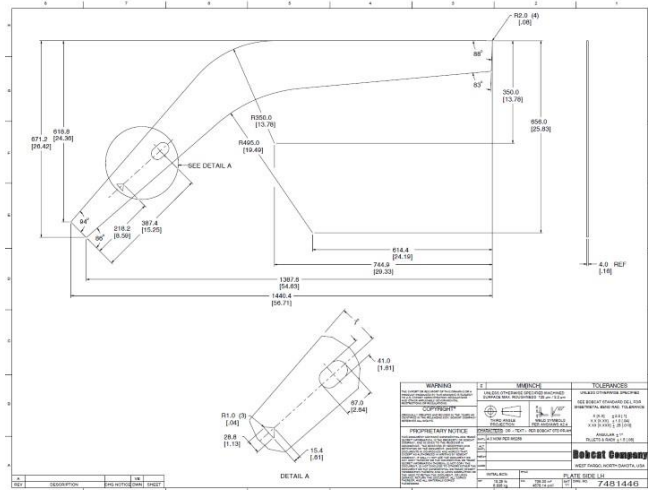
Kritické parametry:

1. Kvalita výpalku
2. Rovinostplechu
3. Správná pozice v přípravku
4. Mezera mezi spodním a bočním plechem

Dorazové plochy:

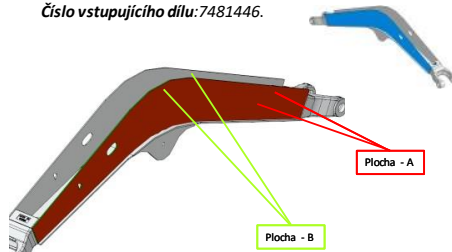
1. Fixovazta plochu-A;
2. Fixovazta plochu-B;

Oprace3.6



DPI Model-CTQ

Sestava: Svařenec výložníku
Akce: Založení plechu do přípravku
Číslo vstupujícího dílu: 7481446.



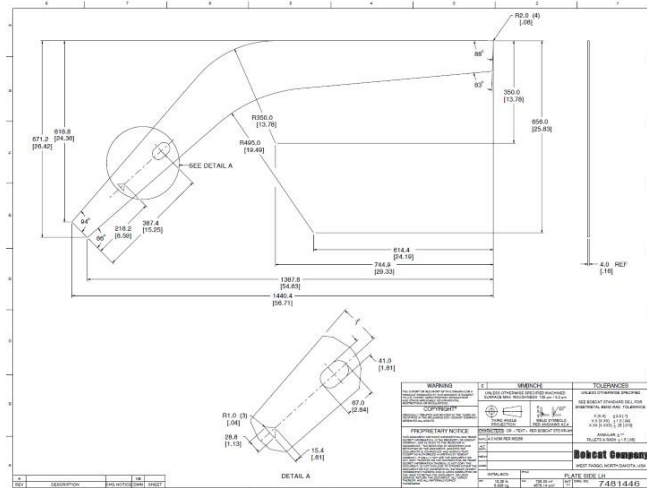
kritické parametry:

1. Kvalita výpalku
2. Rovinosplechu
3. Správná pozice v přípravku
4. Mezera mezi spodním a bočním plechem

Dorazové plochy:

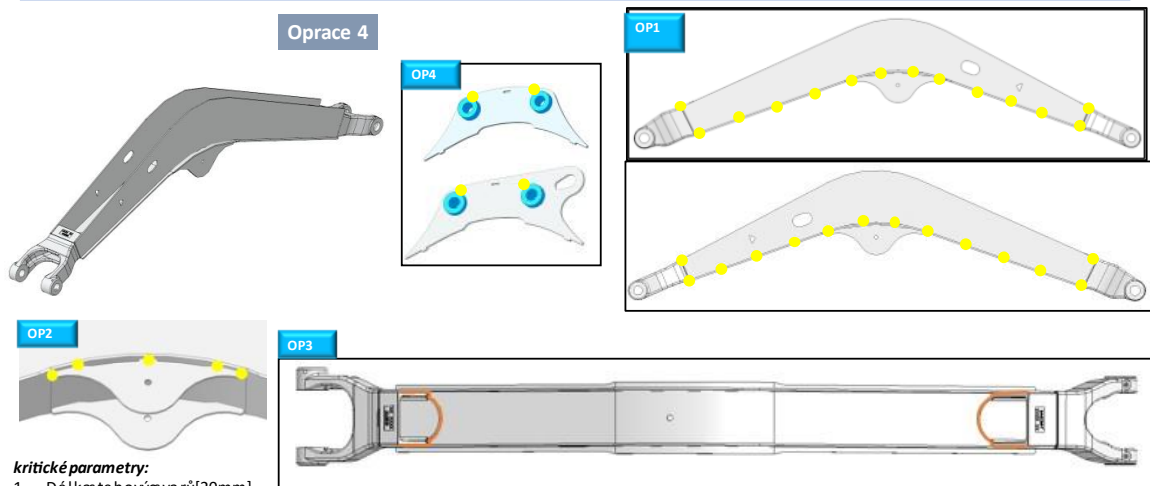
1. Fixovazta plochu-A;
2. Fixovazta plochu-B;

Oprave3.7



DPI Model-CTQ

Oprave 4



kritické parametry:

1. Délka tehovýsvař[20mm].
2. Parametry svařování dle standardu **5.R4.WPS-KA.21.09.28.004.**
3. Podvaření mezer

14



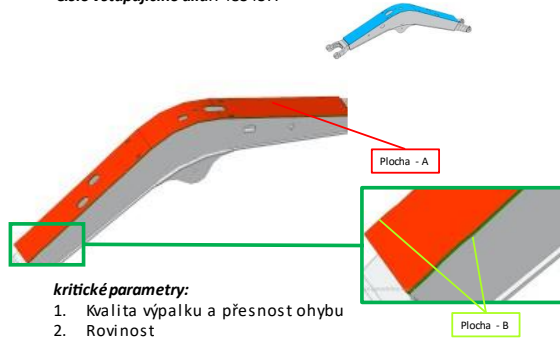
DPI Model-CTQ

Sestava: Svařenec výložníku

Akce: Založení plechu do přípravku

Číslo vstupujícího dílu: 7483437.

Oprace 5.1

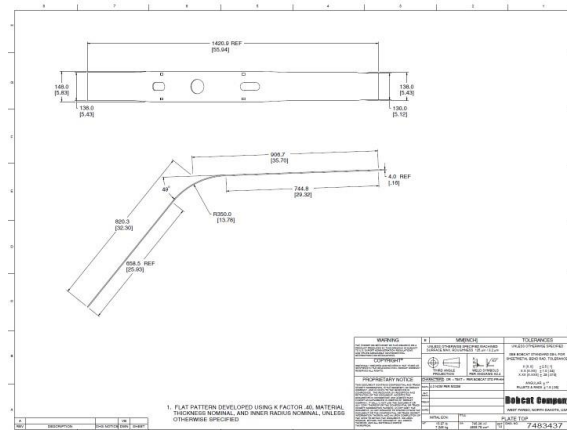


kritické parametry:

1. Kvalita vřpalku a přesnost ohybu
2. Rovinnost
3. Pozice v přípravku
4. Mezera mezi bočními a vrchním plechem

Dorazové plochy:

1. Fixovača plochu-A;
2. Fixovača plochu-B;



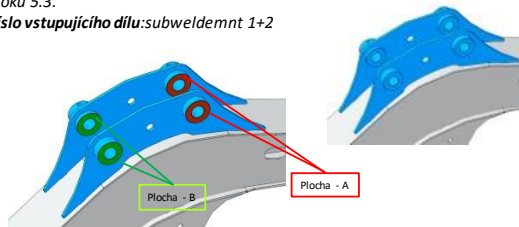
DPI Model-CTQ

Sestava: sestavení uší.

Akce: Založení čepů do horních uší společně s plechem z kroku 5.3.

Číslo vstupujícího dílu: subweldemnt 1+2

Oprace 5.2



kritické parametry:

1. Přesnost nastehovaných horních uší

Dorazové plochy:

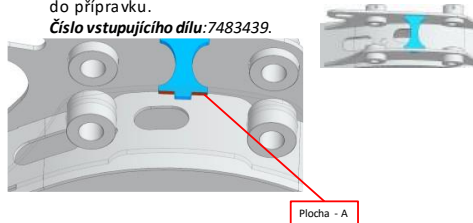
1. Fixovača plochu-A
2. Fixovača plochu-B

DPI Model-CTQ

Sestava Sestava horních uší.

Akce: Složení horních uší s rozpěrným plechem a založení do přípravku.

Číslo vstupujícího dílu: 7483439.



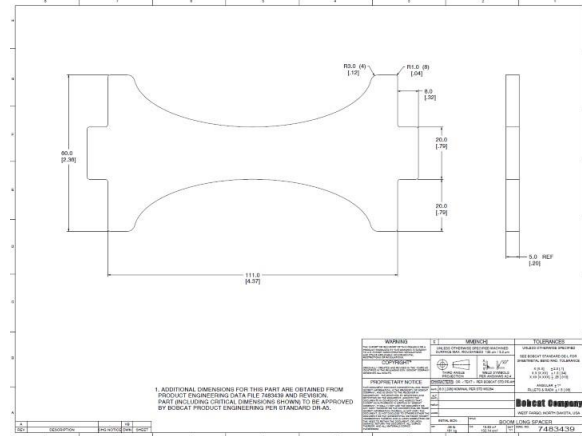
kritické parametry:

1. Velikost zámku
2. Přesnost vypáleného plechu

Dorazové plochy:

1. Fixovazta plochu-A;

Oprace 5.3

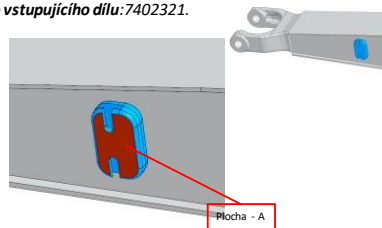


DPI Model-CTQ

Sestava Svařenec výložníku.

Akce: Založení odlitku PTO do přípravku

Číslo vstupujícího dílu: 7402321.



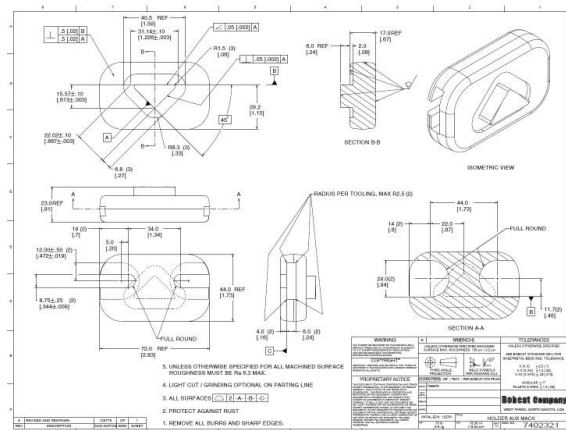
kritické parametry:

1. Kvalita zámku odlitku
2. Přesnost vypáleného zámku v plechu

Dorazové plochy:

1. Fixovazta plochu-A;

Oprace 5.4

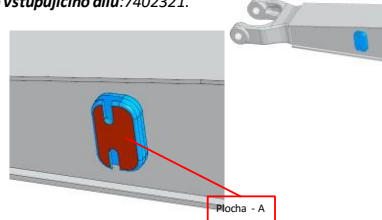


DPI Model-CTQ

Sestava: Svařenec výložníku.

Akce: Založení odlitku PTO do přípravku

Číslo vstupujícího dílu: 7402321.



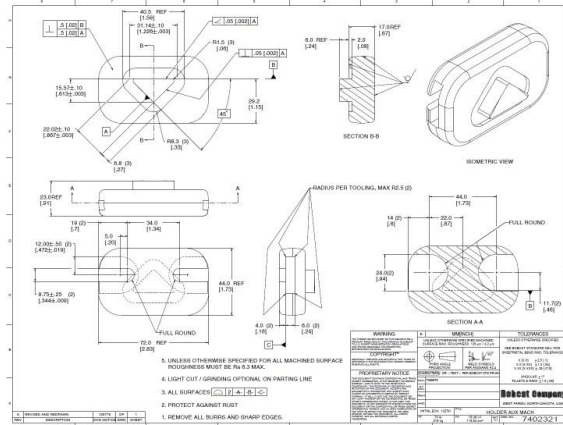
kritické parametry:

1. Kvalita zámku odlitku
2. Přesnost vypáleného zámku v plechu

Dorazové plochy:

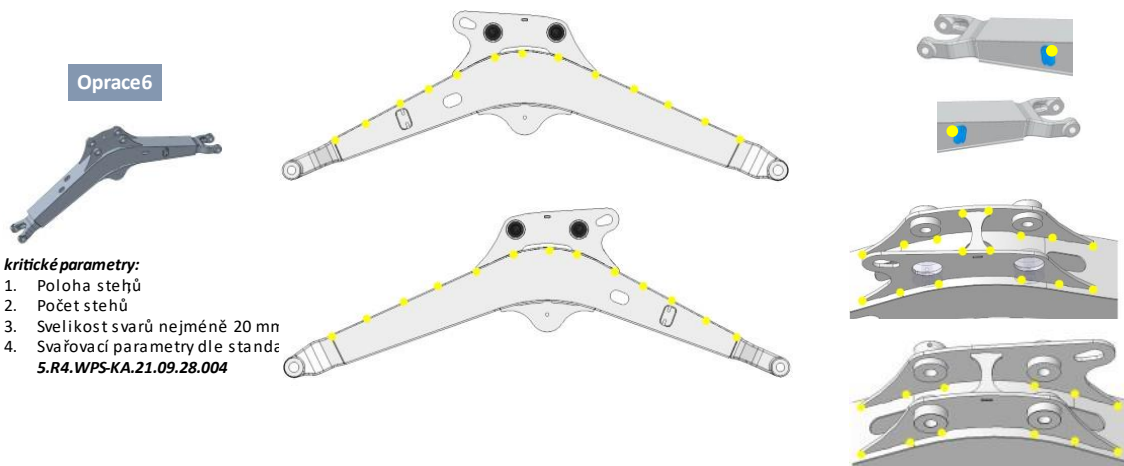
1. Fixovat za plochu-A;

Oprave 5.4



DPI Model-CTQ

Oprave 6



kritické parametry:

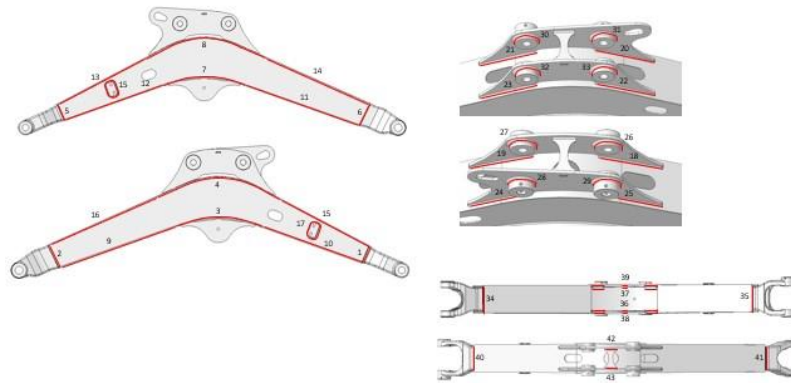
1. Poloha stehů
2. Počet stehů
3. Svelikost svarů nejméně 20 mm
4. Svařovací parametry dle standu
5.R4.WPS-KA.21.09.28.004

DPI Model-CTQ

Sestava Svařenec výložníku.

Akce: Založení Svařence do robotu

Oprace7



21

DPI Model-CTQ

Oprace8

1. Broušení ploch
2. Dovážka svarů, které nemohly být provedeny robotem
3. Kontrola svarů provedených robotem

22

PŘÍLOHA 3

Product Number: 7481444		Market: EMEA																		
Product Name: Výložník			Year: 2022			Revision No.: 4			Navržené akce										Výsledek akce	
operace	Popis součásti	Procesní funkce/Požadavek	možnost selhání	efekt selhání	závažnost [1-10]	důvod selhání	četnost [1-10]	způsob detekce	detekovatelnost [1-10]	RPN	akce	zodpovědnost	předpokládaný termín splnění	termín splnění	závažnost	četnost	detekovatelnost	RPN		
Operace 1.1	Vypálený plech (7472422)	Založení plechu ve správné poloze do přípravku (65-xxx)	Nezaložení do přípravku	Operace 4 nebude možné provést z důvodu chybějícího dílu	4	Operátor nepracuje dle stanoveného pracovního postupu	2	Následující operace	4	32									0	
			Špatná orientace plechu	Nemožnost sestavení - Nebude možné založit další díl	4	Operátor nepracuje dle stanoveného pracovního postupu	5	Design PY	1	20										0
			Špatné založení plechu	nebude možné založit pouzdro	4	Operátor nepracuje dle stanoveného pracovního postupu	6	Design PY	1	24										
Operace 1.2	Pouzdro (7169361)	Založení pouzdra ve správné poloze do přípravku (65-xxx)	Nezaložení do přípravku	Operace 4 nebude možné provést z důvodu chybějícího dílu	6	Operátor nepracuje dle stanoveného pracovního postupu	2	následující operace	3	36									0	
			Špatná orientace pouzdra	Bez efektu, z důvodu symetrie dílu	1	Operátor nepracuje dle stanoveného pracovního postupu	6	Design PY	1	6										0
			Špatné založení pouzdra	pouzdra po sestavení nebudou sousát	6	Operátor nepracuje dle stanoveného pracovního postupu	5	Design PY	1	30										
Operace 1.3	Pouzdro (7169361)	Založení pouzdra ve správné poloze do přípravku (65-xxx)	Nezaložení do přípravku	Operace 4 nebude možné provést z důvodu chybějícího dílu	6	Operátor nepracuje dle stanoveného pracovního postupu	2	následující operace	3	36									0	
			Špatná orientace pouzdra	Bez efektu, z důvodu symetrie dílu	1	Operátor nepracuje dle stanoveného pracovního postupu	6	Design PY	1	6										0
			Špatné založení pouzdra	pouzdra po sestavení nebudou sousát	6	Operátor nepracuje dle stanoveného pracovního postupu	5	Design PY	1	30										
Operace 2.1	Vypálený plech (7483434)	Založení plechu ve správné poloze do přípravku (65-xxx)	Nezaložení do přípravku	Operace 4 nebude možné provést z důvodu chybějícího dílu	4	Operátor nepracuje dle stanoveného pracovního postupu	2	Následující operace	4	32									0	
			Špatná orientace plechu	Nemožnost sestavení - Nebude možné založit další díl	4	Operátor nepracuje dle stanoveného pracovního postupu	5	Design PY	1	20										0
			Špatné založení plechu	nebude možné založit pouzdro	4	Operátor nepracuje dle stanoveného pracovního postupu	6	Design PY	1	24										
Operace 2.2	Pouzdro (7184004)	Založení pouzdra ve správné poloze do přípravku (65-xxx)	Nezaložení do přípravku	Operace 4 nebude možné provést z důvodu chybějícího dílu	2	Operátor nepracuje dle stanoveného pracovního postupu	2	Následující operace	3	12									0	
			Špatná orientace pouzdra	Nebude možné založit čep do pouzdra	8	Operátor nepracuje dle stanoveného pracovního postupu	4	Design PY	1	32										0
			Špatné založení pouzdra	pouzdra po sestavení nebudou sousát	6	Operátor nepracuje dle stanoveného pracovního postupu	6	Design PY	1	36										
Operace 2.3	Pouzdro (7184004)	Založení pouzdra ve správné poloze do přípravku (65-xxx)	Nezaložení do přípravku	Operace 4 nebude možné provést z důvodu chybějícího dílu	2	Operátor nepracuje dle stanoveného pracovního postupu	2	Následující operace	3	12									0	
			Špatná orientace pouzdra	Nebude možné založit čep do pouzdra	8	Operátor nepracuje dle stanoveného pracovního postupu	4	Design PY	1	32										0
			Špatné založení pouzdra	pouzdra po sestavení nebudou sousát	6	Operátor nepracuje dle stanoveného pracovního postupu	6	Design PY	1	36										

operace	Popis součásti	Procesní funkce/Požadavek	možnost selhání	efekt selhání	závažnost [1-10]	důvod selhání	Navržené akce				Výsledek akce								
							četnost [1-10]	způsob detekce	detekovatelnost [1-10]	RPN	akce	zodpovědnost	předpokládaný termín splnění	termín splnění	závažnost	četnost	detekovatelnost	RPN	
Operace 3.1	Vypálený plech (7452298)	Založení plechu ve správné poloze do přípravku (65-xxx)	Nezaložení do přípravku	Nebude možné montovat světlo	6	Operátor nepracuje dle stanoveného	5	Design PY	1	30								0	
			Špatná orientace plechu	žádný z důvodu symetrie dílu	1	Operátor nepracuje dle stanoveného pracovního postupu	1	vizuální	8	8									0
			špatné založení Plechu	Nebude možné montovat světlo	5	Operátor nepracuje dle stanoveného pracovního postupu	4	Design PY	1	20									0
Operace 3.2	Vypálený plech (7452298)	Založení plechu ve správné poloze do přípravku (65-xxx)	Nezaložení do přípravku	Nebude možné montovat světlo	6	Operátor nepracuje dle stanoveného pracovního postupu	5	Design PY	1	30								0	
			Špatná orientace plechu	žádný z důvodu symetrie dílu	1	Operátor nepracuje dle stanoveného pracovního postupu	1	vizuální	8	8									0
			špatné založení plechu	Nebude možné montovat světlo	5	Operátor nepracuje dle stanoveného pracovního postupu	4	Design PY	1	20									0
Operace 3.3	Ohnutý plech (7461913)	Založení plechu ve správné poloze do přípravku (65-xxx)	Nezaložení do přípravku	nebude možné založit odlietek	7	Operátor nepracuje dle stanoveného pracovního postupu	2	Následující operace	2	28								0	
			Špatná orientace plechu	Boční plechy budou přečnívat	8	Operátor nepracuje dle stanoveného pracovního postupu	3	Vizuální	8	192	design PY				8	3	1	24	
			špatné založení plechu	nebude možné založit odlietek	8	Operátor nepracuje dle stanoveného pracovního postupu	2	vizuální	8	128	design PY				8	2	1	16	
Operace 3.4	Odlietek (7482849)	Založení odlietku ve správné poloze do přípravku (65-xxx)	Nezaložení do přípravku	Operace 3.6 nebude moct být provedena	7	Operátor nepracuje dle stanoveného pracovního postupu	2	design PY	1	14								0	
			špatná pozice v přípravku	Boční plechy budou přečnívat	4	Operátor nepracuje dle stanoveného pracovního postupu	4	Následující operace	2	32								0	
			špatná orientace dílu	Operace 3.7 nebude moct být provedena	4	Operátor nepracuje dle stanoveného pracovního postupu	2	Vizuální	8	64									0
Operace 3.5	Odlietek (7175535)	Založení odlietku ve správné poloze do přípravku (65-xxx)	Nezaložení do přípravku	Operace 3.6 nebude moct být provedena	7	Operátor nepracuje dle stanoveného pracovního postupu	2	design PY	1	14								0	
			špatná pozice v přípravku	Boční plechy budou přečnívat	4	Operátor nepracuje dle stanoveného pracovního postupu	4	Následující operace	2	32								0	
			špatná orientace dílu	Operace 3.7 nebude moct být provedena	4	Operátor nepracuje dle stanoveného pracovního postupu	2	Vizuální	8	64									0
Operace 3.6	Vypálený plech (7472421)	Založení plechu ve správné poloze do přípravku (65-xxx)	Nezaložení do přípravku	Operace 5 nebude moct být provedena	4	Operátor nepracuje dle stanoveného pracovního postupu	2	následující operace	1	8								0	
			špatná pozice v přípravku	Operace 5 nebude moct být provedena	4	Operátor nepracuje dle stanoveného pracovního postupu	3	Design PY	2	24									0
			špatná orientace dílu	nebude možné díl založit	1	Operátor nepracuje dle stanoveného pracovního postupu	2	následující operace	3	6									0
Operace 3.7	Vypálený plech (7472421)	Založení plechu ve správné poloze do přípravku (65-xxx)	Nezaložení do přípravku	Operace 5 nebude moct být provedena	4	Operátor nepracuje dle stanoveného pracovního postupu	2	následující operace	4	32								0	
			špatná pozice v přípravku	Operace 5 nebude moct být provedena	4	Operátor nepracuje dle stanoveného pracovního postupu	3	Design PY	1	12									0
			špatná orientace dílu	nebude možné díl založit	1	Operátor nepracuje dle stanoveného pracovního postupu	2	následující operace	3	6									0

operace	Popis součásti	Procesní funkce/Požadavek	možnost selhání	efekt selhání	závažnost [1-10]	důvod selhání	Navržené akce			Výsledek akce										
							číslo [1-10]	způsob detekce	detekovatelnost [1-10]	RPN	akce	zodpovědnost	předpokládaný termín splnění	termín splnění	závažnost	číslo	detekovatelnost	RPN		
Operace 4.1	Stehování	Stehování plechů a odlítků	žádné svary	Díl se rozpne při vyndávání z přípravku	7	Operátor nepracuje dle stanoveného pracovního postupu	2	Vizuální	8	112	Optický senzor					7	2	2	28	
			Velikost svarů bude větší než předepsaná	Může dojít k podvažení hran	7	Operátor nepracuje dle stanoveného pracovního postupu	2	Vizuální	8	112	Optický senzor						7	2	2	28
			Velikost svarů bude menší než předepsaná	Riziko rozpadnutí součástí při transportu do robotu	8	Operátor nepracuje dle stanoveného pracovního postupu	3	Vizuální	8	192	Optický senzor						8	3	2	48
			nedojde k podvažení mezer	Dojde k dislokaci svarové housenky	7	Operátor nepracuje dle stanoveného pracovního postupu	3	Double Vizualní	7	147	Optický senzor						7	3	2	42
			Špatný počet stehových svarů	Dojde k nepřiměřené deformaci	7	Operátor nepracuje dle stanoveného pracovního postupu	3	Vizuální	8	168	Optický senzor						7	3	2	42
Operace 4.2	Svařování	Svařování vnitřních svarů	Nebudou svařeny	Snižená životnost výložníku	8	Operátor nepracuje dle stanoveného pracovního postupu	4	Vizuální	8	256	Optický senzor					8	4	2	64	
			Velikost svarů je větší než předepsaná	Možnost vzniku deformací a nemožnost založení dalších dílů	7	Operátor nepracuje dle stanoveného pracovního postupu	2	Vizuální	8	112	Optický senzor						7	2	2	28
			Velikost svarů je menší než předepsaná	Snižená životnost výložníku	8	Operátor nepracuje dle stanoveného pracovního postupu	2	Vizuální	8	128	Optický senzor						8	2	2	32
Operace 5.1	Ohnutý plech (7461912)	Založení plechu ve správné poloze do přípravku (65-xxx)	Nezaložení do přípravku	Oprave 5.4 nebude moct být provedena	7	Operátor nepracuje dle stanoveného pracovního postupu	1	následující operace	1	7									0	
			špatná pozice v přípravku	nebudou rovnoběžné s odlítkem	8	Operátor nepracuje dle stanoveného pracovního postupu	3	Vizuální	8	192	design PY						8	3	1	24
			špatná orientace v přípravku	Problémy při montáži - hadice	8	Operátor nepracuje dle stanoveného pracovního postupu	2	Vizuální	8	128	design PY						8	2	1	16
Operace 5.2	Odlitek PTO (7402321)	Založení plechu ve správné poloze do přípravku (65-xxx)	Nezaložení do přípravku	problémy při montáži	4	Operátor nepracuje dle stanoveného pracovního postupu	2	Vizuální	8	64									0	
			špatná pozice v přípravku	žádný efekt	1	Operátor nepracuje dle stanoveného pracovního postupu	1	design PY	1	1									0	
			špatná orientace dílu	žádný efekt	1	Operátor nepracuje dle stanoveného pracovního postupu	1	design PY	1	1									0	
Operace 5.3	PTQ (7402321)	Založení odlit PTQ do přípravku (65-xxx)	Nezaložení do přípravku	problémy při montáži	4	Operátor nepracuje dle stanoveného pracovního postupu	2	Vizuální	8	64									0	
			špatná pozice v přípravku	žádný efekt	1	Operátor nepracuje dle stanoveného pracovního postupu	1	design PY	1	1									0	
			špatná orientace dílu	žádný efekt	1	Operátor nepracuje dle stanoveného pracovního postupu	1	design PY	1	1									0	
Operace 5.4	podsestava 1+2	Založení podsestav uší	Nezaložení do přípravku	Nemožnost transportu	4	Operátor nepracuje dle stanoveného pracovního postupu	1	Design PY	1	4									0	
			špatná pozice v přípravku	problémy při montáži - hydraulické válce	7	Operátor nepracuje dle stanoveného pracovního postupu	2	design PY	1	14									0	
			špatná orientace v přípravku	problémy při montáži - hydraulické válce	7	Operátor nepracuje dle stanoveného pracovního postupu	2	design PY	1	14									0	



operace	Popis součásti	Procesní funkce/Požadavek	možnost selhání	efekt selhání	závažnost [1-10]	důvod selhání	četnost [1-10]	způsob detekce	detekovatelnost [1-10]	RPN	Navržené akce				Výsledek akce					
											akce	zodpovědnost	předpokládaný termín splnění	termín splnění	závažnost	četnost	detekovatelnost	RPN		
Operace 5.5	Vypálený plech (7482819)	založení plechu mezi uši	nezaložení plechu	nemožnost vyjmutí z přípravku	4	Operátor nepracuje dle stanoveného pracovního postupu	3	další operace	4	48									0	
			špatná poloha	žádný efekt	1	Operátor nepracuje dle stanoveného pracovního postupu	1	design PY	1	1									0	
			špatná orientace	No effect	1	Operátor nepracuje dle stanoveného pracovního postupu	1	design PY	1	1										0
Operace 6	stehování	Stehování celé sestavy	žádné svary	Díl se rozpadne při vyndávání z přípravku	8	Operátor nepracuje dle stanoveného pracovního postupu	2	vizuální	8	128	Optický senzor					8	2	2	32	
			Velikost svarů bude větší než předepsaná	Může dojít k podvažení hran	7	Operátor nepracuje dle stanoveného pracovního postupu	2	Vizuální	8	112	Optický senzor					7	2	2	28	
			Velikost svarů bude menší než předepsaná	Riziko rozpadnutí součástí při transportu do robotu	9	Operátor nepracuje dle stanoveného pracovního postupu	3	Vizuální	8	216	Optický senzor					9	3	2	54	
			nedojde k podvažení mezer	Dojde k dislokaci svarové housenky	7	Operátor nepracuje dle stanoveného pracovního postupu	3	Double Vizuali	7	147	Optický senzor					7	3	2	42	
			Špatný počet stehových svarů	Dojde k nepřiměřené deformaci	7	Operátor nepracuje dle stanoveného pracovního postupu	3	Vizuální	8	168	Optický senzor					7	3	2	42	
Operace 7	Svařování	Svařování robotem	nezaložení svařence do robota	Díl bude pouze nastehován	8	Operátor nepracuje dle stanoveného pracovního postupu	1	vizuální	7	56									0	
			Bude spuštěn program pro jiný model	Robot nabourá	8	Operátor nepracuje dle stanoveného pracovního postupu	2	Design PY	2	32										0
				svařování bude probíhat v jiných místech	7	Operátor nepracuje dle stanoveného pracovního postupu	2	Design PY	2	28										0
Operace 8	kontrola svarů	Kontrola svarů provedených robotem	Nebude provedena	není zaručena kvalita svarů	5	Operátor nepracuje dle stanoveného pracovního postupu	4	vizuální	8	160	Optický senzor				5	4	2	40		
			svary nebudou dovařeny	Snižená životnost výložníku	7	Operátor nepracuje dle stanoveného pracovního postupu	2	dvojitá vizuální	6	84									0	
oprace 9	broušení	broušení od svařovacího rozstříku	nebude provedeno	vliv na vizuální vzhled dílu	4	Operátor nepracuje dle stanoveného pracovního postupu	3	dvojitá vizuální	6	72									0	