



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STROJNÍ

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

**Řízení výroby a výrobních technologií při
prototypové výrobě**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

AUTOR: Bc. Michal Šperňák

VEDOUcí PRÁCE: doc. Ing. Ladislav Kolařík, Ph.D., IWE

STUDIJNÍ PROGRAM: Výrobní inženýrství

Praha 2022

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Šperňák** Jméno: **Michal** Osobní číslo: **466694**
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:

Řízení výroby a výrobních technologií při prototypové výrobě

Název diplomové práce anglicky:

Production management and production technologies in prototype production

Pokyny pro vypracování:

Rozbor požadavků na kvalitu a design produktů
Legislativní požadavky na výrobní konstrukce a jejich provoz, dokumentace
Návrh technologií výroby, montáže a kompletace, zhodnocení ekonomičnosti
Návrh zkoušek a kritérií pro kontrolu kvality a přejímku
Závěr a zhodnocení procesu výroby

Seznam doporučené literatury:

Vígner, M., zelenka, A., Král, M.: Metodika projektování výrobních procesů, SNTL, 1984, Praha
Král, M., Bednář, B., Čermák, J.: Engineering Technology, ČVUT, 1998, Praha
Král, M.: Projektování výrobních procesů, ČVUT, 1992, Praha
Musil, M, Moravec, J. a kolektiv: Výroba a aplikované inženýrství ve svařování, DOM ZO 13, 2017

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

Prohlášení

Tímto prohlašuji, že jsem svou diplomovou práci vypracoval samostatně pod vedením doc. Ing. Ladislava Kolaříka, Ph.D., a to pouze pomocí podkladů uvedených v seznamu použité literatury v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací, vydaným ČVUT v Praze 1. 7. 2009.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č.121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne:

.....

Podpis autora

Poděkování

Rád bych v první řadě poděkoval svým rodičům a rodině za podporu a zázemí během všech let studia, které vyústily touto prací a snad i zúročením mých nabytých vědomostí v této diplomové práci. Za to, že mě ke strojařině přivedli, bych chtěl poděkovat rodině Melkových a panu Jaroslavu Řezankovi, který je mi stále vzorem. Za možnost realizace praktické části diplomové práce bych chtěl poděkovat týmu společnosti Techracoon s.r.o.

Za pomoc při zpracování, cenné rady, velmi ochotný přístup a především profesionální vedení práce bych chtěl poděkovat svému vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Ladislavu Kolaříkovi, Ph.D., IWE.

Anotace

Diplomová práce se zabývá řízením prototypové výroby příslušenství k minirypadlům v podobě stříhací hlavice pro odstraňování náletových dřevin a selekci v pěstebním porostu. Diplomová práce vzniká ve spolupráci s nově vznikající společností Tchraccoon s.r.o. Projekt výroby začíná spoluprací s konstruktéry při navrhování konstrukce, kdy jsou v počátku definovány požadavky z pohledu technologie výroby, nákladů a časové náročnosti na výrobu. Dále se práce zabývá použitými výrobními technologiemi, související legislativou, způsobem řízení objednávek, kontrolou kvality a samotnou výrobou prototypu. Součástí diplomové práce je i návrh a implementace procesů ve výrobě, objednávkách a kontrole kvality, která má sloužit jako odrazový můstek pro vznik a implementaci systémů ve startupu tak, aby bylo možné ve společnosti implementovat ČSN EN ISO 9001:2016 potřebnou k možnosti prohlášení o shodě a distribuci vlastních produktů.

Název diplomové práce:	Řízení výroby a výrobních technologií při prototypové výrobě
Autor práce:	Bc. Michal Šperňák
Vedoucí práce:	doc. Ing. Ladislav Kolařík, Ph.D., IWE
Akademický rok:	2021/2022
Vysoká škola:	ČVUT v Praze, Fakulta strojní
Ústav:	12133 – Ústav strojírenské technologie
Vedoucí ústavu:	doc. Ing. Ladislav Kolařík, Ph.D., IWE
Rozsah práce:	67 stránek, 4 tabulky, 37 obrázků
Klíčová slova:	Prototyp, prototypová výroba, řízení výroby, výrobní technologie, výzkum a vývoj, kooperace, management kvality, svařované konstrukce, strojní zařízení.

Annotation

The master's thesis deals with prototype production of attachments for mini-excavators, specifically cutting heads intended for removing weedy trees and tree selection in cultivated forests. The thesis is written in collaboration with newly founded company Tchraccoon, s.r.o. The project of prototype production begins on collaboration with development engineers on design work, where at the beginning technology, cost and timing requirements of production are set. Further on, the thesis deals with production technologies, legislation, goods order, management system, quality control system and the real-world manufacturing of the cutting head prototype. Concept and implementation of processes in production, and ordering are part of the thesis too. These processes should be used as a first step for setting-up systems in a startup, so that it is possible to implement ČSN EN ISO 9001:2016, which is needed for legal manufacturing and distribution of own products.

Title of the final thesis:	Production management and production technologies in prototype production
Author:	Bc. Michal Šperňák
Supervisor:	doc. Ing. Ladislav Kolařík, Ph.D., IWE
Consultant :	Bc. Jiří Jakubský
Academic year:	2021/2022
University:	CTU in Prague, Faculty of Mechanical Engineering
Department:	12133 – Department of Manufacturing Technology
Head of department:	doc. Ing. Ladislav Kolařík, Ph.D., IWE
Extent:	67 pages, 4 tables, 37 pictures
Keywords:	Prototype, prototype production, production management, production technologies, research and development, cooperation, quality management, welded structures, machinery

Obsah

Obsah	7
1. ÚVOD A CÍL PRÁCE	11
1.1 Motivace diplomové práce	11
1.2 Základní údaje o firmě Tchraccoon s.r.o.....	12
1.3 Cíl práce.....	13
2 Seznámení s konstrukcí vybraného prototypu	14
2.1 Oblast využití.....	14
2.2 Konstrukce prototypu	16
2.3 Provoz prototypu	19
3 Požadavky při výrobě prototypu	22
3.1 Časová osa projektu.....	22
3.2 Požadavky na konstrukci a výrobní dokumentaci.....	26
3.2.1 Obsah výkresové šablony	28
3.2.2 Požadavky na tolerance.....	29
3.2.3 Požadavky na kóty	35
3.3 Požadavky dle platné legislativy a norem.....	39
3.3.1 Bezpečnost práce.....	39
3.3.2 Hydraulické prvky	40
4 Návrh výrobních technologií, jejich omezení a kontroly.....	41
4.1 Prvovýroba	42
4.1.1 Výpalky.....	42
4.1.2 Ohraněné díly	44
4.2 Obrobky	45
4.2.1 Břit	45
4.2.2 Segment trubky prstu	46

4.3	Svařence.....	47
4.3.1	Technologie svařování.....	47
4.3.2	Přípravky.....	48
4.4	Povrchová úprava	49
4.5	Montáž.....	52
4.5.1	Šroubové spoje.....	53
5	Řízení stavu objednávek.....	54
5.1	Tabulka objednávek.....	56
5.2	Kontrola dodaného zboží.....	58
5.2.1	Kontrola množství a parametrů.....	58
5.2.2	Kontrola kvality a funkčnosti.....	59
5.2.3	Kontrola materiálových požadavků.....	60
6	Předání prototypu k testování	61
7	Závěr a zhodnocení nastavených procesů a výroby	62
8	Seznam použitých laterálních zdrojů	63
9	Seznam tabulek.....	65
10	Seznam obrázků	66

Seznam zkratek

S/A	surface area (plocha/povrch)
WT	weight (hmotnost)
ČSN	česká technická norma
EN	Evropská norma
ISO	International Organization for Standardization (Mezinárodní organizace pro normalizaci)
.csv	Comma Separated Values (čárkou oddělené údaje)
MIG	Metal inert gas (metoda svařování el. obloukem tavící se elektrodou v atmosféře inertního plynu)
MAG	Metal active gas (metoda svařování el. obloukem tavící se elektrodou v atmosféře aktivního plynu)
OSVČ	osoba samostatně výdělečně činná
Obr.	Obrázek
č.	číslo
CAD	Computer Aided Design (počítačem podporovaný návrh)
NDT	Non destructive testing (nedestruktivní zkoušení)
DT	Destructive testing (nedestruktivní zkoušení)
5S	Sort, Set in Order, Shine, Standardize, Sustain (Třídít, Evidovat, Kontrolovat, Standardizovat, Dodržovat)
Tchr	Tehraccoon s.r.o.

Seznam použitých veličin a jednotek

m (angl. WT)	[kg]	hmotnost
L	[mm]	délka
D	[mm]	průměr
t	[mm]	tloušťka
S (angl. S/A)	[m ²]	plocha
HARD	[HV/HB]	tvrdost
ANG	[°]	úhel

1. ÚVOD A CÍL PRÁCE

1.1 Motivace diplomové práce

Autor diplomové práce během let studia nabýval velké množství teoretických znalostí, a tak se rozhodl je již při bakalářském studiu začít kombinovat s praxí na Trainee programu. Tím si uvědomil, že teorie je pro něj větším přínosem, snoubí-li se současně s praxí. Začal se snažit uplatňovat teoretické znalosti v praxi a stejně tak tomu bylo i v opačném případě, kdy k řešení problémů z praxe hledal oporu a odůvodnění v teoretických znalostech.

Vše vyústilo v založení společnosti Tchraccoon s.r.o., která je složena z kolektivu studentů a absolventů Fakulty strojní ČVUT v Praze. Od založení společnosti, přes první krůčky českou legislativou, až na pole průmyslu a k prvním zakázkám bylo hlavní motivací zúročit teoretické znalosti z dob studia, převést je do praxe a na vlastní odpovědnost je realizovat. Vznik této společnosti tak umožnil velký krok k seberealizaci, rozhodování a řízení projektů i absolventům bez mnohaleté praxe.

Přes to vše se společnost nyní dostala až k vytouženému kroku, kterým je uvedení prvního vlastního produktu na trh a s tím spojená vlastní certifikace pro provoz a distribuci strojního zařízení. K tomuto kroku je nutné zavedení normy *ČSN EN ISO 9001:2016 Systémy managementu kvality – Požadavky* a vybudování systému řízení kvality pro daný předmět podnikání, tím je pro tento případ výroba strojů a zařízení.

To vše bylo motivací pro vznik této diplomové práce, která by měla zdokumentovat návrh a zavedení procesů pro řízení prototypové výroby a následně je při stavbě vybraného prototypu realizovat, ověřit funkčnost a navrhnout jejich úpravy. Tak aby tyto navržené procesy vedly k zavedení systému řízení kvality, který by umožňoval zlepšení způsobu výroby a její další zdokonalování, včetně systémů a striktních procesů, které jsou součástí systému řízení kvality ve smyslu normy ČSN EN ISO 9001:2016.

[16,17,18]

1.2 Základní údaje o firmě Techracoon s.r.o.

Název:	Techracoon s.r.o.
Sídlo společnosti:	Smetanovo nábřeží 334/4, Staré Město, 110 00 Praha 1
Kontaktní email:	info@tehracoon.cz
Právní forma:	Společnost s ručením omezeným
Datum vzniku:	10.7. 2021
IČ:	116 70 614
DIČ:	CZ 116 70 614
Logo:	



Obrázek 1 – Logo Techracoon s.r.o.

Společnost Techracoon s.r.o. je mladá a rozvíjející se česká společnost, která vznikla spoluprací studentů FS, ČVUT v Praze ve snaze nabrat nové zkušenosti a ty teoretické aplikovat v praxi. Dnes se společnost zabývá především návrhy a výrobou přípravků pro výrobu a přepravu strojních dílů. Jejím cílem je uvedení vlastních strojů na trh a jejich následná distribuce. Společnost se od svého počátku zaměřuje zejména na výrobu, přestavby a podporu výroby zemědělských, stavebních a lesnických strojů a v tomto oboru by chtěla i nadále působit.

1.3 Cíl práce

Cílem práce je popsat řízení výroby svěřeného prototypu ve společnosti Tchraccoon s.r.o. za účelem nastavení interních procesů při prototypové výrobě v rámci plnění požadavků systému kvality.

Diplomová práce by měla popisovat celý proces výroby již od spolupráce s konstruktéry, tedy stanovení požadavků na technologičnost konstrukce při samotném návrhu a zavedení náležitostí ve výrobní dokumentaci. Následně převzetí výrobních podkladů a požadavků na výrobu od konstrukce a testování, které prototyp následně převezme.

Na základě těchto podkladů navrhnout výrobní technologie včetně kontrol kvality pro tyto i případné alternativní technologie výroby, definovat podmínky a požadavky pro jejich realizaci. Navrhnout systém pro řízení objednávek a kontrol při jejich přejímce. Následně definovat montážní postupy a podmínky pro montáž vybraných prvků.

Pro všechny tyto kroky definovat požadavky tak, aby sloužily jako návodka při dalších realizacích prototypové výroby. Ověřit jejich platnost v praxi během stavby svěřeného prototypu, zpětně je zhodnotit, nalézt chyby a navrhnout případné úpravy, či specifikovat nová slabá místa v procesech, objevená během realizace. Dále zhodnotit postup výroby a technologičnost konstrukce a navrhnout úpravy konstrukce s ohledem na vybrané výrobní technologie.

Všechny tyto kroky definovat tak, aby sloužily jako odrazový můstek pro tvorbu interních návodků a norem v rámci systému řízení kvality ve shodě s ČSN EN ISO 9001:2016.

2 Seznámení s konstrukcí vybraného prototypu

2.1 Oblast využití

Pro realizaci diplomové práce přidělila společnost Tchraccoon s.r.o. výrobu prvotního prototypu stříhací hlavičky s označením JIRA 300, jejíž výroba probíhala na konci roku 2021. Jedná se o strojní zařízení sloužící k odstraňování náletových dřevin, probírkovým pracím v lesním hospodářství a zpracování dřevin při výrobě biomasy. Společnost s vývojem tohoto nového produktu reagovala na poptávku vznikající v souvislosti se znovuzalesňováním vytěžených pozemků po kůrovcové kalamitě.



Obrázek 2 – Prototyp JIRA 300 při odstraňování náletových dřevin [2]

Tyto mýtiny je před vysazováním nutné zbavit nežádoucích rychle se rozrůstajících dřevin, příkladem je Trnka obecná (*Prunus spinosa*) nebo Trnovník akát (*Robinia pseudoacacia*), jejichž přírůstky v prvních letech výrazně překonávají hospodářsky významnější dřeviny a zabraňují tak jejich dalšímu růstu.

Odstranění těchto trnitých dřevin je běžnou manuální prací velmi obtížné a nebezpečné. Nabízí se tak použití strojů, které by díky vhodnému příslušenství dokázaly finančně konkurovat lidské práci, která je v lesnictví velmi levná.



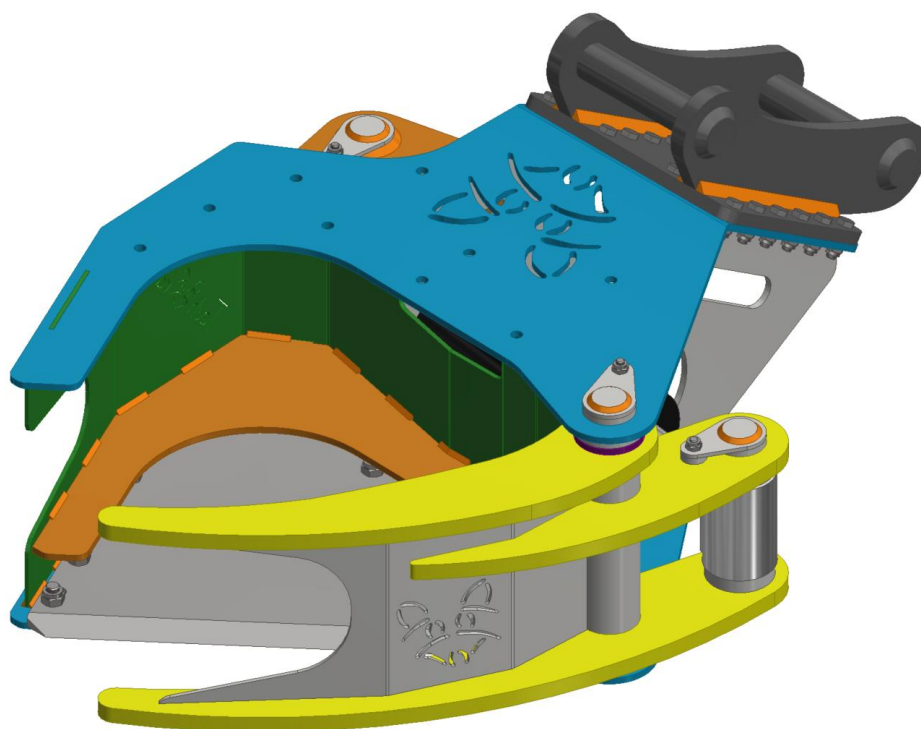
Obrázek 3 – Moderní rypadlo Mecalac GREENJOB 8MCR

S ohledem na přítomnost rypadel v mnoha lesních podnicích, které obvykle slouží k terénním úpravám, opravám těžebních linek a budování vodních děl, se tak nabízí jejich další využití, a to zejména v zimních měsících, kdy se z důvodu mrazů zemní a stavební práce obvykle neprovádí. Problém se zamrzlou půdou a nedostatkem práce pro rypadla ve stavebních firmách, půjčovnách i u vlastníků rypadel v rámci OSVČ vybízí k hledání aplikací a využití těchto strojů i mimo stavební sektor. Naproti tomu v lesnictví je zima vegetačním klidem a obdobím vhodným pro přípravu pasek před osazováním, jde také o období vhodné k těžbě dřeva.

Během zimy a zároveň vegetačního klidu nedochází k hnízdění ptactva a aktivnímu životnímu cyklu u hmyzu. Dřeviny v tomto období produkují méně mízy a tím se stávají vhodnějšími ke zpracování pro výrobu biomasy i dřevní hmoty. [15]

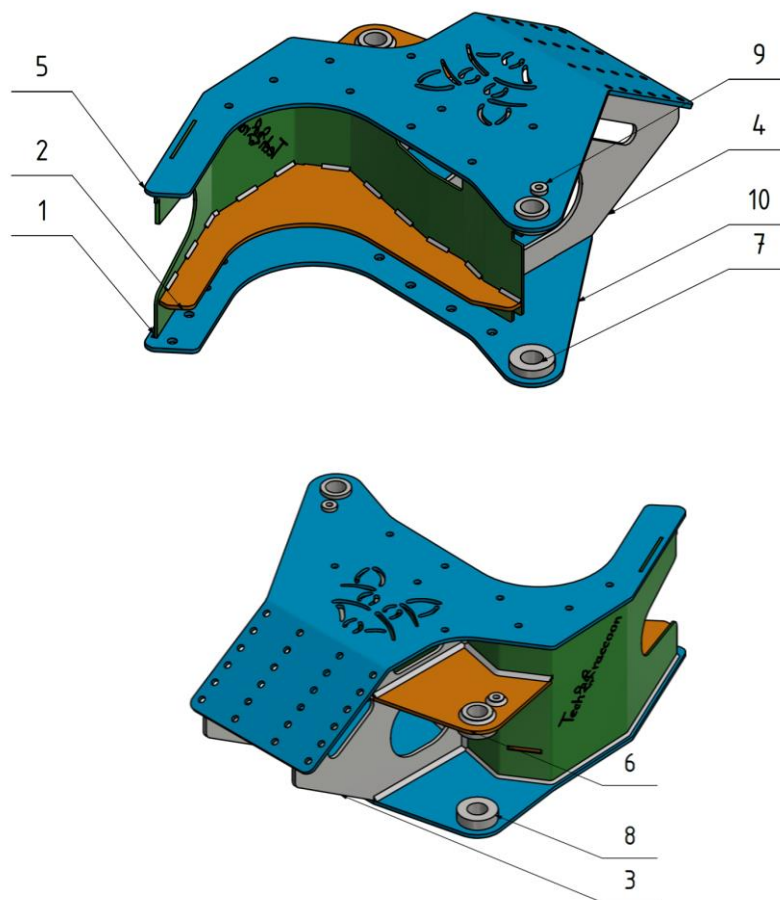
2.2 Konstrukce prototypu

Jedná se o tzv. stříhací hlavici, která slouží jako příslušenství k rypadlům v hmotnostní kategorii 3,5 – 5 tun a je možné ji osadit takřka na jakýkoliv stroj z této váhové kategorie a to i přes to, že neexistuje pouze jeden druh uchycení. Důvodem je, že na trhu existuje více výrobců rychloupínačů, naklápěcích a otočných hlav a každý z nich má vlastní konstrukční nebo rozměrové řešení. Tomu se však společnost Techracon přizpůsobila, aby dokázala držet skladem veškeré kombinace strojního příslušenství pro všechny varianty upínačů, osazuje svá příslušenství montovaným mezikusem. Mezikus je tak montován až při kompletaci objednávky dle zákazníkem zvoleného upínacího systému. Upínací mezikus je vyobrazen v tmavě šedivé barvě na obrázku 4.



Obrázek 4 – JIRA 300 [3]

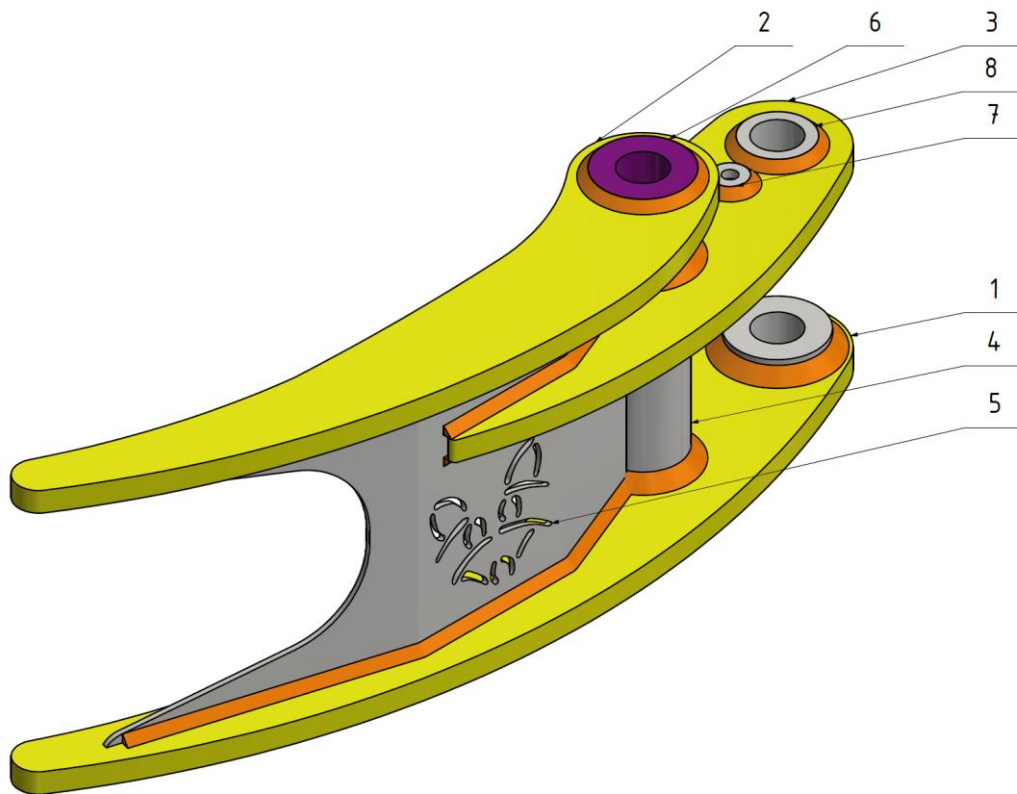
Vrcholová sestava se pak dále skládá ze dvou základních svařenců, těmi je „Svařenec hlava“ a „Svařenec prst“, pohon zajišťuje zakázkově vyráběný hydraulický válec uložený ve svařenci hlavy, jehož pístní tyč je uchycena ve svařenci podávacího prstu a zajišťuje tak pohon sestavy. Na následujících obrázcích 5 a 6 jsou detailněji zobrazeny hlavní části prototypu s popisem jednotlivých částí.



Obrázek 5 – Základní rám (20_0000 SVARENEC_HLAVA) [4]

Legenda pro Obrázek 5:

1. Výztuž hlavy
2. Žebro hlavy
3. Výztuž hlavy – pravá
4. Výztuž hlavy – levá
5. Konzole hlavy – vrchní
6. Držák hydromotoru
7. Návarek hlavního čepu
8. Návarek čepu hlavy
9. Distanční kroužek aretace
10. Konzole hlavy – spodní



Obrázek 6 – Podávací prst (30_0000 SVARENC_PRST) [4]

Legenda pro Obrázek 6:

1. Výpalek prstu – spodní
2. Výpalek prstu – horní
3. Brýle prstu
4. Trubka prstu
5. Výztuž prstu
6. Návarek hlavního čepu
7. Distanční kroužek aretace
8. Návarek hlavního čepu – hlava

2.3 Provoz prototypu

Jedná se o příslušenství k rypadlům a hydraulickým rukám, které slouží k příčnému stříhání dřevin. Základní kinematiku zajišťuje základní rám osazený břitem, obrázek 5, a podávací prst, obrázek 6, poháněný lineárním hydraulickým motorem. Tento prst tlačí kmen směrem do rámu a vzniká tak mechanismus střížného nástroje. Zásadními prvky tohoto mechanismu jsou břit a spodní plech prstu, mezi nimiž je potřebná střížná mezera. V okamžiku, kdy hrana spodního plechu prstu přejede nad ostřím břitu, dojde k ustřížení kmenu. Současně dojde díky navržené kinematice ke vzpříčení konce kmenu mezi prstem a rámem a tím se zabrání jeho vypadnutí. K úplnému sevření ustříženého kmene dochází v okamžiku, kdy prst tlačí přes kmen do základního rámu, tím dochází k obejmutí konce kmene a je možné s ním dále manipulovat.



Obrázek 7 – Sevřený oddenek stromu

Geometrie a kinematika hlavice jsou navrženy tak, aby bylo možné stříhat ve všech polohách, které rameno rypadla nebo hydraulické ruky umožňuje. To je výhodné zejména při stříhání větví, které jsou ve vodorovné poloze a výše než střecha kabiny rypadla, viz obr.8.

Tato možnost manipulace s ustřiženou částí dřeviny umožňuje třídění dřevní hmoty již během těžby. To je výhodné v případech, kdy jsou větve a koruna stromu určeny ke štěpkování do biomasy pro teplárny a oddenky kmene k dalšímu zpracování v podobě vlákniny, viz obr. 8.



Obrázek 8 – Mýtina po JIRA300 s roztříděnou dřevní hmotou



Obrázek 9 – Postupné kácení náletových dřevin



Obrázek 10 – Rozevřená poloha hlavyce JIRA 300

3 Požadavky při výrobě prototypu

3.1 Časová osa projektu

Zahájení projektu stavby nového prototypu bylo naplánované na 14. října 2021 a jeho dokončení bylo nutné realizovat do 14. prosince téhož roku, protože od 15. prosince byly na tomto prototypu plánovány dynamické testy na testovacím poli, které byly termínově nasmlouvány s velkým předstihem. Součástí testování bylo i zapůjčení rypadla, ubytování, doprava a další nákladové položky, které by v případě zpoždění výroby generovaly výrazné ztrátové náklady.

Samotný projekt výroby stříhací hlavice měl být zahájen drobnými konstrukčními úpravami ve spolupráci s oddělením technologie tak, aby byla optimalizována konstrukce a dále měly být provedeny drobné úpravy kinematiky. Tyto konstrukční úpravy však vyústily v zcela novou konstrukci prototypu stříhací hlavice, která získala označení JIRA 300, a namísto předpokládaného týdne konstrukčních úprav se projekt začal od prvních dní zpoždovat. Aby se předešlo zpoždění projektu výroby, byla navržena aplikace souběžného inženýrství, (angl. Concurrent engineering), které je opakem běžně používaného sekvenčního inženýrství. Souběžné inženýrství je způsob řízení projektu, ve kterém jsou od počátku zapojeni všichni členové projektu, kteří se na něm budou v některé budoucí fázi podílet. Tím se tato metoda liší od sekvenčního inženýrství, které do projektu zapojuje vždy jen ty členy, kteří se účastní pouze aktuální fáze projektu.

Na příkladu to lze vysvětlit tak, že zatímco při sekvenčním řízení např. stavby domu se do projektu zapojí nejprve zedníci, po jejich odchodu nastoupí na práci tesaři a po odchodu tesařů pokrývači. Při souběžném inženýrství se na stavbě podílejí od počátku všichni tito pracovníci najednou. Správné souběžné řízení vede k domluvě mezi všemi členy a současné spolupráci. Projekt tak zahájí zedníci, kteří postaví nejprve obvodové zdivo, na kterém tesaři začnou stavět krov v okamžiku, kdy zedníci zahajují stavbu nenosných zdí. Po dokončení krovu na jedné části domu se do projektu aktivně zapojí i pokrývači, kteří začnou s pokládkou střešní krytiny ve chvíli, kdy ještě není hotový krov na celé střeše a nejsou dokončeny ani zednické práce.

Ač má souběžné inženýrství počátek právě ve stavebnictví, rozšířilo se i do mnoha dalších oborů, v nichž nachází uplatnění. Dnes se s ním lze setkat během návrhu a stavby konstrukcí strojů, softwarů i webových rozhraní. Tento způsob řízení nabízí obvykle velkou úsporu času a tedy obvykle i nákladů. Jeho obtížnost realizace však roste s množstvím účastníků projektu a vzájemných požadavků. Během projektu je tak nutné v první řadě definovat požadavky jednotlivých účastníků. Z těchto požadavků sestavit časovou osu s milníky, z nichž budou vyplývat potřeby pro zahájení jednotlivých prací.

Časová osa projektu vývoje a výroby stříhací hlavice je znázorněna na obrázku 11 formou Gantova diagramu. První etapou projektu byly konstrukční úpravy a jejich konzultace. V rámci nich bylo nutné vyspecifikovat všechny nakupované položky a kooperované díly. Důvodem bylo, že tyto díly měly dodací lhůty v řádech týdnů, a tak bylo nutné je objednat co nejdříve. Pro mnohé položky bylo nutné nalézt nové dodavatele, vzájemně definovat požadavky na přejímku a položky objednat. Poté bylo přistoupeno k výrobě, jako první bylo do výroby zadáno uchycení pro rychloupínač, který byl instalován na zapůjčeném stroji. Toto uchycení je ve společnosti standardizovaný mezikus, který se ve společnosti používá i u jiných příslušenství a nevyžadoval proto žádné práce konstruktéra. Bylo jej tak možné zadat do výroby jako první. Během probíhající výroby mezikusu byla zpracována dokumentace k podávacímu prstu (Svařenec čelisti), který následoval do výroby hned poté. Během výroby podávacího prstu byla zpracována dokumentace k základnímu rámu, která si nárokovala nejvíce konstrukčních hodin, a proto byla zařazena na konec projektu.

Každému předání do výroby předcházela schůzka všech členů projektu, během níž bylo vše zkontrolováno a doplněno o vzájemné požadavky. Finální povrchová úprava všech dílů proběhla společně s posledním vyrobeným dílem. Důvodem bylo, že samotné lakování vyžadovalo tři dny práce bez ohledu na počet lakovaných dílů. Proto bylo rozhodnuto, že pro usnadnění procesu se lakování všech dílů provede současně spolu s posledním dílem.

Po lakování bylo možné díly smontovat do montážního celku společně s nakupovanými a kooperovanými díly. Veškeré dodávané díly byly předem kontrolovány a byly ověřeny jejich zásadní funkční vlastnosti. Tím se předešlo případným komplikacím v poslední fázi projektu, jejíž zdržení by znamenalo jisté zpoždění celého projektu.

[1,13,14]

Definování požadavků na výrobu a výrobní dokumentaci bylo v rámci projektu výroby velmi důležité a to z důvodu, aby konstrukce splňovala veškeré technologické požadavky vycházející z výrobního portfolia. Tedy aby po předání výrobních podkladů do výroby nedošlo k tomu, že některý z dílů nebude možné s daným výrobním portfoliem vyrobit. Provedení změn designu u rozdělaného dílu by mohlo ovlivnit smontovatelnost celé sestavy a tím i design dalších dílů nebo sestav, které by již mohly být vyrobené. Takovéto drobné chyby v technologičnosti konstrukce obvykle vedou k rozsáhlým úpravám designu, opětovné výrobě přemodelovaných prvků a k výraznému navýšení času výroby i nákladů.



Obrázek 12 – Zpětně zaslepený otvor

Na obrázku 12 je fotografie příkladu zpětně zaslepeného otvoru pro odlehčení konstrukce. Jejím důvodem nebyla chyba v technologičnosti konstrukce, ale požadavek na úpravu konstrukce, který vznikl až během svařování základního rámu. Důvodem k této dodatečné úpravě designu byla změna hydraulického přetlakového ventilu za ventil s jinými rozměry a způsobem uchycení. Vše bylo způsobeno prodloužením dodací lhůty původního ventilu a tím i vzniklé riziko, že ventil nebude dodán k montáži včas. Po konzultaci s konstruktérem tak bylo navrženo rychlé a jednoduché řešení v podobě zhotovení výpalku ve tvaru otvoru, včetně díry pro uchycení nového přetlakového ventilu. Změny se tak nedotkly žádného z dalších dílů a vše se vyřešilo na svařovně ještě před lakováním.

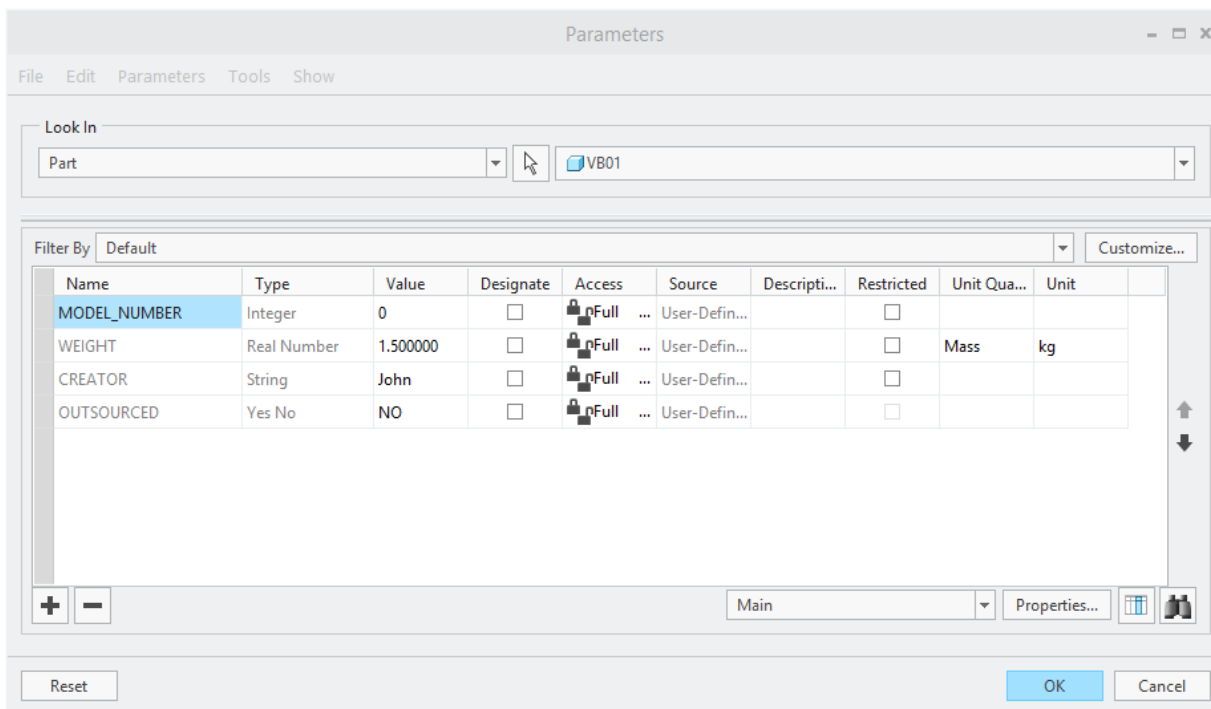
3.2 Požadavky na konstrukci a výrobní dokumentaci

Předmětem diplomové práce je komplexní řízení výroby, a tedy i řízení celého projektu stavby prototypu JIRA 300. Jak bylo zmíněno v předchozí kapitole č. 3.1, pro realizaci souběžného inženýrství a úspěšné řízení projektu bylo nutné vzájemně definovat požadavky mezi konstrukcí a technologií, k tomu bylo nutné i zavedení pravidel, kterými se procesy v rámci projektu a následně celé společnosti budou řídit.

Jako nejdůležitější proces s doposud nenastavenými pravidly se ukázal způsob předávání výkresové dokumentace v rámci společnosti, tedy mezi oddělením technologie a konstrukce. Řešení obnášelo tvorbu výkresových šablon a nastavení výchozích tolerancí, které by kopírovaly výrobní technologie společnosti Tetracoon s.r.o. a jejích subdodavatelů.

Ač by se mohlo zdát, že forma výkresové dokumentace je záležitostí především konstrukce, ukázalo se, že tomu tak není. Výkresová dokumentace je prostředkem komunikace mezi konstruktérem a dělníkem a mnohdy i nákupčími a kvalitáři. Na její tvorbě by se tak měli podílet všichni, jimž výkresová dokumentace slouží a kteří z ní čerpají informace.

Tomuto zjištění velmi pomohla možnost záštity nad celým projektem, protože během tvorby požadavků, objednávek, příjmů a kontrol kvality během výroby bylo definováno mnoho údajů, jenž by měly být uvedeny na výkrese a doposud tomu tak nebylo. Ve spolupráci s konstruktéry a CAD softwarem PTC Creo používaným ve společnosti bylo možné nastavit několik údajů jako automaticky generovaných z konstrukčního modelu přímo do výkresu, a to pomocí parametru. Parametr je funkce v Creo, která umožňuje definovat text, kótu, váhu, hustotu, aj., jako údaj propisující se mezi všemi soubory souvisejícími s dílem nebo sestavou, ke které jsou vztaženy. Tyto údaje jsou čerpány z modelu a není je možné manuálně přepisovat, lze je však nechat automaticky generovat i do předem připravených tabulek, jako jsou například kusovníky a razítka. To je patrné z obrázku 14, kde jsou tyto parametry vyvolány v razítku pomocí znaku „&“ před názvem zavedeného parametru, např. &hardness.



Obrázek 13 – Tabulka nastavených parametrů modelu – CAD program PTC Creo 4.0 [5]

		TOLERANCES	
		UNLESS OTHERWISE SPECIFIED MACHINED SURFACE MAX. ROUGHNESS 125 μ in / 3.2 μ m	
 THIRD ANGLE PROJECTION	 WELD SYMBOLS PER ISO 2553	UNLESS OTHERWISE SPECIFIED	
MATL &material			X [X.X] \pm 2.5 [.1] X.X [X.XX] \pm 1.0 [.04] X.XX [X.XXX] \pm .25 [.010]
ALT MATL &material_alt			ANGULAR \pm 1°
TREAT &treatment			FILLETS & RADII \pm 1.5 [.06]
HARD &hardness	TITLE:		&description
SHEET 1/1			MODEL NAME
WT &KG_WEIGHT[.3] kg	DWG. NO		
S/A &PLOCHA_M m ²			

Obrázek 14 - Razítko s generovanými údaji pomocí parametrů [4]

Automatické generování parametrů a generování dat přímo z modelu se velmi osvědčilo, a ač bylo nastavování takovýchto automatických řetězců zpočátku problematické, přineslo výsledky s výrazně menší chybivostí, než-li při ručním zadávání a kopírování dat.

3.2.1 Obsah výkresové šablony

Během procesu výroby, kooperací, objednávek a příjmů byly vyspecifikovány informace, které se v rámci těchto procesů pravidelně využívají a které si zaměstnanci musí předávat nebo je čerpat ze sdílených souborů.

Jako vhodným nosičem těchto informací se ukázala být výrobní výkresová dokumentace, jejíž podobu bylo nutné rovněž definovat, a tak se návrh nových výkresových šablon a razítek spojil s potřebou sdílení informací i nepřímo souvisejících s výrobou. Byla tak nově navržena razítka, viz obrázek 14, v nichž byly předdefinovány kolonky s těmito požadovanými informacemi:

- Název dílu – vypovídající heslovité označení – vytváří autor dílu
- Číselné označení dílu – unikátní číselné označení – generováno systematicky
- Materiál – požadovaný materiál pro výrobu daného dílu – vytváří autor dílu
- Alternativní materiál – materiály, které lze použít jako náhradu – vytváří autor dílu
- Zpracování – požadovaná úprava povrchu nebo povlaku – vytváří autor dílu
- Tvrdost – požadovaná konečná tvrdost materiálu – vytváří autor dílu
- Hmotnost – důležitý údaj pro přepravu a manipulaci – generováno programem
- Plocha povrchu – důležité pro naceňování výpalků, předúpravy povrchu a povrchové úpravy – generováno programem

Zanesení uvedených informací do výkresového razítka a nastavení výkresové šablony stanovilo přesnou podobu výkresové dokumentace, kterou uživatel bez oprávnění nebude moci upravovat. Úprava výkresové šablony a odebrání pravomocí jednotlivých uživatelů k úpravám šablon umožnilo nastavení automatizovaného generování dat z modelu do výkresu a sdílení výstupů ve formátu *.CSV. Výstupy v CSV formátu z CAD dat přispěly například při tvorbě objednávek. Jedná se o exportování kusovníků, názvů, počtů položek, hmotností a dalších informací z CAD programu v ucelené podobě do programů jako Excel, LaTeX, Word, nebo Matlab. Praktické využití práce s těmito daty je blíže popsáno v kapitole 5.

3.2.2 Požadavky na tolerance

TOLERANCES
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED MACHINED SURFACE MAX. ROUGHNESS 125 μ in / 3.2 μ m
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED
X [X.X] \pm 2.5 [.1] X.X [X.XX] \pm 1.0 [.04] X.XX [X.XXX] \pm .25 [.010]
ANGULAR \pm 1° FILLETS & RADII \pm 1.5 [.06]

Obrázek 15 - Definované výchozí tolerance [4]

Cílem společnosti Techracon je vyrábět přesně i s relativně velkými rozměrovými tolerancemi. Ač toto tvrzení může vyznít poněkud nelogicky, myšlenka společnosti je taková, že přesnosti by mělo být dosaženo konstrukčním řešením, nikoliv přesnou výrobou. Se zmenšujícími se tolerancemi rozměrů výrazně narůstá cena a čas výroby. Aby se zamezilo plýtvání zdrojů a kapacit, byly výchozí tolerance rozměrů navrženy tak, aby kopírovaly výrobní portfolio společnosti i jejich dodavatelů a rovněž byly adekvátní z pohledu kvality výsledných produktů. Myšlenka tohoto konceptu měla konstruktéry přimět navrhovat konstrukce tak, aby konečných rozměrů bylo dosahováno konstrukčním návrhem, využitím zámků, drážek pro vymezení polohy a podobných řešení, nikoliv předepisováním minimálních tolerancí.

Důvodem pro návrh vlastních výchozích tolerancí netolerovaných rozměrů je, že konstruktéři při tvorbě obvykle ponechávají rozměry bez tolerance. To má za následek platnost výchozí tolerance pro netolerované rozměry. Tyto tolerance jsou svým rozsahem však mnohdy až zbytečně přesné, příkladem může být obvykle využívaná tolerance mK dle ČSN ISO 2768. Ta mnohdy už z důvodu výchozích polotovarů pozbývá smyslu a v případě její přítomnosti na výkrese by měl konstruktér rozměrové i geometrické tolerance pro výchozí polotovar definovat jako větší, neboť například plechy, hutní profily, jekly a trubky tuto přesnost již od výroby nesplňují. V případě ponechání netolerovaného rozměru na výkrese a přítomnosti výchozí tolerance mK pro netolerované rozměry musí být správně polotovary obrobena nebo rovnána na výrobní rozměr dle tolerančního pole mK. [6,7,8]

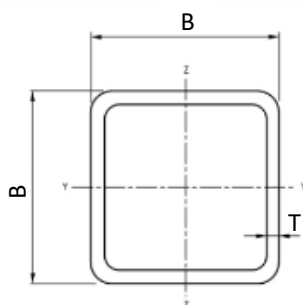
Tabulka 1 - Vybrané tolerance délek dle ČSN ISO 2768 [6]

Mezní úchytky pro základní rozsah rozměrů [mm]			
Třída přesnosti	přes 3 do 6	přes 6 do 30	přes 30 do 120
m – střední	±0,1	±0,2	±0,3

Tabulka 2 – Vybrané tolerance pro úhly dle ČSN ISO 2768 [6]

Mezní úchytky pro základní rozsah rozměrů [mm]			
Třída přesnosti	přes 10 do 50	přes 50 do 120	přes 120 do 400
m – střední	±0°30′	±0°20′	±0°10′

Pro názornost jsou dále uvedeny výchozí tolerance polotovarů od výrobce Ferona a.s. pro jekl 40 x 40 mm o tloušťce stěny 4 mm a plechu vhodného pro dělení na laseru z materiálu S355MC v rozměru tabule 1500 x 3000 mm a tloušťce 5 mm.



Norma:	ČSN EN 10219-2	
Délka strany	B	40 mm
Tloušťka stěny	T	4,0 mm
Hmotnost	M	4,323 kg/m
Plocha průřezu	A	5,35 cm ²
Kvadratický moment průřezu	I	11,07 cm ⁴
Poloměr kvadratického momentu průřezu	i	1,44 cm
Pružný modul průřezu	W _{el}	5,54 cm ³
Plastický modul průřezu	W _{pl}	7,01 cm ³
Polární moment průřezu	I _t	19,44 cm ⁴
Polární modul průřezu	C _t	8,48 cm ³
Plocha povrchu na 1 m délky	A _s	0,146 m ² /m
Jmenovitá délka na 1 t		238,00 m
Mezní úchylka B		±1 %, nejméně ±0,5 mm
Mezní úchylka T		±10 %
Vydatost strany	x ₁	nejvýše 0,8 %, nejméně 0,5 mm
Vypuklost strany	x ₂	nejvýše 0,8 %, nejméně 0,5 mm
Kolmost stran		90° ±1°
Tvar vnějšího zaoblení	C ₁ , C ₂	1,6T až 2,4T
Zkroucení	V	2 mm plus 0,5 mm/m délky
Mezní úchylka přímosti na 1 m délky		max. 3 mm/m

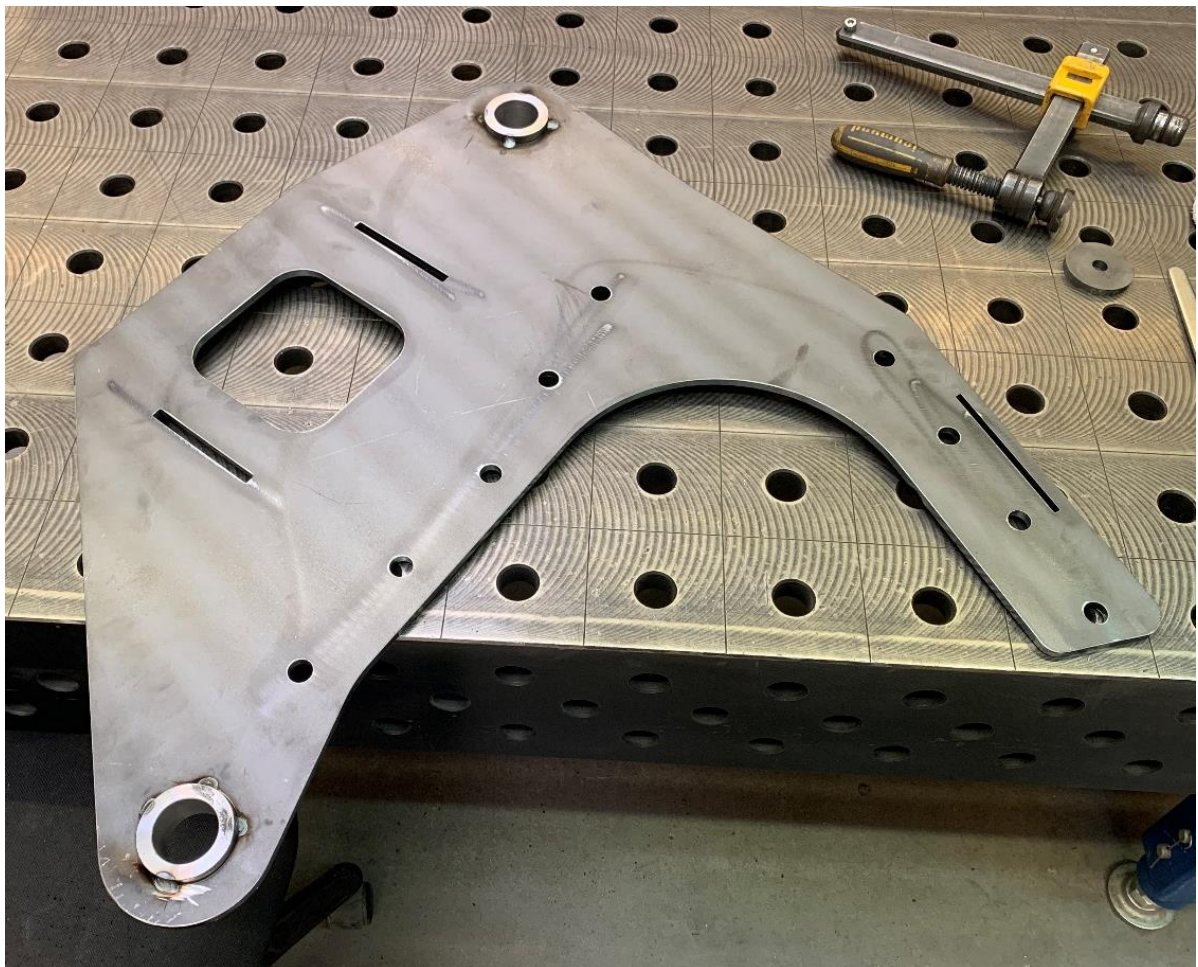
Obrázek 16 - Specifikace jecku Ferona a.s. [7]

Plech válcovaný za tepla, EN 10051
 // **rozměr 5x1500x3000**

Norma:	ČSN EN 10051	
Tloušťka	5 mm	
Šířka	1500 mm	
Délka	3000 mm	
Mezní úchylka délky	+0,005 x jmenovitá délka 0 mm	
Úchylka pravoúhlostí	maximálně 1 % skutečné šířky	
Tolerance přímosti hran	q	maximálně 0,5 % skutečné délky
Značka oceli / materiál	S355MC (1.0976) dle EN 10149-2	
TDP	ČSN EN 10149-2	
Hmotnost	176,6 kg/ks	
Mezní úchylka rovinnosti	23 mm	
Mezní úchylka tloušťky	±0,26 mm	
Mezní úchylka šířky	+20 mm 0 mm	
Hrany	přírodní neobstřížené	
Povrch	mořený, maštěný	
Minimální množství	176,600 kg / 1 ks	

Obrázek 17 - Specifikace plechu S355MC tl. 5 mm Ferona a.s. [8]

Z uvedených příkladů vyplývá, že jedná-li se o výrobu, v níž se využívá zmíněných anebo podobných polotovarů, je volba normy ČSN ISO 2768 ve střední toleranci mK nevhodná. Toto byl důvod pro návrh vlastních výchozích tolerancí pro netolerované rozměry, a to s výrazně větším tolerančním polem, viz obrázek 15. Je důležité zmínit, že výroba a konstrukční řešení společnosti Techracon s.r.o. v největší míře využívá pro prvovýrobu tepelně dělené výpalky, jekly, tyče a trubky. Při návrhu uložení a pohyblivých mechanických prvků je nutné volit tolerance výrazně menší. Pro tento účel jsou vždy rozměry, úhly i povrchy tolerovány individuálně a platnost těchto výchozích tolerancí se na ně nevztahuje. Obvykle jiné díly než díly tvořící pohyblivé členy a uložení není nutné takto přesně tolerovat, ba naopak při návrhu svařenců je vůle mezi svařovanými díly žádoucí, vytváří se tak potřebná mezera pro kořen svaru a dostatečný průvar.



Obrázek 18 - Vůle mezi dvěma díly před svařováním [9]

Na obrázku 18 jsou patrné vůle před svařováním návarků a základního materiálu ve formě plechu. Navržené vůle tak nejen slouží jako mezera pro kořen svaru, ale rovněž zabraňují kolizi návarků s plechem. K té by mohlo dojít při usazení návarků v požadované vzdálenosti od sebe, vlivem rozdílného vyrovnání plechové tabule během tepelného dělení a nynějšího vyrovnání výpalku při svařování. Nerovnost plechů z prvovýroby je patrná na obrázku 20, kde lze snadno spatřit odchylku mezi rovinou dílu a kalibrovanou rovinnou měrkou. Tyto nerovnosti se před samotným svařováním musí odstranit upnutím v přípravku, nebo jako v tomto případě mechanickým rovnáním pomocí lisu ještě před upínáním. V tomto konkrétním případě byl díl vyrovnáván v lisu z důvodu jeho délky a výchozí tloušťky plechu, pro níž by na dostatečnou upínací sílu bylo nutné použití více kusů upínek, které by překážely během svařování.



Obrázek 19 - Rovnání výpalku před svařováním



Obrázek 20 - Vůle mezi rovinou kalibrované měrky a rovinou výpalku

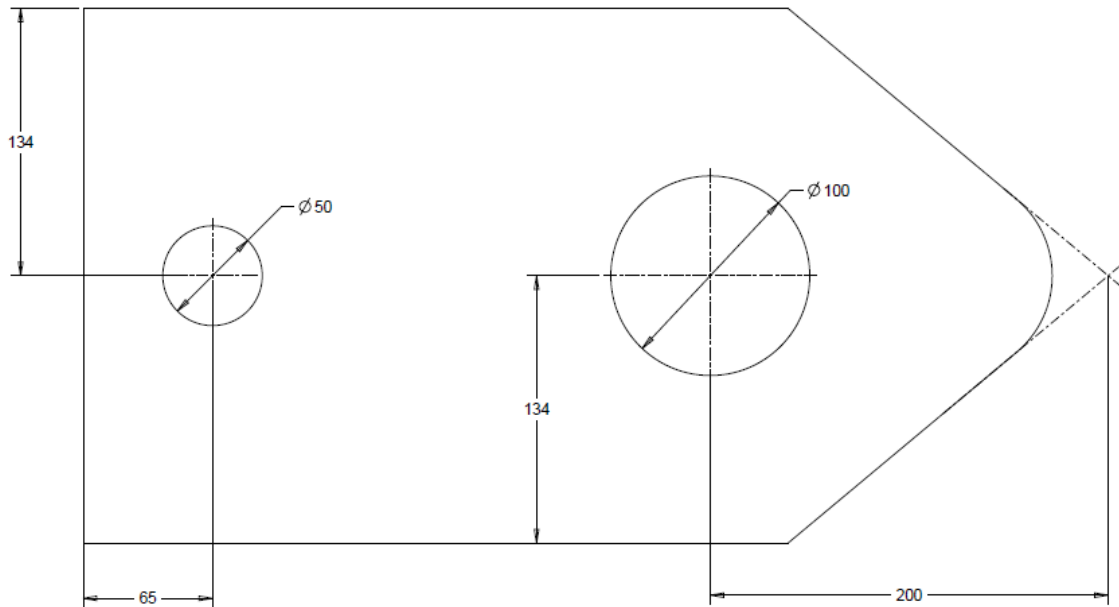
3.2.3 Požadavky na kóty

Pro snazší programování i konvenční obrábění a následně i pro snadnou kontrolu rozměrů pomocí běžných měřidel byl navržen požadavek na kótování rozměrů především od skutečných geometrických prvků, tedy od hran, zápichů a drážek, i za cenu vytvoření umělých základen právě v podobě zápichů, vypálených drážek a odskoků. Namísto kótování od os a pomyslných geometrických prvků, kterých obvykle využívají CAD programy při automatickém generování kót. Důvodem je snadné odměřování rozměrů při výrobě i následné povýrobní kontrole.

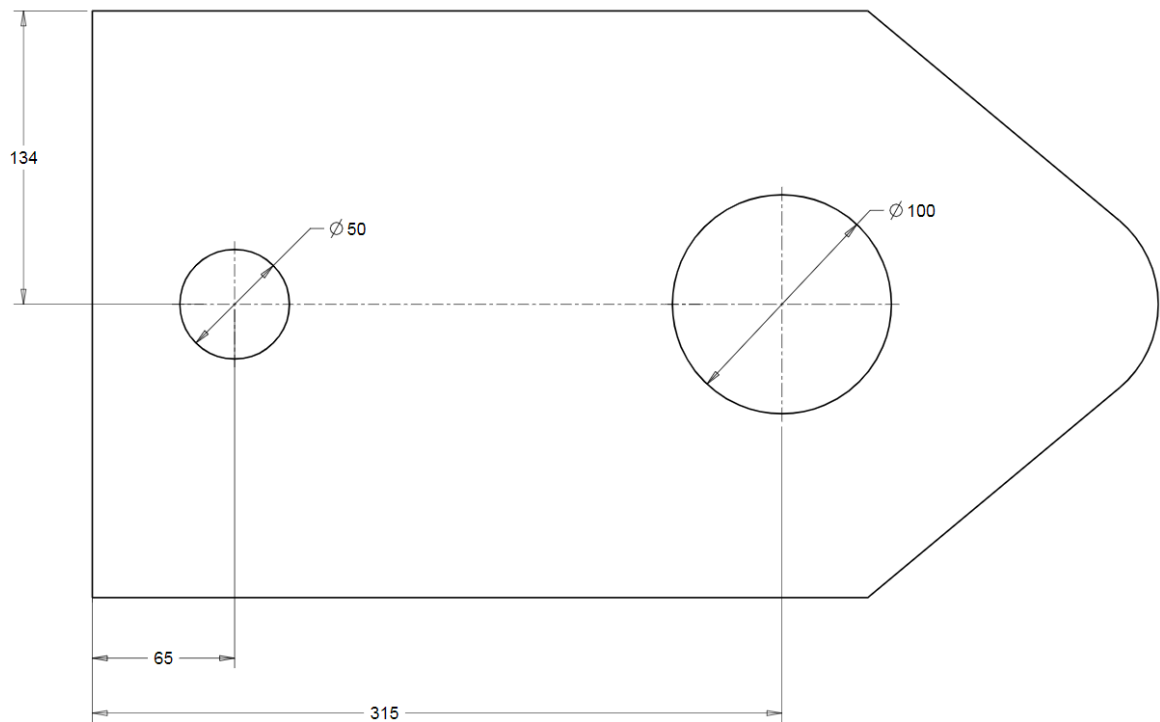
Nevhodný příklad kótování je uveden na následujícím demonstrativním obrázku 21, kde kótu 200 mm není možné konvenčně změřit a při běžné výrobě je nutné ji přepočíst k jiné existující základně, resp. hraně. S touto problematikou se mimo samotné kontroly výpalků lze nejčastěji setkat i při svařování sestav ze zaoblených výpalků, kde tento způsob kótování výrazně komplikuje a zpomaluje samotnou výrobu.

Nevhodně zvolená základna u kóty 200 mm by byla i v případě, že by byla vztažena ke skutečné obvodové hraně vzniklého poloměru. Jako nejvhodnější hrana pro základnu kótovaných rozměrů se osvědčila hrana tvořená přímkou, anebo pomyslná přímka tvořená dvěma osamocenými body po obvodu dílu, které je možné přiřadit k měřítku s kalibrovanou rovinností, či k dorazu v přípravku nebo stroji. Toto tvrzení lze demonstrovat na příkladu, kdy by kóta 200 mm na obrázku 21 neudávala vzdálenost osy díry, ale osy ohybu. Při nastavení tohoto rozměru na ohraňovacím lisu by pak operátor nebyl bez použití dalších přípravků schopen dodržet rovnoběžnost osy ohybu od roviny dorazu v ohraňovacím NC lisu, a tedy i výchozí rozměrové základny.

Pozn. aut.: Pro lepší přehlednost jsou na dále uvedených obrázcích pouze kóty sloužící k popisu dané problematiky.



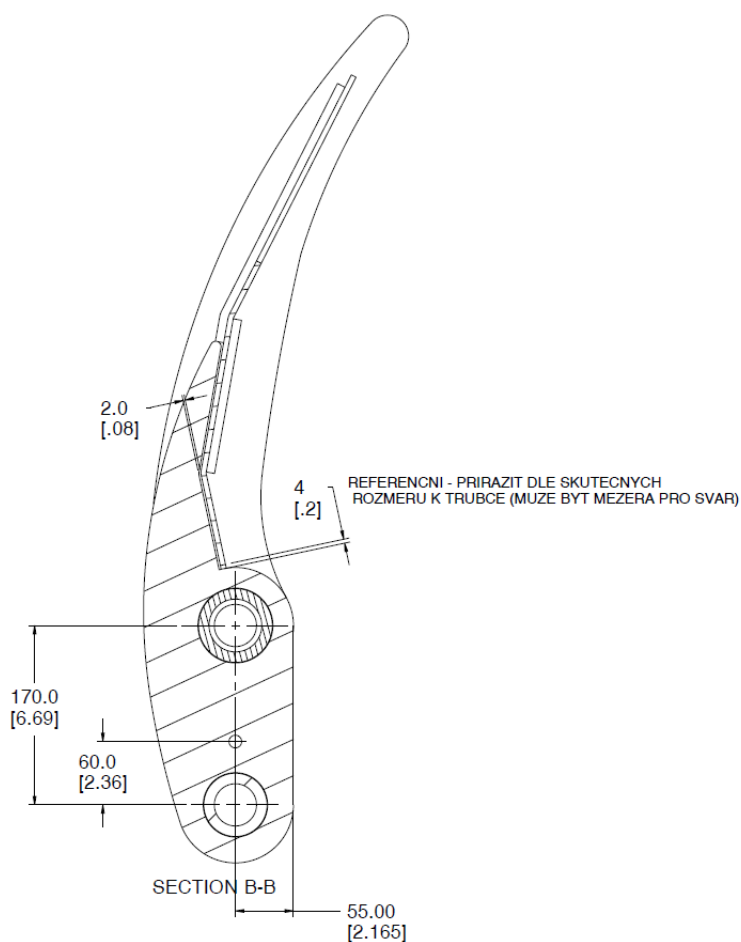
Obrázek 21 - Příklad nevhodně zvolených rozměrových základen



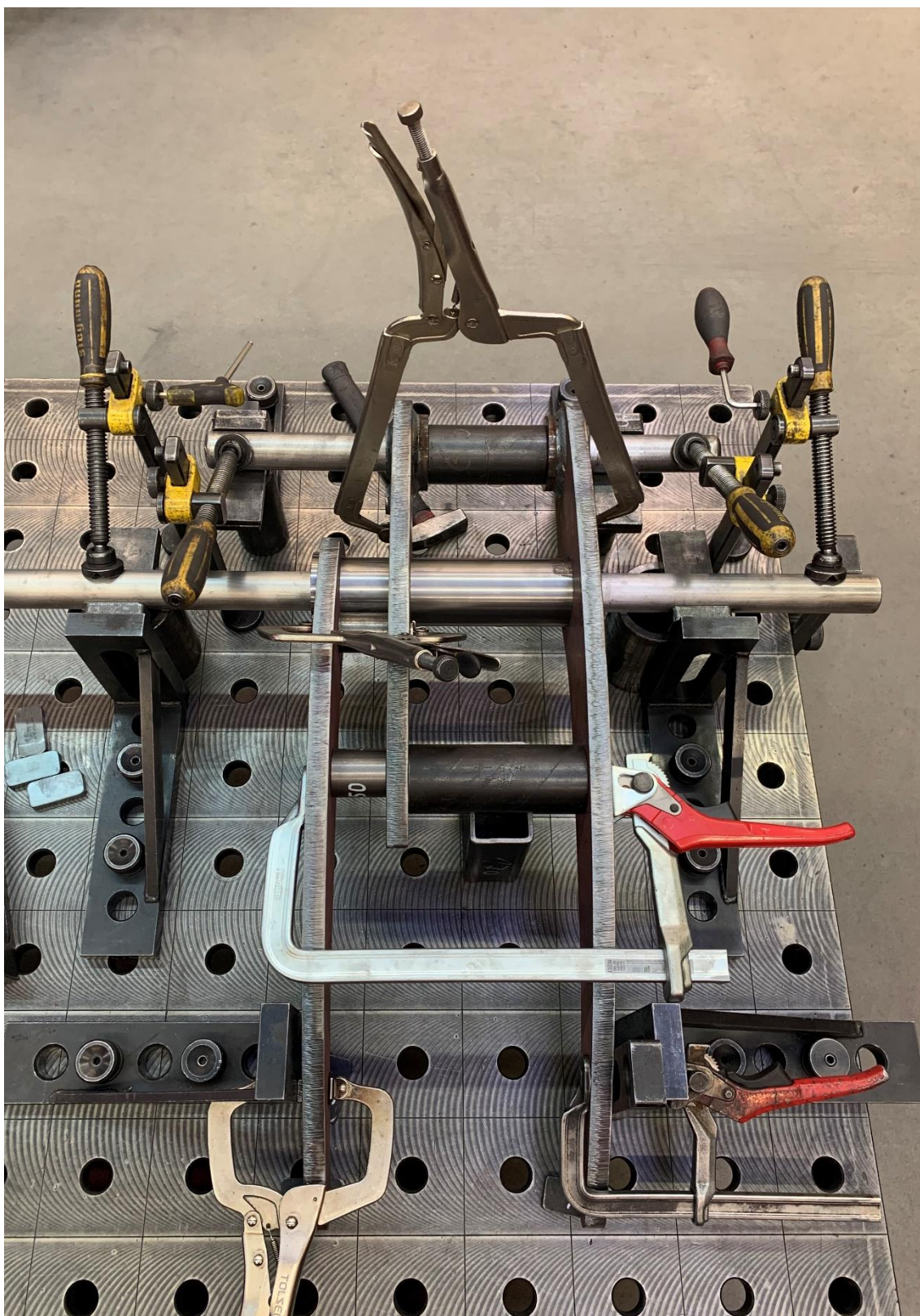
Obrázek 22 - Příklad vhodně zvolených rozměrových základen

Dalším požadavkem bylo eliminování rozměrových základen na co nejmenší počet, avšak vždy s ohledem na funkčnost a konstrukci a dále také s ohledem na technologii výroby. Důvodem je, že při obrábění tohoto dílu by měl obráběč správně nadefinovat základnu pro každý jednotlivý rozměr, aby eliminoval chyby přejezdu a sčítající se řetězové odchylky od skutečných rozměrů. Rovněž při svařování sestav je vhodné kótovat rozměry nejlépe jen ke třem základnám tvořícím souřadný systém. Nedochozí tak z pohledu konstrukce ke vzniku složitých tolerančních obvodů a při vhodně zvolených základnách je možné při svařování na stavebnicovém svařovacím stole vytvořit pomocí doražení úhelníků k základnám roviny souřadného systému, od nichž se nechá snadno odměřovat pomocí běžných konvenčních měřidel.

Dle této koncepce byly kótovány svařovací sestavy během návrhu a následně byly takto zvoleny základny i při výrobě. Příkladem je níže uvedený svařenec, viz obr. 23 a 24, podávacího prstu, jenž byl sesazen pomocí prizmat a upnut pomocí upínacího stavebnicového systému Siegmund.



Obrázek 23 - Jeden z pohledů výkresu pro svařenec podávacího prstu



Obrázek 24 - Upnutý svařenec podávacího prstu

3.3 Požadavky dle platné legislativy a norem

3.3.1 Bezpečnost práce

První normou, se kterou bylo nutné se seznámit pro možnost zapojení se do výroby a jejího vedení, byla česká technická norma *ČSN ISO 45001 – Systém managementu bezpečnosti a ochrany zdraví při práci – Požadavky s návodem k použití*. V této normě nachází oporu i školení o bezpečnosti a pohybu na pracovišti od společnosti Tchraccoon s.r.o. Seznámení se s touto normou vedlo k hlubšímu pochopení určitých pravidel a přispělo správnému porozumění pojmů a termínů v oblasti bezpečnosti.

Nastavování pravidel bezpečnosti práce během výroby a kooperace ale není předmětem této diplomové práce. Pro praktickou část diplomové práce ale bylo nutné se s touto normou a Bezpečnostním řádem seznámit. Na jejich základě se nechat proškolit pro práci na jednotlivých pracovištích, pohybem pod jeřábovými drahami, o chování při návštěvě externích pracovišť a nošení osobních ochranných pracovních pomůcek při práci, či jen pohybu po pracovištích. [19]

3.3.2 Hydraulické prvky

Výrobu, montáž, údržbu i servis hydraulických a pneumatických prvků a systémů blíže popisuje česká norma ČSN EN ISO 4413 *Hydraulika – Všeobecná pravidla a bezpečnostní požadavky na hydraulické systémy a jejich součásti*.

Zmíněná norma vedla k rozhodnutí kooperování výroby požadovaného atypického hydraulického válce, který by v souladu s touto normou společnost Tchraccoon s.r.o. nebyla schopna sama vyrobit. Zatímco oddělení konstrukce má obsah této normy obsažený ve vlastní příručce pro konstrukci a návrh strojů, kterým se řídí konstruktéři, technologie, montáž a výroba se touto normou řídí přímo. V praxi tato norma upravuje například požadavky na lakování, balení, manipulaci, těsnění a instalaci hydraulických okruhů a jejich prvků.

Na základě této normy tak byly hadice během výroby doplněny o ochranný textilní opleť a o ochrannou plastovou spirálu zvyšující odolnost vůči abrazi a probodnutí, které během provozu v trnitém a nerovném terénu hrozí. [20]



Obrázek 25 - Hydraulické hadice s ochranným opletem a spirálou

4 Návrh výrobních technologií, jejich omezení a kontroly

Společnost Tchracoon s.r.o. ve svých konstrukcích preferuje jako hlavní polotovar ocelové plechové tabule v kombinaci s technologií tepelného dělení pomocí laserového řezání s následným tvářením na ohraňovacím lisu. S použitím kombinace těchto technologií je tak možné dosahovat geometricky složitých i designově pohledných tvarů u dílů, pro jejichž výrobu není zapotřebí forem ani speciálních nástrojů. To usnadňuje prvovýrobu a eliminuje množství obráběných dílů, ty obvykle tvoří pouze návarky, pouzdra a čepy.

Pro technologii spojování se pak nejčastěji využívá technologií obloukového svařování v ochranných atmosférách, nejčastěji metod MIG/MAG. Tyto metody jsou obvykle pro zpracovávané plechy od 1 do 15 mm nejproduktivnější, a tedy i nejlevnější. Použití plechu a zmíněných technologií během prvovýroby umožňuje návrh fixačních zámků, gravírování linií pro zapozicování a předpálení drážek a umělých hran pro svary. Kombinace těchto pomocných technologických prvků v kombinaci s modulárními stavebnicovými svařovacími stoly tak umožňuje snadnou výrobu bez použití speciálních přípravků.



Obrázek 26 – Sestava dílů s fixačními zámký pro svařování bez přípravku

4.1 Prvovýroba

4.1.1 Výpalky

Výpalky z plechu tvoří většinu dílů prvovýroby, s tím je spojené i větší množství subdodavatelů a množství odlišných parametrů u jejich strojů.

Úvodem je nutné zmínit, že bližší informace o použitých materiálech není možné s ohledem na spolupráci se společností Tetracoon s.r.o. zveřejnit, neb se jedná o interní výrobní dokumentaci. Lze pouze uvést, že se jedná o běžné konstrukční oceli a že u některých polotovarů nesmí během výroby dojít k tepelnému ovlivnění materiálu. Při výrobě prototypu JIRA 300 takovým dílem bylo ostří, které je vyrobeno z mikrolegované oceli, jejíž mikrostruktura by mohla být při teplem dělení ovlivněna, a to by mělo negativní vliv na životnost ostří během testování i na běžnou provozní životnost břitu. Proto se při výrobě takovýchto dílů využívá technologie řezání vodním paprskem, který tepelně neovlivňuje základní materiál a je možné jím polotovary řezat v kontuře bez přídavku a následného obrábění na konečný rozměr. Druhým případem pro aplikaci vodního paprsku je dělení ocelových plechů s tloušťkou nad 20 mm, tato tloušťka je u většiny dodavatelů horní hranicí pro použitelnost laserového řezání a kvalita řezu nad touto hranicí je již nedostatečná. Třetím případem pro volbu vodního paprsku je dělení neželezných polotovarů, zejména pak slitin mědi, které jsou kvůli své odrazivosti laserového paprsku touto technologií obtížně dělitelné.

Podmínky pro konstrukční návrh dílů řezaných vodním paprskem se ale sjednávají individuálně, vždy dle tloušťky a materiálu. Naproti tomu pro běžné dělení laserem bylo možné po konzultaci s dodavateli vyspecifikovat základní podmínky vyrobiteľnosti plechových výpalků takto:

- Standardní tloušťky plechů (konstrukční ocel): 1-6;8;10;12;15 mm
- Standardní tloušťky plechů (Al): 1-5 mm
- Standardní tloušťky plechů (korozivzdorná ocel): 1;2;4;6;8;10 mm
- Po domluvě a s nedodržením kvality povrchu pálené hrany (běžná ocel): 20;22;25 mm
- Po domluvě a s nedodržením kvality povrchu pálené hrany (měď/mosaz): 1-3 mm
- Minimální průměr pálené díry nebo drážky: = tloušťka plechu
- Minimální průměr pálené díry nebo drážky po domluvě a s nedodržením kvality povrchu pálené hrany: = $0,75 \cdot$ tloušťka plechu
- Minimální radius na vnějších rozích, bez funkčního odůvodnění: = tloušťka plechu
- Doporučená maximální hmotnost: 20 kg

[10]

4.1.2 Ohraněné díly

Velká část výpalků je dále zpracovávána tvářením na ohraňovacím lisu, kde je díky laserovému dělení a kombinaci CAD programu PTC Creo 8.0 vhodného právě pro konstrukční návrhy z plechu možné dosáhnout mimořádné přesnosti i u velmi geometricky složitých dílů. Kombinace tohoto CAD programu a laserového dělení poskytuje pro ohraňování jako vstup velmi přesný rozvin dílu. Kvalitní návrh rozvinu včetně polohy os ohybu, angl. bend line, má velký vliv na přesnost ohraněného dílu. Důvodem je plastická deformace, resp. natahování materiálu, které se liší pro velikost úhlu ohybu, každou kombinaci střížníku a matrice a rovněž se mění i s tloušťkou plechu. V praxi to znamená, že skutečná délka rozvinutého plechu bude kratší než součet délký všech ramen dílu. Například při ohraňování „U profilu“ se stejnými délkami ramen ($A=A=A$) tak délka rozvinutého pásu bude kratší než součet těchto délek ($L < 3 \cdot A$), a to tím výrazněji, čím větší bude tloušťka plechu a úhel ohybu.

Vygenerování kvalitního rozvinu je tak zásadní pro přesnou výrobu a bylo hlavním důvodem pro volbu zmíněného CAD programu. Bohužel tento program není schopen přesně modelovat vyvolané deformace materiálu v oblasti ohybu a upozornit tak konstruktéra na nevhodný návrh děr, drážek, vnitřních rohů nebo vybrání, které povedou k deformaci nebo hůře i ke vzniku nebo iniciaci trhlin.

Z toho důvodu bylo nutné po konstrukci vyžadovat dodržení vzdáleností děr a drážek od osy ohybu a individuálně posoudit jednotlivé rizikové oblasti na dílech, případně navrhnout a vyžádat jejich konstrukční úpravu. S ohledem na výše uvedenou problematiku byly stanoveny následující podmínky pro díly tvářené na ohraňovacím lisu:

- Minimální vzdálenost osy díry od osy ohybu byla stanovena takto:

$$L = (D/2) \cdot 3 + 3,5 \cdot t \quad \dots \text{minimálně však } 30 \text{ mm}$$

Kde: L = vzdálenost osy díry od osy ohybu [mm]

D = průměr díry [mm]

t = tloušťka plechu [mm]

- Maximální tloušťka ohraňovaného plechu 12 mm
- Maximální hmotnost dílu k produkční výrobě 25 kg
- Doporučená hmotnost dílu k produkční výrobě 15 kg

[10,11]

4.2 Obrobky

V rámci výroby prototypu byly stěžejní dva druhy obrobků, jedním z nich byl břit, zde se jednalo o obrábění nerotačního plošného dílu. a druhým byly rotačně obráběné díly, tedy čepy, pouzdra a trubka přihrnovacího prstu.

4.2.1 Břit

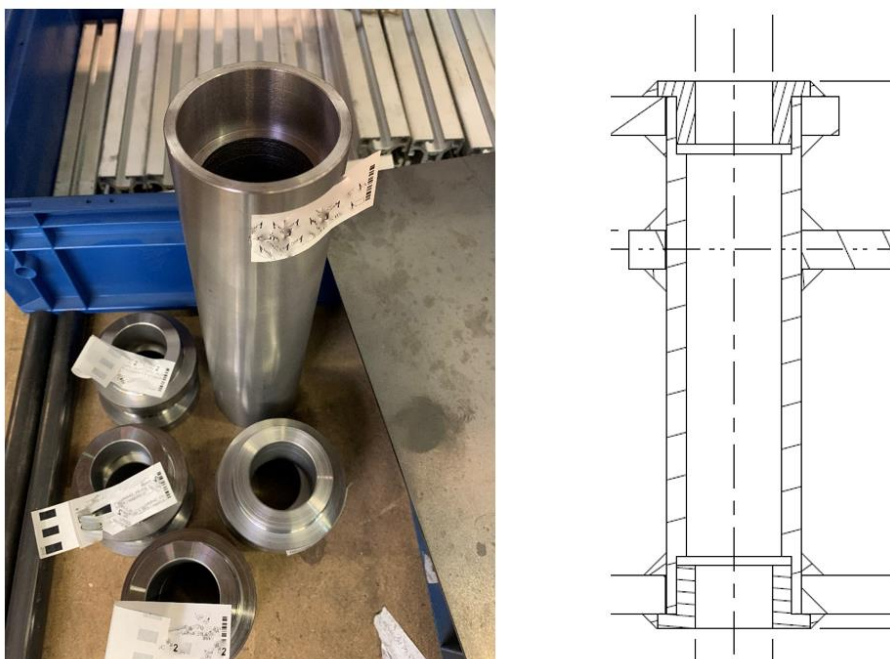


Obrázek 27 – Břit po obrobení

Jak je zmíněno v kapitole 4.1.1 Výpalky, pro výrobu břitu bylo navrženo dělení vodním paprskem namísto do té doby využívaného tepelného dělení s přídavkem po kontuře. Přídavek sloužil k pokrytí vzniklé tepelně ovlivněné oblasti, která byla následně s přídavkem při obrábění odebrána. Použití vodního paprsku tak bylo v rámci společnosti inovativním řešením, které výrazně urychlilo výrobu, ač při zachování obdobné ceny. Navýšení nákladů na dělení pokrylo snížení ceny za obrábění, které je u vysokopevnostního otěruvzdorného materiálu, který je na břit používán, velmi obtížné.

Se zavedením této technologie se tak nabízí v budoucnu možnost nalézt dodavatele s 3D řezací hlavicí, který bude schopen břit vyrobit na hotovo, tedy pomocí úhlového řezu zhotovit i úkos na ostří.

4.2.2 Segment trubky prstu



Obrázek 28 - Rozebnaná svařovací sestava (vlevo) a výkresové schéma sestavy v řezu (vpravo)

V rámci technologičnosti konstrukce zde byl vznesen požadavek na rozdělení trubky přihrnovacího prstu do tří segmentů. Při výrobě z jednoho kusu by bylo nutné soustružit vnitřní díru v celé délce 400 mm i přesto, že by se nejednalo o stykovou plochu uložení. Rovněž by bylo problematické nalezení vhodného polotovaru v podobě silnostěnné trubky. Namísto toho byl vznesen požadavek na úpravu konstrukce dle schématu výše. V něm jsou obrobena pouze konce trubky, do nichž jsou vsazeny návarky. Pro uložení návarků do trubky bylo navrženo uložení s minimální vůlí. Sestava je pak před svařováním sestavena pomocí přípravku, kterým jsou vymezeny vůle tak, aby sestava po svaření disponovala potřebnou sousostí a požadovanou vůlí pro skutečný čep.

Tyto konstrukční úpravy tak umožní snadnou výrobu i na konvenčních strojích a nezúží portfolio dodavatelů pro obráběné díly při produkční výrobě.

4.3 Svařence

4.3.1 Technologie svařování

Ve společnosti Tchraccoon se standardně využívá technologie MIG a MAG s ohledem na základní materiál a v ojedinělých případech i technologie TIG. V rámci této výroby bylo využito pouze technologie MAG s ochrannou atmosférou Corgon 10 (90 % Ar + 10 % CO₂) dle EN ISO 14175 – sk. M21 od společnosti Linde s přídatným materiálem EN ISO 14341-A G 46 5 M21 4Si1 o průměru 1,2 mm.

Kvalita svarů byla posuzována dle normy ČSN EN ISO 5817 ve stupni kvality D. Zde je důležité zmínit, že tento stupeň kvality není v produkční výrobě přípustný a benevolentní podmínky jsou zde nastoleny úmyslně tak, aby zkoušky životnosti probíhaly v horších podmínkách, než které mohou nastat u produkčních strojů.

Ke každému svaru jsou dále do výkresu svařovací sestavy zaznamenány svařovací parametry nastavené svářečem na zdroji. Během této výroby se evidoval posuv drátu, napětí, režim svařování a naměřené skutečné velikosti svaru. Tyto údaje slouží pro porovnání s parametry v produkční výrobě, případně i pro vyhodnocování svarů při NDT a DT zkouškách v rámci testování.

Tyto parametry zapisuje sám svářeč a jejich pravdivost namátkově ověřuje vedoucí svařovny a pověření zaměstnanci společnosti. Tyto sbírané údaje nesmí nikterak sloužit k hodnocení svářeče, důležitá je pouze pravdivost zapsaných parametrů. Toto zapojení svářečů do systému zlepšování kvality produktu i samotného systému výroby umožňuje svářečům konzultaci s konstruktéry a úpravu parametrů někdy i designu na základě zkušeností, či ergonomie svařovacích operací. Rovněž mají svářeči v rámci prototypové výroby možnost zapisovat do průvodních listů a výkresů návrhy a požadavky na zlepšení konstrukce. Tyto informace a konstruktivní kritika přímo z pracoviště se ukázala jako velmi efektivní nástroj v rámci metody Kaizen neboli neustálého zlepšování kvality.

4.3.2 Přípravky

Pro výrobu svařenců pro JIRA 300 bylo navrženo využívat stavebnicový systém svařovacích stolů a přípravků Siegmund System 28 a Siegmund System 16 dle velikosti svařovacích sestav a použitých metod svařování a dále upínacích prvků od společnosti Bessey Tools. I přes vysoké pořizovací náklady na tyto stavebnicové systémy je jejich pořízení výhodné právě pro kusovou a malosériovou výrobu, v níž by náklady na výrobu fixačního svařovacího přípravku byly rozpočítávány jen mezi několik desítek kusů, zatímco tyto stavebnicové systémy jsou multifunkční a jejich cenu je možné rozpočítat mezi více druhů svařenců.

Použití tohoto systému upínání svařenců jde vstříc i návrh konstrukce. Společně s fixačními zámkami a návrhem postupné kompletace sestavy před svařováním je možné navrhnout svařovací sestavu tak, že jsou díly navzájem fixovány a je tím eliminováno množství potřebných upínek.



Obrázek 29 - Upnutí svařovací sestavy pomocí systému Siegmund System 28

4.4 Povrchová úprava

Prototyp vyráběný v rámci diplomové práce byl určen pro dynamické testování a pevnostní analýzy konstrukce. Od počátku tak bylo předmětem diskuse, zda na něj aplikovat ochranný nátěr, či nikoliv. Předúprava povrchu v podobě tryskání, kuličkování či jiné metody ovlivňující strukturu povrchu byla hned na počátku vyloučena, neb by mohla ovlivnit testy a znemožnila by analýzu případných vzniků trhlin a deformací. Po konzultaci s kolegy zodpovědnými za testování a s ohledem na průběh testování během zimních měsíců byla domluvena povrchová úprava mokřým nástřikem laku, ale jen v tenké vrstvě, kterou by v případě olepování tenzometry bylo možné snadno zbrousit.

Jako předúprava bylo zvoleno pouze ruční odmaštění pomocí odmašťovače ETERNAL s následným oplachem vodou. Poté bylo navrženo složení mokrého laku a specifická tloušťka vrstvy, řádově do 100 mikrometrů, která měla za cíl chovat se křehce, a i při malých deformacích povrchu praskat. Toto praskání bylo při dynamických testech žádoucí, dochází k němu i při elastických deformacích materiálu a praskliny jsou na něm přítomné i po vymizení elastické deformace. Praskliny laku jsou ve skutečnosti trhliny, ke kterým dochází vlivem elastického napnutí nebo stlačení povrchu, a tedy změny délky povrchu. Lak chovající se křehce se tak není schopen dostatečně napnout a trhá se, trhliny jsou vždy kolmé ke směru největší změny délky, tedy elastické deformace. Rovněž je možné i definovat směr k největšímu napětovému poli, neb v místě největšího napětí dochází k největší deformaci, tedy i změně délky povrchu a nejhustějšímu výskytu trhlin laku. Kolmice na tyto trhliny je tak gradientem povrchového napětí a rostoucí hustota trhlin udává jeho směr. Je tak možné přesně prokázat nejenom přítomnost elastické deformace, ale nalézt i její směr a největší napětové pole, tedy oblast s největší deformací a největším napětím v materiálu. Tohoto principu se dříve využívalo právě při použití speciálních křehkých laků, které byly z důvodu jejich chemického složení zakázány. Jejich aplikace a princip znázornění napětových polí sloužily k ověření nebo nalezení vhodných měřících bodů pro umístění tenzometrů při strukturálních testech.

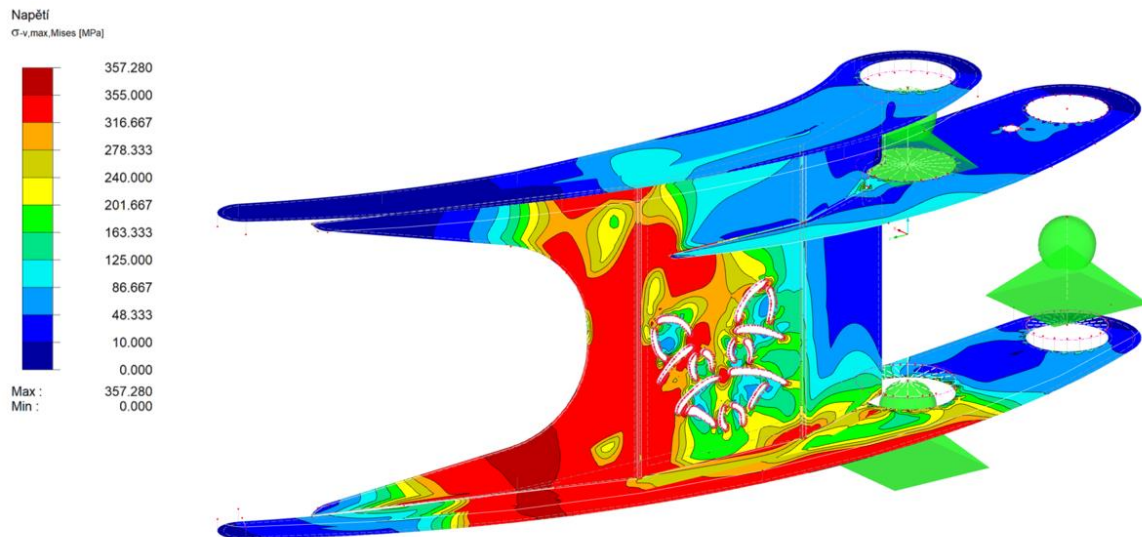
Ač se jednalo při lakování tohoto prototypu jen o pokus napodobit tento princip metody křehkých laků, dalo by se říci, že byl pokus úspěšný a v budoucnu by se jím společnost Tetracoon s.r.o. mohla více zabývat. Složení ani druh laku nejsou v diplomové práci uvedeny z důvodu zachování know-how společnosti.



Obrázek 30 - Popraskaný lak a zakreslené směry působení napětí



Obrázek 31 – Oblast nejhustěji popraskaného laku odpovídá zakreslenému směru



Obrázek 32 - MKP analýza s upravenými podmínkami [3]

Z předešlých obrázků je patrné, že popraskání laku posloužilo k odhalení elastické deformace. Praskliny laku na obrázku 31 naznačovaly deformaci vlivem působení napětí ve směru zakreslených šipek. Tyto šipky skutečně ukazovaly na oblast nejhustěji se vyskytujících prasklin na spodním výpalku podávacího prstu. Totožnou oblast později vykreslila i MKP analýza s upravenými okrajovými podmínkami. MKP analýza, pevnostní analýza ani pevnostní výpočty nebyly součástí této diplomové práce a jsou převzaty z diplomové práce Konstrukční návrh stříhací hlavice, autor Bc. Jiří Jakubský, která se zabývala konstrukčním návrhem. [3]

4.5 Montáž

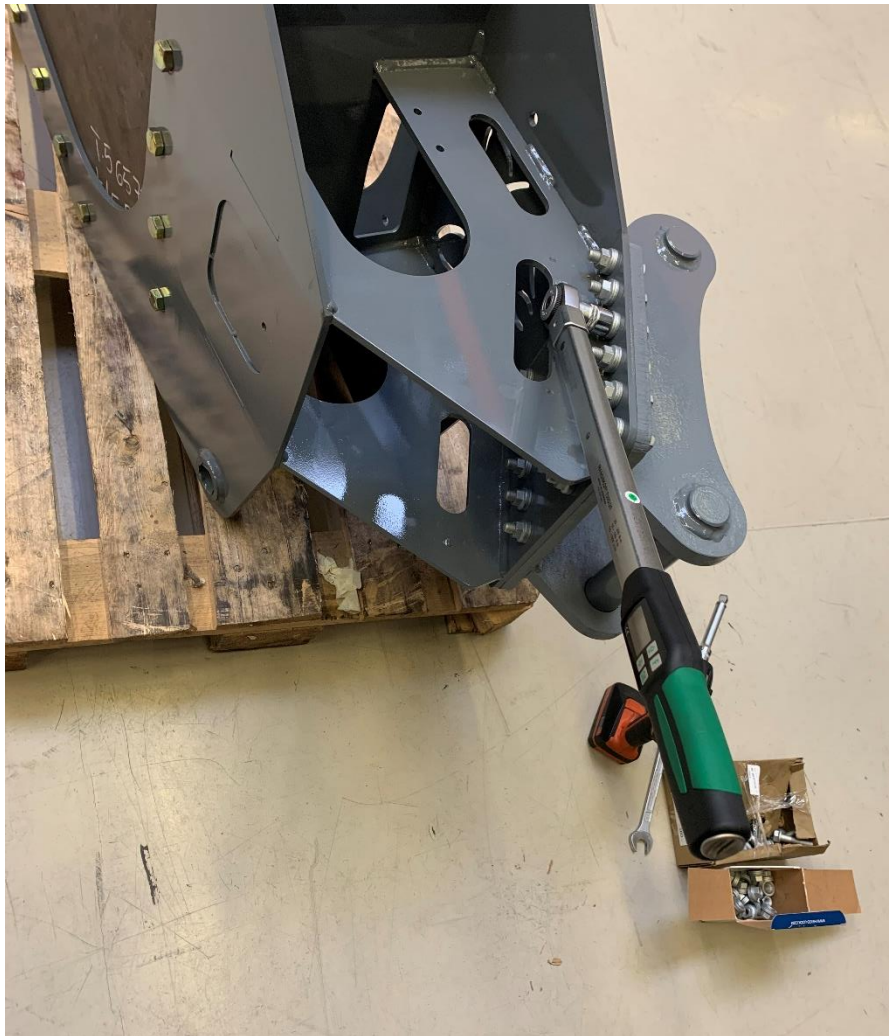
Výroba byla zakončena montáží celku tří lakovaných svařenců, břitu, tří čepů, spojovacího materiálu a hydraulického okruhu. K montáži nebylo zapotřebí speciálního nářadí ani montážních přípravků, všechna uložení byla navržena s vůlí a montáž tak mohl provést samostatně pouze jeden pracovník. To bylo cílem již při řízení technologičnosti návrhu designu, ale skutečně se předpoklady podařilo ověřit až při montáži. K úspěšné realizaci montáže prováděné pouze jedním pracovníkem a bez použití přípravků, nebo zdvihacích zařízení přispěl nejvýznamněji požadavek na maximální hmotnost jednotlivých montovaných dílů a podsestav o doporučené maximální hmotnosti 15 kg a maximální hmotnosti 25 kg. V případě že by tato hmotnost měla být při návrhu překročena, bylo by nutné po domluvě s konstruktéry navrhnout vázací body.

Tyto hmotnostní limity byly navrženy s ohledem na předešlou praktickou zkušenost z oblasti logistiky i teoretických vědomostí dosažených v rámci studia ergonomie pod vedením pana Ing. Martina Kyncla v rámci předmětu Projekt 2. Mimo jiné hmotnostní limity jsou upraveny i zákonem č. 309/2006 Sb., o zajištění dalších podmínek BOZP. Jejich stručný přehled je uveden v tabulce níže. [12]

Tabulka 3 - Hygienické limity pro ruční manipulaci s břemeny (§ 29 NV) [12]

	<i>Manipulace v sedě</i>	<i>Častá manipulace</i>	<i>Občasná manipulace a přenášení (souhrnně do 30 min za směnu)</i>	<i>Celkem za směnu</i>
<i>Muž</i>	5 kg	30 kg	50 kg	10 000 kg
<i>Žena</i>	3 kg	15 kg	20 kg	6 500 kg

4.5.1 Šroubové spoje



Obrázek 33 - Montáž šroubových spojů

Montáž šroubových spojů, včetně postupu utahování i požadovaných momentů, byla definována konstruktéry s ohledem na nově testovaný spojovací materiál. Dotažení šroubů bylo zajištěno pomocí kalibrovaného momentového klíče. S ohledem na přítomnost vrstvy laku a zinkového povlaku v pevnostním šroubovém spoji byly šrouby po 48 hodinách opětovně dotaženy na požadované momenty. Cílem bylo zamezit relaxaci materiálů povlaků, a tedy i svěrných sil šroubových spojů, ty byly přepočteny právě na požadovaný utahovací moment, který právě vlivem relaxace rovněž poklesl.

5 Řízení stavu objednávek

Tato část řízení projektu výroby byla zpočátku podceňována a nebyla jí přikládána větší pozornost. Převrat nastal v okamžiku, kdy byly od oddělení konstrukce obdrženy seznamy nakupovaných položek, které se s postupem projektu nadále obměňovaly dle změn časové dostupnosti. Zde je nutné podotknout, že stavba probíhala během částečného lockdownu a následkem pandemie Covid-19 bylo mnoho dílů a položek nedostupných, nebo jejich doba dodání neodpovídala předem avizovanému termínu. S ohledem na množství několika desítek nakupovaných položek, zvláště pak šroubení a redukcí pro hydraulické okruhy, které dle schémat i obrázků byly obtížně rozpoznatelné a mnohdy se lišily pouze profilem a nepatrně průměrem vnitřních závitů, začalo celou věc okolo objednávek značně komplikovat. Tento problém byl spojen s potřebnými vývody pro různé snímače tlaku a stavěcí tlakové ventily. Tato měřidla bohužel nebyla pouze od jednoho výrobce, a tak bylo v okruhu přítomno hned několik druhů závitů s různými způsoby těsnění a v provedeních o více průměrech.

To vše vedlo ke snaze zavést metodu 5S, tedy třídit a skladovat přijatý materiál s označením dle konstrukčních podkladů tak, aby bylo možné udržet kontrolu jak nad materiálovým, informačním, tak i finančním tokem v rámci objednávek. Pro snadný přehled a snadnou evidenci vznikla tabulka pro správu nakupovaných položek, jejíž finální podoba je uvedena na následujících stránkách.

Metoda 5S vznikla v rámci Toyota Production Systém a je jednou ze základních metod štíhlé výroby. Zkratka 5S znamená v angličtině: Sort, Set in Order, Shine, Standardize, Sustain. Do češtiny lze tyto pojmy vysvětlit a volně přeložit jako: Položky a materiál roztřídit, označit a zaevidovat, vše kontrolovat, tento systém standardizovat a následně dodržovat.

Tabulka 4 - Tabulka pro správu objednávek materiálu a dílů

Číslo dílu	Název dílu/položky	Množství	Jednotky	Označení dodavatele / obj. č.	Dodavatel	Popis	Cena	Stav objednávky	Platba
10_0000	HADICE_CIDLA	2	Kusy		Dodavatel 1.	Včetně opletu	0,00 Kč	Neevidováno	Neuhrazeno
00_0001	KROUZEK_TESNICI	5	Kusy		Dodavatel 1.		0,00 Kč	Poptáno	Částečná záloha
00_0003	VLOZKA_POUZDRA	4	Kusy		Dodavatel 3.		0,00 Kč	Objednáno	Čeká na vyrovnání
00_0006	VENTIL_POJISTNY	1	Kusy		Dodavatel 1.		0,00 Kč	Přijato	Uhrazeno
-	Stahovací páska	1	Balení	482256	Dodavatel 2.	Pře počítat balení	0,00 Kč	Zaskladněno	Uhrazeno

5.1 Tabulka objednávek

Ve vzorové tabulce (viz tabulka 4), vytvořené v programu Excel od společnosti Microsoft jsou vyznačeny žlutou a zelenou barvou dvě oblasti políček:

- Žlutě vyznačená políčka znázorňují oblast, do níž je možné importovat data ve formátu .csv, která lze vygenerovat přímo v CAD programu při vytváření výkresové dokumentace. Do budoucna, bude-li zaveden systém distribuce dat v podobě CSV, bude možné doplnit tabulku ještě o sloupce jako je materiál, hmotnost a další informace z kusovníku.
- Zeleně zvýrazněná políčka znázorňují oblast, do níž je dále možné doplňovat položky ručním zápisem. I přes to, že ruční zápisy vedou k chybovosti, jsou v některých případech nutné, zvláště v situacích, kdy dochází k dodatečným objednávkám materiálu a zboží, které nebylo součástí počáteční výrobní dokumentace.

Aby se eliminovala tato chybovost při ručních zápisech dat, zůstala pro ruční zápis otevřená pouze políčka ve sloupci „Označení dodavatele / objednávací číslo“, „Popis“ a „Cena“. Tato políčka je nutné vypsat ručně, ostatní políčka jsou vyplňována pomocí rozbalovacích menu. To je patrné v následujících obrázcích 34 a 35.

Označení dodavatele / obj. č.	Dodavatel	Popis
	Dodavatel 1.	Výčetně opletu
	Dodavatel 1. Dodavatel 2. Dodavatel 3.	
	Dodavatel 1.	
482256	Dodavatel 2.	Přepočítat balení

Obrázek 34 - Seznam dodavatelů

Obrázek 34 je pouze ilustrační, ale demonstruje případ, kdy jsou v šabloně po zakliknutí prázdného políčka automaticky zobrazeni veškerí dodavatelé a není nutné ani možné je ručně vpisovat. Tato nabídka dodavatelů v seznamu je příkazem automaticky čerpána z databáze dodavatelů a je tedy vždy aktuální.

Cena	Stav objednávky	Platba
0,00 Kč	Neevidováno	Neuhrazeno
0,00 Kč	Poptáno	Částečná záloha
0,00 Kč	Objednáno	Čeká na vyrovnání
0,00 Kč	Přijato	Uhrazeno
0,00 Kč	Zaskladněno	Uhrazeno
	Neevidováno	
	Poptáno	
	Objednáno	
	Přijato	
	Zaskladněno	

Obrázek 35 - Možnosti stavu objednávky

Stejného principu bylo využito i pro sloupce evidující „Stav objednávky“ a „Platbu“, u nichž bylo navíc nastaveno pravidlo vykreslující barvu políčka dle zvoleného stavu. Toto barevné odlišení políček dle stavu napomáhá snadnější orientaci v tabulce, zvláště jedná-li se o tabulku s několika desítkami položek. Tato tabulka se osvědčila jako vsutku jednoduché, přehledné, a především funkční řešení, které je schopné díky sdílení na firemním serveru, či pomocí uložení OneDrive u startupů a malých podniků substituovat finančně nákladné programy jako Oracle nebo SAP.

5.2 Kontrola dodaného zboží

Kontrola dodaného zboží ať už v podobě dílů, polotovarů nebo podsestav je důležitou částí procesu materiálového toku a měla by stát vždy na jeho počátku. Obvykle bývá zanedbávána a zboží bývá automaticky přijímáno a zaskladňováno bez kontroly. Do procesu tak vstupuje vadná položka již v samotném počátku. Jedná-li se o díl určený k montáži může k odhalení její závadnosti dojít až při montáži nebo předprovozním servisu a tím celý proces zastavit až na samém konci a to paradoxně i přes skutečnost, že daná položka byla přijata již několik týdnů před zahájením montáže.

Toto je rizikem právě při kusové výrobě, kterou prototypová výroba je. Důvodem je na rozdíl od sériové výroby nenahraditelnost položky jiným kusem ze skladových zásob, které se při kusové výrobě obvykle nevytváří a není z nich tedy možné čerpat.

5.2.1 Kontrola množství a parametrů

Kontrola se řídila tabulkou pro řízení objednávek, dle které bylo možné snadno ověřit, zda souhlasí počet kusů, označení dodavatele, objednáací číslo a cena položky. Jednalo-li se o položku s konstrukčními podklady i o informace uvedené ve výkresu, či technickém listu.

S ohledem na nabytou zkušenost s evidencí položek v rámci stavby by bylo vhodné tuto tabulku pro řízení objednávek doplnit o kolonku s číslem příslušné faktury a číslem dodacího listu tak, aby bylo možné je snadno vyhledat v databázi během příjmu přímo pomocí tabulky bez nahlížení do dalších databází. Rovněž by bylo vhodné zavést pro každou objednanou položku unikátní skladovací číslo. Během stavby prototypu bylo jako číslo položky používáno číslo dílu a nejednalo-li se o položku s konstrukčními podklady, nebylo jí přiděleno žádné označení a díly se evidovaly pouze podle názvu. Tento způsob se ukázal jako nevhodný, neb při používání čísla dílu a názvu docházelo ke vzniku duplicitního označení, v případě že položka byla opětovně objednána, hůře pak byla-li objednána pod stejným konstrukčním označením ale v jiném technickém provedení.

5.2.2 Kontrola kvality a funkčnosti

Kontrolovány byly dva druhy položek, které je dobré zmínit. První byly hydraulické regulační prvky a měřící zařízení pro hydraulický okruh, ty byly předány partnerské společnosti disponující laboratořemi pro kalibrování a testování hydraulických systémů ke kontrole a ověření jejich funkčnosti. Jejich kontrola tak byla plně kooperována.

Další skupinu položek pro hydraulický systém tvořila hydraulická šroubení a redukce, u nichž bylo cílem ověřit, zda jsou dodány ve správné variantě závitu a zda je závit funkční. Jako nástroj pro kontrolu byly navrženy závitníky a závitová očka. Důvodem tohoto rozhodnutí bylo, že společnost Tetracoon s.r.o. nedisponovala všemi potřebnými závitovými kalibry. Pořízení těchto kalibrů pro všechny druhy přítomných závitů v hydraulickém systému by bylo velmi nákladné. Použití závitníků a závitových oček se osvědčilo jako funkční řešení a vedlo k odhalení měřící hydraulické hadice pro čidlo, která byla dodána s fitinkou se špatným závitem. Díky této kontrole byl však vadný kus odhalen již během příjmu.



Obrázek 36 - Kontrola šroubení pomocí závitníku

5.2.3 Kontrola materiálových požadavků

Pro kontrolu materiálových požadavků byl vždy od dodavatelů vyžadován k polotovarům i materiálový list a prohlášení o shodě. Problematickým se stal polotovar pro břit, který nebylo v důsledku pandemie Covid-19 možný sehnat, neb jeho očekávaný termín dodání byl dle dodavatele šest až osm týdnů, proto byl v souladu s interní normou *Tchr material – Extra Hard Steel* nalezen ekvivalent k požadovanému materiálu. Jak již bylo zmíněno, bližší informace o materiálech bohužel není možné uvádět. Jedná se o duševní vlastnictví společnosti Tchraccoon s.r.o.

S ohledem na tuto záměnu materiálu u břitu bylo navrženo provedení zkoušky tribologických vlastností a zkoušky tvrdosti, které by porovnaly vlastnosti alternativního materiálu s materiálem definovaným interní normou. Důvodem je, že i nepatrný rozdíl v koeficientu tření, či tvrdosti resp. životnosti břitu by se projevil větším střížným odporem, tedy i jiným působením střížných sil v konstrukci než při použití stejného břitu s jinými materiálovými vlastnostmi. To by znamenalo ovlivnění prováděných strukturálních testů. Výsledky této zkoušky bohužel nebylo možné do této práce z časových důvodů zahrnout. Tato zkouška však nebyla součástí diplomové práce a byla pouze doporučena společností Tchraccoon s.r.o. s ohledem na výše zmíněné poznatky.

6 Předání prototypu k testování

Poslední etapou prací bylo předání prototypu k testování. V rámci něj bylo zajištěno balení a přeprava prototypu na místo testování. Na místě byl proveden předprovozní servis, v rámci něj byla znovu namazána všechna pohyblivá uložení mazacím tukem, odvzdušněny a zkontrolovány těsnosti hydraulických členů v okruhu. Po uchycení na rypadle byly seřízeny přetlakové ventily dle skutečných provozních parametrů rypadla. Na konec byly na stroji pro kontrolu opětovně dotaženy šroubové spoje mezi břitem a základním rámem, aby se opět předešlo relaxaci materiálů ve šroubovém spoji.

Po předání a předprovozním servisu byl prototyp předán k testování. Na prototypu byly následně úspěšně provedeny veškeré požadované testy. Projekt výroby tak byl úspěšně včas dokončen, a to i přes počáteční zdržení při úpravách konstrukce.



Obrázek 37 – Zahájení provozu prototypu po úspěšném připojení a seřízení na rypadle

7 Závěr a zhodnocení nastavených procesů a výroby

Cílem diplomové práce bylo vedení projektu výroby prototypu stříhací hlavice ve společnosti Tchraccoon s.r.o. od podílení se na konstrukčním návrhu, dohlížení na jeho technologičnost a vyrobiteľnost s ohledem na používané výrobní technologie ve společnosti a platnou legislativu. Dále převzetí podkladů od konstrukce, na základě nich navrhnout způsob výroby, definovat požadavky na výrobu a nastavit procesy a systémy potřebné k úspěšnému dokončení výroby prototypu v požadovaném termínu. To takovým způsobem, aby je bylo možné použít jako výchozí podklady pro zavedení návodek, interních norem a systémů v rámci systému řízení kvality tak, aby společnost byla schopna dosáhnout shody s ČSN EN ISO 9001:2016.

V rámci diplomové práce byla sestavena časová osa projektu, definovány požadavky na podobu konstrukčního návrhu a podobu předávané výrobní dokumentace. Spolu s tím byla zavedena nová výkresová šablona, formát dat a výkresové razítko, včetně výchozích tolerancí. Byly definovány i požadavky na obsah a formu výkresové dokumentace.

Na základě této dokumentace byl navržen způsob výroby, určeny výrobní technologie a způsob montáže, to vše v souladu s platnou legislativou a standardy společnosti Tchraccoon s.r.o. Byly vyspecifikovány standardizované a nakupované položky a navržen systém řízení jejich objednávek, příjmů a kontroly. To vše bylo provedeno úspěšně a v požadovaném termínu. Prototyp byl úspěšně předán a byly na něm úspěšně provedeny požadované testy.

8 Seznam použitých literárních zdrojů

- [1] Concurrent Engineering (CE) [online]. [cit. 2022-07-13]. Dostupné z: <https://engineeringproductdesign.com/knowledge-base/concurrent-engineering/>
- [2] MECALAC GREENJOB 8MCR. AHLMANN MECALAC [online]. 2021 [cit.2022-6-6]. Dostupné z: https://ahlmann.nl/en/ahlmann_machines/mecalac-greenjob-8mcr/
- [3] JAKUBSKÝ, Jiří. Konstrukční návrh stříhací hlavice. Praha, 2021. Diplomová práce (Ing.). ČVUT, Fakulta strojní, Ústav konstruování a částí strojů [cit.2022-6-6].
- [4] Výkresová dokumentace, Interní dokumentace společnosti Tchraccoon s.r.o., Smetanovo nábřeží 334/4, Staré Město, 110 00 Praha 1, Czech Republic. 25.10.2021 [cit. 2021-08-06]
- [5] Creo 4.0 and PowerShell – Part 3: Adding, Updating, and Designating Parameters [online]. 2017 [cit. 2022-06-16]. Dostupné z: <https://www.erickscottjohnson.com/blog/creo-4-and-powershell-part-3-adding-updating-and-designating-parameters>
- [6] LEINVEBER, Jiří a Pavel VÁVRA. Strojnické tabulky: učebnice pro školy technického zaměření. Šesté vydání. Úvaly: Albra, 2017. ISBN 978-80-7361-111-8.
- [7] Profil dutý svařovaný černý se čtvercovým průřezem, EN 10219 // rozměr 40x4. [Online Ferona] [online]. [cit. 2022-06-22]. Dostupné z: <https://online.ferona.cz/detail/24779/profil-duty-svarovany-cerny-se-ctvercovym-prurezem-en-10219-rozmer-40x4>
- [8] Plech válcovaný za tepla, EN 10051 // rozměr 5x1500x3000. [Online Ferona] [online]. [cit. 2022-06-22]. Dostupné z: <https://online.ferona.cz/detail/6128/plech-valcovany-za-tepla-en-10051-rozmer-5x1500x3000>
- [9] Archiv výroby, Interní dokumentace společnosti Tchraccoon s.r.o., Smetanovo nábřeží 334/4, Staré Město, 110 00 Praha 1, Czech Republic. 25.10.2021 [cit. 2021-08-06]

- [10] Smluvní podmínky s dodavateli – 2021, Interní dokumentace společnosti Tchraccoon s.r.o., Smetanovo nábřeží 334/4, Staré Město, 110 00 Praha 1, Czech Republic. [2021] [cit. 2021-19-06]
- [11] Tchr - Sheetmetal Standard 02, Interní dokumentace společnosti Tchraccoon s.r.o., Smetanovo nábřeží 334/4, Staré Město, 110 00 Praha 1, Czech Republic. [2021] [cit. 2021-19-06]
- [12] Manipulace s břemeny. BOZPinfo.cz: Oborový portál pro BOZP [online]. 2014, 10.06.2014 [cit. 2022-06-29]. Dostupné z: <https://www.bozpinfo.cz/manipulace-s-bremenymi>
- [13] KRÁL, Mirko. Projektování výrobních procesů I. 2. přeprac. vyd. Praha: České vysoké učení technické, 1992. ISBN 80-010-0773-1.
- [14] KRÁL, Mirko, Bohumír BEDNÁŘ a Jan ČERMÁK. Engineering technology. 2. přeprac. vyd. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1998. ISBN 80-010-1886-5.
- [15] HAPKE, Aduardo, ed. Forest Ecology, Management and Restoration. 13. Syrawood Publishing House, 2016. ISBN 978-1682860434.
- [16] ČSN EN ISO 9001 Systémy managementu kvality – Požadavky. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2015, 48 s. Třídící znak 010321.
- [17] PHILLIPS, Ann W. Interní audity ISO 9001:2008: snadno a efektivně: nástroje, metody a podrobný návod pro úspěšné interní audity. 3. vyd. Praha: Česká společnost pro jakost, 2009. ISBN 978-800-2021-674.
- [18] KŘEČEK, Ing. Stanislav. Audit procesu: Proces vzniku produktu/sériová výroba Proces Vzniku služby/poskytování služby. 3. Praha: Česká společnost pro jakost, 2016. ISBN 978-80-02-02727-0.
- [19] ČSN ISO 45001 - Systémy managementu bezpečnosti a ochrany zdraví při práci – Požadavky s návodem k použití. 10/18. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2018.
- [20] ČSN EN ISO 4413 - Hydraulika – Všeobecná pravidla a bezpečnostní požadavky na hydraulické systémy a jejich součásti. 6/11. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.

9 Seznam tabulek

Tabulka 1 - Vybrané tolerance délek dle ČSN ISO 2768 [6].....	30
Tabulka 2 – Vybrané tolerance pro úhly dle ČSN ISO 2768 [6]	30
Tabulka 3 - Hygienické limity pro ruční manipulaci s břemeny (§ 29 NV) [12]	52
Tabulka 4 - Tabulka pro správu objednávek materiálu a dílů	55

10 Seznam obrázků

Obrázek 1 – Logo Tchraccoon s.r.o.....	12
Obrázek 2 – Prototyp JIRA 300 při odstraňování náletových dřevin [2]	14
Obrázek 3 – Moderní rypadlo Mecalac GREENJOB 8MCR	15
Obrázek 4 – JIRA 300 [3].....	16
Obrázek 5 – Základní rám (20_0000 SVARENEC_HLAVA) [4]	17
Obrázek 6 – Podávací prst (30_0000 SVARENC_PRST) [4]	18
Obrázek 7 – Sevřený oddenek stromu	19
Obrázek 8 – Mýtina po JIRA300 s roztříděnou dřevní hmotou	20
Obrázek 9 – Postupné kácení náletových dřevin	21
Obrázek 10 – Rozevřená poloha hlavice JIRA 300.....	21
Obrázek 11 – Gantův diagram výroby prototypu.....	24
Obrázek 12 – Zpětně zaslepený otvor	25
Obrázek 13 – Tabulka nastavených parametrů modelu - CAD program PTC Creo 4.0 [5].....	27
Obrázek 14 - Razítko s generovanými údaji pomocí parametrů [4].....	27
Obrázek 15 - Definované výchozí tolerance [4]	29
Obrázek 16 - Specifikace jeklu Ferona a.s. [7].....	31
Obrázek 17 - Specifikace plechu S355MC tl. 5 mm Ferona a.s. [8]	32
Obrázek 18 - Vůle mezi dvěma díly před svařováním [9].....	33
Obrázek 19 - Rovnání výpalku před svařováním	34
Obrázek 20 - Vůle mezi rovinou kalibrované měřky a rovinou výpalku.....	34
Obrázek 21 - Příklad nevhodně zvolených rozměrových základen	36
Obrázek 22 - Příklad vhodně zvolených rozměrových základen	36
Obrázek 23 - Jeden z pohledů výkresu pro svařenec podávacího prstu	37
Obrázek 24 - Upnutý svařenec podávacího prstu	38
Obrázek 25 - Hydraulické hadice s ochranným opletem a spirálou.....	40
Obrázek 26 – Sestava dílů s fixačními zámky pro svařování bez přípravku	41
Obrázek 27 – Břit po obrobení	45
Obrázek 28 - Rozebraná svařovací sestava (vlevo) a výkresové schéma sestavy v řezu (vpravo)	46
Obrázek 29 - Upnutí svařovací sestavy pomocí systému Siegmund System 28.....	48
Obrázek 30 - Popraskaný lak a zakreslené směry působení napětí	50

Obrázek 31 – Oblast nejhustěji popraskaného laku odpovídá zakreslenému směru	50
Obrázek 32 - MKP analýza s upravenými podmínkami [3].....	51
Obrázek 33 - Montáž šroubových spojů.....	53
Obrázek 34 - Seznam dodavatelů	56
Obrázek 35 - Možnosti stavu objednávky	57
Obrázek 36 - Kontrola šroubení pomocí závitníku	59
Obrázek 37 – Zahájení provozu prototypu po úspěšném připojení a seřízení na rypadle	61