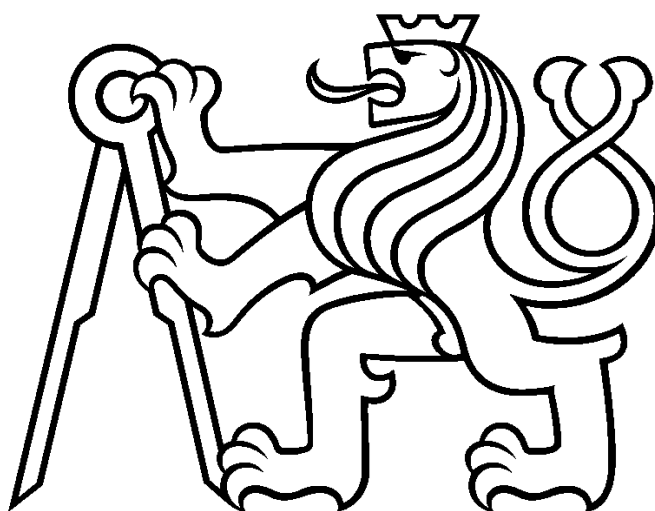


**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ**  
**FAKULTA STROJNÍ**

ÚSTAV TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ,  
PROJEKTOVÁNÍ A METROLOGIE

**Návrh a vývoj přípravku pro výrobní proces**

Diplomová práce



Obor: Výrobní a materiálové inženýrství

Autor: Bc. Radovan Špička

**Praha 2019**

Vedoucí práce: Ing. Jiří Kyncl

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svoji diplomovou práci vypracoval samostatně ve spolupráci s firmou Schäfer–Menk s.r.o., sídlem v Radotíně v Praze. Dále prohlašuji, že veškeré podklady, ze kterých jsem čerpal, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

V Praze dne 04.01.2019

..... podpis

**Anotace:**

Diplomová práce má za cíl návrh a vývoj přípravku pro pracovní proces pro firmu Schäfer–Menk s.r.o. a přípravek by měl snížit náklady na výrobu a výrobní časy.

V úvodu je představena firma a její produkty. V teoretické části je obecně popsáno svařování, svařovací přípravky a svařovací příslušenství. V praktické části jsou vytvořeny návrhy svařovacího přípravku. Pro lepší přehlednost je přípravek rozdělen na dvě části – základna přípravku a upínací systém. U každého návrhu se provede pevnostní analýza. Na základě pevnostní a rozhodovací analýzy se vybere nejlepší představitel. Poté se zkonstruuje finální přípravek. Nakonec se zhodnotí svařovací přípravek po stránce pevností a ekonomické.

**Klíčová slova:** Svařování, svařovací přípravek, svařovací polohovadlo, konstrukce přípravku, upínací systém, pevnostní analýza, ekonomika.

**Annotation:**

The goal of this thesis work is to design and development fixture for specific production process for Schäfer-Menk s.r.o. and the fixture should reduce costs and times of production.

In the introduction the company and product are presented. In the theoretical part there is described welding, welding fixture and welding accessories. In the practical part are designed welding preparations of fixture. The fixture is divided into two parts - the base of the fixture and the clamping system. For each design of the fixture is performed a strength analysis. When is the strength analysis done I chose the best final representative. Then the final fixture is constructed. Finally the welding fixture is rated for strength and economy.

**Key words:** Welding, fixture of welding, welding positioner, design of the fixture, clamping system, strength analysis, economy.

**Poděkování:**

Rád bych hlavně poděkoval svému vedoucímu diplomové práce Ing. Jiřímu Kynclovi za cenné rady a připomínky na odborných konzultacích. Také chci poděkovat firmě Schäfer–Menk a jejím zaměstnancům, kteří mi poskytli svůj čas a všechny potřebné údaje k řešení mé diplomové práce.

## OBSAH

<b>1</b>	<b>ÚVOD .....</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>FIRMA SCHÄFER-MENK.....</b>	<b>8</b>
<b>3</b>	<b>SVAŘOVÁNÍ.....</b>	<b>10</b>
3.1	SVAŘOVÁNÍ ZA PŮSOBENÍ TEPLA.....	11
3.1.1	Svařování elektrickým obloukem .....	12
3.2	SVAROVÁ PNUTÍ A DEFORMACE.....	14
3.3	DRUHY SVARŮ A JEJICH ZNAČENÍ .....	14
3.4	KONTROLA A ZKOUŠENÍ JAKOSTI SVAROVÝCH SPOJŮ.....	16
<b>4</b>	<b>PŘÍPRAVKY .....</b>	<b>18</b>
4.1	ROZDĚLENÍ PŘÍPRAVKŮ DLE RŮZNÝCH KRITÉRIÍ .....	18
4.1.1	Podle rozsahu použitelnosti.....	18
4.1.2	Podle zdroje upínací síly .....	19
4.1.3	Typy přípravků dle technologie výroby .....	20
4.1.4	Podle technologie použití .....	22
4.2	EKONOMIKA PŘÍPRAVKŮ .....	22
4.2.1	Snižování nákladů pomocí vedlejších časů.....	23
4.2.2	Snižování pořizovacích nákladů na přípravek .....	23
4.2.3	Hospodárnost přípravků .....	23
4.3	VLIV PŘÍPRAVKŮ NA NEPŘESNOST VÝROBY.....	24
4.4	KONSTRUKCE PŘÍPRAVKŮ .....	24
4.4.1	Zásady konstrukce.....	24
4.4.2	Volba materiálu .....	25
4.4.3	Opěrné a ustavovací prvky.....	26
4.5	SVAŘOVACÍ PŘÍPRAVKY .....	27
4.5.1	Dělení svařovacích přípravků .....	27
4.5.2	Svařovací svěrky a upínky .....	28
4.5.3	Přípravky pro svařování konstrukcí .....	32
4.5.4	Svařovací polohovadla .....	34
<b>5</b>	<b>ANALÝZA SVAŘOVANÝCH SOUČÁSTÍ.....</b>	<b>39</b>
5.1.1	Svařenec 5150 .....	40
5.1.2	Svařenec 5250 .....	41
5.2	MATERIÁL A VÝROBA SOUČÁSTÍ .....	42
5.3	POLOHOVADLO KOVACO SPK 50 EM.....	44
<b>6</b>	<b>NÁVRH KONSTRUKCE SVAŘOVACÍHO PŘÍPRAVKU .....</b>	<b>46</b>
6.1	TECHNOLOGIE VÝROBY A NÁVRH MATERIÁLU .....	46
6.2	NÁVRH ZÁKLADNY PŘÍPRAVKU .....	47
6.2.1	Varianta individuální.....	48
6.2.2	Varianta univerzální .....	52
6.2.3	Varianta I.....	57
6.2.4	Varianta II .....	59
6.2.5	Varianta III .....	61

6.3	NÁVRH UPÍNACÍHO SYSTÉMU .....	65
6.3.1	Upínací systém kupovaný .....	66
6.3.2	Upínací systém vyráběný .....	67
<b>7</b>	<b>KONSTRUKCE PŘÍPRAVKU.....</b>	<b>70</b>
7.1	PEVNOSTNÍ ANALÝZA PŘÍPRAVKU .....	75
7.1.1	Pevnostní analýza přípravku 5150 .....	75
7.1.2	Pevnostní analýza přípravku 5250 .....	76
7.2	NÁVRH OPTIMALIZACE PŘÍPRAVKU S OHLEDEM NA VÝROBU.....	78
7.3	EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ.....	80
7.3.1	Náklady na materiál .....	80
7.3.2	Náklady na výrobu .....	80
7.3.3	Doba návratnosti .....	82
<b>8</b>	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>84</b>
<b>9</b>	<b>POUŽITÁ LITERATURA .....</b>	<b>86</b>
<b>10</b>	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ.....</b>	<b>90</b>
<b>11</b>	<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>95</b>

# 1 ÚVOD

Cílem této diplomové práce je navrhnout a vyvinout přípravek pro výrobní proces. Přesněji svařovací přípravek pro dvě svařované součásti. Přípravek bude využíván ve firmě Schäfer-Menk s.r.o. a má přispět ke snížení nákladů a vedlejších časů na výrobu dvou svařovaných součástí.

Na začátku diplomové práce je přestavena firma Schäfer-Menk s.r.o. se sídlem v Radotíně. Jsou zde stručně popsány založení společnosti, ostatní členové skupiny Menk a odvětví, do kterých svými produkty zasahuje.

Tato práce je rozdělena na dvě hlavní kapitoly – teoretickou a praktickou. První zmíněná kapitola slouží k prostudování problematiky výroby svařovacích přípravků. Je zde popsáno obecně svařování a metoda svařování působením tepla. Také nemůžu opomenout problematiku svařovacího procesu – svarová pnutí a deformace. Hlavní částí teoretické kapitoly jsou přípravky. Přípravky jsou rozděleny podle rozsahu použitelnosti, zdroje upínací síly a technologie výroby. Ekonomika a hospodárnost přípravků je důležitá pro rozhodování, zda je přípravek vhodný pro výrobní proces a také zda přináší zlepšení výroby či snížení nákladů. Konstrukční zásady přípravků rozhodují o správném ustavení a upnutí součástí. Na závěr jsou obecně popsány svařovací přípravky, které jsou rozděleny do čtyř skupin. Dále je uvedeno svařovací příslušenství a na závěr kapitoly jsou rozdělena svařovací polohovadla.

Druhou hlavní kapitolou je praktická část. V úvodu jsou popsány konstrukční, materiálové a technologické vlastnosti svařované součásti a jejich použití. Navrhovaný svařovací přípravek bude používán, ve výrobním procesu, na polohovadle. Přípravek bude rozdělen do dvou částí. První část je základna přípravku a druhá část je upínací systém přípravku. Pro obě části budou navrženy konstrukční varianty. Pro základnu svařovacího přípravku bude navrženo několik variant, ze kterých se poté bude vybírat. Vhodná varianta se určí pomocí pevnostní analýzy a následné rozhodovací analýzy. Ve které se rozhodne o finální variantě. Pro upínací systém se navrhnou pouze dvě varianty – vyráběné a kupované. Jako v předchozí části se provede rozhodovací analýza upínacího systému a vybere se finální varianta. Na závěr práce se z finálních variant zkonstruuje svařovací přípravek. Ten se opět zkontroluje po pevnostní stránce. Dále se přípravek zhodnotí po stránce ekonomické a vypočítá se jeho doba návratnosti.

## 2 FIRMA SCHÄFER-MENK

Firma byla založena v roce 1994 a je součástí skupiny Menk. Postupem času si firma vybudovala své místo a uplatnění na trhu. Zaměstnává přes 500 lidí a její obrat je cca 1,1 mld. korun českých. Své výrobky exportuje do celého světa. Zabývá se výrobou technologicky náročných svařovaných konstrukcí. Svařují například:

- Transformátové nádoby
- Svařence pro důlní k techniku
- Komponenty pro autojeřáby a stavební stoje
- Statory pro motory

Závody skupiny Menk najdeme po celém světě, celkem jich je šest. Čtyři se nachází v Evropě. Přesněji dvě v Německu v Bad Marienbergu, kde sídlí mateřská společnost. V České republice jsou dva výrobní závody. První v Praze (Obr. 2.1) a druhý u Plzně (Obr. 2.2). Závody jsou i mimo Evropu. Jeden je v USA v Sterling Illinois a druhý naopak v Číně v Kunshan. [1]



Obr. 2.1 – Závod v Praze  
v Radotíně [1]



Obr. 2.2 – Závod u Plzně  
v Dýšině [2]

Ve firmě se používají metody svařování 121 – svařování pod tavidlem ,131 – obloukové svařování tavící se elektrodou v ochranné atmosféře inertního plynu, 135 – obloukové svařování tavící se elektrodou v ochranné atmosféře aktivního plynu, 138 – obloukové svařování plněnou elektrodou s kovovým práškem v ochranné atmosféře aktivního plynu a 141 – obloukové svařování netavící se wolframovou elektrodou. Pro své výrobky firma využívá velkou škálu materiálů. Nejpoužívanější jsou oceli S235 – S355, vysokopevnostní oceli S690QL, S960QL a S1100QL, nerezové oceli a neželezné slitiny. [1]



Firma je držitel mnoha svářečských oprávnění:

- ČSN EN ISO 9001:2000
- ČSN EN ISO 14001
- DIN EN ISO 3834-2
- DIN EN 1090-2
- DIN 18800
- DIN EN 15085-CL1

Příklad výrobků firmy Schäfer-Menk:



Obr. 2.3 – Rám pro lodní nakladač [3]

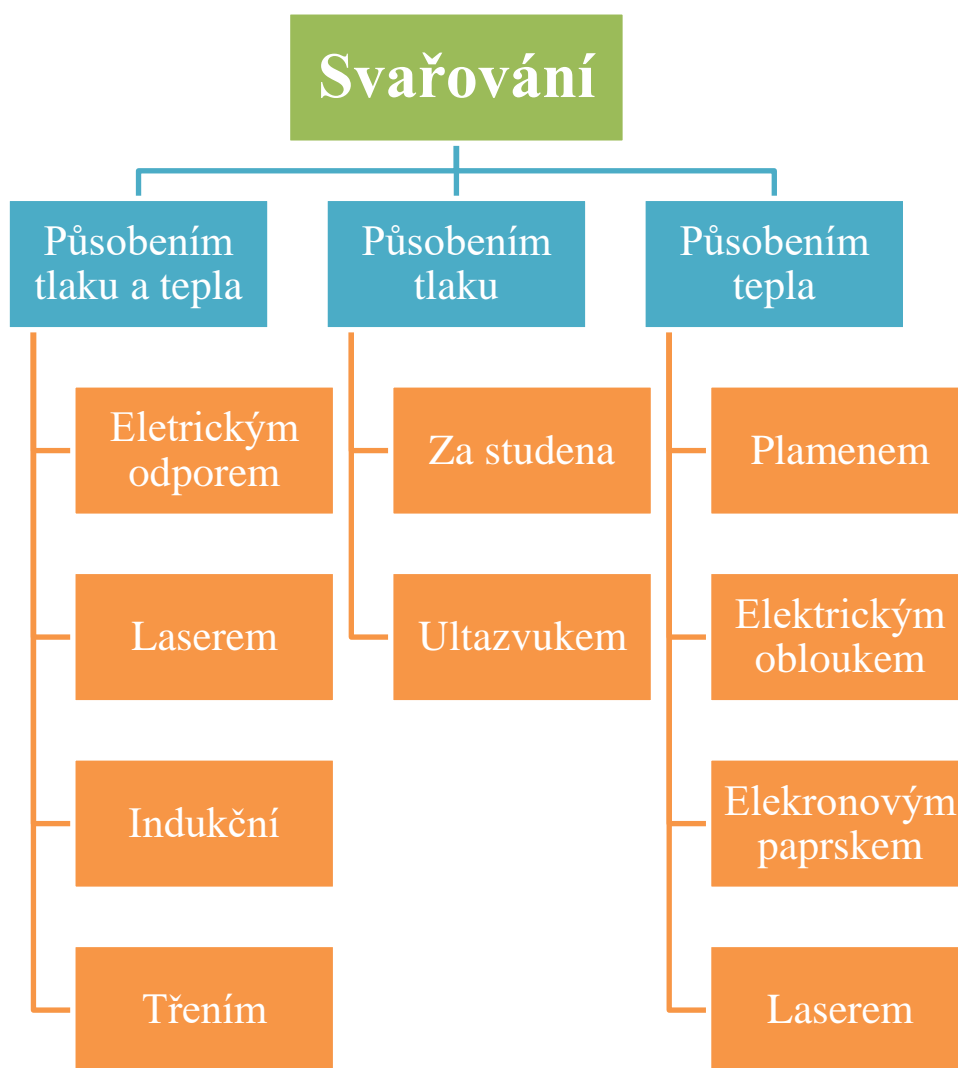


Obr. 2.4 – Teleskopická ramena  
autojeřábů [4]

### 3 SVAŘOVÁNÍ

V diplomové práci se budu zabývat návrhem konstrukce svařovacího přípravku. Proto tedy musím prostudovat problematiku svařování. Nejdříve popíši metody svařování za působení tepla a poté popíši druhy svarových pnutí a deformací. Nakonec prostuduji označování svarů na výkrese a metody kontrol svaru. Tato kapitola se využije při návrhu konstrukce a pracovního postupu svařovacího přípravku.

Na níže uvedeném obrázku je rozděleno svařování do skupin a podskupin. Pro mou práci je důležitá skupina svařování působením tepla, kde je k natavení materiálu použit elektrický oblouk. [5]



Obr. 3.1 – Schéma typů a druhů svařování [5]

Svařováním vznikají nerozebíratelná spojení strojních součástí. Pro konstrukci se používají jednoduché hutních polotovary jako jsou tyče, profily, plechy a trubky. Svařované součásti se dále většinou obrábějí. Obrábění je především využíváno pro dodržení rozměrů, tolerancí a drsnost ploch.

Výhody svařování jsou:

- Pevnost
- Těsnost
- Trvanlivost
- Úspora materiálu oproti jiným technologiím výroby
- Zkrácení výrobních časů

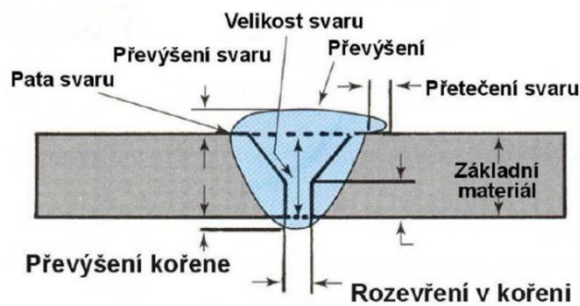
Nevýhody svařování jsou:

- Destruktivní rozebíratelnost spoje
- Vznik vnitřních pnutí
- Změna struktury materiálu v blízkosti svaru
- Změna mechanických vlastností
- Možnost vzniku vnitřních vad

Svařované plochy musí být bez nečistot, barvy, rzi a mastnot. Nebo může dojít ke znečištění svarové lázně a tím se vytvoří ve svaru defekty. [5]

### **3.1 Svařování za působení tepla**

Svařování za působení tepla je nejvíce používaná metoda pro spojování materiálů. Tavná lázeň vzniká natavením základních svarových ploch materiálu a přidáním materiálu, obdobného chemického složení, co nejbližšího k základnímu materiálu. K natavení materiálu základního a přídavného se používají – plamen a elektrický oblouk. Na Obr. 3.2 je vidět detailnější popis V svaru. Modře vyznačené plochy na základním materiálu jsou tepelně ovlivněné oblasti. Jejich velikost je přímo úměrná teplotě procesu. Oceli jsou dobře svařitelné do 0,22 % obsahu uhlíku. Nad 0,22 % obsahu uhlíku je doporučen předehřev oceli. V závislosti na typu materiálu je teplota předehřevu 100 až 350 °C. Následně popíši pouze svařování pomocí elektrického oblouku. [5]

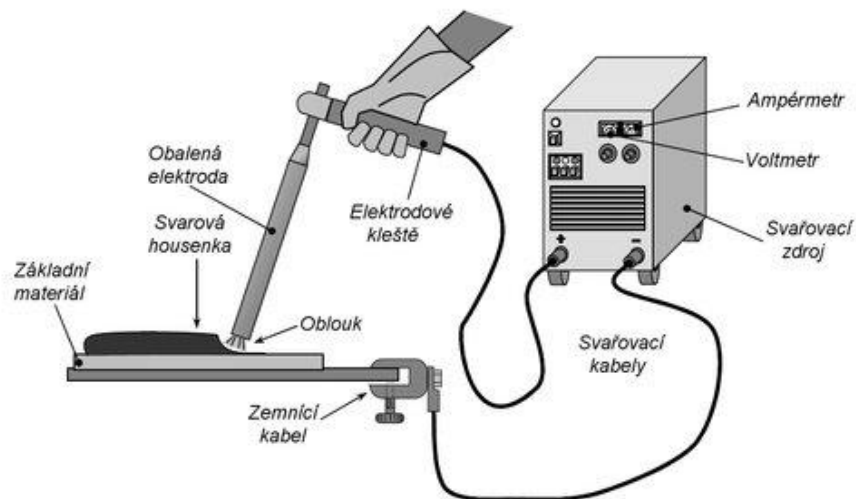


Obr. 3.2 – Detailnější zobrazení V svaru

[6]

### 3.1.1 Svařování elektrickým obloukem

Zdrojem tepla je elektrický oblouk, který hoří mezi elektrodou a základním materiálem. Na rozdíl od svařování plamene není ovlivněná část základního materiálu teplem tak velká. Je to dnes nejpoužívanější metoda tepelného svařování. Svařuje se pomocí stejnosměrného a střídavého proudu. Velikost proudu se pohybuje od 30 až po 500 A a napětí má rozmezí 10 až 70 V. Přesné hodnoty vždy záleží na daném průměru elektrody a použitém druhu. [5]



Obr. 3.3 – Svařovací souprava pro svařování obalovanou elektrodou [7]

Elektrody jsou rozdělené na obalové a bezobalové. Jako přídatný materiál se používají obalové elektrody nebo tavné. Obalované se dále dělí na:

- Kyselé
- Bazické
- Organické
- Jejich kombinace

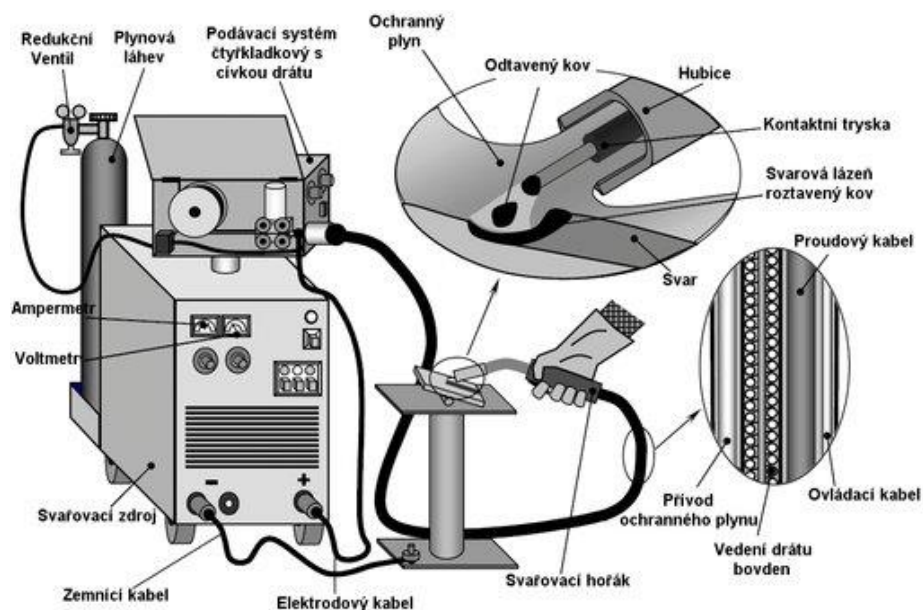
Bezobalové slouží jednak jako tavné elektrody nebo pouze pro vytvoření elektrického oblouku, ty jsou nejčastěji wolframové. Tavné elektrody jsou chráněny ochrannou atmosférou (plyn) nebo tavidlem. Ochranné plyny se používají aktivní a inertní.

### **Metoda svařování v ochranné atmosféře aktivního plynu – MAG**

Aktivní plyn se podílí na tvorbě svarové lázně. Nejčastěji se používá oxid uhličitý nebo směs oxidu uhličitého, argonu a kyslíku. Svařuje se pomocí stejnosměrného proudu. Tato metoda svařování se používá ke svařování všech ocelí.

### **Metoda svařování v ochranné atmosféře inertního plynu – MIG**

Inertní plyn se na rozdíl od aktivního plynu nepodílí na tvorbě svarové lázně. Používané plyny jsou argon a helium nebo jejich kombinace. Touto metodou se svařují materiály z hliníku, titanu a dalších neželezných kovů. [5]

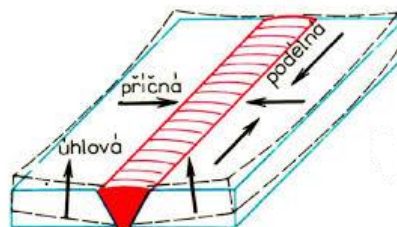


Obr. 3.4 Svařovací souprava pro svařování MIG/ MAG [8]

### 3.2 Svarová pnutí a deformace

Vlivem vneseného tepla, které je nerovnoměrné, se tvoří ve svařované součásti vnitřní pnutí a deformace. Deformace se rozdělují do třech druhů:

- Podélné – projevují se zkrácením délky svaru jak u tupých, tak i koutových.
- Příčné – projevují se zkrácením šířky svaru
- Úhlové – rozložení svaru zapříčiní příčné smrštění, protože je svar v horní části širší než v dolní. [5]



Obr. 3.5 – Svarové deformace vznikající při svařování V svaru [9]

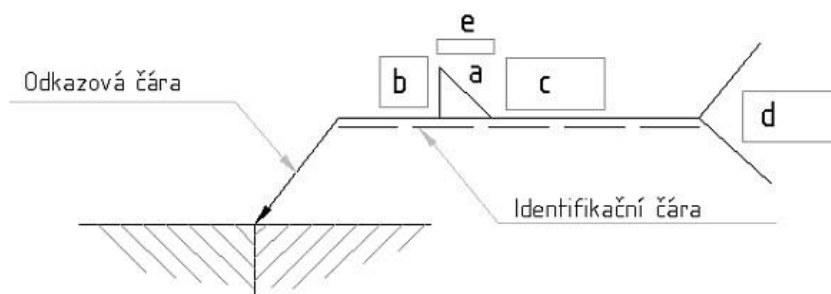
Při svařování větších konstrukcí je důležité dodržovat zásady a pravidla pro správné svařování bez deformací a pnutí. Například nehromadit svary na jednom místě, pokud to není nutné, a rovnoměrně je navrhnout. Důležitým faktorem je velikost svaru. Čím větší svar, tím větší bude tepelně ovlivněná oblast. Proto je lepší u velkých svarů vyplnit mezeru více housenkami, tím se rozloží proces do několika vrstev a deformace nejsou tak veliké. Dalším faktorem je dobře zvolená metoda svařování. Složitě svařované konstrukce je doporučeno svařovat od nejnižších podsestav. Poté se poskládají dohromady a v svařovacím přípravku se následně svaří. [5]

### 3.3 Druhy svarů a jejich značení

Značení svarů je normalizováno pro jejich lepší čitelnost z výkresů. Svary předepisuje konstruktér dané součásti. Technolog poté navrhne druh a postup svařování a předá dále do výroby. Konstruktér tedy při navrhování svarů musí dodržovat určité zásady, které se pak projeví na svařovacím výkrese součásti:

- počet svarů
- délka jednotlivých svarů
- rozměr svarů
- značky svarů
- mezera mezi svary (u bodových a děrových svarů)
- tvar a drsnost povrchu

Všechny výše uvedené parametry se vyskytují ve značce svaru na výkres součásti. Jak je vidět na Obr. 3.6. [5]



Obr. 3.6 – Značení svaru na výkrese [10]

a – základní značka svaru

b – velikost svaru v mm

c – délka svaru (celková délka svarového spoje na součásti),

d – údaje o zhotovení (např. svařovací technologie 111)

e – doplňující značka povrchu svaru (– plochý,  $\cap$  převýšený,  $\cup$  vydutý, Z střídavý)

Základní značka svaru má napomoci svářeči, zjistit o jaký druh se jedná. Značení je normalizované dle normy ČSN EN 22553. Následně uvedu pár příkladů značení svarů na Obr. 3.7. [5]

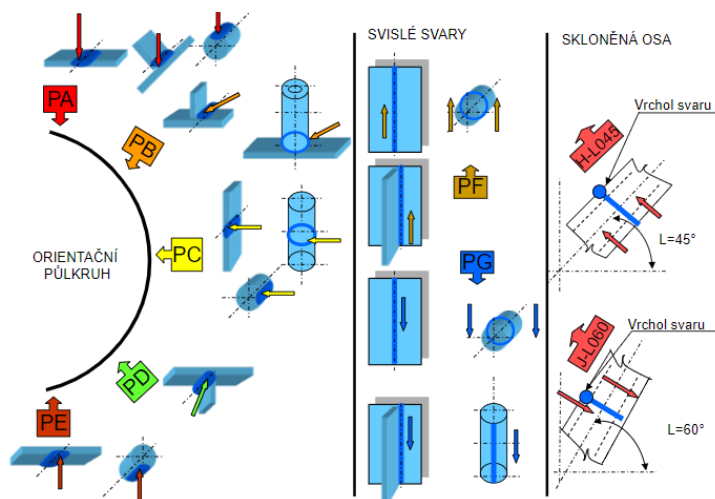
	Lemový svar		½ U - svar
	I - svar		Koutový svar
	V- svar		Děrový svar
	½ V - svar		Bodový svar
	Y - svar		Švový svar
	Y - svar		V-svar se strmým úkosem
	U - svar		½ V-svar se strmým úkosem

Obr. 3.7 – Základní značky svarů [11]

Dalším důležitým značením je poloha svařování. Na Obr. 3.8 jsou popsány polohy vůči orientačnímu kruhu a svislé svary. Tento druh značení svarů je také normalizované dle normy ČSN EN ISO 6947.

### 3.4 Kontrola a zkoušení jakosti svarových spojů

Jakost svaru se vždy kontroluje. Ověření, že svar je způsobilý k namáhání (statické či dynamické), je nezbytnou součástí svařovacího procesu. Četnost kontrol svaru se odvíjí od využití součásti. Například svařované komponenty pro letecký průmysl jsou 100 % kontrolovány. Naopak, pro domácí použití stačí vizuální kontrola. Kontroly se rozdělují do třech kategorií podle času:



Obr. 3.8 – Ukázky a označování polohy svařování [12]

1. Před svařováním – pouze se posuzují technické podklady a konstrukční návrh svařované konstrukce. Dále se kontroluje svařitelnost základního materiálu a volba přídavného materiálu. Poslední jsou kontroly přípravy svarů.
2. Během svařování – jedná se pouze o odborný dohled nad samotným svařováním. Zda se dodržují předepsané parametry, jako jsou velikost proudu, průměr elektrody, rychlost podavače, teplota předehřevu nebo napětí.
3. Po svařování – se kontrola dělí na destruktivní a nedestruktivní zkoušky. [5]

#### Destruktivní zkoušky:

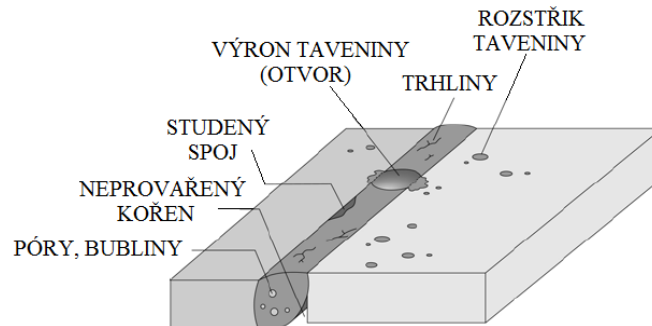
- Rázem v ohybu
- Ohybem
- Tvrdost podle Vickerse
- Makroskopická
- Mikroskopická

#### Nedestruktivní zkoušky:

- Vizuální metoda
- magnetická prášková
- Penetrační
- Ultrazvuková
- Prozáření pomocí RTG



Defekty, které se vyskytují ve svarové lázni, se dají rozdělit na povrchové a vnitřní. Některé vady mohou být jak na povrchu, tak i uvnitř svarové lázně. Různé typy defektů ve svarové lázni jsou na Obr. 3.9.



Obr. 3.9 – Defekty svařovacího procesu [13]

Ve této kapitole jsem popsal problematiku svařování. Nejprve jsem se zabýval svařováním za působení tepla. Jsou to technologie svařování plamenem a elektrickým obloukem – obalovaná elektroda a MIG/MAG. Poté jsem definoval svarová pnutí a deformace. Nakonec jsem popsal značky svarů na výkrese, kontroly svarových spojení a svarové defekty. Tyto jednotlivé body mi pomohou lépe pochopit problematiku konstrukce svařovacího přípravku z pohledu svařovacího technologa. [5]

## 4 PŘÍPRAVKY

V této kapitole se budu zabývat popisem a rozdělením přípravků. Nejprve rozdělím přípravky dle různých kritérií, poté se zaměřím na ekonomičnost přípravků. Okrajově zmíním vliv přípravků na nepřesnost výroby a popíši konstrukci přípravků. Nakonec se podrobně zaměřím na svařovací přípravky. Tato kapitola je pro mou práci důležitá. Má mi napomoci při řešení konstrukce svařovacího přípravku a jeho součástí.

Přípravky jsou nedílnou součástí každého výrobního procesu. Zlepšují kvalitu konečných produktů a zvyšují produktivitu práce. Přípravek má zajistit rychlé a bezpečné upnutí součásti na technologickém zařízení, v některých případech zmenšuje upínací sílu a tím i námahu obsluhy technologického zařízení. Z globálního hlediska má přípravek ušetřit náklady spojené se snížením výrobních časů a snížením zmetkovitosti výrobního procesu. [14]

Obecně přípravky, než je níže rozdělím, slouží jednak k jednoznačnému ustavení a pevné uchycení součásti, ale také pro kontrolu rozměrů během výrobního procesu, součástí. [15]

### 4.1 Rozdělení přípravků dle různých kritérií

Přípravky rozdělujeme pomocí různých kritérií. Níže jsou přípravky rozděleny podle – rozsahu použitelnosti, zdroje upínací síly a technologie výroby.

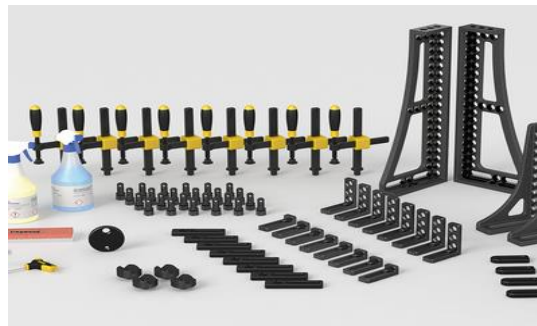
#### 4.1.1 Podle rozsahu použitelnosti

Přípravky jsou zastoupeny v každé technologii. Od ručních prací až po moderní linky v automobilovém průmyslu.

- a) Přípravky univerzální – slouží pro širokou škálu polotovarů či obrobků stejného typu, avšak různých velikostí a tvarů. Tento typ přípravku je velmi hospodárný, a to díky své rozsáhlé použitelnosti. Nejlepším zástupcem je strojní svěrák, který může být doplněn speciálními čelistmi. [14]
- b) Skupinové přípravky – slouží pro celou skupinu podobných obrobků či polotovarů. Tyto přípravky se skládají ze statických, vyměnitelných a seřiditelných součástí. Statické součásti jsou většinou tělesa přípravku a upínací mechanismy. Vyměnitelné součásti jsou ustavovací a vodící elementy. Jejich tvar a velikost je dána svařovanou

součástí a jejich výměna probíhá s každým novým polotvarem či obrobkem. Seřiditelné se nemusí měnit s každým novou součástí a jsou využívány více než vyměnitelné. [15]

- c) Stavebnicové přípravky – využívají se typizované díly, které se posléze seskládají do požadovaného přípravku. Výhodou tohoto typu je velká rozmanitost možných seskládaných přípravků. Nevýhodou je pořizovací cena všech komponentů. [15]



Obr. 4.1 – Ukázka stavebnicových součástí [16]

- d) Speciální přípravky – používají se pouze pro jednu součást nebo na jednu operaci. Oproti výše uvedeným přípravkům, lze provádět úkony výkonněji a má mnohem rychlejší upínání. [14]

#### 4.1.2 Podle zdroje upínací síly

Přípravek musí co nejjednodušeji, nejrychleji a nejpevněji upnout součásti či součásti tak, aby v daném procesu byla zachována jejich poloha.

- a) Ruční upínání – nejpoužívanější přípravky. Pomocí lidské síly se, buď přímo nebo přes převody, přenesou síla na obrobek či polotovary. Velikost upínací síly musí dbát ohled na ergonomické požadavky ohledně ručního upínání. Z ergonomického hlediska je důležitá velikost síly a četnost upínání.
- b) Mechanické upínání – pro zdroj upínací síly se používá stlačený vzduch, kapalina nebo elektřina. Stlačený vzduch je nejvíce používaný zdroj.
- c) Hydraulické – zde se jako zdroj síly využívá olej, který je tlačěn čerpadlem.
- d) Elektromagnetické – upnutí pomocí elektromagnetického pole (litiny a ocel).
- e) Elektromotorické – pomocí elektromotorů se polohují mechanismy přípravků [14]

### 4.1.3 Typy přípravků dle technologie výroby

Přípravky se vyrábějí třemi způsoby. Svařování je jednoduché a rychlé spojení a nenáročné na přípravu výroby. Druhý způsob je odlití součástí. Ty se používají především pro přípravky univerzální a normalizované. Poslední je kombinace obou výše zmíněných, ve kterých se ještě navíc používají různé druhy spojení. Jako jsou například šroubová, nýtovaná nebo čepová spojení. Doplňující technologií je obrábění. To se využívá u všech třech výše zmíněných technologií výroby přípravku. [14]

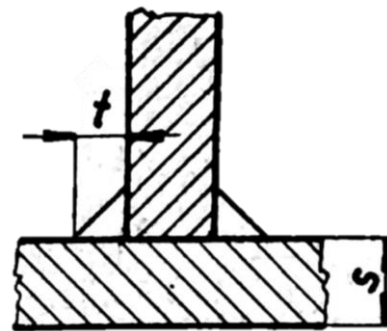
#### Svařované součásti

Svařování – nejběžnější metoda, jak dosáhnout spolehlivého a výrobně rychlého přípravku. Na rozdíl od litých komponentů se dá dodatečně přípravek upravovat. Technická příprava výroby je kratší než u litých komponentů. Jedinou velkou nevýhodou je vnitřní pnutí po svařování. Vnitřní pnutí se odstraňuje pomocí žhání. U velkých těles se doporučují spojení šroubová nebo větší komponenty nechat odlít. Níže je uvedena tabulka doporučených velikostí svaru - Tab. 4.1. Při svařování různorodých plechů se udělá aritmetický průměr tloušťky stěn a následně se k němu vybere příslušná velikost svaru. [14]

Tab. 4.1 – Doporučené velikosti svarů závislé na tloušťce materiálu

s [mm] tloušťka ple- chu	t [mm] velikost svaru
2	2
2,5	
3	
3,5	3
4	
5	
6	4
8	
10	
12	5
14	
15	
16	6
15	
16	
18	7
18	

s [mm] tloušťka ple- chu	t [mm] velikost svaru
20	8
22	10
25	
28	12
30	



Obr. 4.2 – Rozměry koutových svarů [14]

## Lité součásti

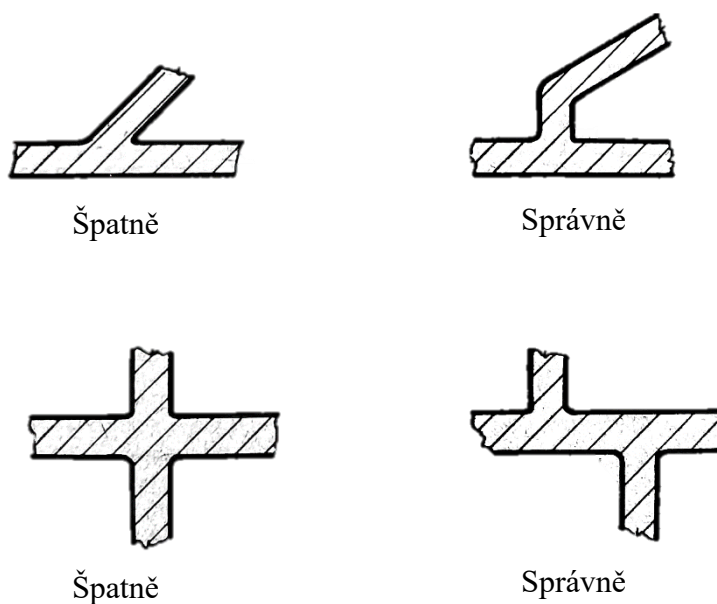
Tato metoda se využívá u větších a složitých přípravků. Nevýhodou této metody jsou nákladnost přípravy a výroby samotného přípravku. Výhody jsou tuhost a přesnost přípravku. Při konstrukci se musí dodržovat níže uvedené zásady. První zásada je v Tab. 4.2 a týká se tloušťky stěn odlitku:

Tab. 4.2 – Nejmenší tloušťky stěn odlitku [mm] [14]

	A	B	C
Šedá litina	3-5	8-10	12-15
Ocel na odlitky	6	10-12	15-20
Hliníkové slitiny	3-5	5-8	X

A – drobné odlitky; B – střední odlitky; C – velké odlitky  
Všechny varianty jsou lité do písku

Další důležitým konstrukčním prvkem jsou přechody jednotlivých stěn. Ty by neměly být ostré. Také je důležitý poměr mezi stěnami, které na sebe kolmo nebo šikmo navazují. Ten by neměl přesáhnout rozdíl 20 %. Na Obr. 4.3 jsou uvedeny příklady přechodů stěn. Všechny výše uvedené zásady mají přispět k zajištění tuhosti soustavy a také delší životnosti. [14]

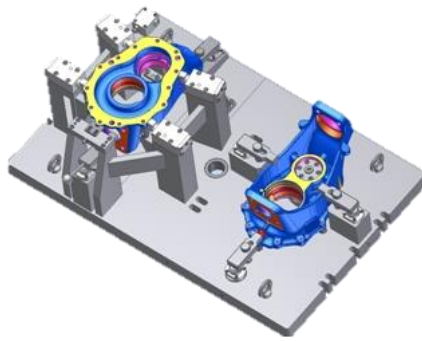


Obr. 4.3 – Příklady přechodů stěn u odlitků [14]

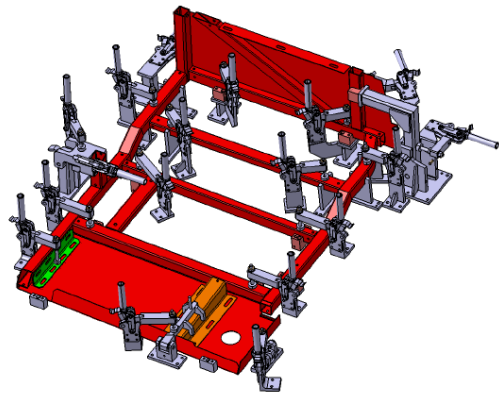
#### 4.1.4 Podle technologie použití

Přípravky se rozdělují do dvou skupin:

1. Obráběcí – mají vždy zaručit pevnou polohu součásti vůči nástroji obráběcího stroje. Používá se v následujících technologiích – soustružení, vrtání, broušení, frézování (Obr. 4.4) a ostatní.
2. Svařovací, montážní a kontrolní – svařovací (Obr. 4.5) a montážní mají zaručit pevnou polohu vůči nástroji a deformacím, které byly způsobeny daným procesem. Kontrolní mají pouze sloužit pro rychlou kontrolu dané součásti. [17]



Obr. 4.4 – Obráběcí přípravek  
(frézování) [18]



Obr. 4.5 – Svařovací přípravek [19]

## 4.2 Ekonomika přípravků

Nedílnou součástí každého přípravku je ekonomická stránka. Následně uvedu čtyři důležité body, které by měl přípravek splňovat. U tzv. nezbytných přípravků se mohou následné body zanedbat, až na snížení časů hlavních a vedlejších. Tyto přípravky se vyrábějí přesto, že zvyšují náklady na celou zakázku. I přes drahou výrobu zajišťují požadovanou přesnost dané součásti., která by jinak nebyla vyrobitelná.

1. Snížení časů hlavních a vedlejších
2. Snížení výrobních nákladů
3. Zlepšení výrobní kvality
4. Zvětšení produktivity

Všechny výše uvedené body spolu úzce souvisí. Následně uvedu dva typy snižování nákladů při použití přípravků ve výrobě. [17]

#### **4.2.1 Snižování nákladů pomocí vedlejších časů**

Konstrukce přípravku snižuje časy hlavní a vedlejší. Také umožňuje vykonávat danou práci méně kvalifikovanou obsluhou strojního zařízení. Hlavní časy jsou dány výkonností stroje či obsluhy nebo technologickým postupem, takže se dají snižovat pouze v omezené míře. Nejvíce ho omezuje výkon stroje či obsluhy. Vedlejší časy se dají snižovat pomocí konstrukce upínacího systému. Tzn. jak dlouho trvá, než se založí jednotlivé prvky a upnou poté po provedeném procesu, jak dlouho trvá, než se hotová součást odepne a vyndá. [17]

#### **4.2.2 Snižování pořizovacích nákladů na přípravek**

Rozměry obrobku, technologičnost jeho konstrukce, požadovaná přesnost, vhodnost technologického postupu a velikost dávky mají vliv na konstrukci přípravků. U výroby většího počtu součástí musí být konstrukce přípravku taková, aby byl přípravek výkonný i za cenu toho, že jeho výroba bude nákladná. Naopak pokud se bude vyrábět málo součástí, je nutné, aby byl přípravek co nejlevnější. Ale musí být zaručena tuhost a přesnost přípravku.

Pomocí normalizace a typizace výroby se redukuje náklady na konstrukci přípravků, tam kde je možnost opakovaně používat některé díly přípravku na konstrukčně podobné součásti. [17]

#### **4.2.3 Hospodárnost přípravků**

O hospodárnosti rozhoduje několik faktorů. Hlavní je počet vyrobených součástí pomocí přípravku. Dalšími faktory jsou úspora nákladů na mzdy a cena přípravku. Úspora nákladů znamená rozdíl mezi náklady na mzdu za práci bez přípravku a za práci s přípravkem. Cena přípravku zahrnuje všechny tyto položky:

- Náklady na konstrukci
- Náklady na materiál
- Mzdy
- Případné opravy či seřizování
- Příslušné režie [17]

Hospodárnost přípravku se určuje pomocí jednoduchého vzorce, slouží pro zvážení výroby přípravku. A je využíván pro rychlý výsledek a minimum vstupních informací. V čitateli je suma všech dosažených úspor při používání přípravku. Ve jmenovateli je suma všech výrobních nákladů a následných nákladů spojené s opravami či seřizením.

$$X \geq \frac{\sum \text{všech dosažených úspor}}{\sum \text{všech výrobních nákladů a nákladů údržby}} \quad (17)$$

Pokud bude  $X \geq 1$  pak je přípravek vhodný pro výrobní proces. Pokud nastane obrácený případ, přípravek je ztrátový a nevyplácí se vyrábět. Pokud by nešlo o nezbytný přípravek. U něho se náklady, do jisté míry, neřeší. [17]

### 4.3 Vliv přípravků na nepřesnost výroby

Přípravek musí zajistit, aby vyráběné součásti měli předepsanou rozměrovou, tvarovou a geometrickou přesnost, které jsou ovlivněny následujícími veličinami:

- Konstrukce – tuhost a pevnost
- Volba materiálu a jeho teplotní roztažnost –teplo vyvolané procesem se přenese do přípravku a změní tak jeho rozměry.
- Ustavení součásti – závisí na opěrkách a zvolené základní ploše.
- Kvalifikace obsluhy – špatné založení či upnutí součásti může vyvolat nepřenositelnost výroby součásti. [20]

Veličiny jako je konstrukce, volba materiálu a ustavení součásti se navzájem protínají. Proto je v následující kapitole detailněji popíši.

### 4.4 Konstrukce přípravků

Jak už bylo uvedeno v kapitole 4.2.3 přípravek musí mít větší uspořené náklady než náklady výrobní. S tím úzce souvisí konstrukce přípravku a použitý materiál.

#### 4.4.1 Zásady konstrukce

Následně uvedu a popíši nejdůležitější zásady konstrukce přípravků:



- Při navrhování přípravku je důležité, aby byl sepsán celý pracovní postup vyráběné součásti i s dokumentací jednotlivých dílů. Tím se vyhneme nedbalostem při konstrukci přípravku a následným prodloužením konstrukce a výroby přípravku.
- Pokud se součást vyrábí v menších sériích je vhodné volit operace tak, aby se použil pouze jeden přípravek.
- Musí být zajištěna tuhost přípravku. Také by měl mít přípravek pevnostní analýzu, která potvrdí jeho bezpečnost a pevnost.
- Obráběné plochy musí být voleny s ohledem na tuhost přípravku a rozložení pevnosti, aby nedošlo k jeho poškození vlivem vnesení sil od obráběcího procesu.
- Obsluha přípravku musí být jednoduchá a pohodlná. Také se musí dodržovat ergonomické zásady. Ovládací prvky by neměli vadit obsluze při práci. Šroubová spojení by se měla používat jen zřídka.
- Přípravky, by měli být opatřeny rukojeťmi nebo háky pro snadné a bezpečné přemísťování. Vždy záleží na hmotnosti přípravku.
- Přípravky musí mít zaoblené hrany. Jednak kvůli bezpečnosti a také kvůli výrobním technologiím.
- Konstrukce přípravku musí zajistit správné vložení dílů a jejich poloh dle výkresu. [17]

#### 4.4.2 Volba materiálu

Důležitým aspektem konstrukce přípravku je volba materiálů. Tato volba ovlivňuje celý přípravek. Materiál se musí volit tak, aby zajistil následné požadavky – pevnost, pružnost, tuhost a odolnost proti opotřebení. Všechny tyto parametry se vzájemně protínají. Proto je na konstruktérovi zvážit váhu jednotlivých parametrů a poté zvolit vhodný materiál či materiály.

Konstruktér má na výběr ze tří nejvíce používaných materiálů na přípravky – slitiny hliníku, korozivzdorná a konstrukční ocel. Konstrukce z hliníkových slitin jsou využívány pro svou nízkou hmotnost, schopnost odolat korozi a poměrně dobrou pevnost. Nevýhodou jsou nízká pevnost, nízký modul pružnosti a vysoká cena. Ten má hodnotu  $E = 70 \text{ GPa}$  oproti oceli, kde  $E = 210 \text{ GPa}$ . Takto nízký modul pružnosti není vhodný u přípravků, kde probíhá velké silové zatížení. [19]

Dalším materiálem jsou korozivzdorné oceli. Ty se používají především pro přípravky, které budou vystaveny agresivnímu prostředí nebo při delším kontaktu s vodními kapalinami. Výhodou je, že poskytují ochranu před korozí, tím prodlužují životnost a spolehlivost přípravku. Nevýhodou je cena, která je vyšší než u běžné konstrukční oceli. Proto se musí pečlivě zvažovat, zda použít korozivzdornou ocel jako materiál pro přípravek.

Konstrukční ocel je nejvíce používaný materiál pro běžné přípravky. Výhody jsou nízká cena, v porovnání se slitinami hliníku a korozivzdorné oceli, a vysoká pevnost. Nevýhodou je vyšší hmotnost oproti slitinám hliníku. Snížit hmotnost lze při použití dutých profilů z konstrukční oceli. Další výhodou je nízká teplotní roztažnost. Ta je poloviční oproti slitinám hliníku. [19]

#### **4.4.3 Opěrné a ustavovací prvky**

Při ustavování součásti se postupně odebírají stupně volnosti. Každý součást má 3 referenční plochy. Základní, opěrnou a upínací. Základní plocha je volena základnou, protože je k ní vztažena tolerance rozměru či tvaru. Opěrné prvky musejí být tvrdé a výměnné. V opačném případě, měkké a pevné, podléhají rychlému opotřebení a způsobují nepřesnost daného procesu. Opěrky se dělí do následujících tří skupin:

- a) Pevné – jednoznačné opření plochy součásti a tím jednoznačné určení rozměrů a tolerancí. Opěrky se pro zvýšení odolnosti proti opotřebení tepelně zpracovávají a následně brousí. Menší opěrky se vyrábějí z nástrojové oceli a následně se kalí (60 až 62 HRC). Větší opěrky se vyrábějí z oceli určené k cementaci, poté se cementují a kalí (58 až 62 HRC).
- b) Přestavitelné – jejich konstrukce napomáhá k přestavění a zabezpečení součásti. Používají se u velkých ploch, které mají velké rozměrové odchylky.
- c) Pomocné – používají se v případech, kdy je nutné zajistit obrobek v poloze při nebezpečných deformacích vyvolané výrobním procesem. Opěrky musí být volné, aby se mohly přizpůsobit součásti.

Zásady pro ustanovení součásti se týkají především dobře zvolené základny a systému upínání součásti. Důraz se také klade na opakovatelnost výroby součástí, aby byly vždy dodrženy tolerance a rozměry dle výkresu. [20]

## 4.5 Svařovací přípravky

V této části kapitoly detailněji popíši svařovací přípravky. Nejdříve je rozdělím a poté popíši svařovací příslušenství.

### 4.5.1 Dělení svařovacích přípravků

Svařovací přípravky se dělí do 4 skupin podle následujících kritérií:

1. Podle pracoviště – dílenské; montážní
2. Podle použití – jednoúčelové; univerzální; stehovací; svařovací polohovadla
3. Podle pohonu – ruční; mechanický; elektromechanické; hydraulické; pneumatické; pomocí elektromotoru
4. Podle konstrukce – speciální; stolové; kladkové [21]

Následně výše uvedené rozdělení svařovacích přípravků detailněji popíši.

Dílenské svařovací přípravky jsou všechny přípravky, které se používají na předem připravených pracovištích. Jsou robustní a jejich přesun vyžaduje demontáž jednotlivých soustav přípravku.

Montážní přípravky jsou konstruovány tak, aby ulehčily práci na externích pracovištích. Jsou většinou univerzální pro různé velikosti kruhových či jiných profilů. Také mají nízkou hmotnost pro lepší přesun přípravku.

Svařovací přípravky jednoúčelové se nejvíce vyskytují v sériové či hromadné výrobě. Při jejich konstrukci je zvaženo jejich jednoúčelové použití. Proto náklady na výrobu těchto přípravků mohou být poměrně vyšší, ale na druhé straně se ušetří vedlejší časy při svařování.

Univerzální přípravky usnadňují kusovou či prototypovou výrobu. Jejich použití je široké. Většinou se zaměřují na různé rozměry trubek či profilů. Jejich nevýhodou jsou vedlejší časy, které jsou větší než u jednoúčelových přípravků. Většinou jsou zde šroubová spojení, kterými jsou chyceny výměnné části nebo jsou zde šroubovací či pákové upínky.

Pokud se součást seskládá, sestehuje a poté se svařuje na jiném pracovišti, je zapotřebí použít stehovací přípravek. Ten má za úkol dodržet předepsané tolerance dle výkresu součásti při jeho stehování. Nejčastěji se tyto metody využívají u svařování pomocí robotů. Zde se využívá pevnost sestehované součásti a naučených svařovacích tras na daných součástích, pro co nejlepší kvalitu a pevnost konečného svařování. Nevýhodou této metody je

nedodržení tolerancí sestehované součásti, která ovlivní předem naučené svařovací trasy robota a ten je musí následně přepočítávat, pokud to jeho technické zařízení umožňuje.

Svařovací polohovadla umožňují urychlení svařování, zlepšují kvalitu svarů a ulehčují těžké práce. Tím, že si svářeč může s danou součástí pohybovat v omezených polohách, vybere si nejlepší polohu pro svařování. Z ergonomického hlediska se svářeč nemusí ohýbat nebo volit svařovací polohy nad hlavou. Z bezpečnostního hlediska si svářeč vybere polohu, kde nebude ohrožen rozstříkáním nebo jakýmkoliv pracovním úrazem. [21]

Svařovací přípravky využívají pohybovou sílu při upínání součásti a při samotném otáčením součásti. Vždy záleží na příslušných faktorech daného procesu. Nejčastěji se využívá ruční nebo pneumatické upínání součásti. Použití hydraulického upínání zvyšuje pořizovací náklady oproti použití pneumatického. Samotné otáčení součásti využívá následující pohony. Při kusové výrobě a nízké hmotnosti součásti není zapotřebí použití jiného pohonu než ručního. Naproti při hromadné výrobě a větší hmotnosti součásti, než dovolují ergonomické normy, je nezbytně nutné použít jiný pohon. Nejčastěji se používá pohon pomocí elektromotoru. Je snadný na údržbu a účinnost procesu je vysoká. [21]

#### **4.5.2 Svařovací svěrky a upínky**

Zlepšují samotný proces svařování součásti. Svěrky jsou používány při kusové výrobě a dílenských pracích. Jejich univerzálnost je využívána především pro upnutí dvou svařovaných částí, jako jsou trubky, profily a plechy různých rozměrů a tloušťek. Upínky jsou využívány v sériové výrobě. Jsou součástí svařovacího přípravku. Díky rychlému a lehkému upnutí zvyšují produktivitu práce. Výrobci nabízejí i pneumatické upínky, které nacházejí uplatnění v kombinaci s automatizovaným pracovištěm. [21]

##### **Svařovací svěrky**

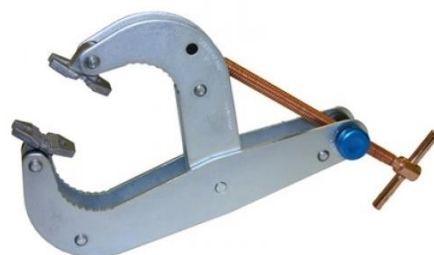
Jak už bylo uvedeno výše, řadí se mezi dílenské přípravky. Jejich funkce jsou dostačující pro kusovou výrobu. Následně rozdělím svěrky podle druhu:

Posuvné – jednoduché a univerzální svěrky. Nevýhody jsou ruční šroubování a pomalá rychlost upnutí



Obr. 4.6 – Svěrka Utility LT [22]

Čelistové – využívá šroubové spojení pro rychlejší dotažení.



Obr. 4.7 – Čelistová svěrka s tvarovými dotyky [23]

Klešťové – pomocí šroubových mechanismů se nastaví požadovaný rozměr. Ten je i po otevření a zavření konstantní.



Obr. 4.8 – MULTI-PURP [22]

Úhlové – pomocí nich se dají svařit v patřičném úhlu trubka – trubka nebo trubka – profil.



Obr. 4.9 – Kovová úhlová svěrka [24]

- Speciální – jsou určeny vždy pro jednu speciální operaci, ve které se může použít rozměrově podobné součásti.

– svěrka určená k vyrovnávání  
spojovaných ploch (desky; nádrže)



Obr. 4.10 – Svěrka HALF [25]

– svěrka pro svařování dvou  
průměrově stejných trubek



Obr. 4.11 – Svěrka středící vnější  
[26]

### Svařovací upínky

Umožňují rychlé přesné a bezpečné upnutí součástí. Dokáží upnout součást při vynaložení minimální pracovní síly obsluhou. Upínka má poplastovanou ergonomicky tvarovanou rukojeť, která je olejivzdorná. Po vzájemném propojení lze celý systém upínek ovládat z jednoho místa či pomocí tlačítka. Následně uvedu příklady jednotlivých upínek, rozdělené podle jejich polohy upínání:

- Vodorovné a svislé – nejběžnější typy upínek. Jsou používány v sériových výrobcích tak i v kusových, pro svou jednoduchost. Bez použití větší síly se dobře upínají

#### Vodorovné



Obr. 4.12 – Vodorovná upínka 100  
UR [27]

#### Svislé



Obr. 4.13 – Svislá upínka 210 UZ [27]

- Přímé jsou obdobou vodorovných nebo svislých jen se páka pohybuje stejným směrem jako píst. Hákové upínky se používají na svařování potrubí.

### Přímé



Obr. 4.14 – Přímá upínka 300 [27]

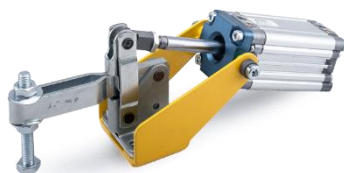
### Hákové



Obr. 4.15 – Háková upínka 420 [27]

- Pneumatické – využívají vzduch jako medium k pohybu pístu.

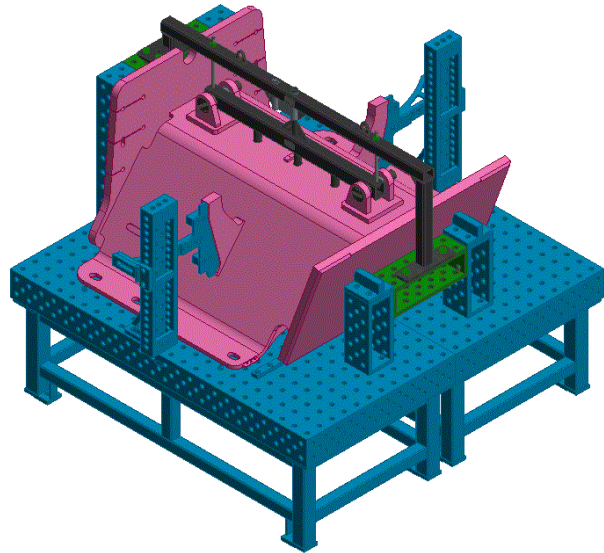
### Pneumatické



Obr. 4.16 Pneumatická upínka 240 P  
[27]

### 4.5.3 Přípravky pro svařování konstrukcí

Stavebnicové přípravky i přes svou vysokou cenu nachází stále větší uplatnění. Nabízejí široký a rozmanitý sortiment. Základem jsou stoly, které jsou vyráběny pomocí technologie lití. Jejich povrch je přesný a broušený. Každý stůl má v sobě vrtané otvory. Ty jsou vrtány s vysokou přesností. Slouží pro upínání součástí a také pro pomocné přípravky. Jediné omezení přípravku je nosnost. Stoly se dají k sobě připevnit a rozměrové omezení přípravek nemá. Na Obr. 4.17 je stavebnicový přípravek konstruovaný pro firmu Schäfer-Menk.



Obr. 4.17 – Ukázka stavebnicového přípravku [28]

**Svařovací stoly a nohy** – jsou základním kamenem stavebnicového přípravku, který je vidět na Obr. 4.18. Slouží pro upínání ostatních prvků a následné svaření součástí.



Obr. 4.18 – Svařovací stavebnicový stůl [29]



Následně popíši ostatní prvky stavebnicového přípravku:

### **Dorazy**

– používají se pro doraz součástí a jednoznačnou neměnnou polohu součástí.



Obr. 4.19 – Jednoduchý doraz  
[30]

### **Upínky**

– mají za úkol pouze upnout součásti pevně a rychle.



Obr. 4.20 – Vodorovná upínka  
[27]

### **Úhelníky**

– jednoduchý úhelník – slouží pro opěru součástí.



Obr. 4.21 – Úhelník Siegmund [31]

– systémový úhelník – slouží jako nosný prvek pro ostatní prvky a také jako doraz



Obr. 4.22 – Úhelník systému 16 Siegmund [32]

## Čepy

– pomocí nich se připevňují jednotlivé prvky ke stolu



Obr. 4.23 – Různé velikosti čepů [33]

## Svěrky

– slouží pro rychlé upnutí součástí do správné polohy



Obr. 4.24 – Příklad použití svěrek [33]

### **4.5.4 Svařovací polohovadla**

S nástupem svařovacích polohovadel, se začala zvyšovat mechanizace a automatizace výroby v oblasti svařovaných součástí pomocí přípravků. Následně vypíši jejich výhody:

- Snížení časů svařování
- Snížení vedlejších časů svařování – jednoduché založení a rychlé upnutí
- Kvalita svarů – opakovatelnost výroby
- Přesnost výroby – dodržení rozměrů a tolerancí

Nevýhody polohovadel:

- Vysoká pořizovací cena
- Prostorová náročnost
- Hmotnost zařízení – nosnost podlah [33]

Polohovadla jsem následně rozdělil do 4 skupin:

1. Kladková
2. Speciální
3. Stolová
4. Výložníkové sloupy

## Kladková polohovadla

Používají se pro kruhové součásti. Kladkový mechanismus otáčí celou součástí v její ose. Rozlišují se dvě varianty polohovadla. První je se stavitelným nastavením rozsahu průměru svařované součásti, kde se pomocí rychlé aretace posunou kladky pro různé rozměry. Druhý je s výklopnými kladkami, kde se pouze nastavuje úhel kladek oproti základně. Tak se vytvoří potřebný rozsah rozměrů. Níže jsou oba příklady uvedeny na Obr. 4.25 a Obr. 4.26. [34]



Obr. 4.25 – Kladkové polohovadlo s výklopnými kladkami [35]



Obr. 4.26 – Kladkové polohovadlo se stavitelným rozsahem průměru [35]

## Speciální polohovadla

Používají se například u svaření kuželových plechů, navařování železničních soukolí a stavebnicových svařovacích přípravků. je základnou kvádr, který má v sobě normalizované otvory ve vzdálenostech 50 a 100 mm od sebe. Nejznámější firmy, které dodávají stavebnicový sortiment, jsou Siegmund a Demmeler. [34]



Obr. 4.27 – Motorické polohovadlo EP 1500 [27]

## Stolová polohovadla

Používají se pro natočení či naklopení svařované součásti do správné polohy. Stolová polohovadla vykonávají tři základní pohyby:

- Zdvih
- Otáčení
- Sklápění

Dle typu výroby a váhy svařence se vyrábějí s různými typy pohonu. Ruční, hydraulický a elektrický. Použití pohonu závisí na technických parametrech dané součásti a jejího technologického postupu výroby. Co se týče samotných technických parametrů polohovadla rozlišuje se pomocí níže uvedených charakteristik:

- Průměr desky
- Nosnost
- Pohyb stolu – ruční; motorický
- Otáčky
- Příkon/výkon
- Maximální velikost svařovacího proudu
- Samotná hmotnost polohovadla
- Maximální točivý moment [36]



Obr. 4.28 – Svařovací stolové polohovadlo PO 200 S [36]



Obr. 4.29 – Polohovadlo pro svařování větších součástí PO 500 S (do 500 kg) [36]

## Výložníkové sloupy

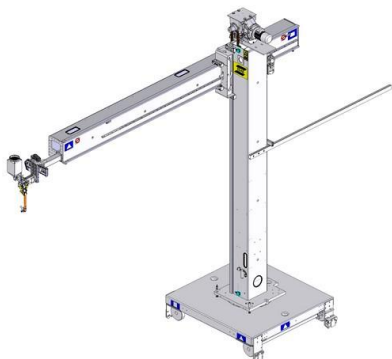
Používají se pro svařování větších součástí, jako jsou například pláště válců pro potrubí, tlakové či silážní nádoby. Dostupné druhy svařování pro výložníkové sloupy jsou

- Svařování pod tavidlem – MMA (121)
- Obloukové svařování tavící se elektrodou v ochranném inertním plynu – MIG (131)
- Obloukové svařování tavící se elektrodou v ochranném aktivním plynu – MAG (135)
- Obloukové svařování netavící se wolframovou elektrodou – TIG (141) [37]

Základnu výložníku tvoří jedna ze tří následujících možností: betonový podstavec, ocelová deska a kolejový vozík. Rozměry základny jsou od 3x3 m do 5x5 m. Mnohé firmy nabízejí nespočetně příslušenství, obsahují například:

- Ovládaní joystickem
- Sledování spojů s elektromechanickým snímačem
- Kamerový systém na hlídání polohy a kvality svaru
- Pohony s regulací rychlosti
- Dálkově ovládaný ventil tavidla

Výložníkové sloupy se používají v kombinaci s kladkovými polohovadly. Tím se vytvoří plně automatizovaná soustava. Na Obr. 4.31 je uveden příklad takové kombinace. [38]



Obr. 4.30 – Výložníkový sloup od firmy ESAB [38]



Obr. 4.31 – Kombinace sl. výložníku a klad. polohovadla [39]

Tato kapitola se zabývala nejdříve všeobecnými přípravky, které jsem rozdělil podle různých kritérií. Poté jsem se zaměřil na ekonomickou stránku přípravků. Ta je nedílnou součástí při návrhu přípravků. Okrajově zmíním nepřesnost výroby při použití přípravku. Dalším důležitým bodem je samotná konstrukce. Zde jsem popsal zásady konstrukce, opěrné a ustavovací prvky a volbu materiálu. Poslední částí jsou svařovací přípravky. Ty jsem na začátku jsem svařovací přípravky rozdělil podle pracoviště, použití, pohonu a konstrukce. Následně jsem popsal svařovací příslušenství. Přesněji svěrky – používají se především v kusové výrobě a upínky – využívané v sériové výrobě. Poté jsem se zmínil o svařovacích přípravkách pro svařování konstrukcí a popsal prvky stavebnicového systému. Nakonec jsem rozdělil a popsal svařovací polohovadla.

## 5 ANALÝZA SVAŘOVANÝCH SOUČÁSTÍ

Následně budu popisovat součásti, pro které budu navrhovat svařovací přípravky. Přiblížím její konstrukci a svařovací postup. Na konci popíši svařovací polohovadlo, na které je přípravek konstruován.

Svařovaná součást tvoří základnu pro otáčecí kabinu autojeřábů, které vyrábí společnost Manitowoc. Rozdíl mezi autojeřáby je pouze v pracovním rozsahu. GMK 5250L dosáhne o 10 m více než GMK5150L a utáhne v nejvyšším bodě až o 2,5 tuny těžší náklad.

**GMK 5150L**



Obr. 5.1 – Autojeřáb GMK  
5150L [40]

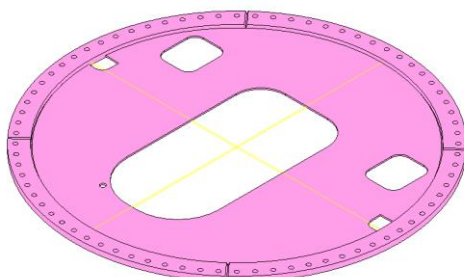
**GMK 5250L**



Obr. 5.2 – Autojeřáb GMK  
5250L [40]

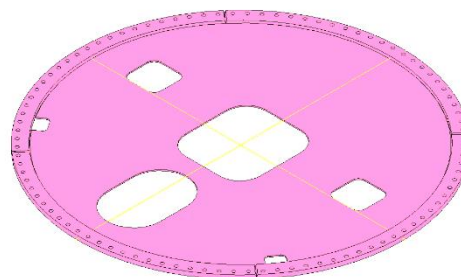
Svařovaná součást se skládá z pěti segmentů. Čtyři segmenty dohromady tvoří po svaření prstenc. Poslední segment se vkládá do již zmíněného prstence a poté se oboustranně svaří. Rozlišujeme dvě varianty součásti. Pro lepší rozlišení je pojmenuji „5150“ a „5250“. Následně jsou takto označovány a citovány.

**5150**



Obr. 5.3 – Model součásti  
5150

**5250**



Obr. 5.4 – Model součásti  
5250

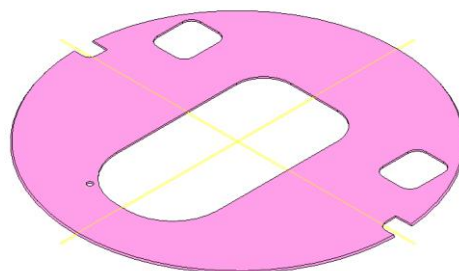
Rozdíly mezi výše uvedenými součástmi jsou v průměru, tvaru a polohách technických výřezů. Následně detailně popíši každou variantu.

### 5.1.1 Svařenec 5150

Průměr dané součásti je 2000 mm. Průměr vnitřního plechu je 1800 mm. Segmenty, které tvoří vnější prsteneč, mají tloušťku 40 mm a vnitřní plech má 10 mm.

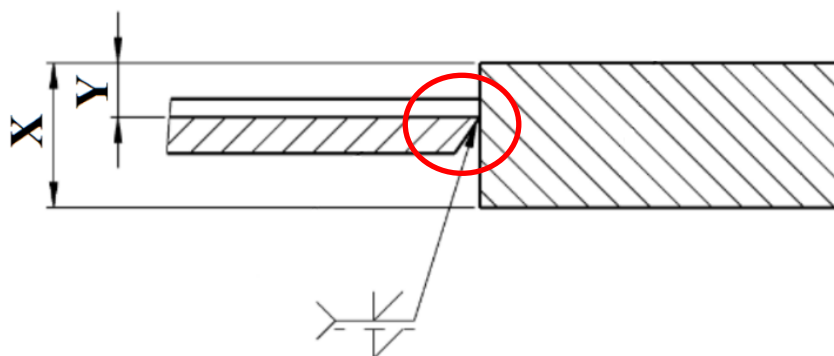


Obr. 5.5 – Vnější segment 5150



Obr. 5.6 – Vnitřní plech 5150

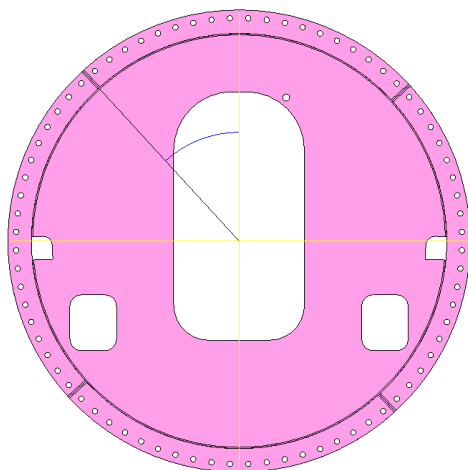
Vnitřní plech je z jedné strany zkosený, jak je vidět na Obr. 5.7.



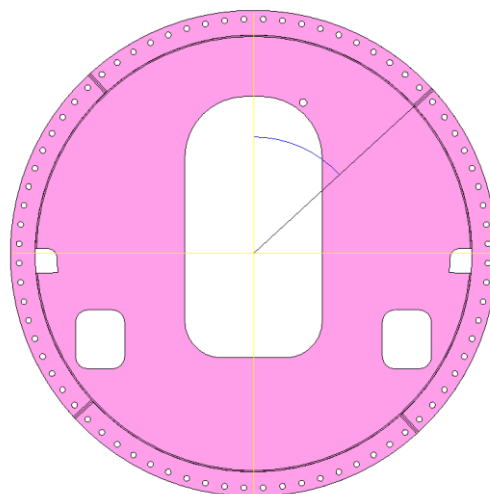
Obr. 5.7 – Zkosení vnitřního plechu a místo svaru

Vnitřní plech je vůči vnějšímu prstenci natočený. Na Obr. 5.8 je velikost natočení spoje mezi prstenci  $42,5^\circ$  a na Obr. 5.9 je natočení spoje mezi prstenci  $47,5^\circ$ . Tyto parametry se budou muset brát v potaz při konstruování přípravku.





Obr. 5.8 – Natočení vnějšího prstence o  $42,5^\circ$  vůči svislé ose



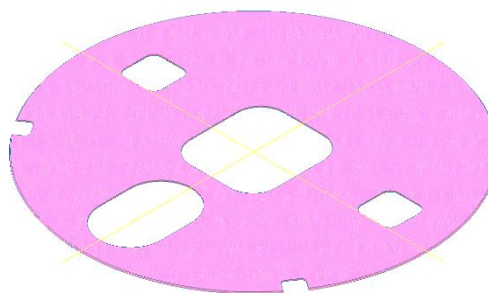
Obr. 5.9 – Natočení vnějšího prstence o  $47,5^\circ$  vůči svislé ose

### 5.1.2 Svařenec 5250

Průměr dané součásti je 2500 mm. Průměr vnitřního plechu je 2300 mm. Segmenty, které tvoří vnější prsteneč, mají tloušťku 40 mm a vnitřní plech má 10 mm.

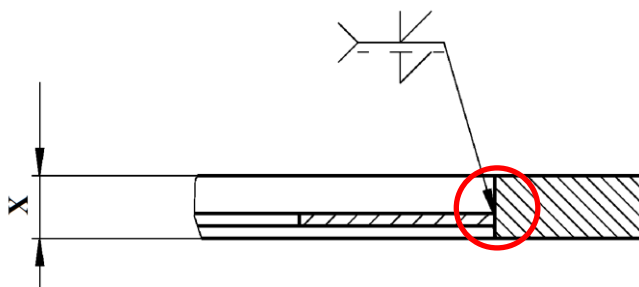


Obr. 5.10 – Vnější segment 5250



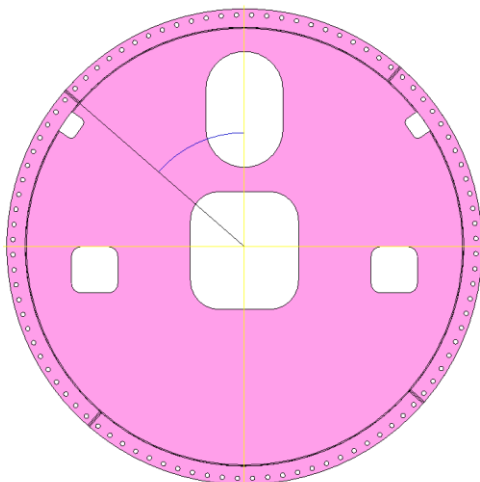
Obr. 5.11 – Vnitřní plech 5250

Vnitřní plech je z jedné strany zkosený, jak je vidět na Obr. 5.12.

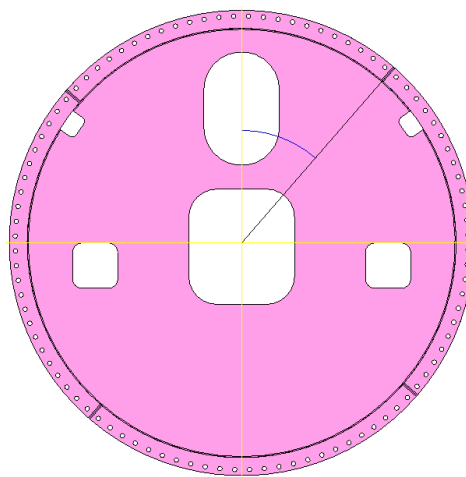


Obr. 5.12 – Zobrazení zkosení vnitřního plechu a místo svaru

Vnitřní plech je vůči vnějšímu prstenci natočený. Na Obr. 5.13 je velikost natočení spoje mezi prstenci  $41^\circ$  a na Obr. 5.14 je natočení spoje mezi prstenci  $49^\circ$ . Tyto parametry se budou muset brát v potaz při konstruování přípravku.



Obr. 5.13 – Natočení vnějšího prstence o  $41^\circ$  vůči svislé ose



Obr. 5.14 – Natočení vnějšího prstence o  $49^\circ$  vůči svislé ose

## 5.2 Materiál a výroba součástí

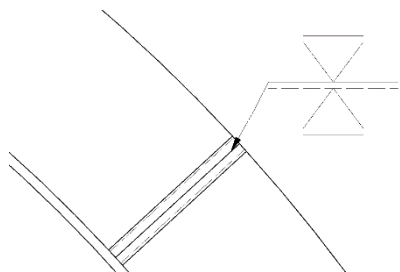
Jako materiál byla navržena vysokopevnostní ocel 1.8933 (S960QL). Má vysokou pevnost v tahu 980 až 1150 MPa a je také odolná proti opotřebení. Dodává se v tloušťkách od 3 do 50 mm. Používá se pro dopravní stavby a těžký průmysl. Má specifikované minimální hodnoty nárazové energie při teplotách  $-40^\circ\text{C}$ .

Tab. 5.1 – Chemické složení oceli S960QL [41]

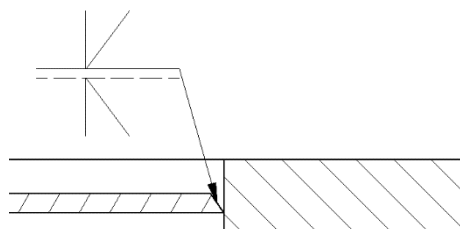
C	Si	Mn	Ni	P	S	Cr	Mo
max 0,2	max 0,8	max 1,7	max 2	max 0,02	max 0,01	max 1,5	max 0,7
V	N	Nb	Ti	Cu	Zr	B	CEV
max 0,12	max 0,015	max 0,06	max 0,05	max 0,5	max 0,15	max 0,005	max 0,82

Následně budu popisovat svaření součástí dle technologického postupu. Jako první se musí nejdříve svařit vnější prstenec. Ten se skládá ze 4 částí, které jsou vypáleny z plechu o síle 40 mm. Každý díl má na konci dvě fazety pro oboustranný V svar. Aby nedocházelo k nerovnoměrnému svařování, předcházelo se defektům a znehodnocení svarové lázně, použijí se náběhové a výběhové plechy. Ty se připevní k součásti pomocí bodových svarů a tím prodlouží začátek a konec svaru. Po zhotovení svaru se odříznou pomocné plechy a svar se následně přebrousí do ztracena.

Na Obr. 5.15 a Obr. 5.16 jsou naznačeny svary z výkresů.

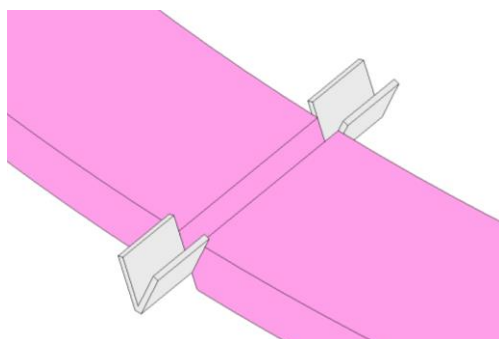


Obr. 5.15 – Značení svaru na prstenci

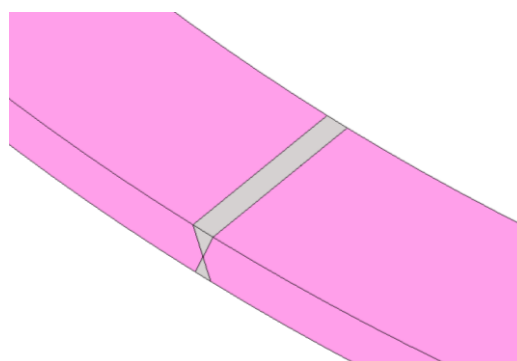


Obr. 5.16 – Značení svaru na prostředním plechu

Na Obr. 5.17 jsou vidět náběhový a výběhový plech. Na Obr. 5.18 jsou zobrazeny dva díly vnějšího prstence svařené a zabroušené. Tyto operace se provedou celkem 4krát. Na obou verzích je technologie výroby stejná. Liší se pouze délkou svarů.

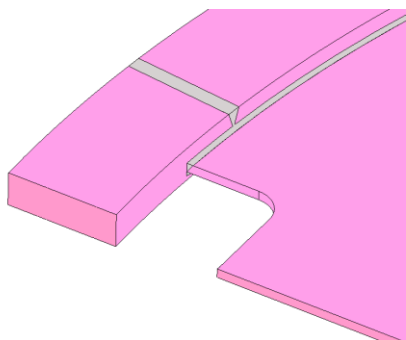


Obr. 5.17 – Náběhový a výběhový plech na vnějším prstenci

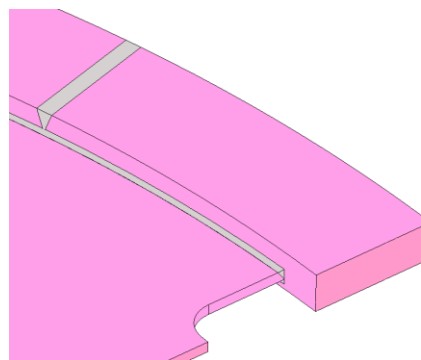


Obr. 5.18 – Oboustranný V svar na vnějším prstenci

Po svaření všech dílů vnějšího prstence se vloží prostřední díl a v příslušné vzdálenosti se svaří dohromady s prstencem. Zde se použije oboustranný poloviční V-svar. Na každé straně svařované součásti jsou dle technologického postupu 3 svarové housenky. Po svaření jedné strany se musí součást otočit, aby nedošlo vlivem procesu svařování k deformacím. Na Obr. 5.19 a Obr. 5.20 jsou vidět hotové svařence před vrtáním otvorů.

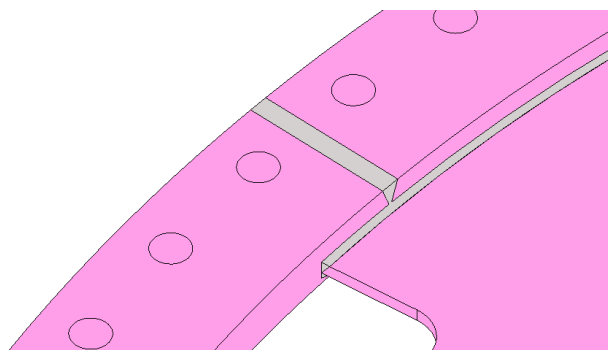


Obr. 5.19 – Svařenec 5150



Obr. 5.20 – Svařenec 5250

Po svaření se zkontrolují důležité rozměry a tolerance. Také se musí celá součást narovnat. Po všech těchto úkonech se nechá součást obrábět. Jednak je zde přídavek na obrábění – 10 mm a také se musí po obvodu vyvrtat otvory průměru 24 mm. Při vrtání je důležité, aby byl prstenec správně natočen vůči osám prostředního plechu. Natočení můžeme vidět na Obr. 5.9, Obr. 5.8, Obr. 5.13 a Obr. 5.14. Jinak může dojít k navrtání svaru a tím k znehodnocení či destrukci vrtáku.



Obr. 5.21 – Svařená a obrobená součást

### 5.3 Polohovadlo KOVACO SPK 50 EM

Svařovací přípravek bude konstruován pro použití na polohovadle od firmy KOVACO. Jak je vidět na Obr. 5.22 polohovadlo má, jako základnu pro upínání přípravků, kulatou desku. Ta má roztečnou kružnici, na které je sedm děr pro šrouby průměru 16 mm.

Při konstrukci se musí počítat s výše uvedenými parametry pro uchycení přípravku na polohovadlo.



Obr. 5.22 – Polohovadlo KOVACO SPK 50 EM [5.1]

Důležitými parametry pro konstrukci jsou technická data polohovadla. Jsou to nosnost, poloměr otáčení a výška desky v základní poloze. Tyto a další parametry jsou vidět v Tab. 5.2 a musí být brány v úvahu při samotné konstrukci.

Tab. 5.2 – Technické parametry polohovadla KOVACO [5.1]

	Nosnost [kg]	5 000
	Zdvih [mm]	1 200
	Krouticí moment [Nm]	7 000
	Rychlost zvedání [m/min]	1,6
	Úhel naklápění [°]	±180
	T – průměr stolu [mm]	Ø900
	D – poloměr otáčení [mm]	1 800
	A – délka [mm]	4 120
	C – šířka [mm]	2 000
	H1, H2 – výška [mm]	950 - 2 150
Výkon [kW]	7,6	

Obr. 5.23 – Technický náčrt polohovadla

Cílem této kapitoly bylo popsat zadané součásti po stránce konstrukční, materiálové i technologické. Přiblížit výrobní postup svařované součásti a její následné obrábění. Pokusil jsem se popsat technologický postup svařování součásti a naznačil místa svarů. Jako poslední jsem popsal svařovací polohovadlo, na které je přepravek konstruován.

## 6 NÁVRH KONSTRUKCE SVAŘOVACÍHO PŘÍPRAVKU

V této kapitole se budu zabývat nejdříve návrhem svařovacího přípravku. Navrhnou několik variant. Z těchto variant, dle rozhodovací analýzy, vyberu jednu a tu použiji pro konstrukci finálního přípravku. Pro jednodušší konstrukci variant rozdělím přípravek na dvě části. První bude základna přípravku s kruhem, který je základnou pro upínací systém a druhý bude již zmíněný upínací systém.

### 6.1 Technologie výroby a návrh materiálu

Všechny použitý materiál, na svařovací přípravek, bude mechanicky oddělován laserem nebo pálicím automatem. Laser má maximální tloušťku pro oddělování 15 mm u ocelového plechu. Pálicí automat má pálicí rozsah od 15 mm do 200 mm. Následně, dle potřeby bude obráběn.

Materiál S235JR je nejvíce používám pro svařovací přípravky. Proto všechny součásti, až na spojovací materiál (šrouby, matice, podložky a atd.), budou vyráběny z S235JR. Následně uvedu chemické složení používané oceli. [6.1]

Tab. 6.1 – Chemické složení S235JR [6.1]

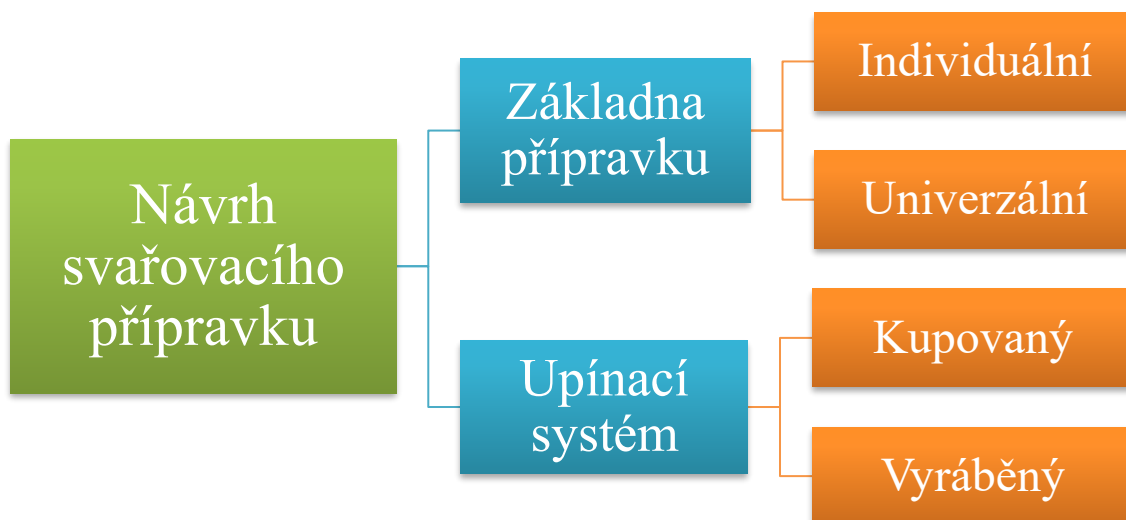
C	Mn	P	S	N
max 0,23	max 1,5	max 0,045	max 0,045	max 0,014

Pevnost v tahu se u této oceli pohybuje od 340 do 510 MPa. Mez kluzu je v rozmezí 175 až 235 MPa. Velikost uvedené hodnoty vždy zaleží na tloušťce materiálu. Ocel je vhodná pro svařování běžnými způsoby. S rostoucí tloušťkou a uhlíkovým ekvivalentem se zvyšuje náchylnost k trhlinám za studena. [6.1]

Návrh přípravku je omezen různými parametry, které se při konstrukci musí dodržet:

- Váha přípravku nesmí dosahovat 5 000 kg.
- Průměr přípravku nesmí být větší než 3 600 mm.
- Těžiště přípravku musí být co nejbližší základní desce.
- Výška přípravku nesmí být více než 500 mm. Je to kvůli pozici upínací desky polohovadla, která je v základní poloze 950 mm vysoko.
- Přípravek by měl, co nejméně, přerušovat proces svařování.

Na Obr. 6.1 je vidět rozdělení návrhu svařovacího přípravku. To se bude dělit na návrh základny přípravku a návrh upínacího systému.



Obr. 6.1 – Schéma návrhu svařovacího přípravku

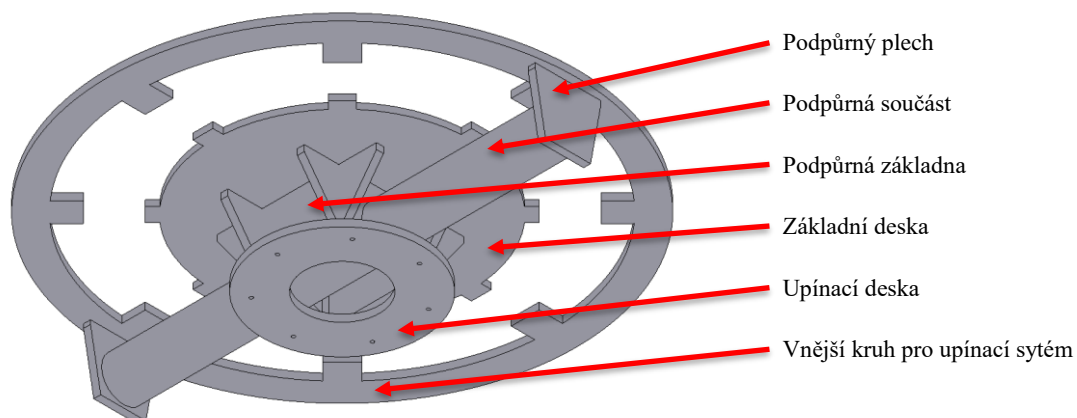
## 6.2 Návrh základny přípravku

V této části kapitoly se budu zabývat návrhem základny svařovacího přípravku. Budu zde popisovat jednotlivé návrhy. Každý návrh bude vždy opatřen tabulkou, kde budou uvedeny technické specifikace přípravku. V každém návrhu budou 3 základní obrázky – pohled horní, pohled dolní a zatížené plochy. Dále bude přípravek podroben pevnostní analýze, která ukáže slabá místa konstrukce. Výsledky pevnostní analýzy budu interpretovat na dvou obrázcích – maximální zatížení a průhyb. Při návrhu základny přípravku budu postupovat dle schéma na Obr. 6.2. Nejprve tedy navrhnou základnu individuální, pro každou součást zvlášť, a poté základnu univerzální.



Obr. 6.2 – Schéma návrhu základny přípravku

Pro lepší přehlednost jsem rozdělil a popsal základnu přípravku pro individuální a univerzální variantu na Obr. 6.3.



Obr. 6.3 – Názvosloví součástí základny přípravku

### 6.2.1 Varianta individuální

V této podkapitole budu následně navrhovat základnu přípravku pro součást 5150 a 5250 zvlášť. Přípravky se od sebe budou lišit pouze rozměry. Typ a součásti konstrukce zůstávají stejné. V prvních variantách jde především o jednoduché součásti bez náležitých konstrukčních a technologických požadavků výroby. Co nejjednodušší modely variant jsou vhodné jako vstupní hodnoty pro pevnostní analýzy. Složitě a více prvkové součásti naopak mohou negativně ovlivnit pevnostní analýzu.

#### Návrh základny pro 5150

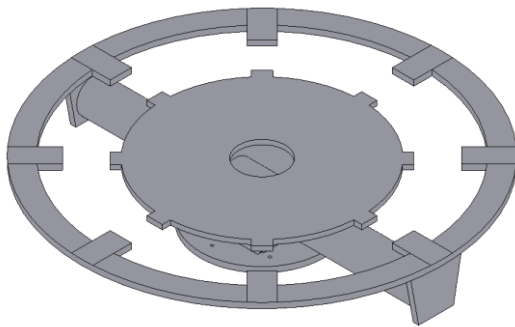
Na níže uvedených obrázcích je vidět základní konstrukce svařovacího přípravku pro součást 5150. Základnu tvoří kruhová výseč s požadovanou roztečnou kružnicí pro otvory na přichycení k polohovadlu pomocí šroubů. Pro propojení mezi střední částí přípravku a vnějším kruhem jsem použil silnostěnnou trubku. Toto spojení jsem zvolil s ohledem na svařovací proces. Při svařování vnitřního plechu (Obr. 5.5 a Obr. 5.10) s vnějším prstencem (Obr. 5.6 a Obr. 5.11), se přeruší proces svařování pouze jednou. Rozměry přípravku jsou:

Tab. 6.2 – Technické specifikace přípravku

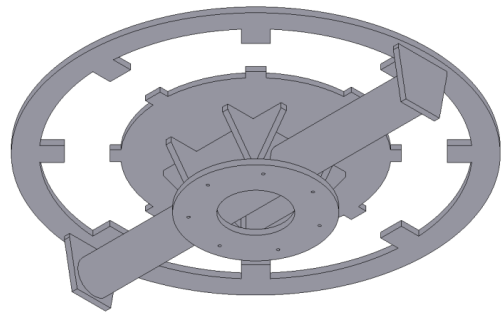
Průměr [mm]	2 300
Výška [mm]	386
Hmotnost [kg]	1 060



Na Obr. 6.4 až Obr. 6.5 je vidět návrh přípravku pro variantu I (5150).

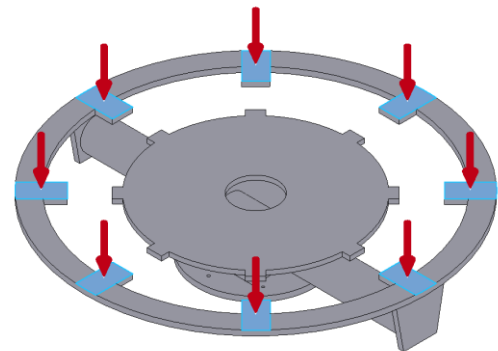


Obr. 6.4 – Pohled horní

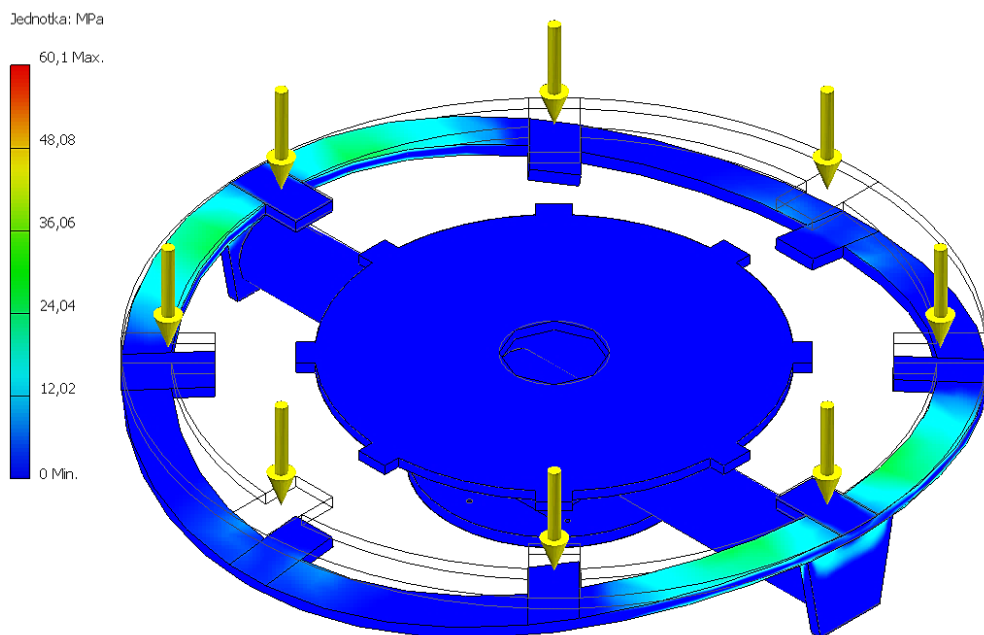


Obr. 6.5 – Pohled dolní

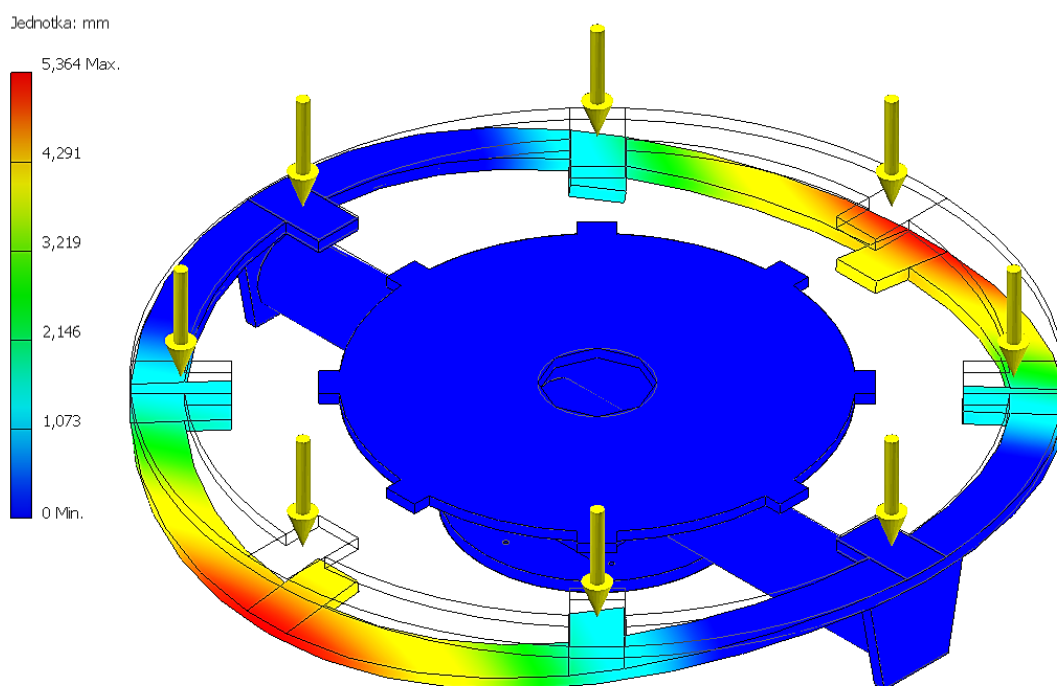
Z pohledu konstrukce budu muset provést pevnostní analýzu. Jde především o místa, kde není vnější kruh podepřen. Zde by mohlo docházet vlivem pnutí od svařování k deformacím. Níže jsou zobrazeny obrázky z pevnostní analýzy. Vždy budou vyobrazeny následující charakteristiky – zatížené plochy, výsledné napětí v součásti a výsledné posunutí součásti.



Obr. 6.6 – Zatížené plochy



Obr. 6.7 – Výsledné napětí v součásti v MPa



Obr. 6.8 – Výsledné posunutí součásti v mm

Při zatížení ploch, zvýrazněných na Obr. 6.6, pevnostní analýza ukázala chybu konstrukce – Obr. 6.8. Jde především o místa bez spodní podpory. Zatížení jsem volil 10 000 N. Takto velké ztížení bylo voleno, aby se ukázala slabá místa konstrukce. Největší průhyb byl 5,4 mm. Naopak největší napětí se soustředilo do míst, kde je vnější kruh podpírán. Zde vyvolané napětí dosahovalo 58 MPa.

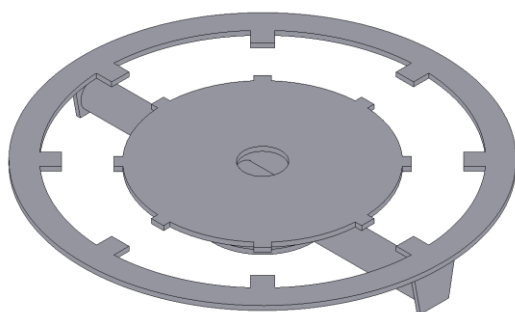
### Návrh základny pro součást 5250

Na součást 5250 jsem použil stejnou technologii konstrukce, jen jsem poupravil rozměry. Konstrukce je v průměru větší o 600 mm. Rozměry přípravku jsou:

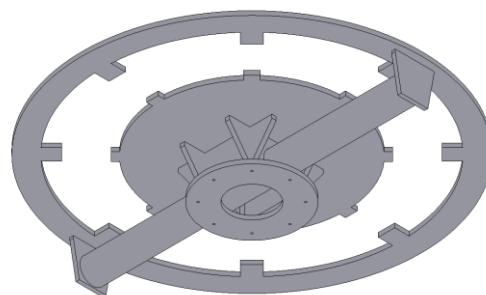
Tab. 6.3 – Technické specifikace přípravku

Průměr [mm]	2900
Výška [mm]	386
Hmotnost [kg]	1600

Na Obr. 6.9 a Obr. 6.10 je vidět návrh přípravku pro variantu I (5250).

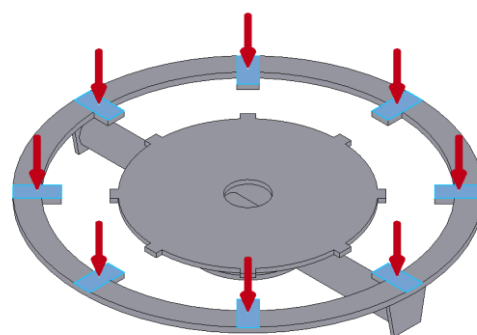


Obr. 6.9 – Pohled horní

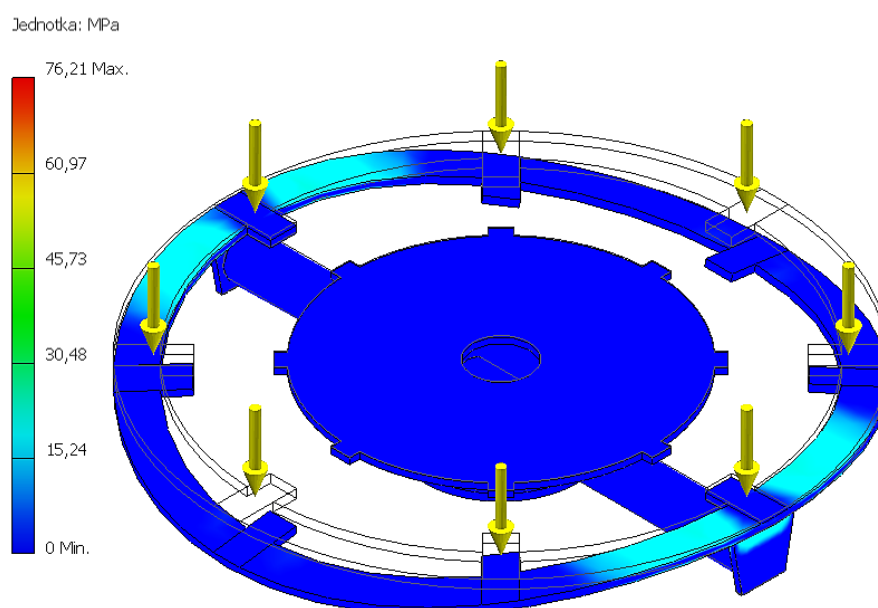


Obr. 6.10 – Pohled dolní

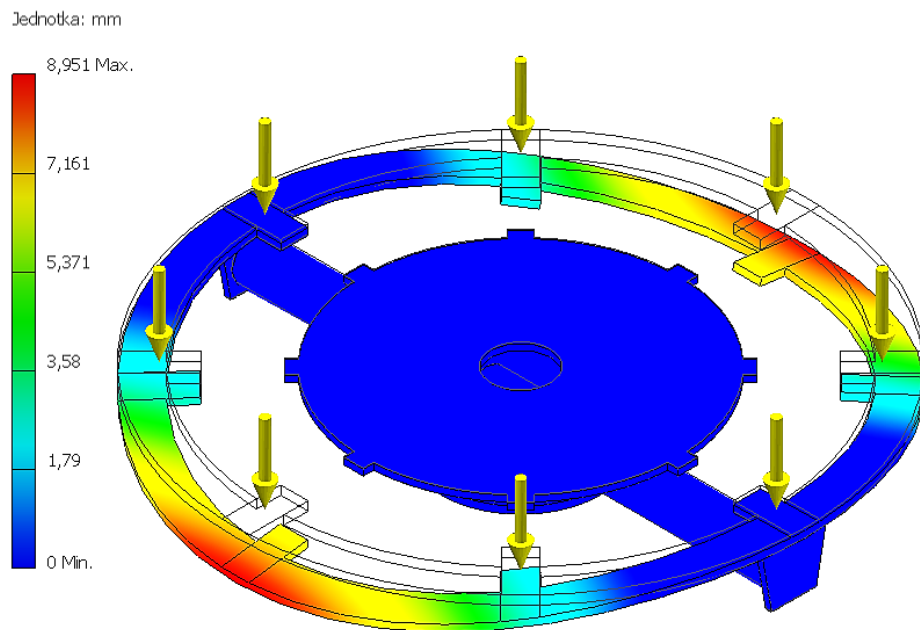
Průměr součásti je větší o 600 mm. Dle výsledků minulé analýzy součásti 5150 očekávám stejné, ne-li horší výsledky pevnostní analýzy. Všechny parametry pevnostní analýzy jsou stejné, jako u 5150. Jako je zatížení 10 000 N, rozložené na osmi plochách.



Obr. 6.11 – Zatížené plochy



Obr. 6.12 – Výsledné napětí v součásti v MPa



Obr. 6.13 – Výsledné posunutí součásti v mm

Větší průměr součásti zapříčinil větší napětí a průhyb. Průhyb dosahoval maximální hodnoty 9 mm. Nachází se na vnějším kruhu uprostřed mezi dvěma podporami. Maximální napětí je soustředěno do míst styku mezi vnějším kruhem a podporou. Hodnota maximálního napětí je 76,2 MPa.

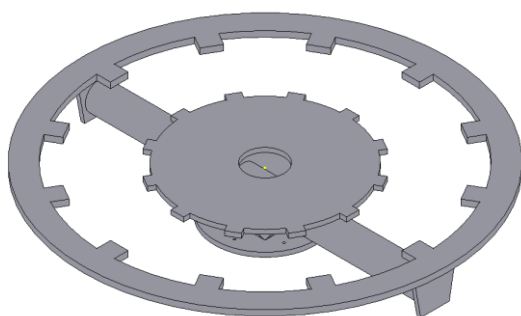
### 6.2.2 Varianta univerzální

Tato varianta je navrhována pro obě součásti zároveň. Tyto součásti se zatím vyrábějí v malých dávkách. Při zachování dvou univerzálních přípravků, by při situaci, kdyby se jedna ze součástí nevyráběla, použije se druhý přípravek. To zabrání ztrátě nákladů a zisků z přípravku, který by nebyl využíván. Základna přípravku zůstává stejná jako v kapitole 6.2.1. Jen po konstrukční stránce jsem přidal navíc 6 podpor pro upínací systém. Také jsem tloušťku vnějšího kruhu zesílil o 10 mm.

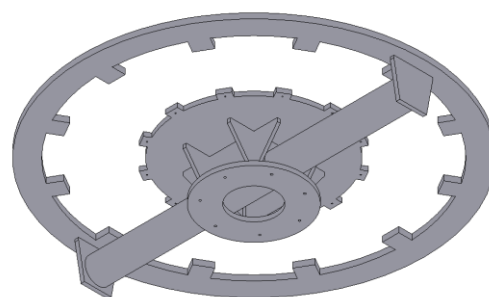
Tab. 6.4 – Technické specifikace přípravku

Průměr [mm]	2 900
Výška [mm]	386
Hmotnost [kg]	1 400

Na Obr. 6.14 a Obr. 6.15 až je vidět návrh přípravku pro variantu univerzální (5150 a 5250).

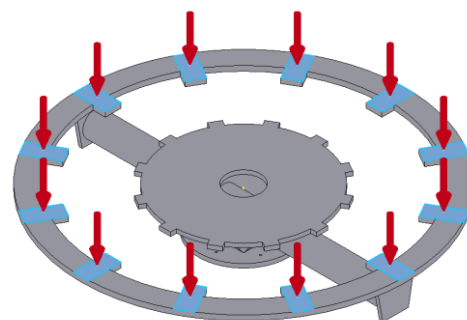


Obr. 6.14 – Pohled horní

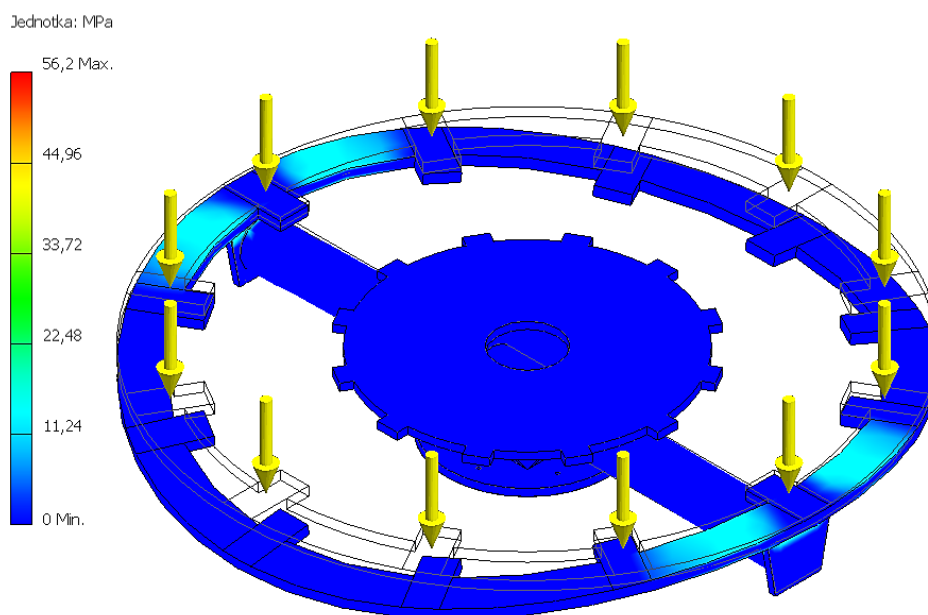


Obr. 6.15 – Pohled dolní

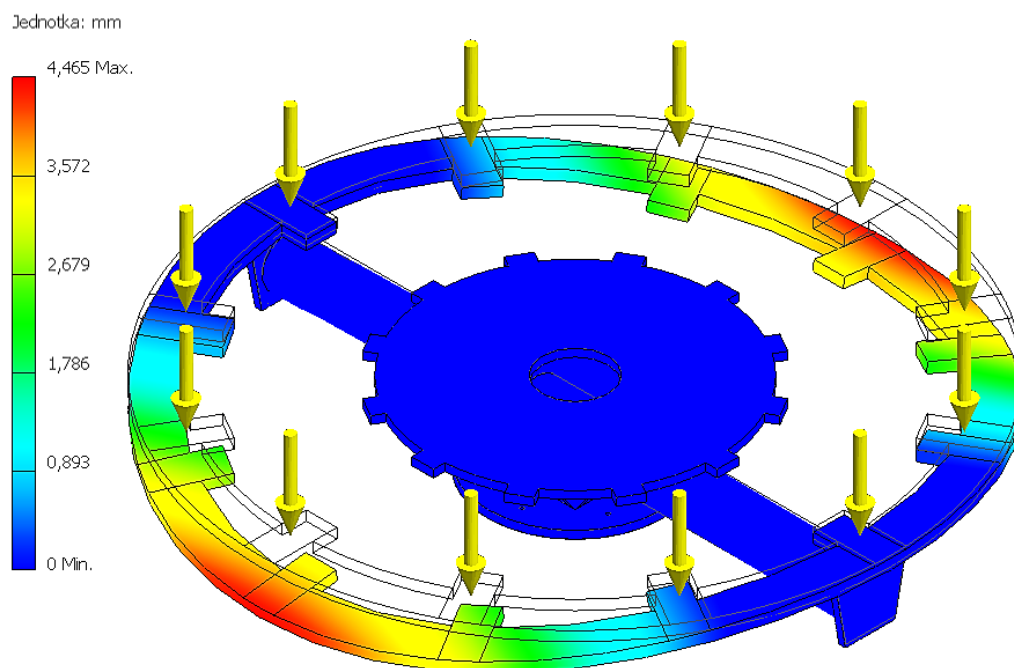
Zesílení stěny by mělo přispět ke snížení průhybu vnějšího kruhu. Pokud tato situace nastane, bude se muset konstrukčně změnit základna přípravku. Zvýšení počtu upínacích ploch na 12, by mělo rozložit zatížení a také snížit průhyb. Parametry pevnostní analýzy zůstávají stejné jako v předchozích analýzách. Síla je 10 000 N a je tím zatíženo 12 ploch.



Obr. 6.16 – Zatížené plochy



Obr. 6.17 – Výsledné napětí v součásti v MPa



Obr. 6.18 – Výsledné posunutí součásti v mm

Pevnostní analýza ukázala snížení jednak napětí v součásti – rozdíl oproti minulé variantě  $-20$  MPa a průhyb vnějšího kruhu se zmenšil o 4,4 mm. I přes poměrně velké zlepšení je průhyb nevyhovující. Doporučení pro další varianty je změna konstrukce základny přípravku tak, aby nedocházelo k razantním průhybům. Následně tedy podrobím návrhy individuální a univerzální základny přípravku analýze. Pomocí vícekritériální rozhodovací analýzy určím, která verze podle bodového ohodnocení a váhy kritérií je vhodná pro další návrhy konstrukce základny svařovacího přípravku. Níže v Tab. 6.5 je vidět souhrn jednotlivých parametrů variant.

Tab. 6.5 – Souhrn všech parametrů jednotlivých návrhů

	Produktivita	Skladovací náročnost	Výrobní náklady	Výměna upínacího systému	Výměna přípravku	Náročnost výroby
Individuální návrh	Větší	Větší	Větší	Neprovádí se	Náročnější	Těžší
Univerzální návrh	Menší	Menší	Menší	Náročnější	Neprovádí se	Lehčí

Charakteristiky uvedené v Tab. 6.6 v první řádce ohodnotím body 1 až 5. Nejdůležitější charakteristika dostane 5 bodů. Body všech charakteristik se sečtou. Jednotlivé ohodnocené charakteristiky se následně podělí sumou bodů. Tím dosáhneme kritériální poměr neboli váhu kritérií. Ve spodní části Tab. 6.6 se nachází u každé charakteristiky pořadí od 1. do 2., které hodnotí danou variantu v porovnání s druhou. 1. místo se rozumí nejlepší.

Tab. 6.6 – Vícekritériální rozhodovací analýza

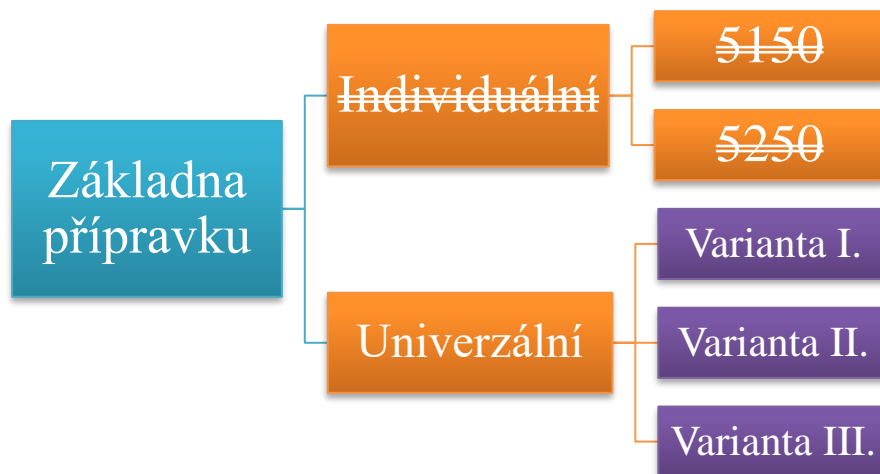
	Produkti- vita	Skladovací náročnost	Výrobní náklady	Výměna upínacího systému	Výměna přípravku	Náročnost výroby	$\Sigma$
Bodové ohodnocení kritérií	4	4	5	3	3	2	21 b
Váha kritérií	0,19	0,19	0,24	0,14	0,14	0,10	1
-	-	-	-	-	-	-	-
Individuální návrh	1	2	2	1	2	2	10
Univerzální návrh	2	1	1	2	1	1	8

V Tab. 6.6 získaná jednotlivá umístění se musí násobit váhou kritérií. Poté je zajištěna objektivnost výsledku. Po násobení je na prvním místě univerzální varianta, která v Tab. 6.7 získala nejmenší počet bodů.

Tab. 6.7 – Výsledek vícekritériální rozhodovací analýzy

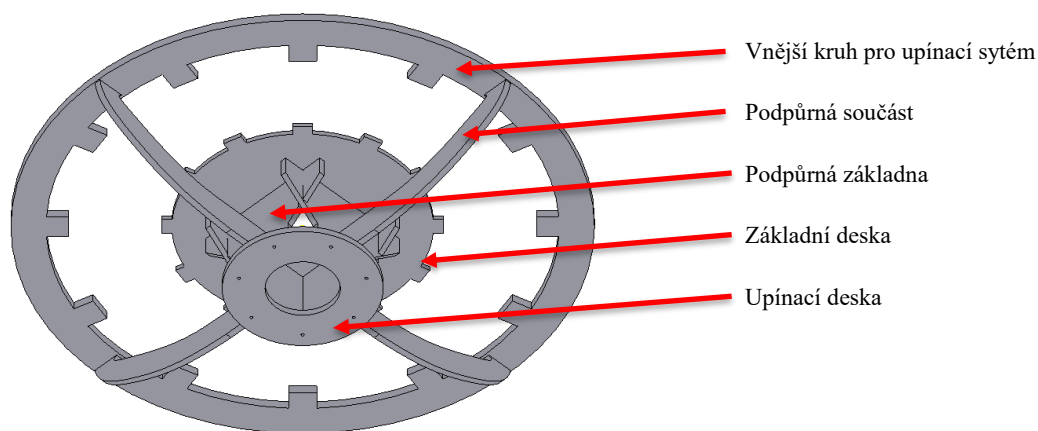
	Produk- tivita	Sklado- vací ná- ročnost	Výrobní náklady	Výměna upínacího systému	Výměna přípravku	Náročnost výroby	$\Sigma$	Pořadí
Indivi- duální návrh	0,19	0,38	0,48	0,14	0,28	0,20	1,67	2.
<b>Univer- zální ná- vrh</b>	0,38	0,19	0,24	0,28	0,14	0,10	1,33	<b>1.</b>

V dalších podkapitolách bude použit pouze univerzální návrh základny přípravku. Na Obr. 6.19 je vidět schéma dalšího návrhu přípravku.



Obr. 6.19 – Schéma pokračování návrhu základny přípravku

V následujících třech variantách musím změnit konstrukci přípravku. Dosavadní je z hlediska pevnosti a průhybu součásti nedostačující. Průhyb přesahující 0,5 mm je neakceptovatelný. Vzhledem k tomu že ve variantách individuálních a univerzální dosahoval průhyb konstrukce více jak 4 mm, není tedy možné použít stejnou technologii základny přípravku pro návrh univerzální varianty. Budu se tedy muset zaměřit na změnu podpůrné součásti a její počet. V dalších variantách vyzkouším jako podpůrné součásti ramena z plechu nebo dutého profilu. Také zvýším počet podpěr na 4 a 8. Všechny tyto varianty poskytnou plnohodnotné informace pro vícekritériální rozhodovací analýzu, v které se dle dostupných výsledků, vybere finální návrh konstrukce základny přípravku. Na Obr. 6.20 je detailněji popsána univerzální základna přípravku, pro lepší orientaci v názvosloví jednotlivých součástí.



Obr. 6.20 – Názvosloví součástí univerzální základny přípravku



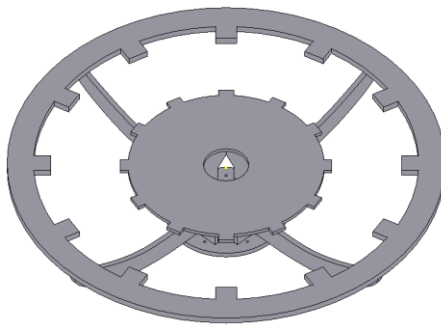
### 6.2.3 Varianta I

Ve variantách individuálních a univerzální je nevyhovující základna z hlediska průhybu součásti. Dvě podpory jsou nedostačující. Proto jsem se rozhodl podepřít vnější kruh ve čtyřech bodech. Podpůrná součást bude plech o síle 35 mm. Podpůrnou základnu tvoří čtyři plechy, které se do sebe, pomocí zámků, poskládají. Takto zvolená metoda konstrukce zaručuje jednoduché a přesné svaření. Tvar plechu je konstruován tak, aby rozložil napětí a zachoval si svou pevnost. Vzrostla nepatrně výška přípravku na 470 mm.

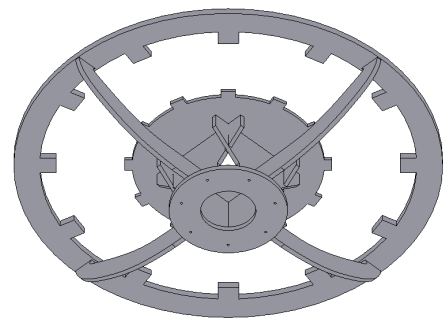
Tab. 6.8 – Technické specifikace přípravku

Průměr [mm]	2 900
Výška [mm]	470
Hmotnost [kg]	1 370

Na Obr. 6.21 a Obr. 6.22 je vidět návrh přípravku pro variantu I (5150 a 5250).

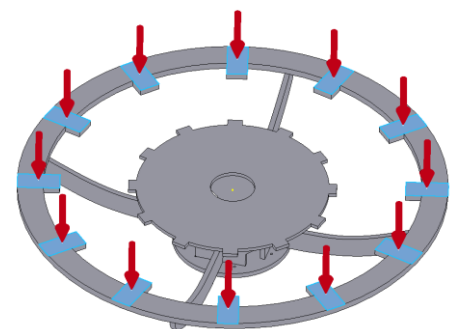


Obr. 6.21 – Pohled horní

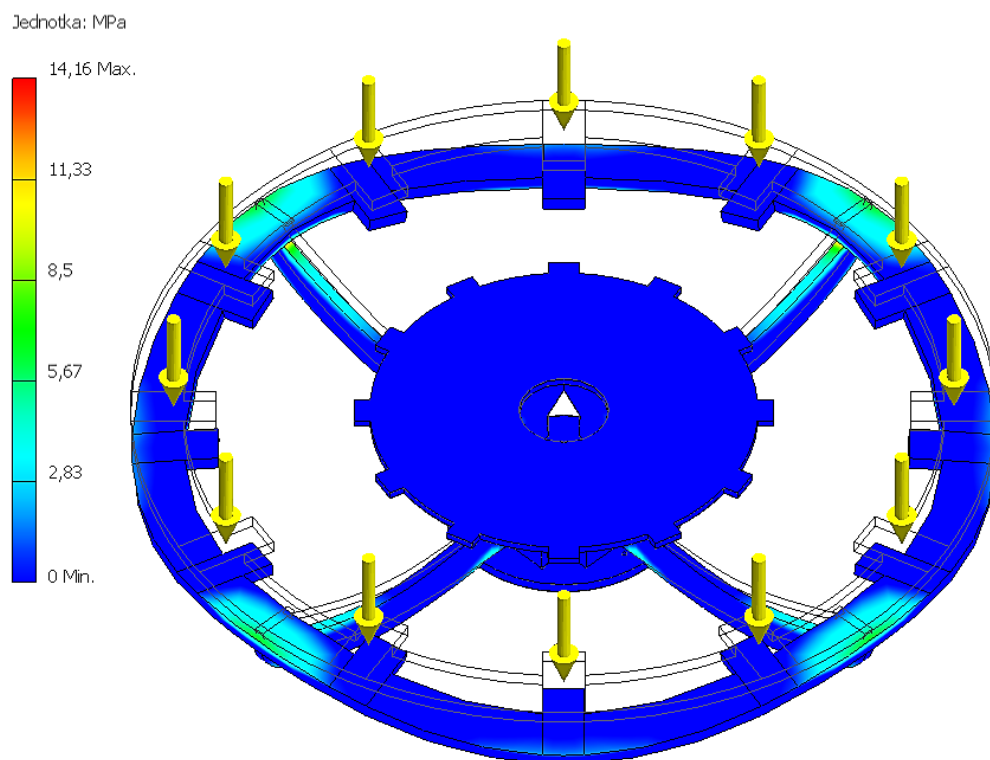


Obr. 6.22 – Pohled dolní

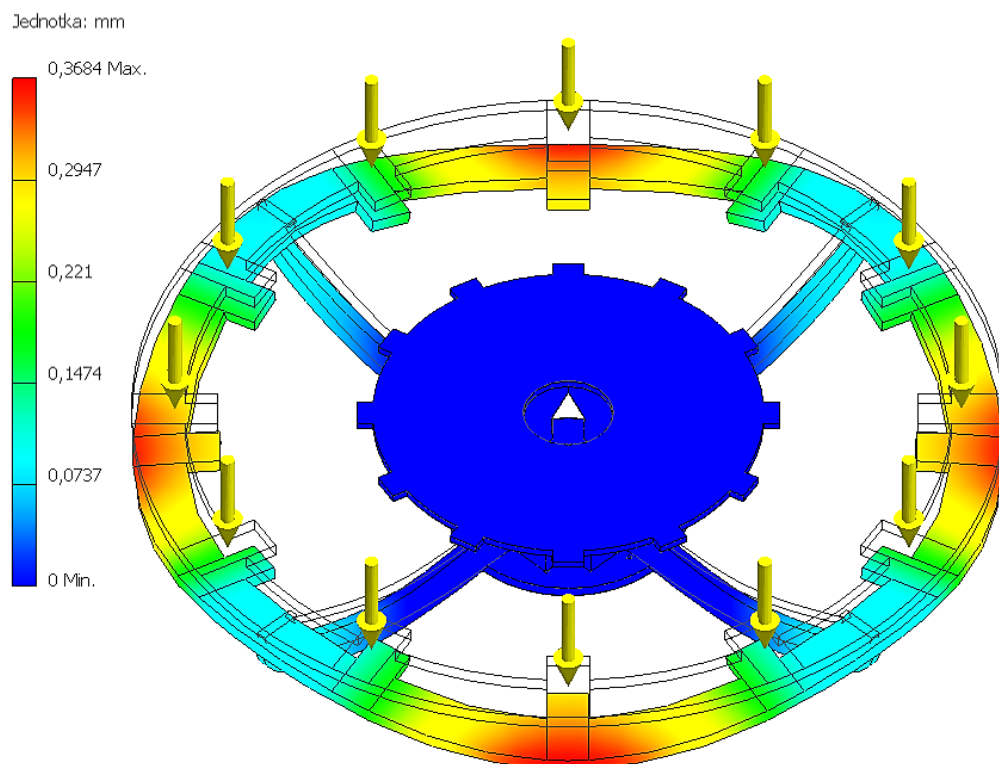
Všechny změny nově provedené v tomto přípravku by měli napomoci snížení průhybu součásti. Jedinou nevýhodou je několikanásobné přerušování svařování. Pokud by analýza potvrdila minimální průhyb, bude se muset svařování, na úkor menšího průhybu, přerušit.



Obr. 6.23 – Zatížené plochy



Obr. 6.24 – Výsledné napětí v součásti v MPa



Obr. 6.25 – Výsledné průhyb součásti v mm

Pevnostní analýza prokázala zlepšení v konstrukci přípravku. Průhyb součásti se snížil na hodnotu v desetinách milimetru – přesněji 0,4 mm. Kleslo i napětí v součásti na hodnotu 14 MPa. Tato varianta, při drobných úpravách a vylepšeních, by se mohla stát finální verzí.

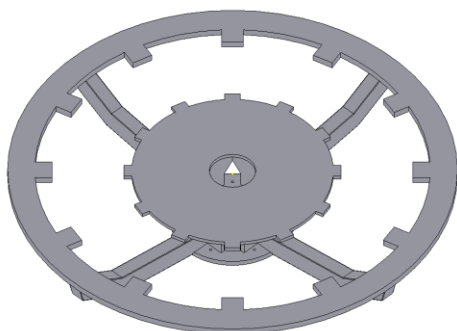
#### 6.2.4 Varianta II

V této variantě jsem chtěl vyzkoušet jiný druh podpůrné součásti. Bude použit profil obdélníkovitého tvaru. Rozměry jsou 100x140 mm při tloušťce stěny 8 mm a bude se skládat ze tří částí, které budou svařeny dohromady.

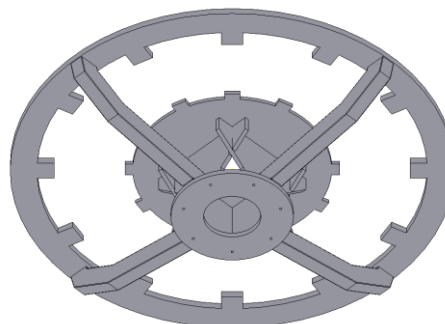
Tab. 6.9 – Technické specifikace přípravku

Průměr [mm]	2 900
Výška [mm]	470
Hmotnost [kg]	1 315

Na Obr. 6.26 a Obr. 6.26 je vidět návrh přípravku pro variantu II (5150 a 5250).

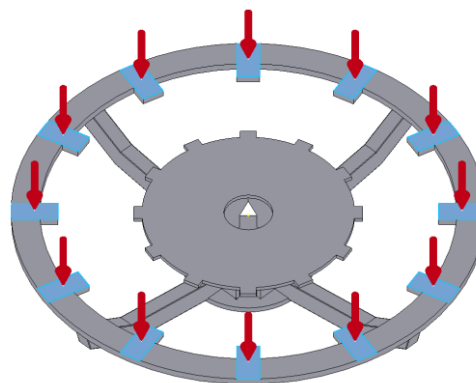


Obr. 6.26 – ISO pohled horní

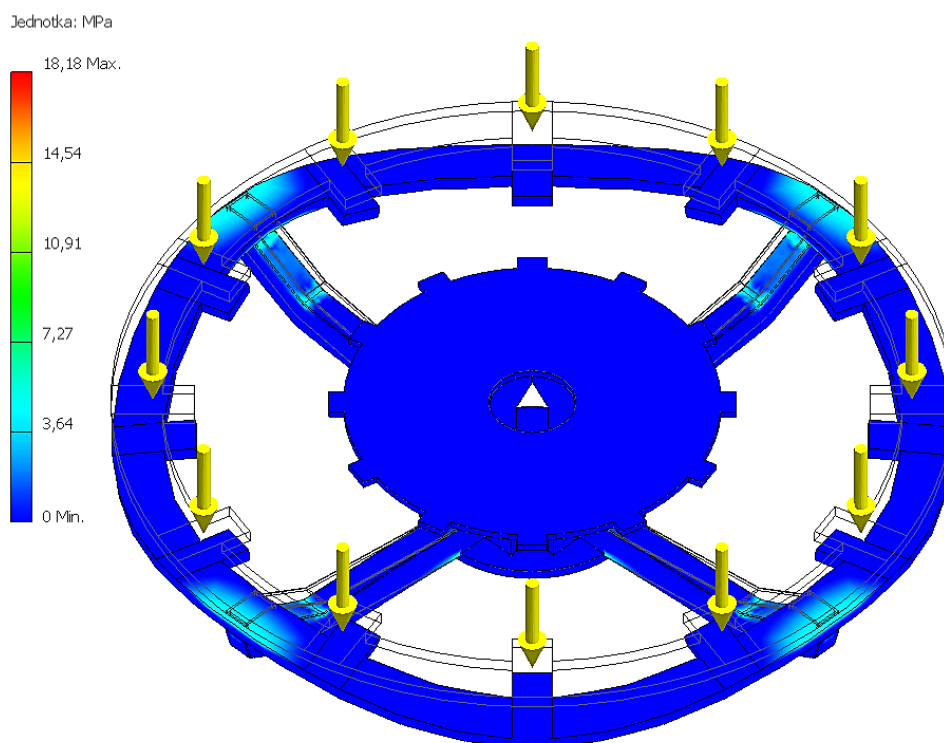


Obr. 6.27 – Popis základny přípravku

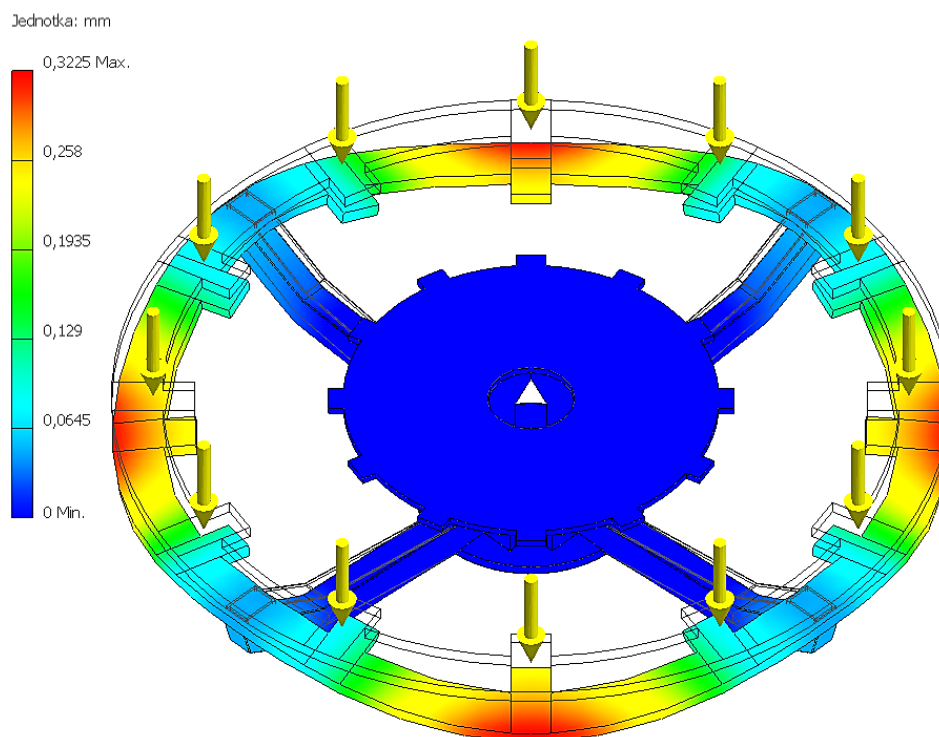
Použití obdélníkovitého profilu, by mělo snížit celkovou hmotnost přípravku a zachovat přitom pevnost. Očekávám výsledky analýzy stejné jako u varianty v kapitole 6.2.3.



Obr. 6.28 – Zatížené plochy



Obr. 6.29 – Výsledné napětí v součásti v MPa



Obr. 6.30 – Výsledné posunutí součásti v mm

Dle mých předpokladů analýza potvrdila podobné hodnoty jako v minulé kapitole. Napětí vzrostlo o 4 MPa na 18 MPa a průhyb součásti se liší pouze v setinách. Svými parametry a výsledky je tato varianta vhodná pro finální přípravek.

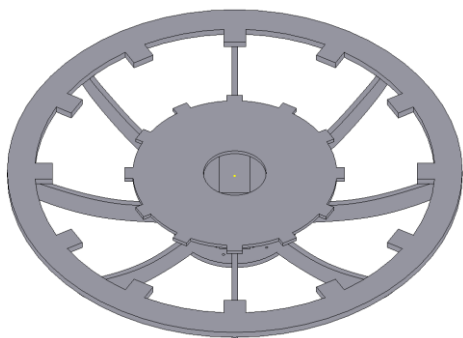
### 6.2.5 Varianta III

Tato varianta je posledním návrhem svařovacího přípravku. Vyzkouším zde osmiúhelníkovou podpůrnou základnu, její výroba a následné svaření je rychlejší. Také zdvojnásobím počet podpěr vnějšího kruhu na osm.

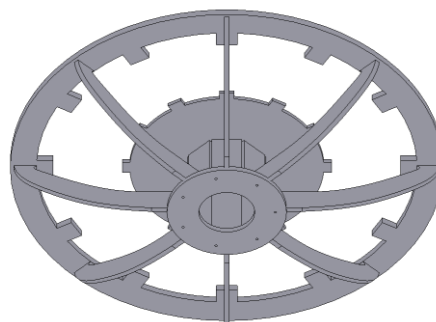
Tab. 6.10 – Technické specifikace přípravku

Průměr [mm]	2 900
Výška [mm]	470
Hmotnost [kg]	1 450

Na Obr. 6.31 a Obr. 6.32 je vidět návrh přípravku pro variantu III (5150 a 5250).

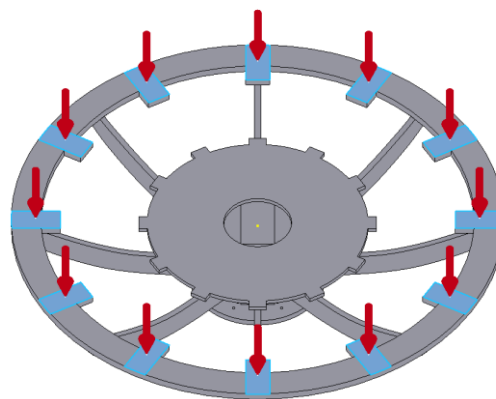


Obr. 6.31 – ISO pohled horní

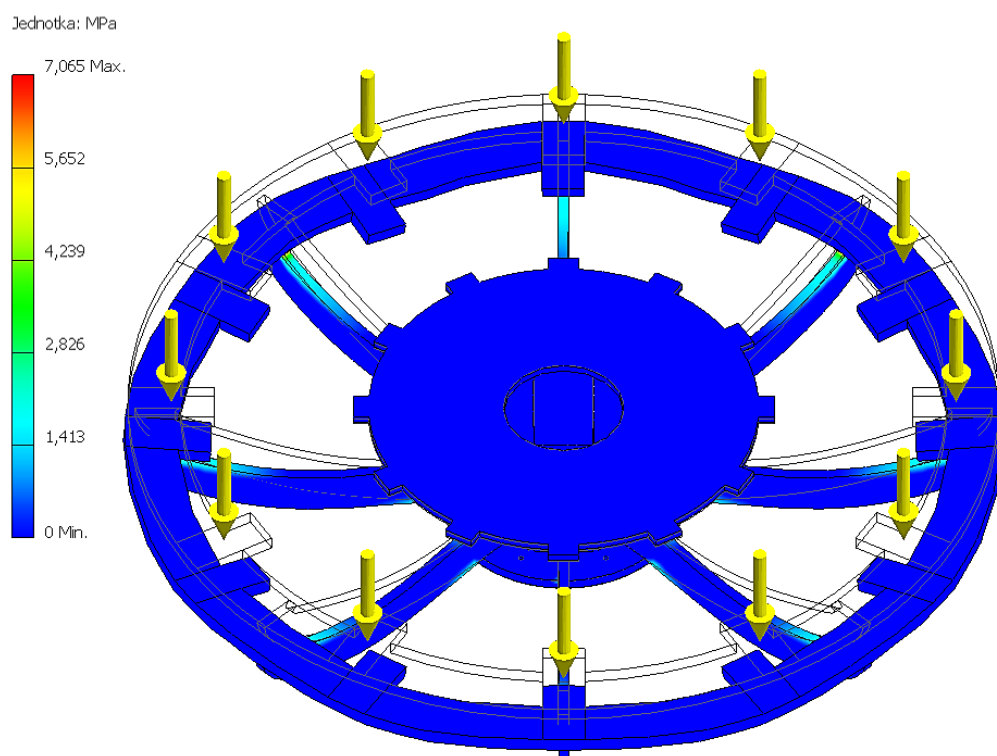


Obr. 6.32 – Popis základny přípravku

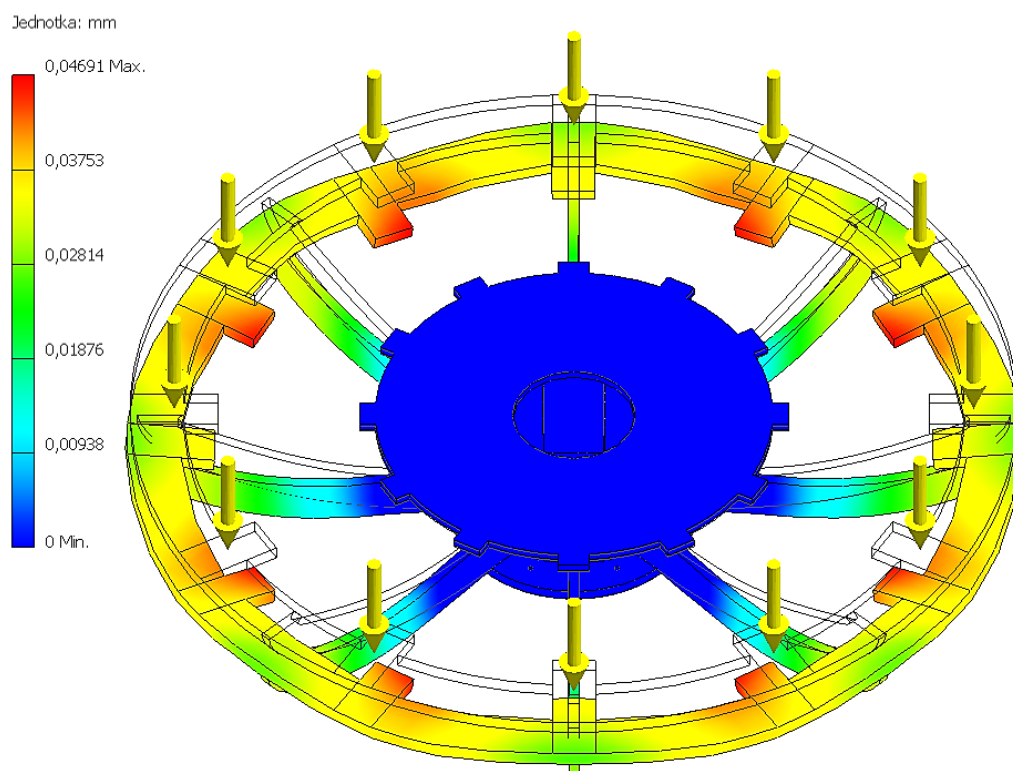
Osm podpěr by mělo minimalizovat průhyb součásti. Přípravek také bude stabilnější při otáčení na polohovadle či přesunu. Osmiúhelníková základna pro uchycení podpěr je více stabilní a pevnější. Otvor v prostředním plechu je zvětšený o 100 mm, oproti minulým návrhům, na 400 mm.



Obr. 6.33 – Zatížené plochy



Obr. 6.34 – Výsledné napětí v součásti v MPa



Obr. 6.35 – Výsledné posunutí součásti v mm

Osm podpěr, dle výsledků analýzy, minimalizovalo průhyb součásti na maximální hodnotu 0,05 mm. V souvislosti s tím se i snížilo maximální napětí v přípravku na 7 MPa. Jsou to nejlepší dosažené výsledky analýzy návrhu přípravku. Jediné úskalí je vysoká četnost přerušení procesu svařování. To se musí brát v potaz, aby nedošlo k vadám a chybám při svařování.

Ve první variantě jsem změnil koncepci podpírání kruhu pro upínací systém. Ten jsem podepřel ve čtyřech bodech pomocí podpůrné součásti – plechu. Tento typ a počet podepření snížilo průhyb přípravku pod 1 mm, při stejném zatížení. Ve druhé variantě jsem chtěl snížit hmotnost přípravku a místo podpůrné součásti z plechu jsem použil obdélníkový profil. Hmotnost se zredukovala pouze o 60 kg. Ostatní parametry jako napětí a průhyb přípravku zůstaly obdobné jako u třetí varianty. V poslední variantě jsem chtěl pomocí zvýšení počtu podpěr na osm, dosáhnout minimálního průhybu. Dvojnásobný nárůst podpěr oproti předchozím variantám snížil maximální průhyb na hodnotu 0,05 mm.

Následně bude provedena vícekriteriální rozhodovací analýza tří univerzálních variant. V Tab. 6.11 je vidět souhrn parametrů jednotlivých univerzálních variant. Četnost přerušení svařování se rozumí, kolikrát musí svářeč přerušit proces svařování, než svaří obvod součásti. Náročnost výroby charakterizuje technickou přípravu a samotný proces výroby základny přípravku. To znamená, jak jsou jednotlivé polotovary opracovány, než se použijí pro samotný proces svařování.

Tab. 6.11 – Souhrn všech parametrů jednotlivých návrhů

	Maximální napětí [MPa]	Maximální průhyb [MPa]	Hmotnost [kg]	Počet podpěr	Četnost přerušení svařování	Náročnost výroby
<b>Varianta I.</b>	14,2	0,4	1 370	4	3	Lehké
Varianta II.	18,2	0,3	1 315	4	3	Těžké
Varianta III.	7,1	0,05	1 450	8	7	Lehké

Charakteristiky uvedené v Tab. 6.12 v první řádce ohodnotím body 1 až 5. Nejdůležitější charakteristika dostane 5 bodů. Body všech charakteristik se sečtou. Jednotlivé ohodnocené charakteristiky se následně podělí sumou bodů. Tím dosáhneme kriteriální poměr neboli váhu kritérií. Ve spodní části Tab. 6.12 se nachází u každé

charakteristiky pořadí od 1. až do 4., které hodnotí danou variantu podle výsledku pevnostní analýzy nebo technické specifikace. 1. místo se rozumí nejlepší a 4. místo je nejhorší.

Tab. 6.12 – Vícekriteriální rozhodovací analýza

	Maximální napětí	Maximální průhyb	Hmotnost	Počet podpěr	Četnost přerušeni svařování	Náročnost výroby	$\Sigma$
Bodové ohodnocení kritérií	2	5	1	3	5	4	20 b
Váha kritérií	0,10	0,25	0,05	0,15	0,25	0,20	1
-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Varianta I.</b>	2	3	2	1	1	1	10
Varianta II.	3	2	1	1	1	3	11
Varianta III.	1	1	3	3	3	1	12

V Tab. 6.12 pokud sečteme jednotlivá umístění v daných charakteristikách, vyhrála by varianta III, která má nejmenší ohodnocení. Ale to by nebyl objektivní výsledek. Získaná jednotlivá umístění se musí násobit váhou kritérií. Poté je zajištěna objektivnost výsledku. Po násobení je na prvním místě varianta III, která v Tab. 6.13 získala nejmenší počet bodů.

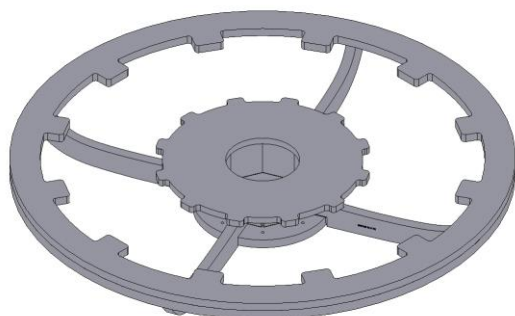
Tab. 6.13 – Výsledek vícekriteriální rozhodovací analýzy

	Max. napětí	Max. průhyb	Hmotnost	Počet podpěr	Četnost přerušeni svařování	Náročnost výroby	$\Sigma$	Pořadí
<b>Varianta I.</b>	0,20	0,75	0,10	0,15	0,25	0,20	1,65	<b>1.</b>
Varianta II.	0,30	0,50	0,05	0,15	0,25	0,60	1,85	2.
Varianta III.	0,10	0,25	0,15	0,45	0,75	0,20	1,90	3.

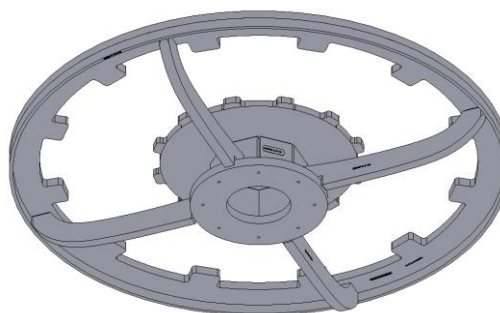
Varianta I. má tedy čtyři podpěry a jsou páleny z plechu. Jedinou věc, kterou změním, na variantě je základna pro uchycení ramen. Místo čtyř plechů použiji osm do tvaru osmiúhelníku. Ten byl použit ve variantě III. Má lepší stabilitu a pevnost. Následně také na finální základnu přípravku použiji technologické zásady. Jedná se o úkosity a různé zaoblení. To je důležité u tlouštěk plechů přesahujících 15 mm. Zde je na dělení materiálu použit pálicí automat.



Dalším vylepšením bude podpůrný kruh pod upínací kruh. Ten by měl zajistit lepší pevnost a stabilitu. U všech součástí vzrostla tloušťka materiálu. To zapříčiní nárůst hmotnosti přípravku, ale zlepší se tím pevnost. Další změnou je snížení výšky přípravku na 400 mm. Na níže uvedených Obr. 6.36 až **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.** je znázorněna finální základna pro svařovací přídavek.



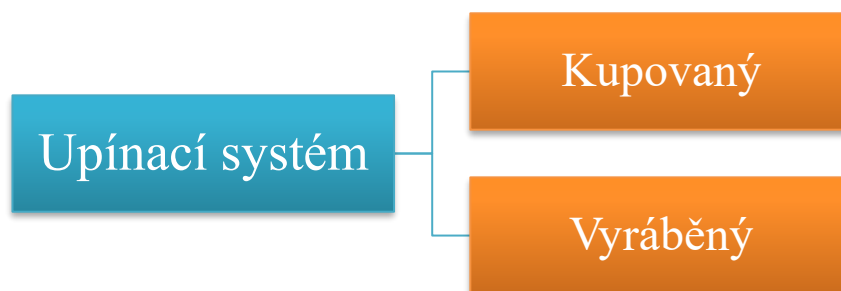
Obr. 6.36 – Vybraná základna přípravku



Obr. 6.37 – Vybraná základna přípravku

### 6.3 Návrh upínacího systému

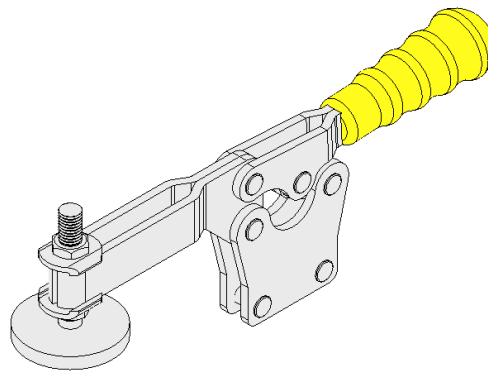
V této části kapitoly navrhnu dva druhy upínacího systému. První bude upínací systém vyráběný ve firmě Schäfer-Menk. Druhý bude nakupovaný od firmy Siegmund. Cílem této kapitoly je poskytnout dvě varianty upínacího systému. Z čehož jeden se použije do výsledné konstrukce svařovacího přípravku. Na Obr. 6.38 je zobrazeno schéma návrhu upínacího systému.



Obr. 6.38 – Schéma návrhu upínacího systému svařovacího přípravku

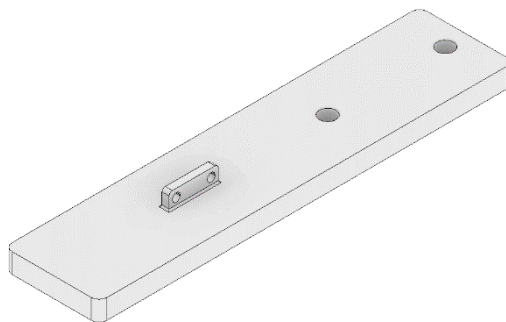
### 6.3.1 Upínací systém kupovaný

Upínací systémy od firmy Siegmund jsou používány, ve firmě SM, v širokém zastoupení. Jejich výhodou je rychlé a bezpečné upnutí. Nevýhodou jsou pevně dané rozměry, bez možnosti úprav. V tomto návrhu použiji vodorovnou upínku 150 UR od firmy Siegmund – na Obr. 6.39. Upínka vyvine přitlačnou sílu až 5 000 N a váží 950 g. Upínka je zakoupena bez základny, která slouží k uchycení na přípravek.

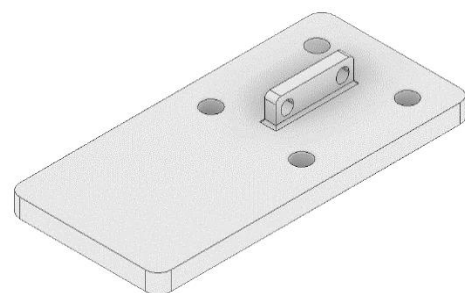


Obr. 6.39 – Model upínky 150 UR [27]

Základna se tedy bude muset vyrobit ve dvou variantách. První slouží pro součást 5150 a druhá bude pro součást 5250. Rozdíly mezi oběma variantami jsou pouze v rozměrech základní desky a upínacím systému. Pro základnu jsem volil barevné rozlišení – světle šedou.

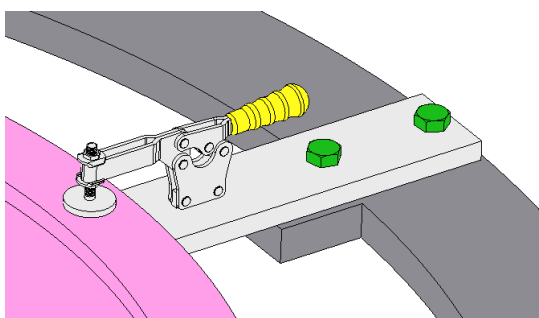


Obr. 6.40 – Základna pro 5150

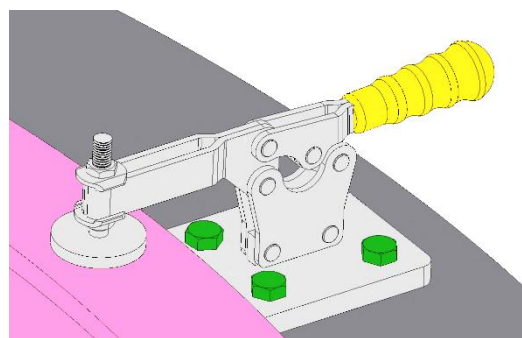


Obr. 6.41 – Základna pro 5250

Na Obr. 6.42 a Obr. 6.43 je vidět použití upínky 150 UR v návrhu přípravku pro variantu upínacího systému (kupovaného). Růžové těleso je svařovaná součást, zelená je spojovací materiál a tmavě šedá je přípravek.



Obr. 6.42 – Upínací systém pro 5150

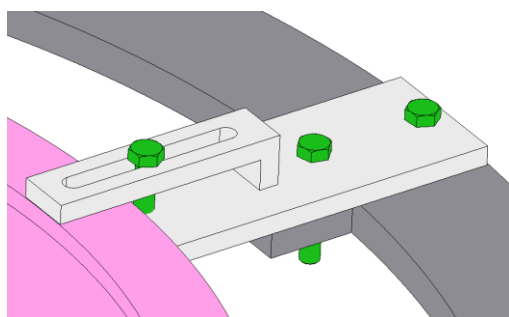


Obr. 6.43 – Upínací systém pro 5250

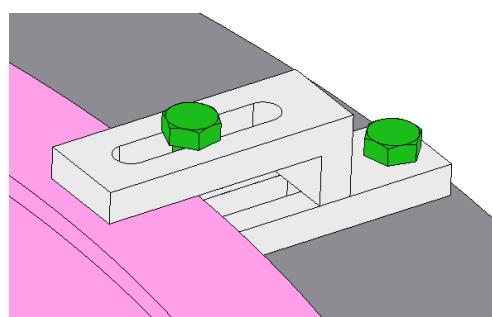
### 6.3.2 Upínací systém vyráběný

Druhou variantou upínání svařované součásti je vyráběný upínací systém na dostupných technologických zařízeních ve firmě. Konstrukce musí být volena jako jednoduchá a zároveň pevná. Důležité je také volit co nejmenší nutný počet šroubových spojení. Ty pak následně zvyšují vedlejší časy při výměně upínacího zařízení pro druhou součást. Jako materiál bude použita ocel S235JR. Výhody jsou jednoduché úpravy rozměrů a tvarů. Nevýhody jsou utahování pomocí šroubového spojení a vyšší hmotnost oproti minulé variantě.

Na Obr. 6.44 a Obr. 6.45 je vidět návrh přípravku pro variantu upínacího systému kupovaného pro obě součásti. Barevné označení zůstává stejné – růžové těleso je svařovaná součást, zelená je spojovací materiál, šedá je základna upínacího systému a tmavě šedá je přípravek.



Obr. 6.44 – Upínací systém pro 5150



Obr. 6.45 – Upínací systém pro 5250

### Celkové zhodnocení variant návrhů upínacího systému přípravku

Obě varianty splňují požadavek na bezpečné upnutí. Kupovaný systém je v upínání rychlejší, lehčí a také více vyhovuje ergonomickým zásadám, zatím co vyráběný systém je schopný se přizpůsobit případným změnám, úpravám při testování přípravku a jeho pořízení je levnější. Následně tedy obě varianty porovnáme. Všechny parametry pro rozhodovací analýzu jsou v následující Tab. 6.14. Sloupec nesoucí označení Možnost úpravy se rozumí, jak snadno se může, při případným výrobních či konstrukčních chybách, přípravek poupravit.

Tab. 6.14 – Souhrn všech parametrů jednotlivých návrhů

Upínací systém	Cena materiálu [Kč/ks]	Možnost úpravy	Servis	Hmotnost [kg]	Upínací síla [N]
Vyráběný	160/545	Snazší	Levnější	11/37,5	10 000
Kupovaný	580/690	Těžší	Dražší	4,5/13	5 000

Na základě výše uvedených parametrů stanovíme bodové ohodnocení jednotlivých charakteristik, které jsou ve sloupcích v Tab. 6.15. Bude je hodnotit od 1 do 5. Kdy 1 je nejlepší a 5 je nejhorší. Bodové hodnocení poslouží pro výpočet poměru mezi obdržným bodem a celkovým počtem udělených bodů. Výsledkem je váha kritérií, která označuje důležité charakteristiky a zajistí objektivnost analýzy. Následně určíme pořadí každé varianty (Vyráběný x Kupovaný) v jednotlivé charakteristice.

Tab. 6.15 – Vícekriteriální rozhodovací analýza

Upínací systém	Cena [Kč/ks]	Možnost úpravy	Servis	Hmotnost [kg]	Upínací síla	$\Sigma$
Bodové ohodnocení kritérií	1	2	3	5	3	17
Váha kritérií	0,05	0,10	0,15	0,25	0,15	0,85
-	-	-	-	-	-	-
Vyráběný	1	1	1	2	1	7
Kupovaný	2	2	2	1	2	11

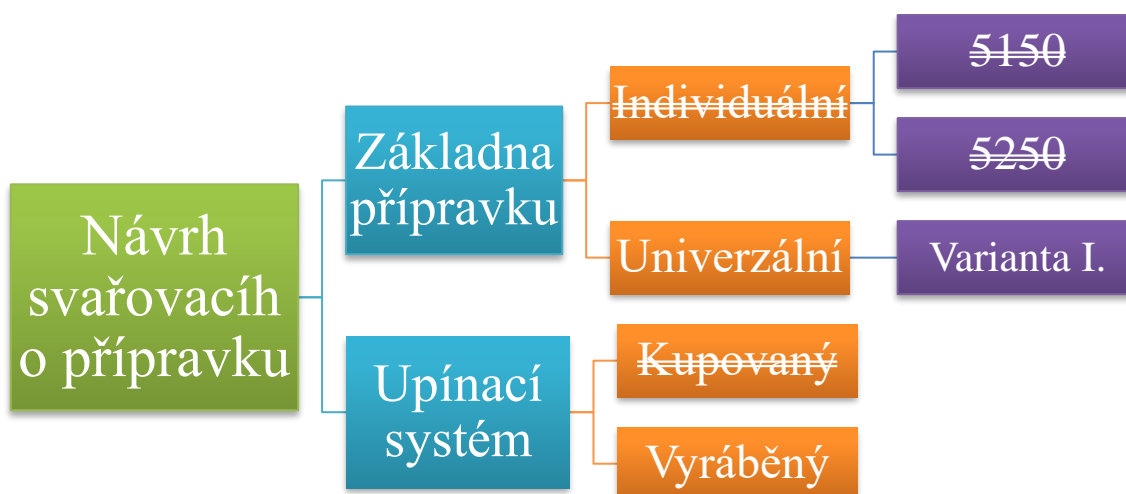
Posledním bodem analýzy je výsledné pořadí v každé charakteristice vynásobit příslušnou váhou kritérií. Tak se zajistí objektivnost výsledku. V Tab. 6.16 pokud sečteme jednotlivá bodová ohodnocení, vyjde na prvním místě upínací systém vyráběný.

Tab. 6.16 – Výsledek vícekriteriální rozhodovací analýzy

Upínací systém	Cena	Možnost úpravy	Servis	Hmotnost	Upínací síla	$\Sigma$	Pořadí
Vyráběný	0,05	0,10	0,15	0,50	0,15	1,10	1.
Kupovaný	0,10	0,20	0,30	0,25	0,30	1,45	2.

Vyráběný upínací systém má pro každou zadanou součást (5150 a 5250) různé upínací prvky. Jde především o rozměrovou různorodost. Pro součást 5250 stačí pouze podpěra a upínka. U 5150 musí být podpěra delší, kvůli menší součásti. S tím souvisí i její pevnost, protože více jak polovina podpěry není podložena.

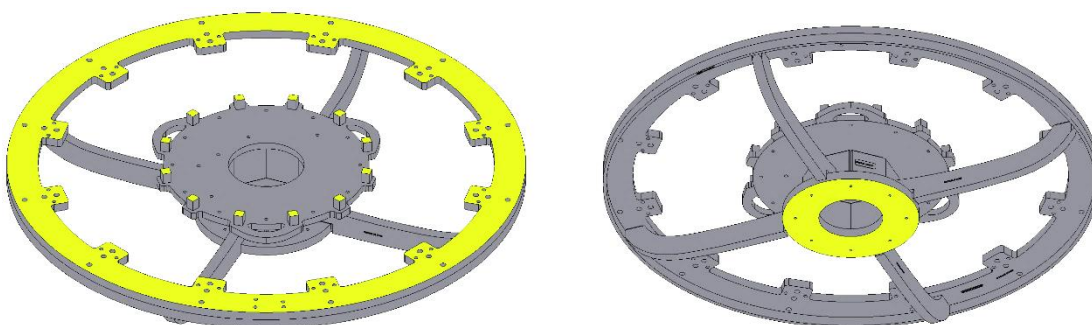
V této kapitole jsem provedl několik rozhodovacích analýz variant návrhů základny přípravků a upínacích systémů. Výsledný návrh základny přípravků byla varianta I. Pro konstrukci upínacího systému byl zvolen dle příslušné analýzy upínací systém vyráběný pomocí technologického zařízení firmy. Na Obr. 6.46 je vidět detailnější průběh návrhu svařovacího přípravku.



Obr. 6.46 – Schéma průběhu návrhu svařovacího přípravku

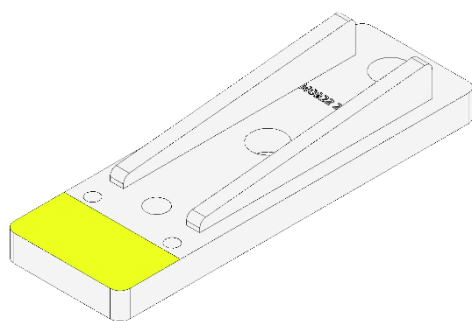
## 7 KONSTRUKCE PŘÍPRAVKU

V této části kapitoly použijí předešlé výsledky rozhodovacích analýz návrhů přípravků, abych zkonstruoval finální svařovací přípravek. Všechny součásti mají technologické náležitosti. Každá součást je označena příslušným číslem. Ta zařazuje součást do projektu, sestav a podsestav. Na Obr. 7.1 a Obr. 7.2 je vidět finální základna přípravku. Všechny plechy jsou zesílené a ve vnitřním a vnějším kruhu jsou vymodelované funkční otvory. Základní deska má tři otvory pro snadnou manipulaci pomocí jeřábu.

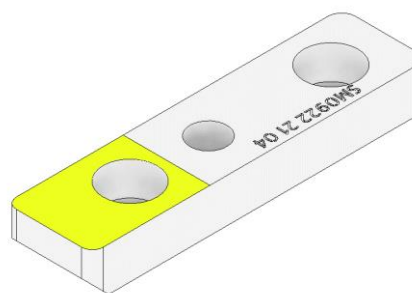


Obr. 7.1 – Univerzální základna přípravku    Obr. 7.2 – Univerzální základna přípravku

Světle zelené označené plochy jsou obráběné plochy a jsou patrné na Obr. 7.1 a Obr. 7.2. Na prvním obrázku se obrábí vnější kruh pro upínací systém a distanční kostky. Ty slouží pro vymezení rozměru vnitřního plechu. Na Obr. 7.2 se pouze obrábí plocha kruhu, která se bude dotýkat polohovadla. Vybrané hrany součástí jsou podle potřeby sražené zkosením. Velikost zkosení závisí na tloušťce materiálu spojovaných součástí. Na Obr. 7.5 a Obr. 7.6 jsou znázorněny obráběné plochy, upínacích základen, světle zeleně. Jsou to funkční plochy, které jsou ve styku se svařovanou součástí. Obě spodní plochy základen jsou také obráběny

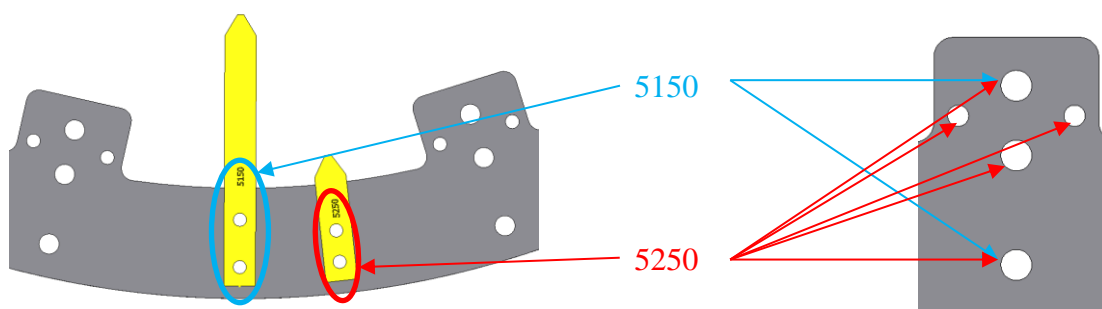


Obr. 7.3 – Základna pro součást 5150



Obr. 7.4 – Základna pro součást 5250

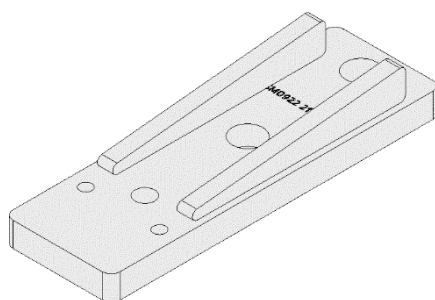
Vnější kruh má funkční otvory rozdělené na dvě oblasti. První oblast slouží pro upnutí rozdělovacích značek. Tyto značky určují místo svaru vnějšího prstence. Otvory pro jednotlivé součásti jsou rozlišeny různou roztečí, která je barevně rozlišena na Obr. 7.5. Druhá slouží pro upínací systém pro obě součásti. Barevně jsou tyto otvory rozděleny na Obr. 7.6.



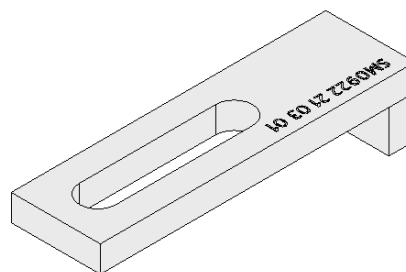
Obr. 7.5 – Značky pro místo svaru

Obr. 7.6 – Otvory pro upínací systémy

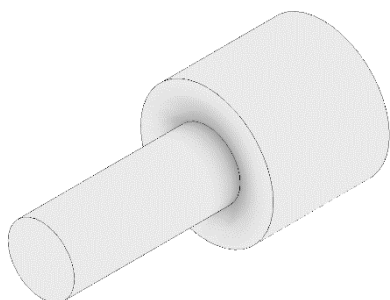
Na Obr. 7.7 až Obr. 7.10 je zobrazena finální konstrukce upínacího systému pro součást 5150. Tu tvoří celkově tři části. Na Obr. 7.7 je vidět základna pro upínací systém. Ta má dva různé druhy otvorů. Jedny slouží pro upnutí součásti k přípravku a uchycení upínky – Obr. 7.8. Otvory pro přichycení k přípravku jsou zahlobené a nepřesahují horní hranu základny. Druhé jsou pro distanční čepy (Obr. 7.9), ten slouží pro vložení a založení částí vnějšího prstence součásti 5150.



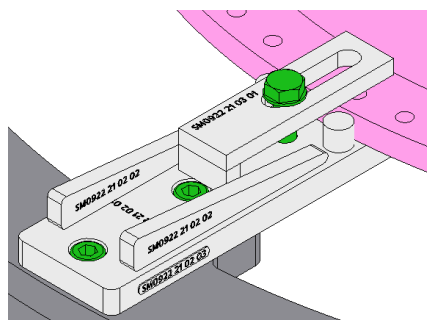
Obr. 7.7 – Základna pro součást 5150



Obr. 7.8 – Upínka pro součást 5150

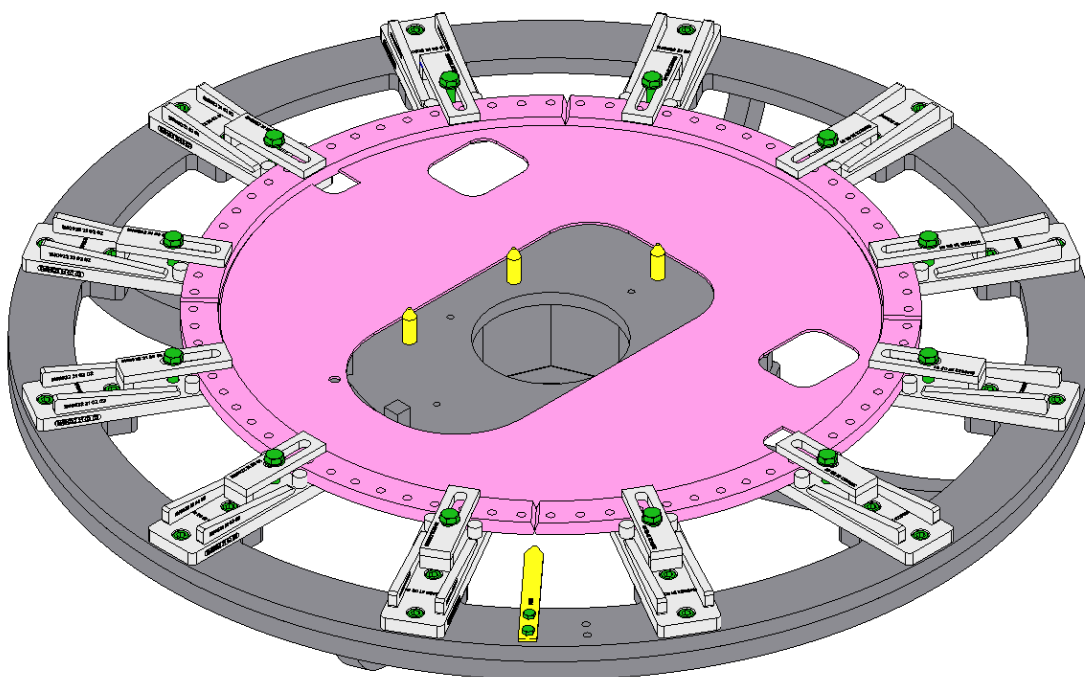


Obr. 7.9 – Distanční čep pro součást 5150



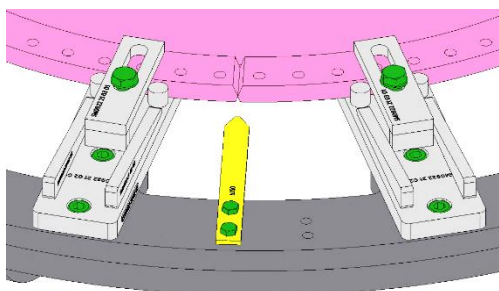
Obr. 7.10 – Upínací systém pro součást 5150

Na níže uvedených Obr. 7.11 až Obr. 7.13 je vidět finální konstrukce svařovacího přípravku pro součást 5150. Přípravek nese všechny technologické i konstrukční požadavky pro svařovací přípravky. Jsou to většinou zaoblení či zkosení. Důležité pomocné součásti jsou žlutě označeny. Jsou to značka místa svaru a vymežovací čepy. Na Obr. 7.12 je detailnější pohled na značku místa svaru. Značka má napomoci obsluze technologického zařízení, aby správně založila vnější prsteneček vůči vnitřnímu plechu. Vnitřní plech je naopak zajištěn vymežovacími čepy. Ty mají zabránit otočení plechu do nesprávné polohy a jsou vidět na Obr. 7.13.

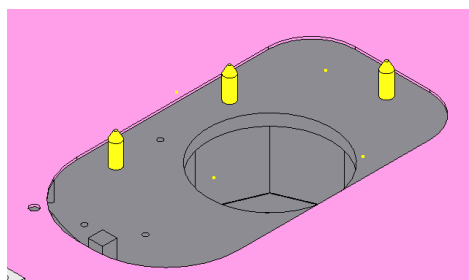


Obr. 7.11 – Finální svařovací přípravek pro součást 5150



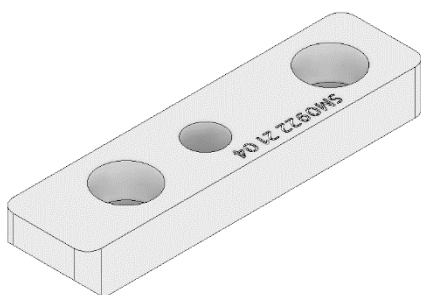


Obr. 7.12 – Detailnější pohled na značku  
místa svaru

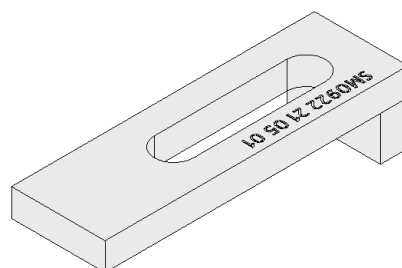


Obr. 7.13 – Detailnější pohled na  
vymezovací čepy

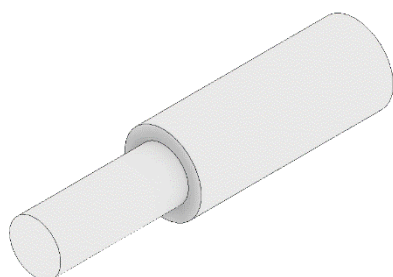
Obr. 7.14 až Obr. 7.17 je vidět finální konstrukce upínacího systému pro součást 5250. Celkově se skládá ze tří částí. Na Obr. 7.14 je zobrazena upínací základna. Dva otvory jsou s funkčním vybráním, tak aby šroub nepřesahoval horní hranu a druhá upínací část se mohla po základně volně posouvat. Prostřední otvor je pouze pro šroub spojující základnu s upínkou – Obr. 7.15 . Poslední funkční část upínacího systému je čep – Obr. 7.16. Ty slouží pro vložení a založení částí vnějšího prstence součásti 5250.



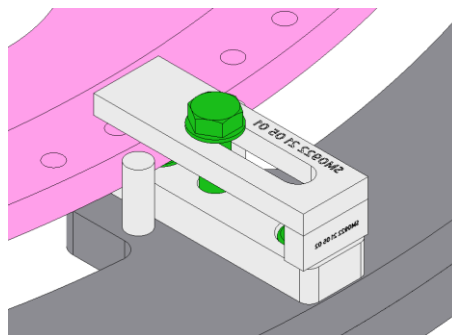
Obr. 7.14 – Základna pro součást 5250



Obr. 7.15 – Upínka pro součást 5250

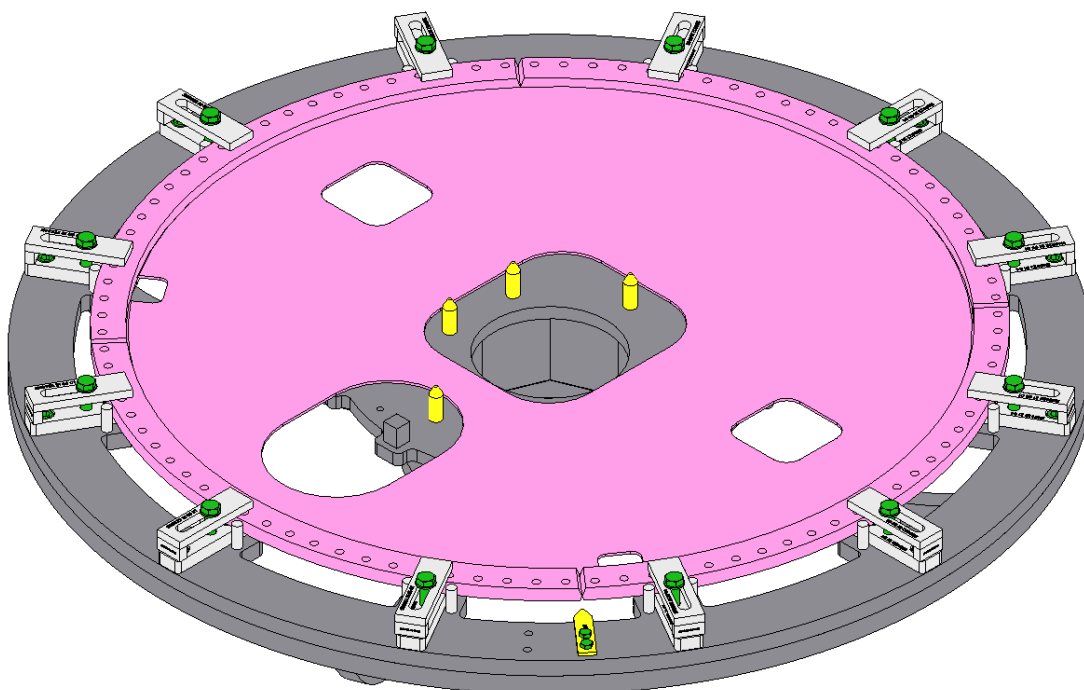


Obr. 7.16 – Distanční čep pro součást 5250

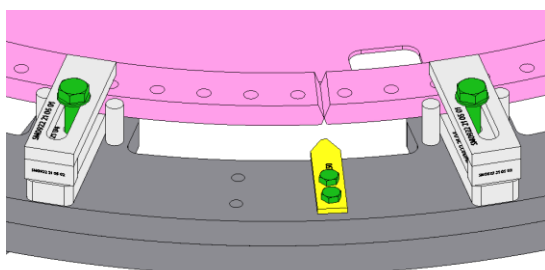


Obr. 7.17 – Upínací systém pro součást  
5250

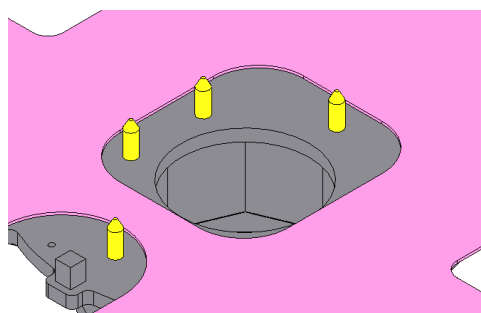
Na Obr. 7.18 až Obr. 7.20 je zobrazen finální svařovací přípravek pro součást 5250. Jediné, co se zde mění oproti přípravku pro součást 5150 jsou svařovaná součást, upínací systém a značka místa svaru. Všechny ostatní technologické a konstrukční náležitosti jsou stejné. Na Obr. 7.19 se nachází již zmiňovaná značka místa svaru. Na Obr. 7.20 jsou vidět vymežovací čepy. Ty opět slouží pro správné usazení vnitřního plechu do správné polohy.



Obr. 7.18 – Finální svařovací přípravek pro součást 5250



Obr. 7.19 – Detailnější pohled na značku  
místa svaru



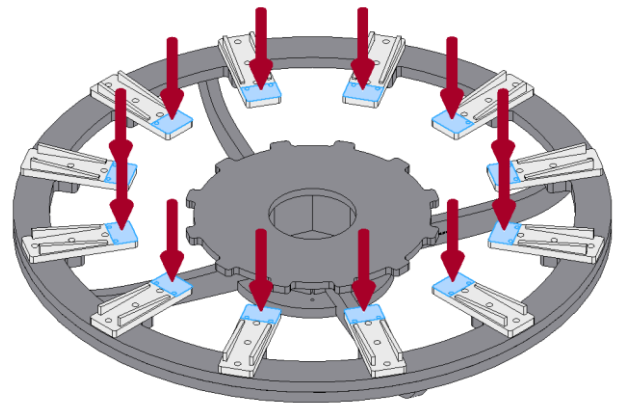
Obr. 7.20 – Detailnější pohled na  
vymežovací čepy

## 7.1 Pevnostní analýza přípravku

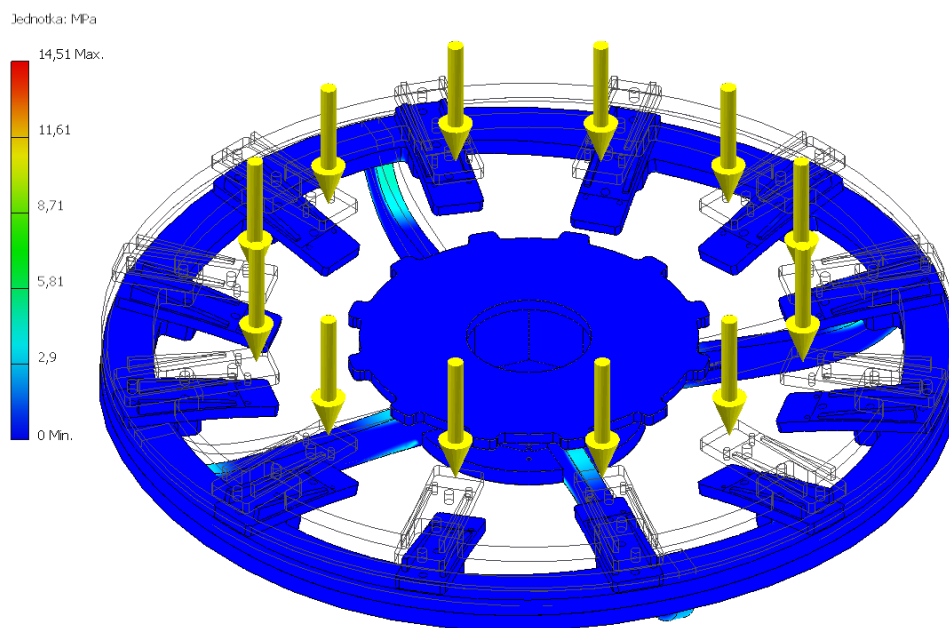
V této podkapitole provedu pevnostní analýzu na obou variantách přípravku. Pevnostní analýzu nelze provést na modelech, které jsou uvedeny v této kapitole. Největším problémem je nespočet dotyků, mezi součástmi a spojovacím materiálem, v modelu. To zapříčiní dlouhé počítání a nepřesné výsledky. Proto jsem modely pro pevnostní analýzu, co nejvíce zjednodušil. Vždy jsem použil pouze základnu svařovacího přípravku a základnu upínacího systému. Příslušné upínky a šroubová spojení jsem také vynechal.

### 7.1.1 Pevnostní analýza přípravku 5150

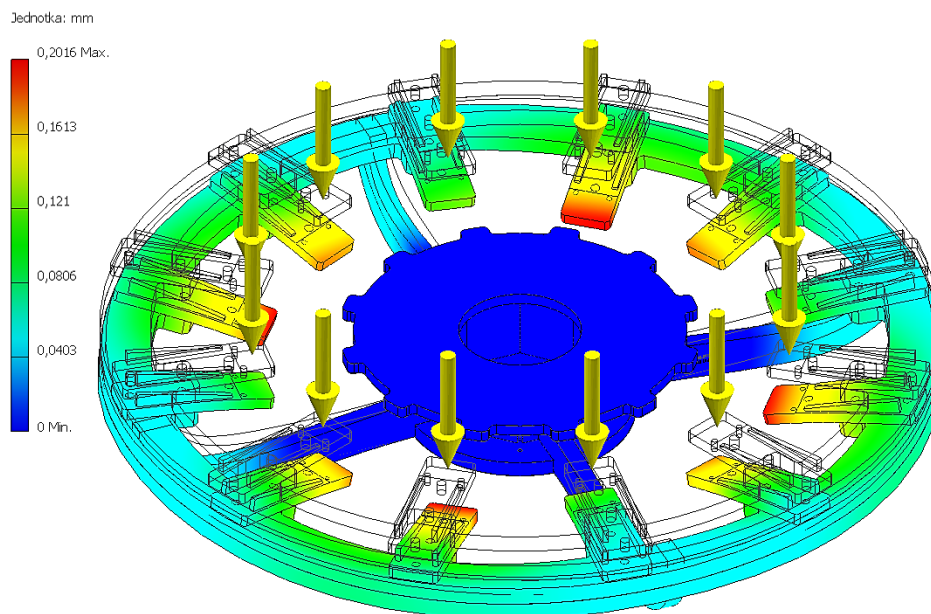
Největším úskalím této varianty je dlouhá základna upínacího systému, která není více jak z poloviny podepřena. Proto se na základně nachází součást, její náčrt tvoří pravouhlý trojúhelník. Ta má snížit velikost ohybového momentu, vytvořeného zatíženou silou. Ta má hodnotu 10 000 N a působí na 12 plochách, které jsou modře označeny na Obr. 7.21



Obr. 7.21 – Zatížené plochy



Obr. 7.22 – Výsledné napětí přípravku pro součást 5150 v MPa

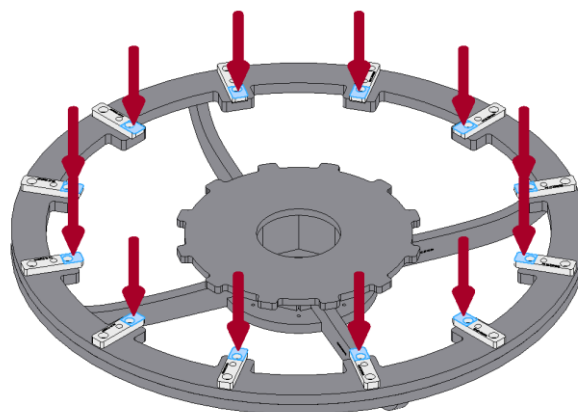


Obr. 7.23 – Výsledné posunutí přípravku pro součást 5150 v mm

Na Obr. 7.22 a Obr. 7.23 jsou výsledky pevnostní analýzy. Snížení výšky přípravku se nijak viditelně neprojevilo na pevnosti a tuhosti přípravku. Zesílení tloušťky plechů, především u podpurných ramen, snížilo maximální průhyb součásti na hodnotu 0,2 mm. To je uspokojivý výsledek, při takto velkém zatížení. I výsledné napětí součásti má dobré výsledky. Maximální hodnota činí 14,5 MPa a je soustředěna v okolí styku ramene a upínací desky. Na vnějším kruhu se napětí pohybuje okolo 1 MPa. Celkově se dají výsledky z této analýzy považovat za velmi dobré.

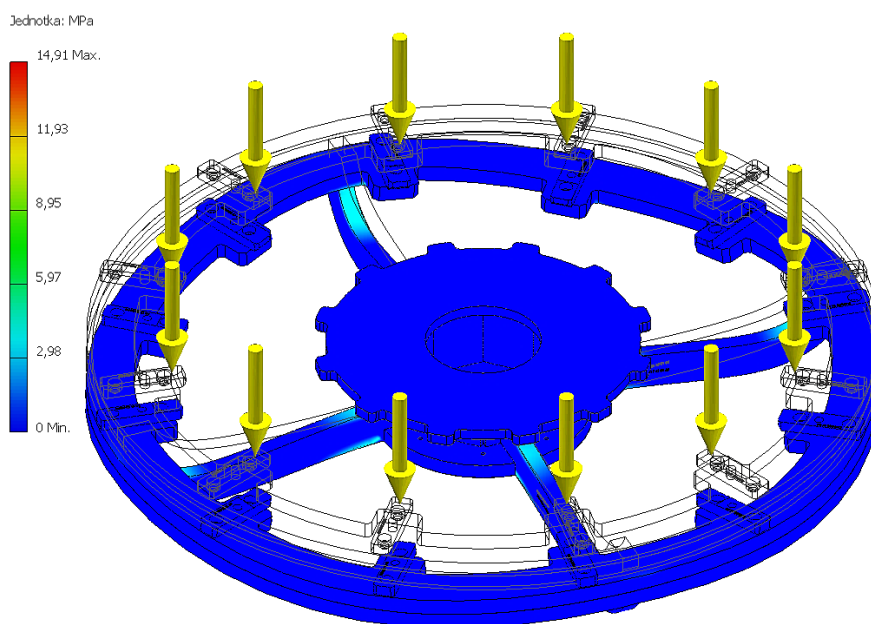
### 7.1.2 Pevnostní analýza přípravku 5250

U této varianty je základna upínacího systému podepřena v celé své délce a nehrozí tak její průhyb. Parametry analýzy jsou stejné jako v předchozí analýze. Zatížení 10 000 N a zatížení působí na 12 modře označených plochách. Plochy jsou zobrazeny na Obr. 7.24.

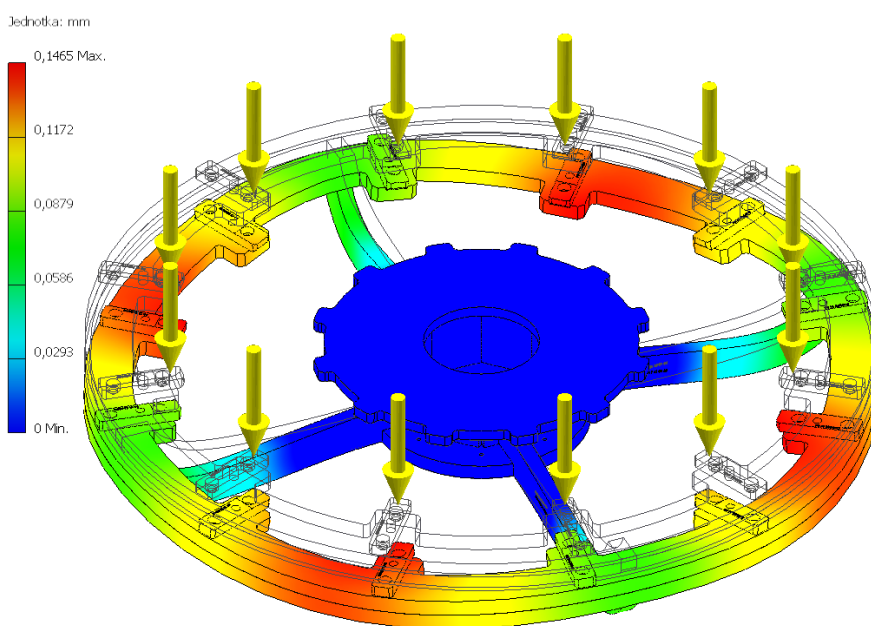


Obr. 7.24 – Zatížené plochy

Výsledky analýzy přípravku pro součást 5250 jsou obdobné jako výsledky analýzy součásti 5150. Výsledné napětí je vyšší. Vyrostlo z 14,5 na 14,9 MPa přesněji o hodnotu 0,4 MPa, což lze shledat za velmi malý nárůst. U průhybu součásti se naopak snížil na hodnotu 0,15 mm. Může za to posunutí místa působení síly blíže k vnějšímu kruhu a také, že základna upínacího systému je v celé své délce podepřena. Konečné výsledky analýzy jsou vidět na Obr. 7.25 a Obr. 7.26.



Obr. 7.25 – Výsledné napětí přípravku pro součást 5250 v MPa

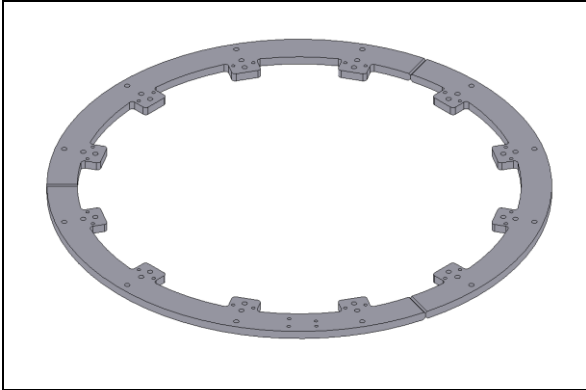

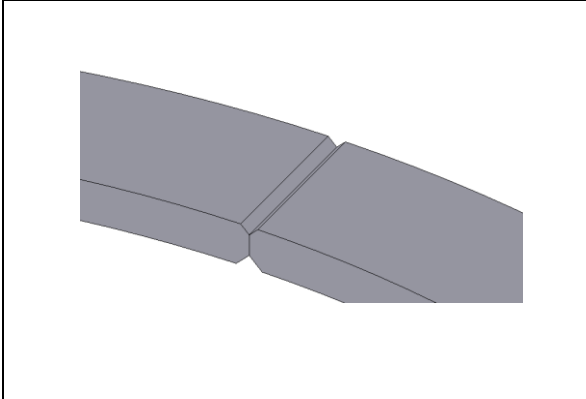
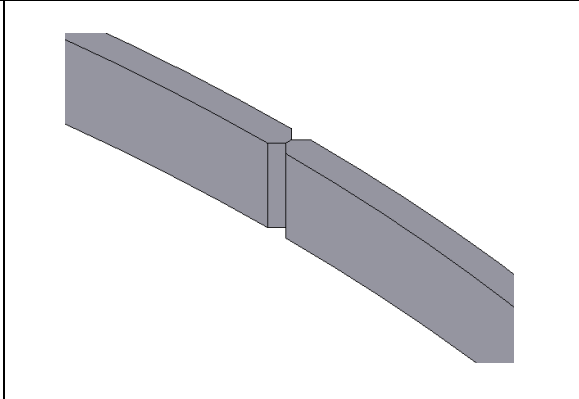


Obr. 7.26 – Výsledné posunutí přípravku pro součást 5250 v mm

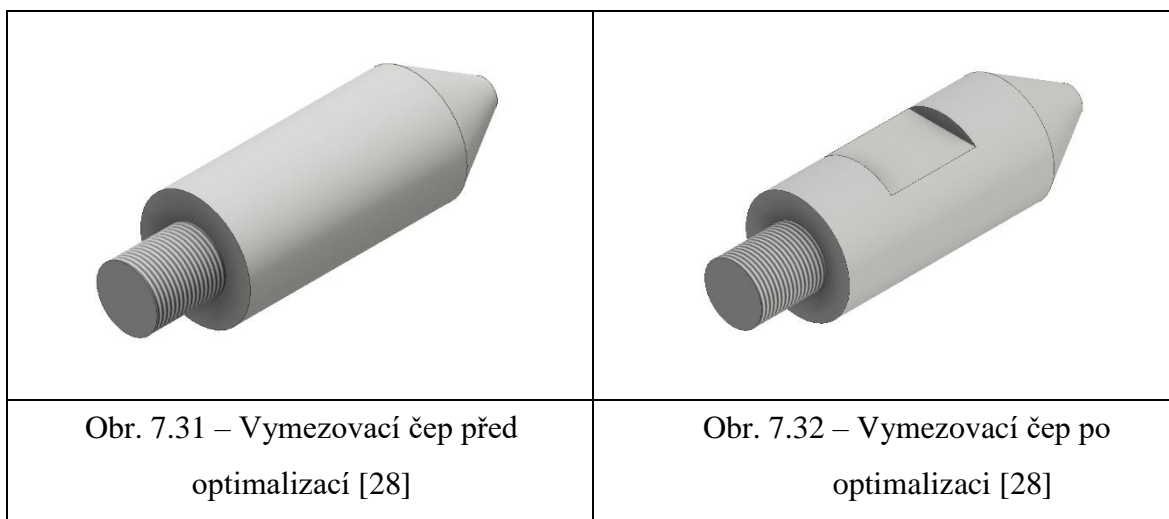
## 7.2 Návrh optimalizace přípravku s ohledem na výrobu

V této části kapitoly budu navrhovat optimalizaci jednotlivých částí přípravku dle různých kritérií. Jedná se především o snadnější vyrobiteľnost součásti, manipulace nebo montáž.

Vnější kruh základny přípravku má v průměru 3 metry a je zobrazen Obr. 7.27. Proto není v technologických možnostech firmy vyrobit vnější kruh jako jednu součást. Musí tedy být rozdělen do třech segmentů pro 120°. To samé platí pro podpůrný kruh, na Obr. 7.28, vnějšího kruhu. Ten je rozdělen do tří segmentů po 120°. Na obrázcích Obr. 7.29 a Obr. 7.30 jsou vidět napojení optimalizovaných součástí.

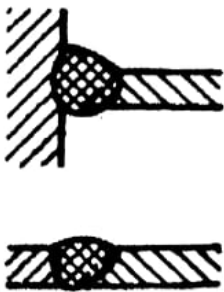
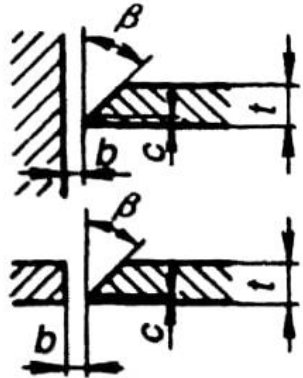
	
Obr. 7.27 – Vnější kruh [28]	Obr. 7.28 – Podpůrný vnější kruh [28]
	
Obr. 7.29 – Napojení vnějšího kruhu [28]	Obr. 7.30 – Napojení vnějšího podpůrného kruhu [28]

Při změně součásti z 5150 na 5250 a obráceně se musí vyměnit vymezovací čep. Ten je přichycen pomocí závitu M24x1,5. Před optimalizací by se čep špatně demontoval. Proto jsou na jeho povrchu dvojce vybrání. Ty slouží jako opěrné body pro plochý klíč M20. Na Obr. 7.31 je zobrazen čep před optimalizací a na Obr. 7.32 je model čepu s vybráním.



Všechny součásti, které se svařují musejí mít na svařované hraně fazetu. Velikost a úhel fazety se řídí normou ČSN EN ISO 9692–1, která je uvedena ve strojírenských tabulkách. Kde na prvním místě je rozhodující tloušťka materiálu, poté je název svaru značka a jednoduchý výkres, dle kterého se provede sražení hrany neboli fazetování. Na konci tabulky je doporučená metoda svařování podle ČSN EN ISO 4063. V Tab. 7.1 a Tab. 7.2 je ukázka charakteristických hodnot pro přípravu svarových ploch.

Tab. 7.1 – Charakteristické hodnoty pro přípravu svarových ploch [43]

Číslo	Tloušťka materiálu $t$	Pojmenování svaru	Zobrazení	Řez
1.4	$3 < t < 10$	1/2 V-svar		

Tab. 7.2 – Charakteristické hodnoty pro přípravu svarových ploch [43]

Úhel $\alpha; \beta$	Mezera $b$	Otupení $c$	Výška úkosu	Doporučená metoda svařování
$35^\circ \leq \beta \leq 60^\circ$	$2 \leq b \leq 4$	$2 \leq c \leq 4$	-	111;131;135;141

### 7.3 Ekonomické zhodnocení

Ekonomické zhodnocení vypovídá o přínosu přípravku pro společnost. Základními parametry pro správné zhodnocení přípravku jsou náklady na materiál a výrobu. Pomocí těchto parametrů se pak spočítá doba návratnosti.

#### 7.3.1 Náklady na materiál

Náklady na materiál hrají u takto velkého přípravku velkou roli. Masivní univerzální základna potřebuje okolo 2,1 tun čistého materiálu. Upínací systém pro součást 5150 potřebuje celkově 504 kg čistého materiálu a upínací systém pro součást 5250 potřebuje celkově 156 kg čistého materiálu. Čistým materiálem se rozumí materiál před obráběním. Odpad je počítán na 5 %. V Tab. 7.3 je souhrn a kalkulace nákladů na materiál.

Tab. 7.3 – Kalkulace nákladů na materiál [28]

Svařovací přípravek	Hmotnost [kg]	Počet	Hmotnost celkem[kg]	Cena materiálu [Kč/kg]	Cena celkově [Kč]
Základna přípravku	2 145	1	2 145	20	42 900
Upínací systém pro 5150	42	12	504	20	10 080
Upínací systém pro 5250	13	12	156	20	3 120
Odpad	112	-	112	20	2 240
Svařovací materiál	30	-	30	-	5 250
$\Sigma$	<u>2 342</u>	<u>25</u>	<u>2 947</u>	<u>20</u>	<u>63 590</u>

Celkové náklady na použitý materiál jsou 63 590 Kč. Největší materiálovou položkou je základna přípravku – 42 900 Kč.

#### 7.3.2 Náklady na výrobu

Náklady na výrobu svařovacího přípravku jsou shrnuty v Tab. 7.4. Největší položkou ve výrobních nákladech je technologie svařování. Ta spotřebovává 30 % všech nákladů na výrobu, kde nejvíce nákladů tvoří vedlejší časy a samotný proces svařování. Druhou

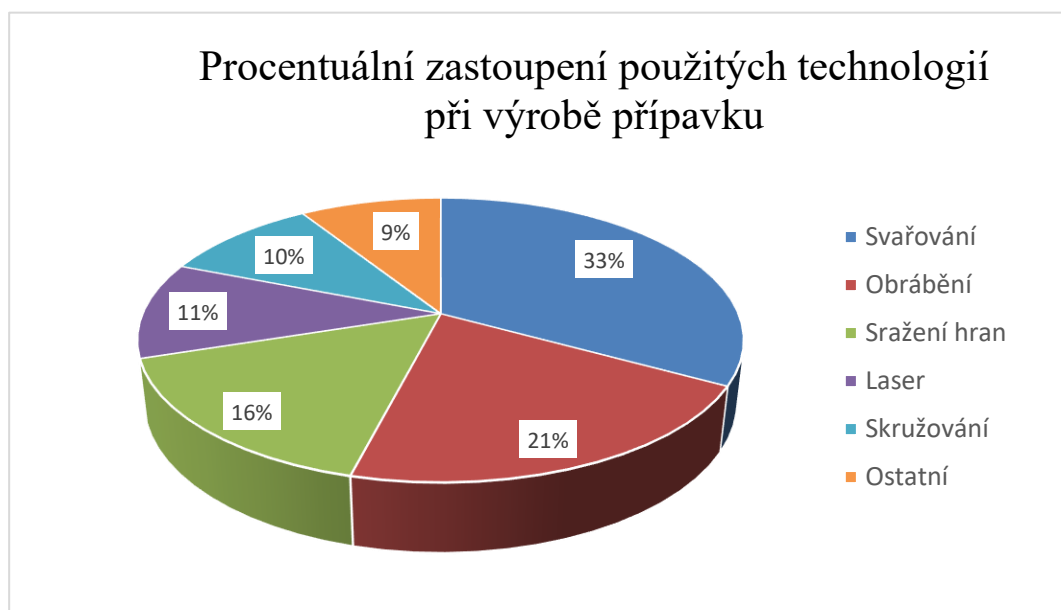


technologií je obrábění, které je časově náročné na upnutí a vyrovnání součásti. Třetí položkou je ruční fazetování. Které je náročné na upnutí součásti a následné ruční sražení hran.

Tab. 7.4 – Kalkulace nákladů na výrobu [28]

Použité technologie	Procentuální zastoupení [%]	Cenová kalkulace [Kč]
Svařování	33 %	26053,5
Obrábění	21 %	16579,5
Ruční fazetování	16 %	12632
Pálící automat	11 %	8684,5
Skružování	10 %	7895
Ostatní	9 %	7105,5
$\Sigma$	<u>100 %</u>	<u>78 950</u>

Tab. 7.4 jsem předělal do koláčového grafu, aby bylo vidět, jak velkou část zabírají svařování a obrábění při výrobě svařovacího přípravku.



Obr. 7.33 – Procentuální zastoupení použitých technologií

### 7.3.3 Doba návratnosti

Odhadovaný plán výroby je celkem 60 kusů za rok. Poměr mezi součástmi je 40:20. Tedy 40 kusů svařovaných součástí 5150 a 20 kusů součástí 5250. Dle interních propočtů ušetří přípravek zhruba 950 Kč na jednu svařovanou součást.

$Q_{(BEP)}$  – hledané množství vyrobených součástí přípravkem, při kterém se firmě vrátí náklady na pořízení přípravku.

$U$  – uspořené peníze na jednu svařovanou součást [Kč/ks]

$\sum N_m$  – suma všech nákladů na materiál [Kč]

$\sum N_v$  – suma všech nákladů na výrobu [Kč]

$$Q_{(BEP)} = \frac{\sum N_m + \sum N_v}{U}$$

$$Q_{(BEP)} = \frac{63\,590 + 78\,950}{950}$$

$$Q_{(BEP)} = 150 \text{ kusů}$$

Při 150 kusech vyrobených svařovaných součástí se vrátí firmě náklady za přípravek. Pokud tedy vezmeme časové období 3 roky, tak během nich se vyrobí 180 součástí. Z čehož bude 120 kusů – 5150 a 60 kusů – 5250. Níže je uvedený jednoduchý vzorec pro výpočet hospodárnosti přípravku. Do čitatele se doplní dosažené úspory za určité období.

$$X \geq \frac{\sum \text{všech dosažených úspor}}{\sum \text{všech výrobních nákladů a nákladů údržby}}$$

$$X \geq \frac{\sum \text{dosažená úspora} * \text{počet roků} * \text{počet vyrobených součástí}}{\sum \text{všech výrobních nákladů a nákladů údržby}}$$

$$X \geq \frac{\sum 950 * 3 * 60}{\sum 142540 + 10\,000}$$

$$X \geq \frac{171\,000}{152\,540}$$

$$X \geq 1,1$$

Parametr  $X$  vyšel více jak jedna. To znamená, že přípravek je rentabilní. Doba návratnosti se tedy odhaduje, dle plánu výroby, třetím rokem. Tento výsledek není až tak uspokojivý. Přesto má přípravek velký přínos pro výrobu. Následně uvedu jeho přínosy:

- Svářečí pracovník si může svařovanou součást natočit dle své potřeby.
- Ergonomické polohy svařování
- Svařovací proces eliminuje nebezpečné polohy při svařování. S tím úzce souvisí nižší kvalifikací pracovníků
- Vyšší kvalita svarů
- Snížení vedlejších časů na otočení přípravku

Na začátku kapitoly jsem popsal finální svařovací přípravek. Znázornil jsem obráběné plochy a funkční otvory. Ty se rozdělují na otvory pro upínací systém a pro značku místa svaru. Dále jsem popsal finální svařovací přípravek pro každou součást zvlášť (5150 a 5250). Každá varianta přípravku je detailně popsána. Následně jsem udělal u těchto přípravků pevnostní analýzy. Analýza přípravku pro součást 5150 vyšla velmi dobře. Maximální průhyb přípravku byl 0,2 mm. Druhá analýza pro součást 5250 vyšla ještě lépe. Průhyb přípravku zde dosahoval maximální hodnoty 0,15 mm. Některé části takto rozměrného přípravku nelze vyrobit na technologickém zařízení, kterým disponuje firma Schäfer–Menk. Proto jsem musel optimalizovat výrobu dvou součástí. První je vnější kruh, který se musel rozdělit na tři segmenty. Segmenty se poté vypálí na pálicím automatu a následně svaří oboustrannými V svary. Druhou součástí je podpůrný vnější kruh. Ten se rozdělit do tří segmentů. Jen jeho výroba se liší od vnějšího kruhu. Je vyroben z ploché tyče. Ty se pak následně svaří oboustranným V svarem. Dále jsem musel optimalizovat vymezovací čepy, které napomáhají správnému usazení vnitřního plechu svařované součásti. Na vymezovacích čepích jsem udělal drážky pro snadné otáčení plochým klíčem M20. Na závěr kapitoly jsem provedl ekonomické zhodnocení. Kde jsem propočítal náklady na materiál a náklady na výrobu. Následně jsem pomocí sumy nákladů a uspořené náklady na kus spočítal vrácení nákladů na přípravek při 150 kusech vyrobených svařovaných součástí. Při výrobě 60 kusů za rok to odpovídá době návratnosti tři roky.

## 8 ZÁVĚR

V této diplomové práci jsem se zabýval návrhem a vývojem přípravku pro výrobní proces. Jde především o zlepšení výroby svařovaných součástí pomocí přípravku ve firmě Schäfer-Menk s.r.o..

Na začátku práce jsem představil firmu, pro kterou jsem přípravek konstruoval. Firma sídlí v Radotíně na okraji Prahy. Stručně jsem popsal založení společnosti, skupinu Menk, do které patří, a vyráběné produkty, které své uplatnění nacházejí v těžké technice.

V první části (teoretické) je popsáno svařování a metoda svařování, kde se k natavení základního materiálu používá teplo vyvolané elektrickým obloukem. Se svařovacím procesem také úzce souvisí svarová pnutí a deformace. Hlavní částí teoretické kapitoly jsou přípravky a svařovací přípravky. Přípravky jsou rozděleny dle následujících kritérií: rozsahu použitelnosti, zdroje upínací síly a technologie výroby. Důležitou částí přípravků je ekonomika neboli hospodárnost přípravku. Ta rozhoduje, zda přípravek bude konstruován nebo schválen pro výrobu. Přípravek musí přinášet firmě zlepšení výroby součástí nebo snížení nákladů na výrobu součástí. k tomu také přispívá dodržování konstrukčních zásad přípravků.

Ve druhé části (praktické) jsou popsány zadané součásti po stránce konstrukční, materiálové a technologické. Také je popsána výroba svařovaných součástí a polohovadlo, na které je přípravek konstruován.

Svařovací přípravek je rozdělen do dvou částí. První je základna přípravku. Kde jsem se rozhodoval, zda použít individuální základnu přípravku pro každou součást zvlášť nebo použít univerzální přípravek. Pro obě varianty jsem udělal pevnostní analýzu a následně pomocí vícekritériální rozhodovací analýzy zvolil pro základnu svařovacího přípravku – univerzální variantu. Následně jsem tedy navrhl tři varianty univerzálního přípravku. Varianty se od sebe pouze liší v tvaru a počtu podpůrných součástí. Všechny tři varianty jsem podrobil pevnostní analýze, na základně různých kritérií jsem provedl rozhodovací analýzu. Nejlepší variantou byla univerzální základna s podpůrnou součástí – plech a počtem čtyř. Tato finální verze základny přípravku bude použita pro konstrukci finálního přípravku. Druhou je upínací systém. Zde se rozhodovalo mezi kupovaným a vyráběným upínacím systémem. Zvolil jsem systém vyráběný, který měl lepší výsledky ve vícekritériální rozhodovací analýze. Byla to především nízká pořizovací cena a levnější následný servis součástí oproti variantě kupované.

Na závěr jsem zkonstruoval svařovací přípravek na základě výsledků rozhodovacích analýz. Zde jsem popsal pro každou součást (5150 a 5250) svařovací přípravek. Poté jsem pro každou variantu finálního přípravku udělal pevnostní analýzu. U obou analýz vyšly hodnoty průhybu přípravku maximálně 0,2 mm. Dále jsem optimalizoval některé součásti přípravku z důvodů nevyrobitelnosti na technologickém zařízení firmy nebo pro nevyhovující montáž. Na konec jsem provedl ekonomické zhodnocení přípravku. Popsal jsem náklady na materiál a výrobu přípravku. Také jsem spočítal, dle plánové výroby součástí 60 kusů za rok, dobu návratnosti na tři roky. Už při 150 kusech vyrobených součástí se zaplatí náklad na přípravek. Svařovací přípravek snižuje vedlejší časy při procesu svařování a zlepšuje kvalitu svarových spojení svařované součásti.

## 9 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] O nás. Schäfer-Menk ČESKÁ REPUBLIKA [online]. Praha Radotín: ARION spol. s r.o., 2019 [cit. 2018-11-02]. Dostupné z: <http://www.schmenk.cz/o-nas/>
- [2] Prohlídka výrobního závodu Schäfer-Menk Dýšina. In: Kudy z nudy [online]. CzechTourism, 2018 [cit. 2019-01-02]. Dostupné z: [https://images1.kudyznudy.cz/\\_t\\_/Files/KzN/8a/8a04bc5c-ca9d-489d-9ed0-c4d45e00dc5c\\_1316\\_608\\_fit.jpg](https://images1.kudyznudy.cz/_t_/Files/KzN/8a/8a04bc5c-ca9d-489d-9ed0-c4d45e00dc5c_1316_608_fit.jpg)
- [3] Typ kontejnerů. In: ČD logistics [online]. Praha: CD Logistics [cit. 2019-01-01]. Dostupné z: <http://www.cdlogistics.cz/cs/nase-sluzby/hedvabna-stezka/typy-kontejneruu>
- [4] GMK 5180-1. In: TRT [online]. Estate, Hamilton, NZ: TRT - Tidd Ross Todd [cit. 2019-01-01]. Dostupné z: <https://www.trt.co.nz/cranes/grove-cranes/all-terrain-cranes/>
- [5] BENEŠ, Libor, prof. Dr. Ing. IWE. *Přehled svařování* [online]. Praha, 2016 [cit. 2018-12-05]. Dostupné z: [http://users.fs.cvut.cz/libor.benes/vyuka/svarovani/UT\\_01\\_Prehled\\_svarovani\\_T08.pdf](http://users.fs.cvut.cz/libor.benes/vyuka/svarovani/UT_01_Prehled_svarovani_T08.pdf). Výukový dokument. FS ČVUT.
- [6] Popis svaru. In: *BAHR: Kovovýroba a svářečská škola* [online]. K.A.H. Studio [cit. 2018-12-05]. Dostupné z: [http://bahr.kahstudio.cz/met\\_oznsvar.php](http://bahr.kahstudio.cz/met_oznsvar.php)
- [7] Obalená elektroda (MMA). In: *Automig: Internetový magazín* [online]. Teplice: Migatronic CZ a.s [cit. 2018-12-05]. Dostupné z: <http://automig.cz/o-svarovani/metody/obalena-elektroda-mma/>
- [8] MIG/MAG (CO2). In: *Automig: Internetový magazín* [online]. Teplice: Migatronic CZ a.s [cit. 2018-12-05]. Dostupné z: <http://automig.cz/o-svarovani/metody/migmag-co2/>
- [9] DRŽAN, Jaroslav. *Svařování - úvod* [online]. Příbram, 2013 [cit. 2018-12-05]. Dostupné z: [http://www.spspb.cz/wp-content/uploads/dumy/str/VY\\_32\\_INOVACE\\_DR\\_STR\\_16.pdf](http://www.spspb.cz/wp-content/uploads/dumy/str/VY_32_INOVACE_DR_STR_16.pdf). Prezentace. Střední průmyslová škola a Vyšší odborná škola Příbram.
- [10] *Značení svaru na výkrese*. KOLEKTIV AUTORŮ. Svařování tenkých plechů, drátů a profilů, studijní text k modulu vzdělávacího programu Profesmodul, EPAVA Olomouc, vydání první, Olomouc 2012.
- [11] Základní značky svarů dle ČSN EN 22 553. SCHANDL, Peter. *Metodika a techniky obloukového svařování hliníku a jeho slitin se zaměřením na WIG technologie užívané v EGE s. r. o. a nové související normy EN a ISO* [online]. České Budějovice, 2015 [cit. 2018-12-05]. Dostupné z: [https://wstag.jcu.cz/StagPortletsJSR168/PagesDispatcherServlet?pp\\_destElement=%23ssSouboryStudentuDivId\\_1756&pp\\_locale=cs&pp\\_reqType=render&pp\\_portlet=souboryStudentuPagesPortlet&pp\\_page=souboryStudentuDownloadPage&pp\\_nameSpace=G223848&soubidno=120909](https://wstag.jcu.cz/StagPortletsJSR168/PagesDispatcherServlet?pp_destElement=%23ssSouboryStudentuDivId_1756&pp_locale=cs&pp_reqType=render&pp_portlet=souboryStudentuPagesPortlet&pp_page=souboryStudentuDownloadPage&pp_nameSpace=G223848&soubidno=120909). Bakalářská práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. Vedoucí práce PaedDr. Bedřich Veselý, Ph.D.

- [12] Polohy svařování. SCHANDL, Peter. *Metodika a techniky obloukového svařování hliníku a jeho slitin se zaměřením na WIG technologie užívané v EGE s. r. o. a nové související normy EN a ISO* [online]. České Budějovice, 2015 [cit. 2018-12-05]. Dostupné z: [https://wstag.jcu.cz/StagPortletsJSR168/PagesDispatcherServlet?pp\\_destElement=%23ssSouboryStudentuDivId\\_1756&pp\\_locale=cs&pp\\_reqType=render&pp\\_portlet=souboryStudentuPagesPortlet&pp\\_page=souboryStudentuDownloadPage&pp\\_nameSpace=G223848&soubidno=120909](https://wstag.jcu.cz/StagPortletsJSR168/PagesDispatcherServlet?pp_destElement=%23ssSouboryStudentuDivId_1756&pp_locale=cs&pp_reqType=render&pp_portlet=souboryStudentuPagesPortlet&pp_page=souboryStudentuDownloadPage&pp_nameSpace=G223848&soubidno=120909). Bakalářská práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. Vedoucí práce PaedDr. Bedřich Veselý, Ph.D.
- [13] CHLÁD, Luboš. Svařování ocelí s rozdílnými vlastnostmi pomocí Yb-YAG laseru. Brno 2013.55 s., CD. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Ústav strojírenské technologie, Odbor technologie svařování a povrchových úprav. Vedoucí práce RNDr. Libor Mrňa, Ph.D.
- [14] Ing. Kapek, A., V. Krejny a M. Zdařil. *KONSTRUKCE PŘÍPRAVKŮ I. DÍL: UPÍNACÍ SOUČÁSTI ŮSTROJÍ A ZÁKLADNÍ UNIVERSÁLNÍ PŘÍPRAVKY*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1955.
- [15] Okáč, Petr. *Konstrukčně – výrobní řešení upínacího přípravku*. Brno 2014. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. 59 s. 12 příloh. Vedoucí práce Ing. Milan Kalivoda.
- [16] Set 3 Spanmiddelen 16mm. In: *ELEKTROLAS* [online]. Waalwijk: ELEKTROLAS [cit. 2018-11-29]. Dostupné z: <https://www.elektrolas.com/verkoop/mechanisatie-en-inrichting/lastafels/set-spanmiddelen/set-3-spanmiddelen-16mm?filter=138>
- [17] Prof. Ing. CHVÁLA, Břetislav, CSc a Doc. Ing. Josef VOTAVA, CSc. *Základy konstrukce přípravku*. Praha: ČVUT, Praha 1, Husova 5, 1974.
- [18] *Nástroje a přípravky pro obrábění*. 2003. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2003. ISBN 80-214-2336-6.
- [19] Upnutí obrobku do frézovacího přípravku. In: *ELUC* [online]. Olomouc [cit. 2018-12-05]. Dostupné z: [https://eluc.kr-olomoucky.cz/uploads/images/15579/content\\_frezovaci\\_pripravek.png](https://eluc.kr-olomoucky.cz/uploads/images/15579/content_frezovaci_pripravek.png)
- [20] ŠTANCL, Jiří. *Konstrukce svařovacího přípravku*. Brno, 2015. 48s. 1 výkres, 3 přílohy, CD. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Ústav strojírenské
- [21] VODĚRA, Jaroslav. *Svařovací přípravky pro všeobecné strojírenství*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1963. Knižnice strojírenské výroby.
- [22] *Svařujte CZ* [online]. Olomouc [cit. 2018-11-29]. Dostupné z: <https://www.svarujte.cz/>
- [23] Svářečky obchod [online]. Rožnov pod Radhoštěm [cit. 2018-11-29]. Dostupné z: <https://www.svarecky-obchod.cz/prislusenstvi/>

- [24] Reverzní kleště. In: *Pro svaření CZ* [online]. Bradlecká Lhota [cit. 2018-11-29]. Dostupné z: <https://prosvareni.cz/cz-detail-3490-pe6m-reverzni-kleste-sverka-min-25mm-zdvih-19mm.html>
- [25] Half Clamps. In: Strong Hand Tools [online]. Santa Fe Springs, CA [cit. 2018-11-29]. Dostupné z: <http://stronghandtools.com/stronghandtools/products/clamps/half-clamp/>
- [26] Svrka středící vnější. In: WELDPOINT: svářecí technika [online]. Zakřany [cit. 2018-11-29]. Dostupné z: <https://www.weldpoint.eu/shop/1280-sverka-stredici-vnejsi-e-z-ezr6/>
- [27] In: JC Metal [online]. Vsetín [cit. 2018-11-29]. Dostupné z: <https://www.jcmetal.cz/produkt/>
- [28] Interní dokumenty, výkresy obrázky. Schäfer-Menk
- [29] Schweißtisch Professional 750 System 22. In: FRANZ MOSER [online]. Vsetín [cit. 2018-11-29]. Dostupné z: <https://www.fmoser.at/Online-Shop/Werkzeuge-Kleinmaschinen/Schweiss-Loettechnik/Sonstige-Schweiss-Loettechnik/Schweisstisch-Professional-750-System-22.html>
- [30] Упор. In: SVARCOM [online]. Kyjev [cit. 2018-11-29]. Dostupné z: <https://svarcom.net/katalog/svarochnye-stoly/16-sistema/upory-4.html>
- [31] Siegmund S1-280112 Clamping Square. In: Industrial Tool Crib [online]. Pella, IA 50219 [cit. 2018-11-29]. Dostupné z: [http://www.industrial-toolcrib.com/Siegmund-S1-280112-Clamping-Square-175mm-x-50mm-x-275mm-69-In-x-19-In-x-108\\_p\\_1873.html](http://www.industrial-toolcrib.com/Siegmund-S1-280112-Clamping-Square-175mm-x-50mm-x-275mm-69-In-x-19-In-x-108_p_1873.html)
- [32] Siegmund System 16 Cast Square. In: Trick tools [online]. Pella, IA 50219 [cit. 2018-11-29]. Dostupné z: [https://www.trick-tools.com/index/page/product/product\\_id/8351/product\\_name/Siegmund+System+16+Cast+Square%2C+195mm+x+500mm%2C+Left](https://www.trick-tools.com/index/page/product/product_id/8351/product_name/Siegmund+System+16+Cast+Square%2C+195mm+x+500mm%2C+Left)
- [33] In: BH TUNGSTEN GRINDERS LTD [online]. Leicester [cit. 2018-11-29]. Dostupné z: <http://www.tungstengrinders.co.uk/siegmund-welding-tables/>
- [34] Svařovací stroje: Svařovací přípravky, polohovadla a manipulátory [online]. Ostrava, 2008 [cit. 2018-11-29]. Dostupné z: [http://homen.vsb.cz/~hla80/Vyuka/2008\\_%20SS4.pdf](http://homen.vsb.cz/~hla80/Vyuka/2008_%20SS4.pdf). Prezentace - přednáška. VŠB - Technická univerzita. Vedoucí práce Doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
- [35] In: *E.G.: Engineering group* [online]. Český Brod [cit. 2018-11-30]. Dostupné z: <https://www.eg-egroup.cz/>
- [36] In: Česká Třebová [online].: KSK, 2016/04 [cit. 2018-11-29]. Dostupné z: <http://www.kskct.cz/wp-content/uploads/>
- [37] Metody svařování. Auto MIG: Internetový magazín [online]. Teplice [cit. 2018-11-29]. Dostupné z: <http://automig.cz/o-svarovani/metody/>



- [38] CAB SYSTEM 300S/300M. ESAB [online]. ESAB [cit. 2018-11-29]. Dostupné z: <https://www.esab.cz/cz/cz/products/index.cfm?fuseaction=home.product&productCode=917&tab=2>
- [39] Kombinace sl. výložníku a klad. polohovadla. In: Tech Park: Vydavatelstvo [online]. 2014 [cit. 2018-11-30]. Dostupné z: <http://www.techpark.sk/technika-9102014/air-liquide-welding-reseni-pro-automatizaci-ve-svarovani.html>
- [40] 3-osové L-POLOHOVADLÁ - SPK. KOVACO [online]. Veľká Lehota: KOVACO.sk, 2015 [cit. 2018-11-05]. Dostupné z: <http://www.kovaco.sk/3-osove-l-polohovadla-spk/p28/s196/i1651><http://www.kovaco.sk/3-osove-l-polohovadla-spk/p28/s196/i1651>
- [41] S960QL (1.8933). European Steel and Alloy Grades / Numbers Searchable Database [online]. UKRAINE [cit. 2018-11-04]. Dostupné z: [http://www.steelnumber.com/en/steel\\_composition\\_eu.php?name\\_id=58](http://www.steelnumber.com/en/steel_composition_eu.php?name_id=58)
- [42] Přehled vlastností oceli S235JR: 1.0038. In: Bohdan Bolzano: ocel v pohybu [online]. Kladno [cit. 2019-01-02]. Dostupné z: [https://www.bolzano.cz/assets/files/TP/MOP\\_%20Tycova\\_ocel/EN\\_10025/MOP\\_prehled\\_vlastnosti\\_S235JR.pdf](https://www.bolzano.cz/assets/files/TP/MOP_%20Tycova_ocel/EN_10025/MOP_prehled_vlastnosti_S235JR.pdf)
- [43] LEINVEBER, Jiří a Pavel VÁVRA. Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření. 5., upr. vyd. Úvaly: Albra, 2011. ISBN 978-80-7361-081-4.

## 10 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 2.1 – Závod v Praze v Radotíně [1] .....	8
Obr. 2.2 – Závod u Plzně v Dýšině [2] .....	8
Obr. 2.3 – Rám pro lodní nakladač [3] .....	9
Obr. 2.4 – Teleskopická ramena autojeřábů [4].....	9
Obr. 3.1 – Schéma typů a druhů svařování [5] .....	10
Obr. 3.2 – Detailnější zobrazení V svaru [6] .....	12
Obr. 3.3 – Svařovací souprava pro svařování obalovanou elektrodou [7] .....	12
Obr. 3.4 Svařovací souprava pro svařování MIG/ MAG [8] .....	13
Obr. 3.5 – Svarové deformace vznikající při svařování V svaru [9] .....	14
Obr. 3.6 – Značení svaru na výkrese [10].....	15
Obr. 3.7 – Základní značky svarů [11] .....	15
Obr. 3.8 – Ukázky a označování polohy svařování [12] .....	16
Obr. 3.9 – Defekty svařovacího procesu [13] .....	17
Obr. 4.1 – Ukázka stavebnicových součástí [16].....	19
Obr. 4.2 – Rozměry koutových svarů [14] .....	20
Obr. 4.3 – Příklady přechodů stěn u odlitků [14] .....	21
Obr. 4.4 – Obráběcí přípravek (frézování) [18].....	22
Obr. 4.5 – Svařovací přípravek [19] .....	22
Obr. 4.6 – Svěrka Utility LT [22] .....	29
Obr. 4.7 – Čelist'ová svěrka s tvarovými dotyky [23] .....	29
Obr. 4.8 – MULTI-PURP [22].....	29
Obr. 4.9 – Kovová úhlová svěrka [24].....	29
Obr. 4.10 – Svěrka HALF [25] .....	30
Obr. 4.11 – Svěrka středící vnější [26] .....	30
Obr. 4.12 – Vodorovná upínka 100 UR [27] .....	30
Obr. 4.13 – Svislá upínka 210 UZ [27].....	30
Obr. 4.14 – Přímá upínka 300 [27] .....	31
Obr. 4.15 – Háková upínka 420 [27] .....	31
Obr. 4.16 Pneumatická upínka 240 P [27].....	31
Obr. 4.17 – Ukázka stavebnicového přípravku [28].....	32
Obr. 4.18 – Svařovací stavebnicový stůl [29].....	32
Obr. 4.19 – Jednoduchý doraz [30].....	33

Obr. 4.20 – Vodorovná upínka [27].....	33
Obr. 4.21 – Úhelník Siegmund [31] .....	33
Obr. 4.22 – Úhelník systému 16 Siegmund [32].....	33
Obr. 4.23 – Různé velikosti čepů [33] .....	34
Obr. 4.24 – Příklad použití svěrek [33] .....	34
Obr. 4.25 – Kladkové polohovadlo s výklopnými kladkami [35] .....	35
Obr. 4.26 – Kladkové polohovadlo se stavitelným rozsahem průměru [35] .....	35
Obr. 4.27 – Motorické polohovadlo EP 1500 [27] .....	35
Obr. 4.28 – Svařovací stolové polohovadlo PO 200 S [36].....	36
Obr. 4.29 – Polohovadlo pro svařování větších součástí PO 500 S (do 500 kg) [36]	36
Obr. 4.30 – Výložníkový sloup od firmy ESAB [38].....	37
Obr. 4.31 – Kombinace sl. výložníku a klad. polohovadla [39] .....	37
Obr. 5.1 – Autojeřáb GMK 5150L [40].....	39
Obr. 5.2 – Autojeřáb GMK 5250L [40].....	39
Obr. 5.3 – Model součásti 5150 .....	39
Obr. 5.4 – Model součásti 5250 .....	39
Obr. 5.5 – Vnější segment 5150 .....	40
Obr. 5.6 – Vnitřní plech 5150 .....	40
Obr. 5.7 – Zkosení vnitřního plechu a místo svaru.....	40
Obr. 5.8 – Natočení vnějšího prstence o 42,5° vůči svislé ose .....	41
Obr. 5.9 – Natočení vnějšího prstence o 47,5° vůči svislé ose .....	41
Obr. 5.10 – Vnější segment 5250 .....	41
Obr. 5.11 – Vnitřní plech 5250 .....	41
Obr. 5.12 – Zobrazení zkosení vnitřního plechu a místo svaru .....	41
Obr. 5.13 – Natočení vnějšího prstence o 41° vůči svislé ose .....	42
Obr. 5.14 – Natočení vnějšího prstence o 49° vůči svislé ose .....	42
Obr. 5.15 – Značení svaru na prstenci .....	43
Obr. 5.16 – Značení svaru na prostředním plechu .....	43
Obr. 5.17 – Náběhový a výběhový plech na vnějším prstenci .....	43
Obr. 5.18 – Oboustranný V svar na vnějším prstenci .....	43
Obr. 5.19 – Svařenec 5150.....	44
Obr. 5.20 – Svařenec 5250.....	44
Obr. 5.21 – Svařená a obrobená součást .....	44

Obr. 5.22 – Polohovadlo KOVACO SPK 50 EM [5.1].....	45
Obr. 5.23 – Technický náčrt polohovadla.....	45
Obr. 6.1 – Schéma návrhu svařovacího přípravku.....	47
Obr. 6.2 – Schéma návrhu základny přípravku .....	47
Obr. 6.3 – Názvosloví součástí základny přípravku .....	48
Obr. 6.4 – Pohled horní.....	49
Obr. 6.5 – Pohled dolní.....	49
Obr. 6.6 – Zatížené plochy.....	49
Obr. 6.7 – Výsledné napětí v součásti v MPa.....	49
Obr. 6.8 – Výsledné posunutí součásti v mm .....	50
Obr. 6.9 – Pohled horní.....	51
Obr. 6.10 – Pohled dolní.....	51
Obr. 6.11 – Zatížené plochy.....	51
Obr. 6.12 – Výsledné napětí v součásti v MPa.....	51
Obr. 6.13 – Výsledné posunutí součásti v mm .....	52
Obr. 6.14 – Pohled horní.....	53
Obr. 6.15 – Pohled dolní.....	53
Obr. 6.16 – Zatížené plochy.....	53
Obr. 6.17 – Výsledné napětí v součásti v MPa.....	53
Obr. 6.18 – Výsledné posunutí součásti v mm .....	54
Obr. 6.19 – Schéma pokračování návrhu základny přípravku.....	56
Obr. 6.20 – Názvosloví součástí univerzální základny přípravku .....	56
Obr. 6.21 – Pohled horní.....	57
Obr. 6.22 – Pohled dolní.....	57
Obr. 6.23 – Zatížené plochy.....	57
Obr. 6.24 – Výsledné napětí v součásti v MPa.....	58
Obr. 6.25 – Výsledné průhyb součásti v mm.....	58
Obr. 6.26 – ISO pohled horní .....	59
Obr. 6.27 – Popis základny přípravku .....	59
Obr. 6.28 – Zatížené plochy.....	59
Obr. 6.29 – Výsledné napětí v součásti v MPa.....	60
Obr. 6.30 – Výsledné posunutí součásti v mm .....	60
Obr. 6.31 – ISO pohled horní .....	61

Obr. 6.32 – Popis základny přípravku .....	61
Obr. 6.33 – Zatížené plochy.....	61
Obr. 6.34 – Výsledné napětí v součásti v MPa.....	62
Obr. 6.35 – Výsledné posunutí součásti v mm .....	62
Obr. 6.36 – Vybraná základna přípravku.....	65
Obr. 6.37 – Vybraná základna přípravku.....	65
Obr. 6.38 – Schéma návrhu upínacího systému svařovacího přípravku.....	65
Obr. 6.39 – Model upínky 150 UR [27] .....	66
Obr. 6.40 – Základna pro 5150 .....	66
Obr. 6.41 – Základna pro 5250 .....	66
Obr. 6.42 – Upínací systém pro 5150 .....	67
Obr. 6.43 – Upínací systém pro 5250 .....	67
Obr. 6.44 – Upínací systém pro 5150 .....	67
Obr. 6.45 – Upínací systém pro 5250 .....	67
Obr. 6.46 – Schéma průběhu návrhu svařovacího přípravku .....	69
Obr. 7.1 – Univerzální základna přípravku.....	70
Obr. 7.2 – Univerzální základna přípravku.....	70
Obr. 7.3 – Základna pro součást 5150 .....	70
Obr. 7.4 – Základna pro součást 5250 .....	70
Obr. 7.5 – Značky pro místo svaru .....	71
Obr. 7.6 – Otvory pro upínací systémy.....	71
Obr. 7.7 – Základna pro součást 5150 .....	71
Obr. 7.8 – Upínka pro součást 5150 .....	71
Obr. 7.9 – Distanční čep pro součást 5150 .....	72
Obr. 7.10 – Upínací systém pro součást 5150 .....	72
Obr. 7.11 – Finální svařovací přípravek pro součást 5150.....	72
Obr. 7.12 – Detailnější pohled na značku místa svaru.....	73
Obr. 7.13 – Detailnější pohled na vymežovací čepy .....	73
Obr. 7.14 – Základna pro součást 5250 .....	73
Obr. 7.15 – Upínka pro součást 5250 .....	73
Obr. 7.16 – Distanční čep pro součást 5250 .....	73
Obr. 7.17 – Upínací systém pro součást 5250 .....	73
Obr. 7.18 – Finální svařovací přípravek pro součást 5250 .....	74

Obr. 7.19 – Detailnější pohled na značku místa svaru.....	74
Obr. 7.20 – Detailnější pohled na vymežovací čepy .....	74
Obr. 7.21 – Zatížené plochy.....	75
Obr. 7.22 – Výsledné napětí přípravku pro součást 5150 v MPa .....	75
Obr. 7.23 – Výsledné posunutí přípravku pro součást 5150 v mm .....	76
Obr. 7.24 – Zatížené plochy.....	76
Obr. 7.25 – Výsledné napětí přípravku pro součást 5250 v MPa .....	77
Obr. 7.26 – Výsledné posunutí přípravku pro součást 5250 v mm .....	77
Obr. 7.27 – Vnější kruh [28].....	78
Obr. 7.28 – Podpurný vnější kruh [28] .....	78
Obr. 7.29 – Napojení vnějšího kruhu [28] .....	78
Obr. 7.30 – Napojení vnějšího podpurného kruhu [28] .....	78
Obr. 7.31 – Vymežovací čep před optimalizací [28].....	79
Obr. 7.32 – Vymežovací čep po optimalizaci [28] .....	79
Obr. 7.33 – Procentuální zastoupení použitých technologií .....	81

## 11 SEZNAM TABULEK

Tab. 4.1 – Doporučené velikosti svarů závislé na tloušťce materiálu .....	20
Tab. 4.2 – Nejmenší tloušťky stěn odlitku [mm] [14] .....	21
Tab. 5.1 – Chemické složení oceli S960QL [41].....	42
Tab. 5.2 – Technické parametry polohovadla KOVACO [5.1].....	45
Tab. 6.1 – Chemické složení S235JR [6.1].....	46
Tab. 6.2 – Technické specifikace přípravku .....	48
Tab. 6.3 – Technické specifikace přípravku .....	50
Tab. 6.4 – Technické specifikace přípravku .....	52
Tab. 6.5 – Souhrn všech parametrů jednotlivých návrhů .....	54
Tab. 6.6 – Vícekriteriální rozhodovací analýza .....	55
Tab. 6.7 – Výsledek vícekriteriální rozhodovací analýzy .....	55
Tab. 6.8 – Technické specifikace přípravku .....	57
Tab. 6.9 – Technické specifikace přípravku .....	59
Tab. 6.10 – Technické specifikace přípravku .....	61
Tab. 6.11 – Souhrn všech parametrů jednotlivých návrhů .....	63
Tab. 6.12 – Vícekriteriální rozhodovací analýza .....	64
Tab. 6.13 – Výsledek vícekriteriální rozhodovací analýzy .....	64
Tab. 6.14 – Souhrn všech parametrů jednotlivých návrhů .....	68
Tab. 6.15 – Vícekriteriální rozhodovací analýza .....	68
Tab. 6.16 – Výsledek vícekriteriální rozhodovací analýzy .....	69
Tab. 7.1 – Charakteristické hodnoty pro přípravu svarových ploch [43] .....	79
Tab. 7.2 – Charakteristické hodnoty pro přípravu svarových ploch [43] .....	79
Tab. 7.3 – Kalkulace nákladů na materiál [28].....	80
Tab. 7.4 – Kalkulace nákladů na výrobu [28].....	81