

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování

Úprava zařízení určeného k odstranění přebytečného
svaru
Modification of a Device Designed to Remove Excess
Weld

Student:

Bc. Pavel Chludil

Vedoucí diplomové práce:

doc. Ing. Jiří Fries, Ph.D.

Ostrava 2018

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Pavel Chludil**

Studijní program: N2301 Strojní inženýrství

Studijní obor: 3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství

Specializace: 70 Zemní, těžební a stavební stroje

Téma: **Úprava zařízení určeného k odstranění přebytečného svaru**
Modification of a Device Designed to Remove Excess Weld

Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

V rámci diplomové práce zpracujte rešerši dané problematiky. Dále zpracujte popis současného stavu zařízení a analyzujte příčinu nedostatečné kvality odstranění přebytečného svaru. Navrhněte konstrukční řešení zařízení k dosažení požadované kvality odstranění svaru. Návrh podložte potřebnými pevnostními a případně také kinematickými výpočty. Zpracujte výkresovou dokumentaci v požadovaném rozsahu. Detailní specifikaci provozních, manipulačních a dalších parametrů určí zadavatel práce - Maxion Wheels Czech s.r.o.

Seznam doporučené odborné literatury:

JEŘÁBEK, K. *Metodika navrhování strojů*. 1. vydání, Praha: Ediční středisko ČVUT v Praze, 1999. 119 s.

LEINVEBER, J. - ŘASA, J. - VÁVRA, P. *Strojnické tabulky*. Praha: Scientia, 1999. ISBN 80-7183-164-6

KALÁB, K. *Části a mechanismy strojů pro bakaláře - části spojovací*. Ostrava: Ediční středisko VŠB-TUO, Ostrava, 2007. ISBN 978-80-248-1290-8

ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.


ČSN ISO 690 *Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura*. Praha: ČNI, 1996. 32 s.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

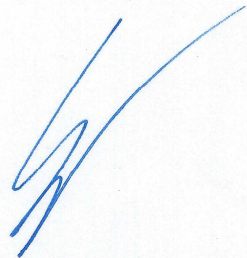
Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Jiří Fries, Ph.D.**

Datum zadání: 08.12.2017

Datum odevzdání: 21.05.2018


doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář
vedoucí katedry




doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 20. 5. 2018

.....
Chludil

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou (bakalářskou) práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové (bakalářské) práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 20.5.2018


.....

podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Bc. Pavel Chludil

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Dubňany, Náměstí 15. Dubna 1149

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

CHLUDIL,P. *Úprava zařízení určeného k odstranění přebytečného svaru* : diplomová práce. Ostrava : VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 2018, 62 s. Vedoucí práce: Fries, J.

Diplomová práce se zabývá úpravou zařízení určeného k odstranění přebytečného svaru. V úvodu je analyzováno zařízení na odstranění přebytečného svaru, popsána jeho funkce a současný stav. Dále jsou analyzovány příčiny nedostatečné kvality odstranění svaru. Poté jsou určeny parametry při odstraňování, jako jsou rozměry prstence vůči rozměrům stroje, rozměry a teplota výronku svaru. Podle těchto vstupních informací jsou navrženy varianty řešení a vhodná varianta je podrobně rozpracována.

ANNOTATION OF MASTER THESIS

CHLUDIL,P. *Modification of a Device Designed to Remove Excess Weld* : Thesis. Ostrava : VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Production Machines and Design, 2018, 62 s. Thesis head: Fries, J.

Thesis is dealing with modification of a device designed to remove excess weld. The introduction is analyzed device designed to remove excess weld, function of this device is described and current state of this device is described. After that the causes of insufficient weld removal quality are analyzed. Then the removal parameters are determined, like dimensions of the ring relative to the dimensions of the machine, dimensions and temperature welding cap. Based on this input information solution variants are designed and a suitable variant is developed in detail.

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu mé diplomové práce doc. Ing. Jiřímu Friesovi, Ph.D. za užitečné rady a připomínky, které přispěly k lepšímu zpracování této práce. Dále bych chtěl poděkovat technologovi společnosti Maxion Wheels Czech s.r.o Pavlu Foltovi, za užitečné rady ohledně orážecího zařízení a technologie odstraňování výronku svaru. Diplomová práce prezentuje znalosti nabyté v rámci projektu Institut čistých technologií těžby a užití energetických surovin – Projekt udržitelnosti. Identifikační kód: LO1406. Projekt je podporován Národním programem udržitelnosti financovaném ze státního rozpočtu ČR.

Obsah

Seznam použitých značek a symbolů	8
1 Úvod	10
2 Rešerše	11
2.1 Společnost	11
2.2 Princip výroby ráfků	12
2.3 Hoblování a obrážení	13
2.4 Odporové svařování	15
2.5 Stykové svařování	16
3 Analýza současného stavu	18
3.1 Popis funkce	21
3.2 Princip nastavení	22
3.3 Měření skutečných možností nastavení	24
3.4 Analýza příčiny nedostatečné kvality odstranění svaru	25
4 Návrh variant řešení	27
4.1 Vstupní parametry	27
4.2 Parametry svaru	28
4.3 Varianty řešení	33
4.4 Vyhodnocení	35
5 Vlastní řešení	36
5.1 Nastavení tloušťky druhé třísky	38
5.2 Opěra	39
5.3 Podložka držáku břitové destičky	40
5.4 Válcový držák břitové destičky	40
5.5 Výpočty působících sil	41
5.6 Pevnostní analýza	50
5.7 Ceny vyráběných součástí	56
6 Závěr	57
7 Seznam použité literatury	58
8 Seznam obrázků a tabulek	60
9 Přílohy	62

Seznam použitých značek a symbolů

a	tloušťka třísky	[m]
a_{12}	minimální tloušťka třísky pro první břitovou destičku	[m]
a_2	tloušťka třísky pro druhou břitovou destičku	[m]
A_{\max}	maximální průřez třísky	[m ²]
$A_{\max 2}$	maximální průřez třísky pro druhou břitovou destičku	[m ²]
A_{\min}	minimální průřez třísky pro první břitovou destičku	[m ²]
b	šířka třísky	[m]
d_o	průměr pístnice přímočarého hydromotoru pro orážení	[m]
d_s	průměr pístnice přímočarého hydromotoru pro stlačení	[m]
F_c	řezná složka síly	[N]
F_{c12}	řezná složka síly pro první břitovou destičku	[N]
F_{c2}	řezná složka síly pro druhou břitovou destičku	[N]
F_{cch}	řezná složka síly po zchlazení	[N]
F_{cchc}	celková řezná složka síly po zchlazení	[N]
F_o	síla orážení	[N]
F_p	pasivní složka síly	[N]
F_{p12}	řezná složka síly pro první břitovou destičku	[N]
F_{p2}	pasivní složka síly pro druhou břitovou destičku	[N]
F_{pch}	pasivní složka síly po zchlazení	[N]
F_{pchc}	celková pasivní složka orážení po zchlazení	[N]
$F_{\dot{r}}$	řezná síla	[N]
$F_{\dot{r}12}$	minimální řezná síla první břitové destičky	[N]
$F_{\dot{r}2}$	řezná síla druhé břitové destičky	[N]
$F_{\dot{r}ch}$	řezná síla po zchlazení	[N]

F_s	síla stlačení čelistí	[N]
k	koeficient meze pevnosti pro teplotu orážení	[-]
p_o	tlak v přímočarém hydromotoru pro orážení	[Pa]
p_f	měrný řezný odpor	[MPa]
p_{rch}	měrný řezný odpor po zchlazení	[MPa]
p_s	tlak v přímočarém hydromotoru pro stlačení	[Pa]
R_m	mez pevnosti	[MPa]
R_{mt}	mez pevnosti pro teplotu orážení	[MPa]
v	řezná rychlost	[m/min]

1 Úvod

Diplomová práce se zabývá úpravou zařízení určeného k odstranění přebytečného svaru pro společnost Maxion Wheels, která vyrábí kola pro osobní i nákladní automobily a vysokozdvížné vozíky. Kolo na vysokozdvížné vozíky se skládá ze dvou částí, z ráfku a disku. Ráfek vzniká z pruhu plechu, který je skružen do požadovaného tvaru a poté svařen. Výronek svaru je zapotřebí odstranit. K odstranění výronku svaru je použit orážecí stroj. Kvalita orážení není dostatečná, proto se musí v některých případech svar dodatečně opracovávat. V případě špatně oraženého prstence nemusí správně dosedat příslušenství v zámkové části. Dále je velmi důležité, aby byl svar dobře odstraněn v pohledové části ramínka.

Cílem diplomové práce, vzhledem k výše uvedeným faktům, je navrhnout úpravu orážecího stroje tak, aby byla kvalita odstranění výronku svaru dostatečná, pro všechny rozměry ráfků obráběné na tomto stroji a tím minimalizovat počet kol, které je potřeba dodatečně opracovat.

Pro stanovení potřebné konstrukční úpravy zařízení, je nutné analyzovat současný stav zařízení. Určit parametry vstupního polotovaru. Vyhodnotit stav současného výstupu ze zařízení a určit odchylku od požadovaného stavu. Ke stanovení odchylek od požadovaného stavu, je nutné stanovit příčiny a navrhnout nápravná opatření.

2 Rešerše

2.1 Společnost

Společnost Maxion Wheels, dříve známá jako Hayes Lemmerz je největším výrobcem kol na světě. Kola vyrábí již déle než 100 let. Začala výrobou dřevěných kola v roce 1908 na automobil Ford T. Momentálně zaměstnává více než 13 000 lidí a její roční produkce je větší než 65 milionů kol ročně. Jedná se o ocelová kola na osobní automobily, hliníková kola na osobní automobily, kola na nákladní automobily a kola na vysokozdvizné vozíky. Společnost Maxion Wheels má rozmístěné pobočky ve více jak 12 zemích světa a na pěti kontinentech, aby minimalizovala náklady na dopravu.

V české republice České republice jsou zastoupeny všechny tyto typy kol kromě kol na nákladní auto mobily. Jsou rozděleny na dvě divize. Divize Autokola zahrnuje ocelová kola na osobní automobily a kola na vysokozdvizné vozíky. Divize Alukola zahrnuje hliníková kola na osobní automobily.

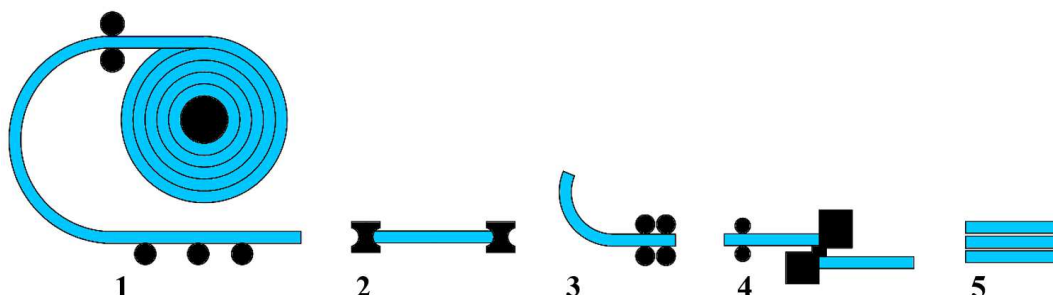
Kola na vysokozdvizné vozíky ze sídla v Ostravě vyváží do celého světa, protože se jedná o jedinou pobočku, která vyrábí tento typ kol. Veškerý vývoj, návrh, i výroba kol na vysokozdvizné vozíky probíhá zde v České republice. Vyrábí se zde kola od průměru osm palců a do průměru patnáct palců. Dělí se na základní dvě skupiny. První jsou kola disková, která se skládají z kola a příslušenství (postranní kruh, závěrný kruh, klínový kruh) a druhou skupinou jsou kola dělená. Dělená kola se sestavují ze dvou lisovaných částí a jsou propojena pomocí šroubů. Speciální skupinou jsou kola pro plošiny, na které převážení jedny z nejtěžších břemen. Tyto kola se také skládají ze dvou částí, ale obě tyto části je poměrně složitější vyrobit, než je tomu u klasických dělených kol. Jsou spojeny pomocí tzv. květinčky a díky použité konstrukci kola jsou mechanické vlastnosti kola lepší než u klasické konstrukce kola.



Obr. 1 Vyráběné typy kol [12, 13]

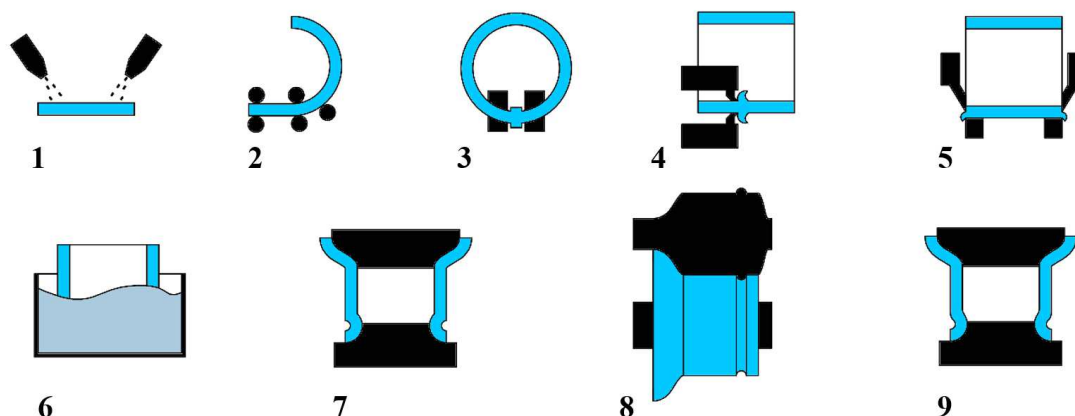
2.2 Princip výroby ráfků

Výroba ráfků na vysokozdvizné vozíky je realizována na dvou výrobních linkách. První z těchto linek je Nástřihová linka. Materiál je zde dovážen ve svitcích, svitek se odvíjí 1 a při odvíjení jsou zaobleny hrany pásu 2. Dále je svitek rovnán 3 a stříhán 4 na pásy. Pásy jsou ukládány do stohů 5.



Obr. 2 1 – odvíjení, 2 – arondování, 3 – rovnání, 4 – stříhání, 5 – stohování.

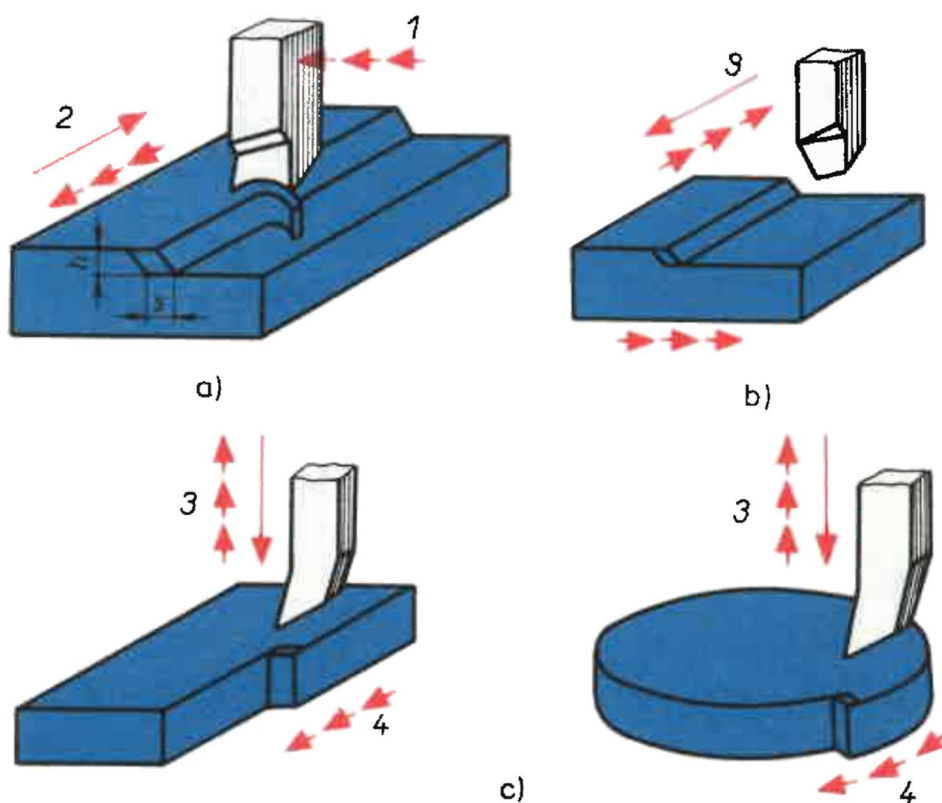
Tyto stohy jsou převezeny k Ráfkové lince, kde jsou nejprve tryskány 1. Po otryskání jsou skruženy 2 v prstence. Následně jsou prstence svařeny 3 pomocí odporové stykové svářečky. Při svaření vznikne výronek který, je odstraněn 4 horizontálním orážecím strojem. Po odstranění podélných výroků, jsou odstříženy 5 i výronky po bocích. V další fázi je provedeno technologické máčení 6 tím, že se prstenec namáčí v emulzní lázni. Poté je prstenec konusován 7, které zároveň prověří pevnost svaru. Vylisované prstence se profilují 8, a následně pěchují 9 na rozměr ráfku. Až má ráfek správné rozměry je odmaštěn a pokud se nejedná o ráfek bez ventilového otvoru je v něm vystřížen. Poslední operací je kontrola rozměrů a parametrů ráfku.



Obr. 3 1 – tryskání, 2 – skružení, 3 – svaření, 4 – orážení, 5 – ostřížení, 6 – máčení, 7 – konusování, 8 – profilování, 9 – pěchování.

2.3 Hoblování a obrážení

Při hoblování se obrábí nástrojem s jedním břitem. Hlavní pohyb při obrábění je přímočarý vratný, tento pohyb nejčastěji vykonává obrobek. Dále mezi jednotlivými řeznými pohyby, na konci vratného pohybu, probíhá vedlejší posuvný pohyb, který má kolmý směr k hlavnímu pohybu. U klasického hoblování vykonává hlavní pohyb obrobek, ale při obrážení, což je druh hoblování, vykonává hlavní pohyb nástroj, který je upevněn ve smykadle nástroje. Vedlejší pohyb vykonává obrobek na konci vratného pohybu a může být buď přímočarý nebo kruhový. Když stroj koná zpětný hlavní pohyb, bývá rychlost o polovinu a čtyřnásobek vyšší, než ubírá materiálu, aby byl strojní čas co nejkratší. [1, 2]



Obr. 4 Pracovní pohyb při hoblování a obrážení

a) hoblování b) vodorovné obrážení c) svislé obrážení

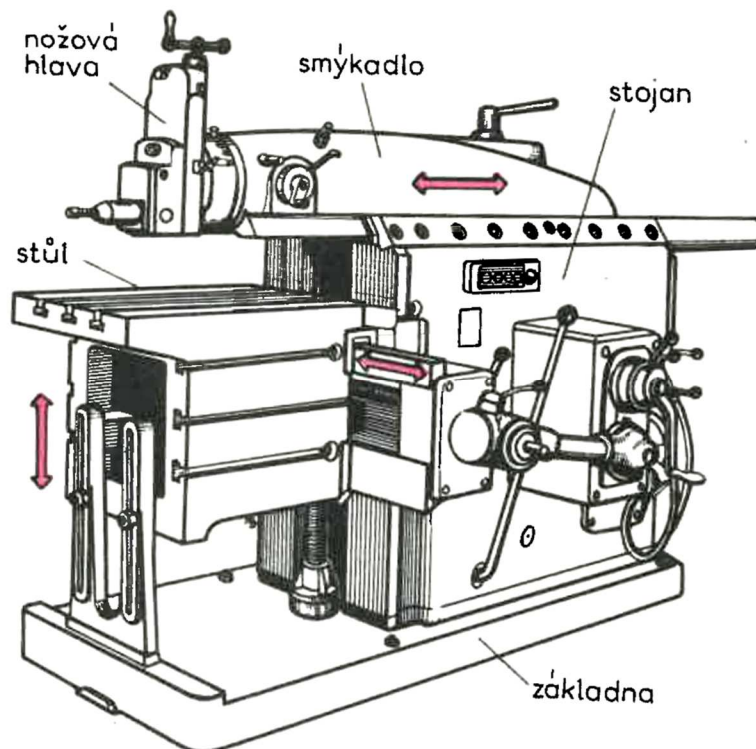
1 – posuv nožů, 2 – řezný pohyb obrobku, 3 – řezný pohyb nože, 4 – posuv obrobku [1]

Hoblovací a obrážecí stroje mají jednoduchou konstrukci, jejich výhodou je tedy to, že se jedná o levné stroje i nástroje, které se v nich používají. Umožňují odebírat velkou třísku na jeden záběr. Používají se především k obrábění dlouhých ploch, dosáhnou totiž velké geometrické rovinnosti. Obrázení se pro některé operace vůbec nedá nahradit frézováním. Nejčastěji se hoblovací a obrážecí stroje vyskytují v kusové a malosériové výrobě.

Obrážecí se skládají ze smýkadla, stojanu, pracovního stolu, a křížové saně. Zdvih smýkadla určuje celkovou velikost obrážecí. Jsou děny dvou základních skupin na vodorovné a svislé obrážecí.

Vodorovné obrážecí se používají při obrábění krátkých rovinných ploch a tvarových ploch. Hlavní pohyb koná smýkadlo a stůl koná vedlejší pohyb. Pohon pro hlavní pohyb může být realizován buď kulisovým mechanismem, nebo přímočarým hydromotorem.

Svislé obrážecí se používají k obrábění vnitřních tvarových ploch a vnějších tvarových ploch. Vedlejší pohyb může být posuvný nebo rotační. [1, 2]



Obr. 5 Vodorovná obrážecí [2]

2.4 Odporové svařování

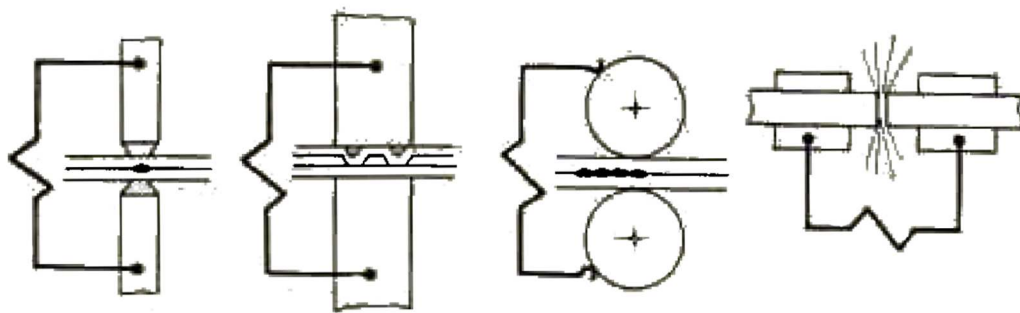
Odporové svařování je jedním z druhů svařování, při kterém teplo potřebné pro vytvoření svarového spoje, není dodáváno z venku, ale vzniká přímo ve svařovaném materiálu. Teplo vzniká průchodem elektrického proudu svařovaným místem. Materiál se ztvárňuje nebo roztaví, součásti se stlačí a v důsledku toho vznikne svarový spoj. Odporové svařování se dělí na čtyři základní druhy.

Prvním je bodové svařování. Tento druh odporového svařování se používá při svařování plechů a páskového materiálu většinou do tloušťky 12 mm.

Při výstupkovém svařování se většinou svařují dva díly, které mají rozdílný tvar, průřez a někdy dokonce i materiál. Většinou se jedná o tepelně asymetrické díly a u těchto dílů je těžké dodržet tepelnou rovnováhu. Pro výstupkové svařování platí, že čím větší je tepelná asymetrie větší, tím musí být proces rychlejší.

Švové svařování se moc neliší od bodového svařování. Rozdíl je jen ve tvaru elektrod. U švového svařování se používají kotoučové elektrody.

Posledním druhem je stykové svařování. Všechny tyto druhy jsou schematicky znázorněny na (Obr. 6). [3, 4]

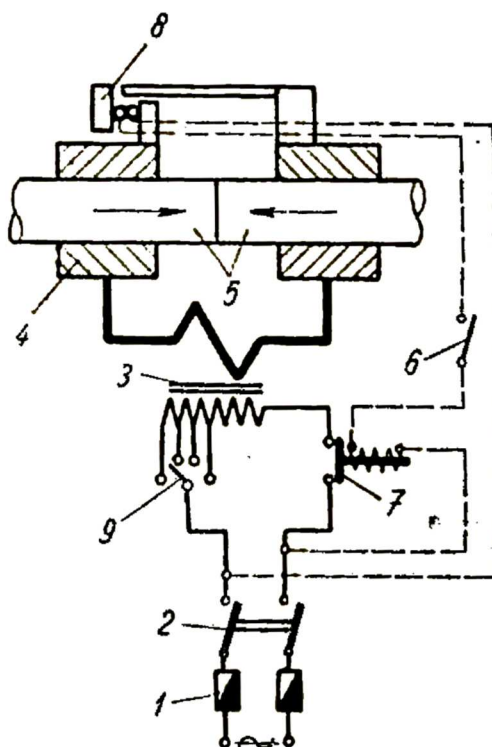


Obr. 6 Bodové, výstupkové, švové, stykové svařování. [3]

2.5 Stykové svařování

Při odporovém stykovém svařování jsou svařované díly k sobě přitlačeny a svařují se v celé ploše. Stykové svařování se dále dělí na svařování pýchovací a odtavovací. U pýchovacího se proud spíná po stlačení dílů a u odtavovacího se proud spíná před stlačení dílů. Existuje ještě jeden způsob stykového svařování, to je postupné stykové svařování. Jedná se o způsob podobný pýchovacímu svařování, jen se proud přivádí otáčejícími elektrodami, ale proto se také spíše zařezuje mezi švové svařování. [3]

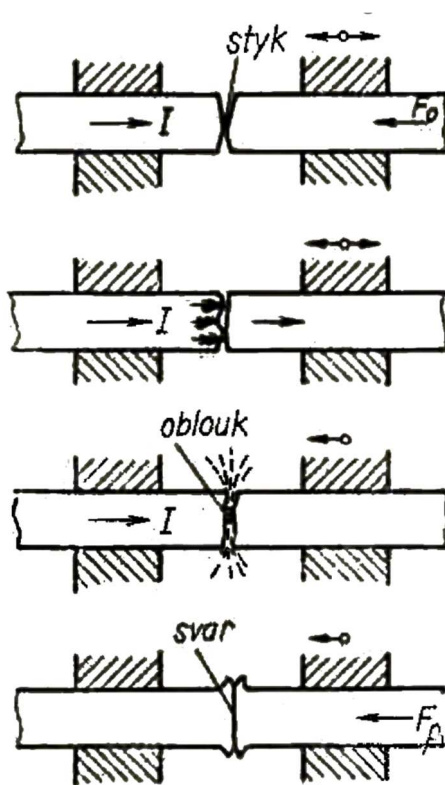
Schéma principu odporové stykové svářečky je na (Obr. 7). Elektrický proud je přiváděn přes pojistky 1 na spínače 2 k e svorkám primárního vinutí svařovacího transformátoru 3. V sekundárním vinutí se indukují střídavý proud a ten se vede k upínacím čelistem 4. Do čelistí jsou upnuty svařované součásti 5. Za určitou dobu po zapnutí proudu spínačem 6 a stykačem 7 se místo dotyku zahřeje součásti 5 ohřeje na žádanou teplotu. Poté se tok proudu přeruší buď spínačem 6 nebo koncovým vypínačem 8. Napětí v sekundárním okruhu se dá měnit pomocí přepojovače 9. [4]



Obr. 7 Princip odporové stykové svářečky [4]

Stykové odtavovací svařování se dá rozdělit do skupin podle fáze přehřevu. První skupinu je odtavovací stykové svařování bez přehřevu, jinak se mu také říká jako přímé odtavovací stykové svařování. U této varianty se součásti odtavují od začátku, bez jakéhokoliv přehřevu. Další skupinou je odtavovací stykové svařování s přehřevem. Součásti jsou nejprve přehřáté a poté plynule následuje odtavování. Přehřev může být také přerušovaný nebo nepřerušovaný. U přerušovaného přehřevu se součásti zahřívá opakovaným dotyky a u nepřerušovaného přehřevu se součásti přehřívají pomocí naprogramované změny napětí. [3]

Teplota při stykovém odtavovacím svařování dosahuje 3500 až 5000 °C. Teplo vzniká pomocí odtavovacího oblouku. Materiál se zahřívá v úzkém pásmu. Svařované díly se dotýkají jen v několika bodech, průchod proudu, materiál se roztaví a rozstříkne do stran. Pote se k sobě strany přiblíží a materiál se více odtavuje, dokud nepokryje spoj vytlačený kov. Jednotlivé fáze svařování jsou uvedeny na obrázku (Obr. 8). [3]

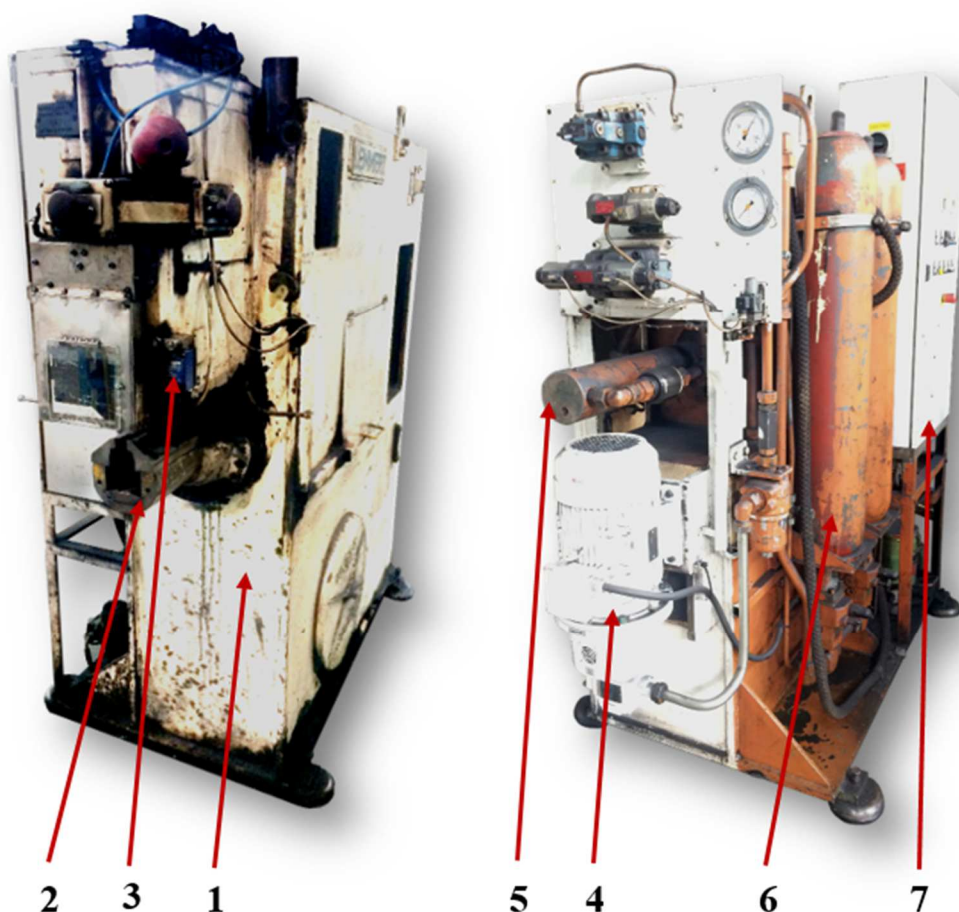


Obr. 8 Postup odtavovacího svařování [3]

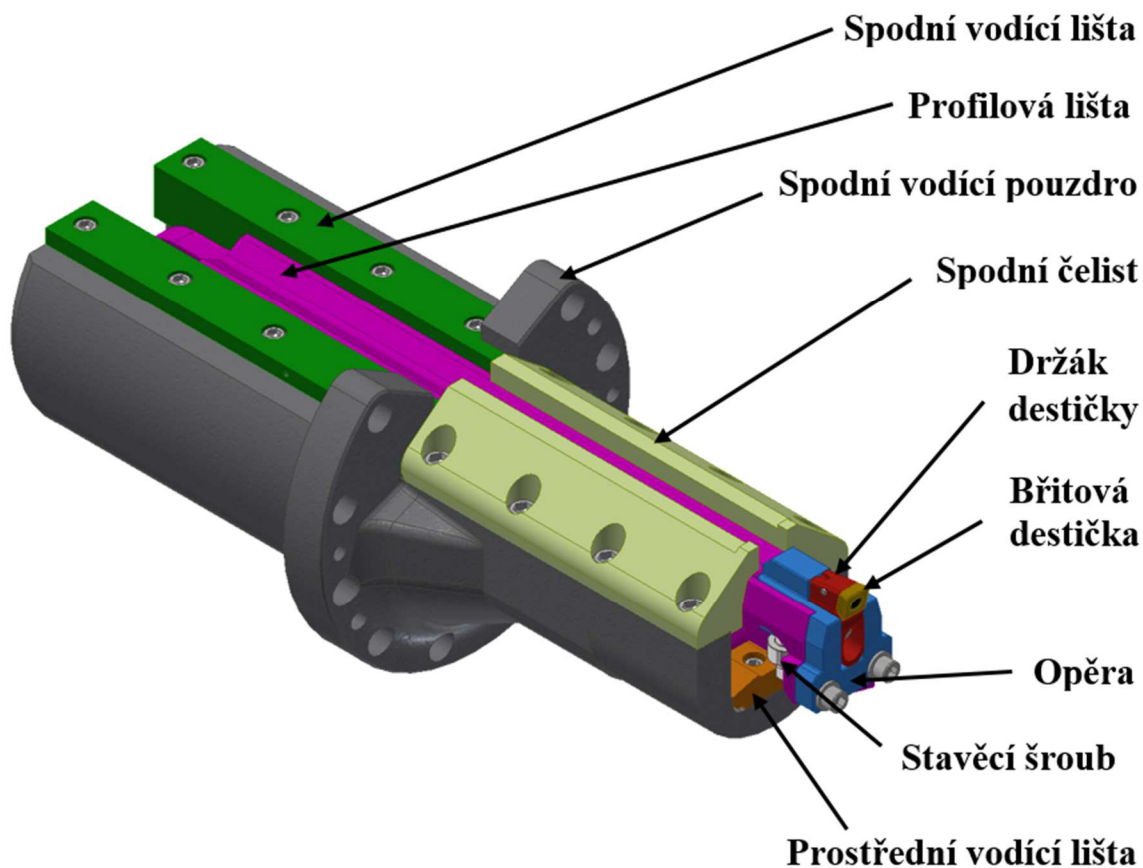
3 Analýza současného stavu

Orážecí stroj Lemmerz 300-8 se skládá z částí:

- Rámová konstrukce (1)
- Spodní orážecí ústrojí (2)
- Horní orážecí ústrojí (3)
- Pohonná jednotka Rexroth (4)
- Přímočarý hydromotor (5)
- Hydraulický akumulátor (6)
- Rozvodová skříň (7)

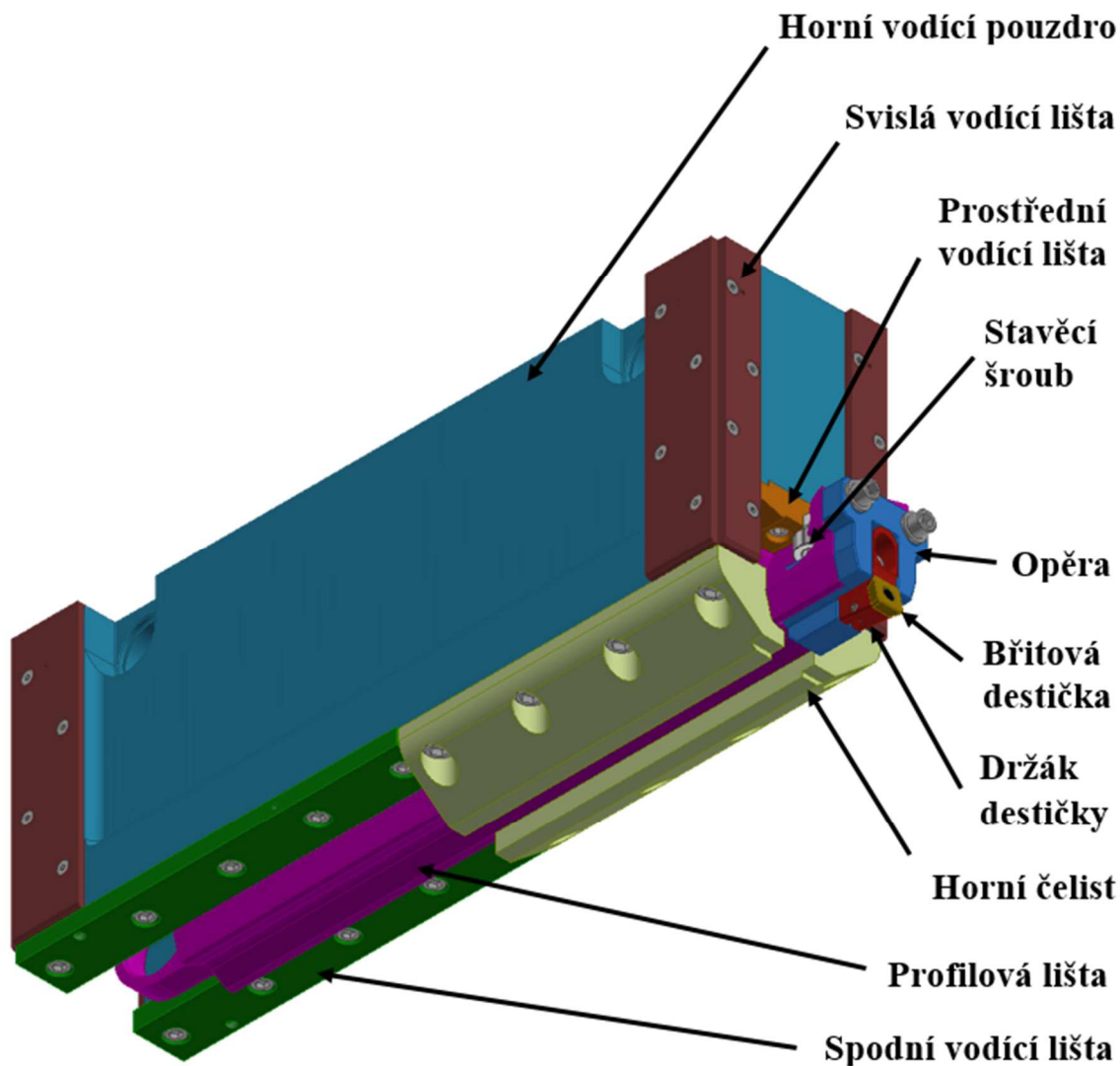


Obr. 9 Hlavní části orážeky Lemmerz 300-8



Obr. 10 Spodní orážecí ústrojí

Spodní orážecí ústrojí se nachází v přední části stroje a je pevně přišroubováno k rámové konstrukci pomocí spodního vodícího pouzdra. K pouzdru je přišroubována spodní pravá a levá čelist. Ke spodní vnitřní části pouzdra je připevněna prostřední vodící lišta. K zadní horní části pouzdra jsou našroubovány spodní vodící lišty. V pouzdru se vertikálně pohybuje profilová lišta. V k přední části je připevněna opěra. V opěře je usazen držák nože a na držák nože je upevněna břítová destička.



Obr. 11 Horní orážecí ústrojí

Horní orážecí ústrojí se skládá z velké části ze stejných součástí jako spodní orážecí ústrojí. Pouzdro se celé pohybuje vertikálně a není tedy pevně přišroubováno k rámové konstrukci. K pouzdro jsou přišroubovány vertikální vodící lišty. V horní části pouzdra se nachází otvory pro čepy a prostřednictvím těchto čepů a kloubového mechanismu se pohybuje celé ústrojí.

3.1 Popis funkce

Jedná se o jednoúčelový stroj, který odstraňuje výronky svaru. Výronky vznikají na předchozí operaci, při odtavovacím stykovém svařování. Nejedná se o typický orážecí stroj, materiál se odstraňuje jen v jedné rovině. Je důležité, aby odstranění svaru proběhlo bezprostředně po svaření, dokud lze snadno odstranit přebytečný materiál.

Po zapnutí stroje se spustí hydraulická pohonná jednotka. Začne se zvyšovat tlak v akumulátorech. Jakmile je dosažen dostatečný provozní tlak, tak se může vložit svařený prsteneč na spodní čelisti a zapřít o výstupek v přední části čelistí. Po usazení prstence, sjede horní orážecí ústrojí. Horní čelisti přitlačí prsteneč ke spodním čelistem. Vertikální pohyb stisku zajišťuje přímočarý hydro motor o zdvihu 50 mm. Poté se začnou souměrně vysouvat spodní i horní profilová lišta. Tento hlavní orážecí pohyb zajišťuje přímočarý hydromotor o zdvihu 450 mm. Při vysouvání odstraňuje vnitřní výronek svaru spodní břitová destička a vnější výronek svaru vnější břitová destička. Po přejetí přes celou šířku materiálu, odpadne tříska z obrábění do nádoby před strojem.

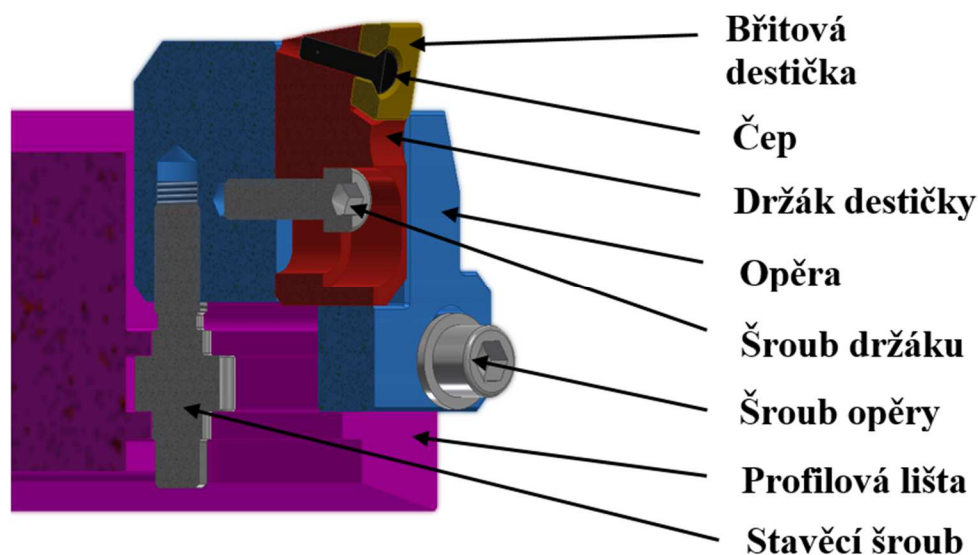
Poté se profilové lišty opět zasunou do stroje. Horní orážecí ústrojí vyjede nahoru a uvolní tím již oražený prsteneč. Ten je ručně vytažen ze stroje a celý proces se může opakovat.



Obr. 12 Orážecí ústrojí ve vysunutém stavu

3.2 Princip nastavení

Profilová lišta koná hlavní orážecí pohyb a k ní jsou připevněny všechny komponenty potřebné pro nastavení a upevnění břitové destičky. Na profilovou lištu je přišroubována opěra držáku nože prostřednictvím dvou šroubů DIN 912 M12x40 třídy pevnosti 8.8. Opěra je ještě přichycena k profilové liště pomocí stavěcího šroubu. Tento šroub je umístěn v zadní části opěry. Pokud je potřeba nastavit výšku celé opěry, tak se musí nejprve povolit dva šrouby v přední části a poté při otáčení stavěcího šroubu se mění vzájemná poloha opěry a profilové lišty. Po nastavení do požadované polohy se dotáhnou dva šrouby v přední části a opěra je pevně ustavena.



Obr. 13 Uložení břitové destičky

Další možnosti nastavení je možné mezi držákem břitové destičky a podporou. Stačí povolit jediný šroub držáku DIN 912 M10x35 třídy pevnosti 8.8. Pak lze posouvat držákem břitové destičky ve svislém směru. Přitažením šroubu ustavíme držák. Před utažením je však nutné vyplnit mezeru mezi držákem a podporou, jinak se při působení sil při orážení posune do základní polohy, třecí síla mezi šroubem a držákem není dostatečná. Proto se tato varianta používá jen výjimečně a to tak, že se doladuje základní nastavení.

Vše je v základní poloze, když lícuje boční část opěry, horní část profilové lišty. Držák nože leží na spodní ploše opřený o opěru. Opěra je maximálně vystrčena vzhledem k profilové liště a břitová destička lícuje hranu čelistí. Polohu opěry lze změnit, podle výkresové dokumentace o 6 mm vzhledem k profilové liště a polohu držáku nože v opačném směru lze vystrčit o 10 mm.

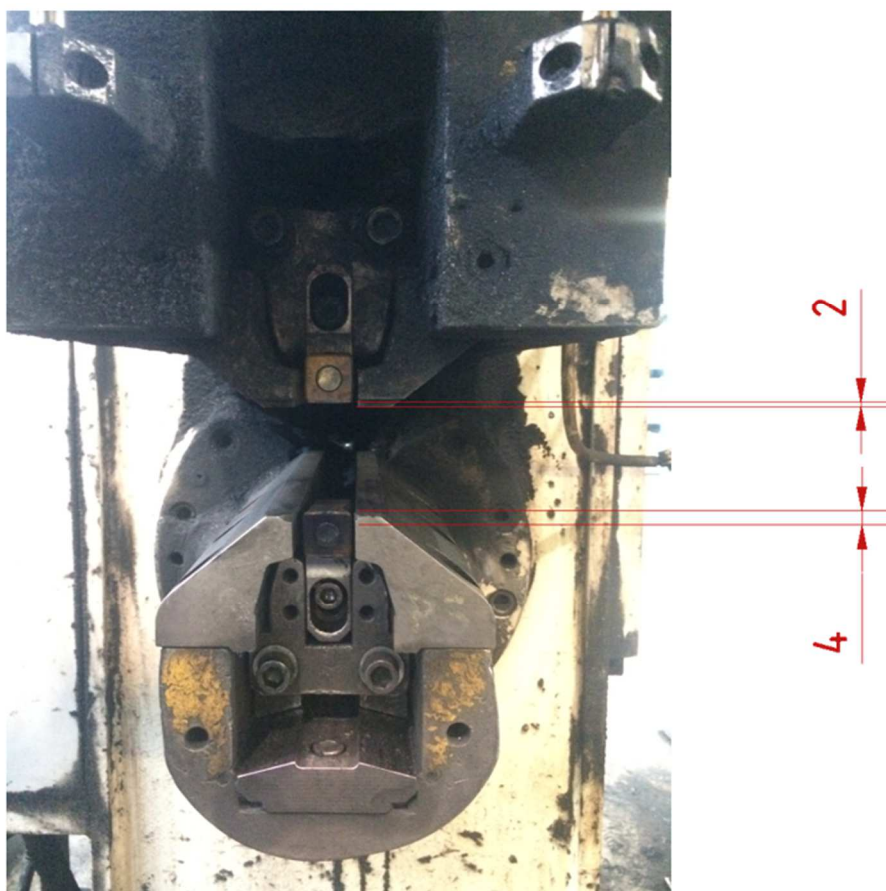
Břitová destička SOUX 25-90400, 5040 je přichycena k držáku břitové destičky pomocí kolíku, který prochází středem destičky. V kolíku je drážka, do které se zašroubovává stavěcí šroub a tím se destička přitáhne. Jedná se o destičku se čtyřmi břity. Při opotřebení břitu, se povolí stavěcí šroub, pootočí destička a lze ji dále používat. Tato destička byla navržena přímo pro tuto operaci společností Pramet, nejedná se o standardní provedení. Břitová destička je ze slinutých karbidů a je schopna odolávat teplotám až do 1100 °C. [18]



Obr. 14 Břitová destička s kolíkem

3.3 Měření skutečných možností nastavení

Po změření bylo zjištěno, že spodní opěru lze posunout o čtyři milimetry vůči hraně čelistí a horní lze posunout pouze o dva. Tato omezení způsobily nečistoty v ustavovacích otvorech a v horní části bylo velmi viditelné, že šrouby již nejsou v původním stavu. Při povolování a opětovném přitažení těchto šroubů lze pozorovat, jak jsou ohnuty. Bylo zjištěno, že horní opěru není potřeba vždy nastavovat. Oproti tomu spodní je potřeba vždy seřídit. Navíc z měření vyplývá, že pohyb opěry o čtyři milimetry je dostačující.



Obr. 15 Nastavení polohy břitové destičky

3.4 Analýza příčiny nedostatečné kvality odstranění svaru

Nedostatky na odstraňování svaru lze rozdělit do dvou skupin. V první skupině jsou nedostatky zapříčiněné na orážecím stroji a druhou skupinou jsou nedostatky, které vznikly na některé z předchozích operací a nelze je již napravit na orážecím stroji.

Prvním nedostatkem je nedostatečná kvalita obráběné plochy po orážení. Břítová destička odebírá příliš velké množství materiálu na jeden záběr a tím vzniká povrch obrobeneho svaru s nedostatečnou kvalitou.



Obr. 16 Kvalita povrchu

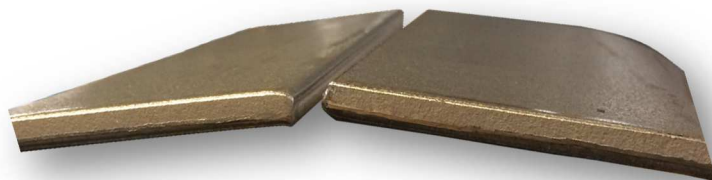
Druhým nedostatkem je odtrhávání materiálu z prstence při orážení. Při orážení prstenců s menší tloušťkou plechu. Může se stát, že na konci orážecího procesu se při odebírání třísky odtrhne kus materiálu z prstence. Příčinou tohoto jevu je také odebírání příliš velké třísky na jeden záběr.

Třetím nedostatkem je vzdalování se nožů při orážení. Důsledkem je výronek odstraněný do klínu, nerovnoměrné odstranění výronku. Nejedná se o nedostatek, který by se týkal konstrukce. Příčinou může být špatné seřízení sbíhání nožů, nebo vůle ve vedení. Tento jev lze pozorovat jen u kruhovek o větší šířce. Po kontrole zařízení bylo zjištěno, že by bylo vhodné vyměnit vedení pro profilovou lištu.



Obr. 17 Nerovnoměrné odstranění výronku

Do druhé skupiny spadá poslední nedostatek, který se objevuje po odstranění přebytečného svaru a je způsoben přesazením konců kruhovky po stáčení. Tím, že je přesazení mimo toleranci a následně je kruhovka svařena s tímto nevhodným přesazením, tak při orážení destička odstraní i část vlastního materiálu na jedné straně a na druhé straně nechá schod. Dá se tomu předejít. Proto se před svařením dodatečně rovnají kruhovky.

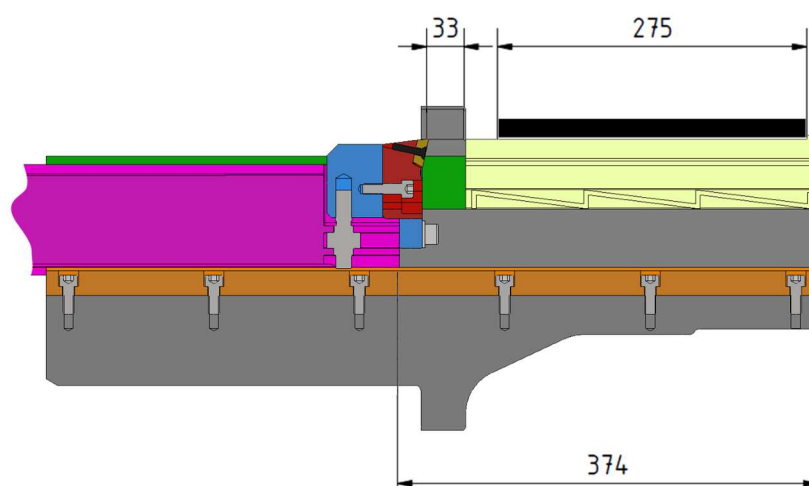


Obr. 18 Přesazení konců

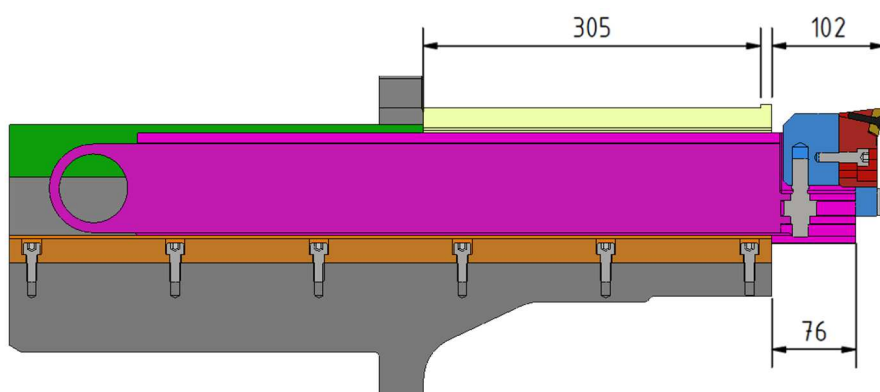
4 Návrh variant řešení

4.1 Vstupní parametry

Celkový zdvih orážecího stroje je 450 mm. Šířka prstence s největší šířkou stripu je 275 mm. Plocha na čelistech určená k ukládání prstence je dlouhá 305 mm. Při maximální zasunutí je hrana břitové destičky vzdálena od zadního čela spodního pouzdra 33 mm. Při maximálním vysunutí je hrana břitové destičky přibližně 102 mm vysunuta před přední část spodního pouzdra. Celá podpěra se také vysune mimo čelisti. Pokud se tedy nebude zasahovat do délky vodící lišty, nemůže se stát, že by nebyl odstraněn materiál po celé délce. Omezení však plyne ze vzdálenosti ostří břitové destičky (v zasunutém stavu) od nejširšího používaného prstence. Tato vzdálenost je 66 mm, ale je potřeba mít i prostor usadit prsteneč na čelisti. K tomu by zhruba mělo stačit 10 mm. Rozměr je ještě snížen o 1 mm, kvůli možným nepřesnostem. Prostor pro prodloužení opěry je tedy 52 mm.



Obr. 19 Zasunutá lišta s rozměry



Obr. 20 Vysunutá lišta s rozměry

4.2 Parametry svaru

Prstenec musí mít co nejmenší přesazení jednotlivých konců plechu po skružení, aby svaření proběhlo ve správné vzájemné poloze. Teplota při odtavovacím stykovém svařování dosahuje 3500 °C až 5000 °C, ale výronek se odstraňuje až na následující operaci. Je tady jisté, že výronek má při orážení teplotu podstatně nižší a je jí potřeba změřit pro určení mechanických vlastností materiálu při obrábění.



Obr. 21 Prstenec před a po svaření

První bylo provedeno měření pomocí digitálního bezkontaktního teploměru CEM DT-8833 s rozsahem od -50 °C do 1370 °C. Svar byl měřen těsně před odstraněním výronku, ve třech místech na dvou prstencích. Naměřené teploty se v místě svaru pohybovaly v rozmezí 529 °C až 595 °C.

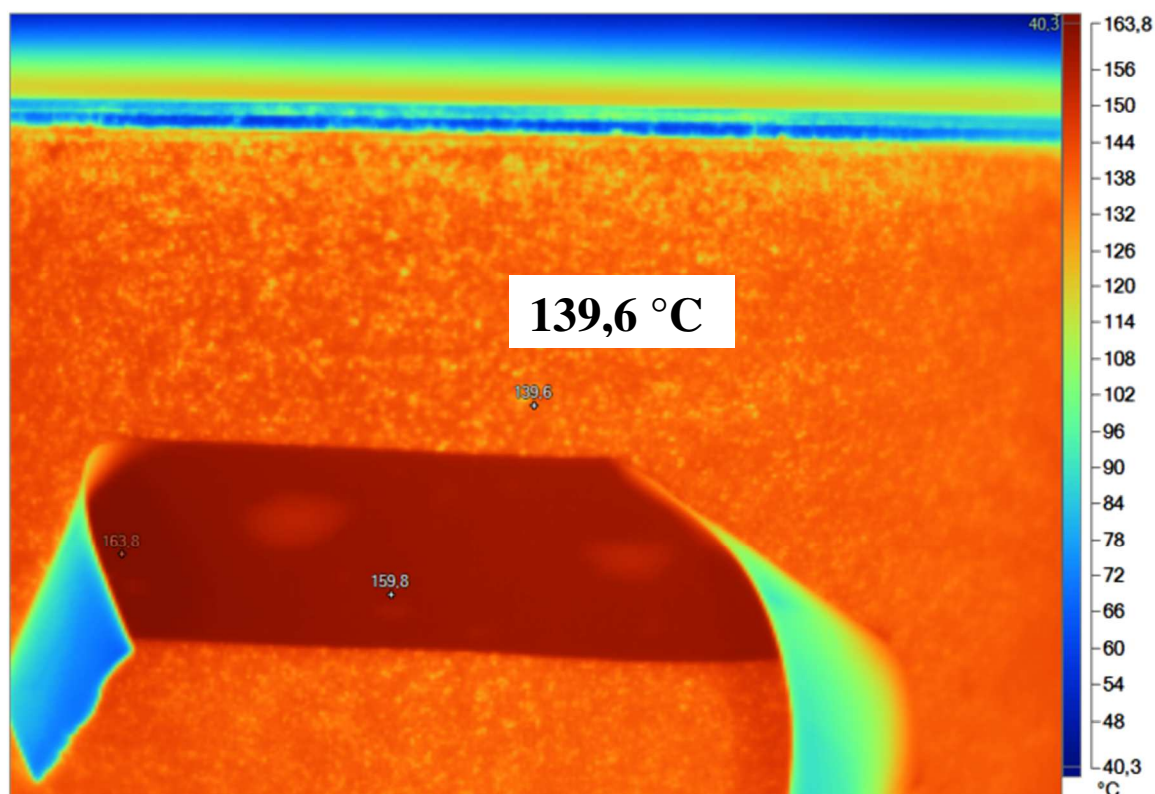


Obr. 22 Digitální bezkontaktní teploměr CEM DT-8833



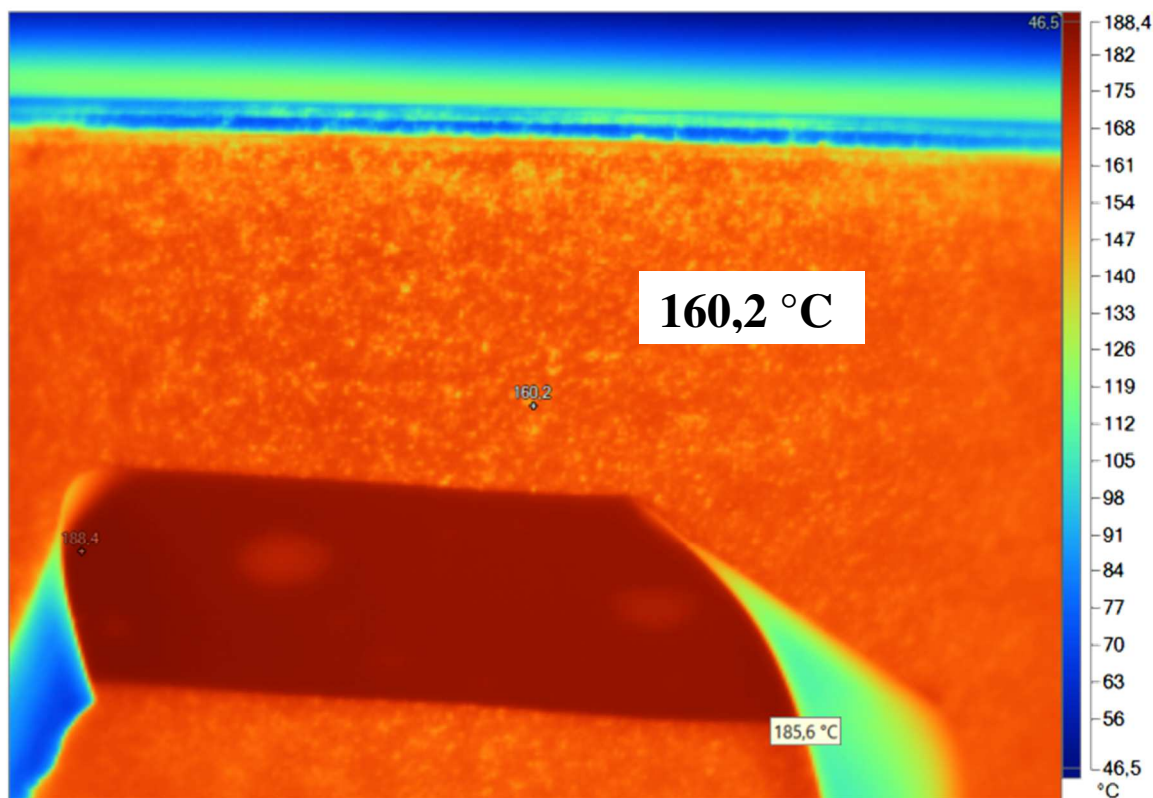
Obr. 23 Termokamera Fluke Ti32

Následně proběhlo měření pomocí průmyslové termokamery Fluke Ti32. Dále bylo nutné, aby byla stanovena zdánlivá odražená teplota $28,2\text{ °C}$ v místě, kde se bude zjišťovat emisivita povrchu. K tomu byla použita odrazová deska s členitým povrchem. Tato teplota byla poté nastavena na termokameře. Následně bylo nutné stanovit emisivitu materiálu ráfku. Na ráfek byl nalepen pruh elektrikařské pásky, která má všeobecně známou emisivitu 0,95.



Obr. 24 Emisivita 0,95, teplota na pásce

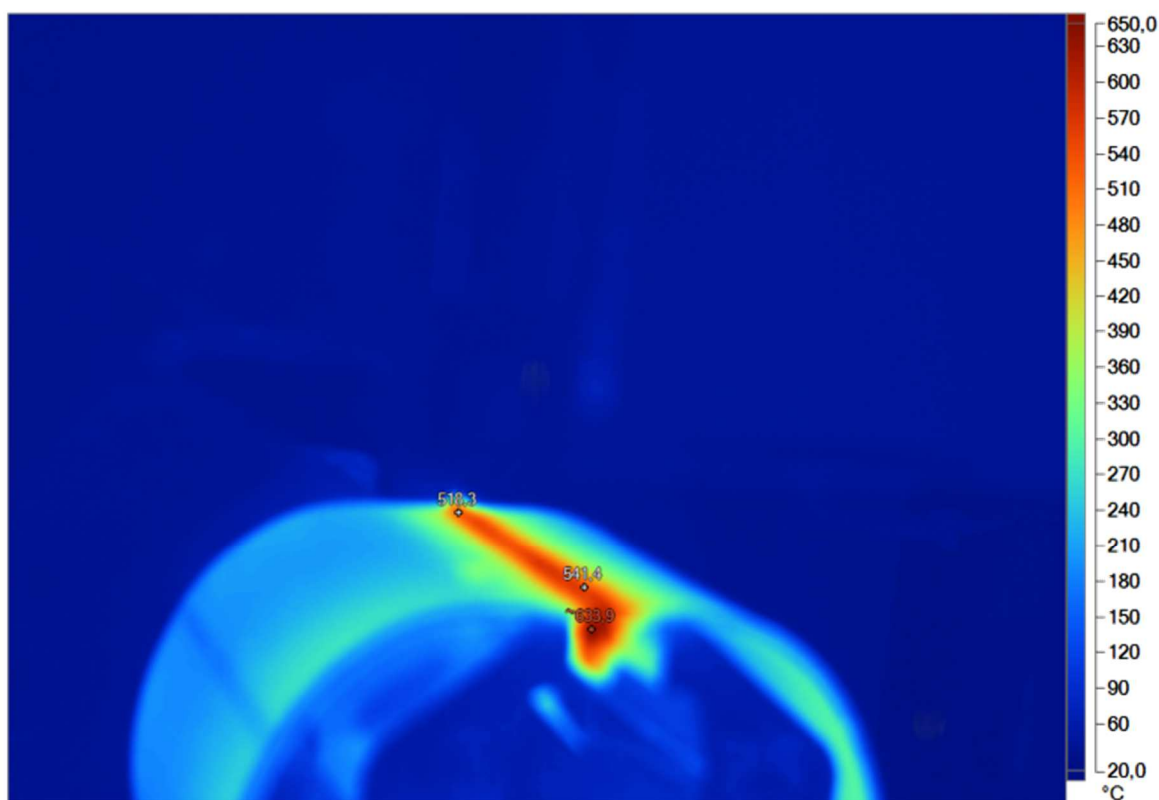
Bylo naměřeno že, při odražené zdánlivé teplotě 28,2 °C a s emisivitou 0,95 má páska teplotu přibližně 160 °C. Je tedy nutné upravovat emisivitu na měřicím zařízení, dokud se teplota pásky a teplota okolního materiálu nesrovnají. Teplota se nejvíce přiblížila při hodnotě emisivity 0,74. Tato emisivita je tedy nastavena v měřicím zařízení a bude se používat při následujícím měření.



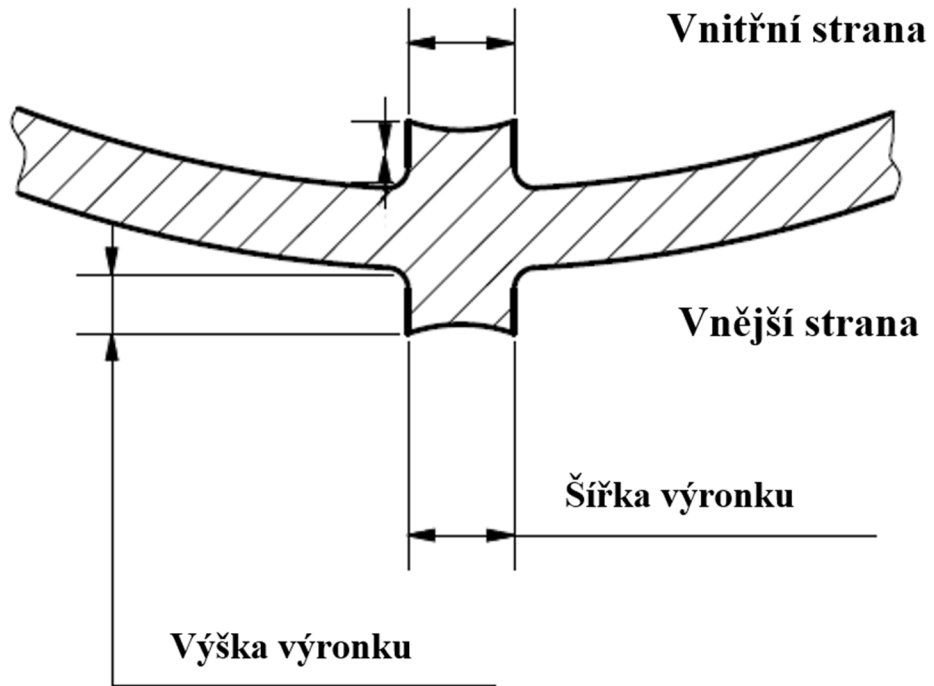
Obr. 25 Určení emisivity materiálu

Dále bylo nutné stanovit odraženou zdánlivou teplotu v orážecího zařízení. Byla použita stejná odrazová plocha jako při prvním měření zdánlivé odrazové teploty. Tato teplota 35,3 °C byla následně nastavena v měřicím zařízení.

Proběhlo měření svařeného prstence položeného na čelistech orážecího stroje, těsně před odstraněním výronku. Maximální teplota výronku se pohybuje okolo 640 °C. V nejstudenější části výronku byla naměřena teplota 518,3 °C. V přední horní části byla naměřena teplota 541,4 °C. Vzhledem k naměřeným teplotám může být pro výpočet teplota výronku 500 °C. Tato teplota značně sníží sílu potřebnou k odstranění svaru a pokud se nechá výronek úplně vychladnout, tak již není orážecí zařízení schopno svar odstranit. Buď se úplně zastaví nebo se čelisti od sebe vzdálí natolik, že svar téměř vůbec není odstraněn.



Obr. 26 Teplota výrobku při orážení

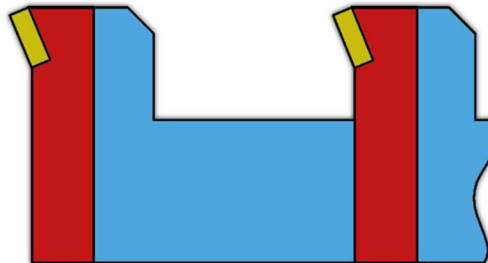


Obr. 27 Rozměry výronku

Z řezů prstence po svaření, jsou získány rozměry největších naměřených parametrů výronku svaru. Největší naměřená výška výronku svaru ve vnější části je 3,61 mm a největší naměřená šířka svaru ve vnější části je 7,92 mm. Největší naměřená výška svaru ve vnitřní části je 3,33 mm a největší naměřená šířka ve vnitřní části je 7,84 mm. Vzhledem k naměřeným hodnotám a použité technologii svařování je použit pro výpočet plný průřez zaokrouhlených hodnot. Pro výšku svaru je to 4 mm a pro šířku svaru je to 8 mm.

4.3 Varianty řešení

První variantou řešení je doplnění dalšího řezného nástroje. Je nutné, aby měl druhý řezný nástroj vlastní mechanismus pro nastavení výšky řezu.



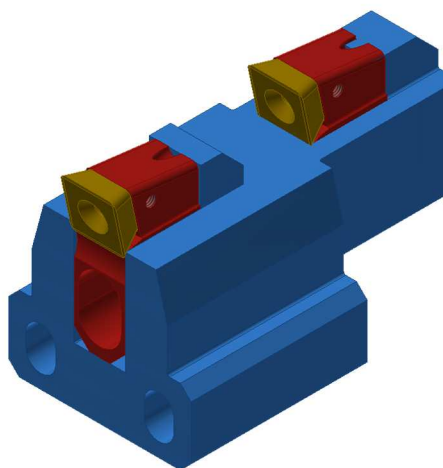
Obr. 28 Schematický návrh varianty č. 1

Výhody

- snížení řezné síly na jeden břit
- zlepšení povrchu obráběné plochy
- snížení výšky třísky
- snížení rizika odtržení materiálu

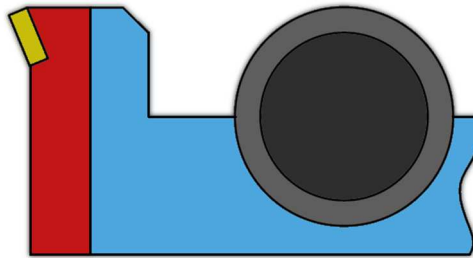
Nevýhody

- problematické odvádění druhé třísky
- malá vzdálenost břitů od sebe
- malý prostor pro nastavení výšky druhého břitu



Obr. 29 Předběžný model varianty č. 1

Druhou variantou řešení je doplnění válcovací rolky za obráběcí nástroj. Rolka může být pevně přichycena k opěře a vzdálenost ostří se nastaví prostřednictvím držáku nože.



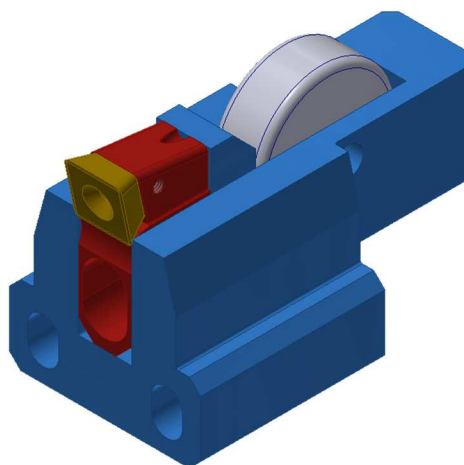
Obr. 30 Schematický návrh varianty č. 2

Výhody

- zlepšení povrchu po obrábění
- plynulejší přechod mezi obrobeným a neobrobeným materiálem

Nevýhody

- nesníží riziko odtržení materiálu
- rolka odtlačuje břít nože od prstence
- malý prostor pro uchycení rolky
- vysoké teplotní a silové požadavky na ložiska
- malý průměr osy válcovací rolky



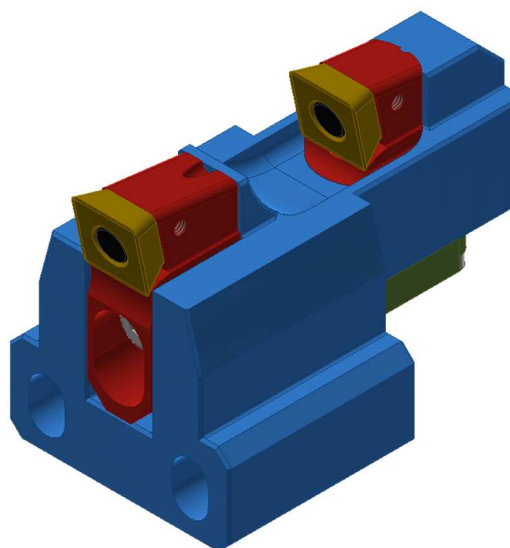
Obr. 31 Předběžný model varianty č. 2

4.4 Vyhodnocení

Ideálním případem by byla kombinace těchto variant. Výronek svaru by byl lépe odstraněn více břity za sebou a jeho povrch by následně zaválcován válcovacími rolkami. Vzhledem k malému prostoru v rámci, kterého je možno upravit orážecího zařízení, Je vhodnější použít variantu č. 1. Dokáže snížit riziko odtržení materiálu z prstence. A realizace takové úpravy je méně náročná jak technicky, tak materiálově.

Variantu č. 2 by bylo velmi složitým zrealizovat, protože maximální průměr osy vzhledem k celkovým rozměrům by byl 13 mm a působila by na ni síla přibližně 25 kN. Rolka by musela být, vzhledem k podmínkám, ve kterých pracuje, vyrobena z karbidu. Ložisko by muselo být uloženo uvnitř rolky. Působily by na něj velmi vysoké teploty v kombinaci s velkým zatížením. V tenké ose by již nemohl být kanálek pro mazání ložiska vzhledem k rozměrům a zatížení.

Varianta č. 1 není úplně ideálním řešením, protože se tříška z obrábění druhým nožem nemá kam odvádět v průběhu obrábění. Pro odvod druhé třísky není v zařízení prostor mezi držáky nožů a daná konstrukce zařízení ani neumožňuje odvádět třísky v průběhu obrábění. Zůstává tedy v prostoru mezi prvním a druhým břitem a je odvedena ze stroje až na konci procesu. Je potřeba, aby druhý břit odebíral jen malou třísku, která se nebude nijak otláčovat nebo jinak ovlivňovat kvalitu obráběné plochy. Druhý břit bude mít funkci hlazení.



Obr. 32 Model řešení

5 Vlastní řešení

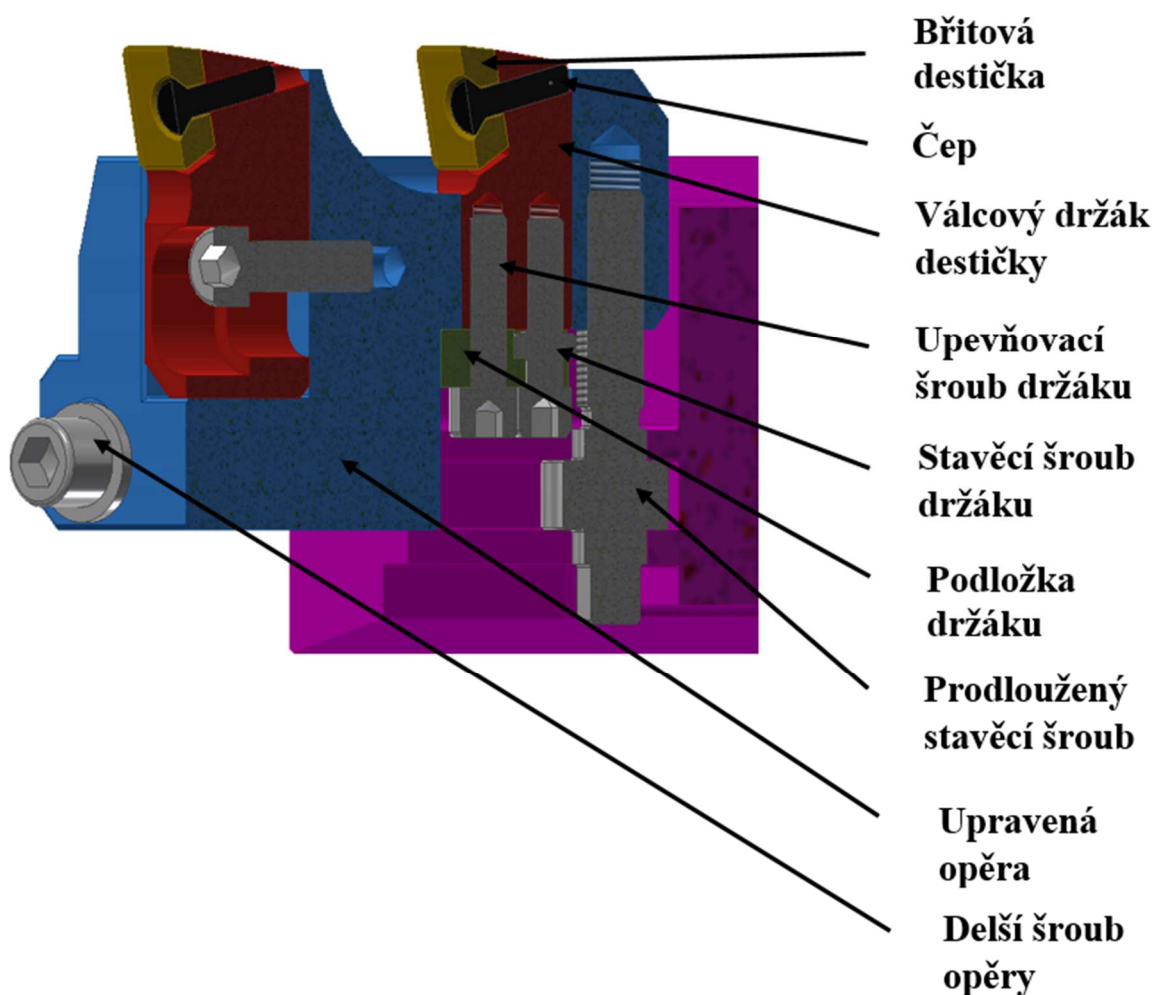
Tab. 1 Vstupní parametry [18]

Název	Značka	hodnota	Jednotka
Materiál prstence	S235JRC	-	-
Mez pevnosti S235JRC	R_m	360-510	[MPa]
Řezná rychlost	v	20	[m/min]
Tlak v přímočarém hydromotoru pro stlačení	p_s	5	[MPa]
Tlak v přímočarém hydromotoru pro orážení	p_o	10	[MPa]
Průměr pístnice přímočarého hydromotoru pro stlačení	d_s	0,08	[m]
Průměr pístnice přímočarého hydromotoru pro orážení	d_o	0,1	[m]
Tloušťka třísky	a	0,004	[m]
Tloušťka třísky první destičku u největšího výronku	a_{12}	0,007	[m]
Tloušťka třísky pro druhou břitovou destičku	a_2	0,001	[m]
Šířka třísky	b	0,008	[m]

Pro výpočet je použita hodnota meze pevnosti $R_m = 510$ MPa, aby výpočet odpovídal největšímu možnému řeznému odporu materiálu. Řezná rychlost je $v = 20$ m/min je pevně daná, nijak výrazně neovlivní konstrukci upnutí řezné destičky. Co nejvíce ovlivní je tvorba třísky. Ta by vzhledem k řezné rychlosti a materiálu prstence měla být tvářená plynulá spirálová, ale charakter třísky je jeden z parametrů, který se bude nastavovat podle tloušťky třísky odebírané druhým nástrojem.

Uložení pro první držák včetně držáku je totožně s původním provedením, jen je u místěno dál od zadní části opěry. Opěra, v které je uložen držák břitové destičky je změněn. Je prodloužena směrem do předu o 62 mm o tuto vzdálenost je posunuto i uložení pro břitovou destičku. Kvůli této úpravě bylo nutné nahradit původní ustavovací šrouby opěry z M12x40 na M12x100. Uchycená opěry v profilové liště zůstalo nezměněné.

Důležité bylo získat co největší vzdálenost mezi prvním a druhým nožem břitové destičky. Další možností získat co největší vzdálenost mezi břitými destičkami bylo posunout druhý nůž co nejvíce do zadní části tak, aby mohlo být zachováno nastavování výšky opěry pomocí stavěcího šroubu.

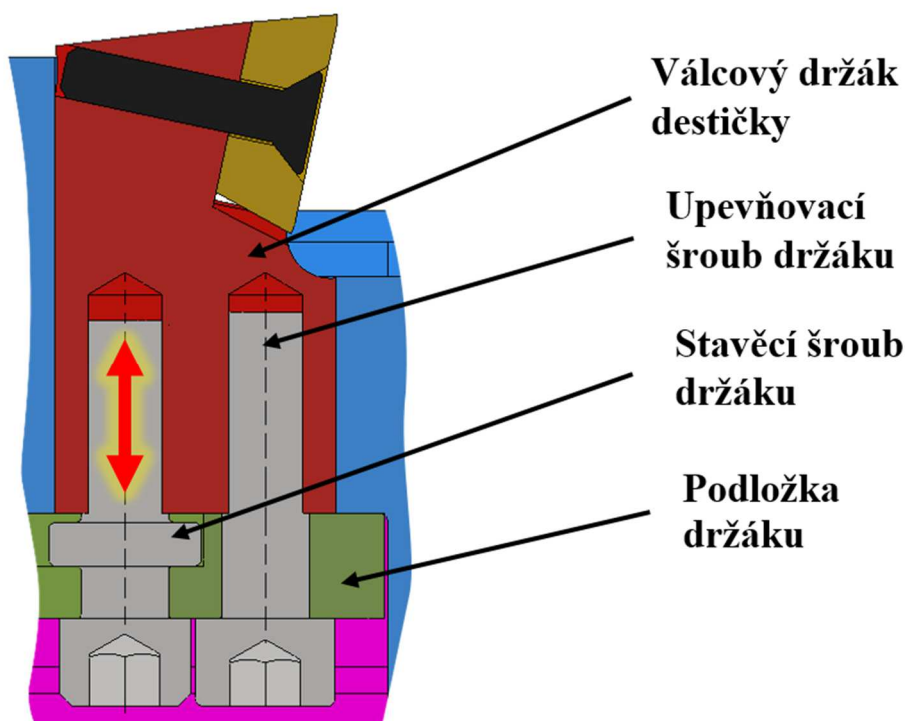


Obr. 33 Uložení druhé břitové destičky

5.1 Nastavení tloušťky druhé třísky

Při výměně držáku, nebo při první instalaci musí být opěra držáku vytažena ze stroje. Do podložky držáku se zasune stavěcí šroub držáku a poté se může přišroubovat podložka k opěře pomocí čtyř šroubů M6x20. Dále se na držák položí břitová destička do ní se zasune čep a ten se zajistí stavěcím šroubem. Držák nože se zasune z vrchní části opěry do díry, v díře je uložen s malou vůlí, tím je zajištěn proti pohybu v horizontálním směru. Při zasouvání se do něj zašroubovává stavěcí šroub a poté i upevňovací.

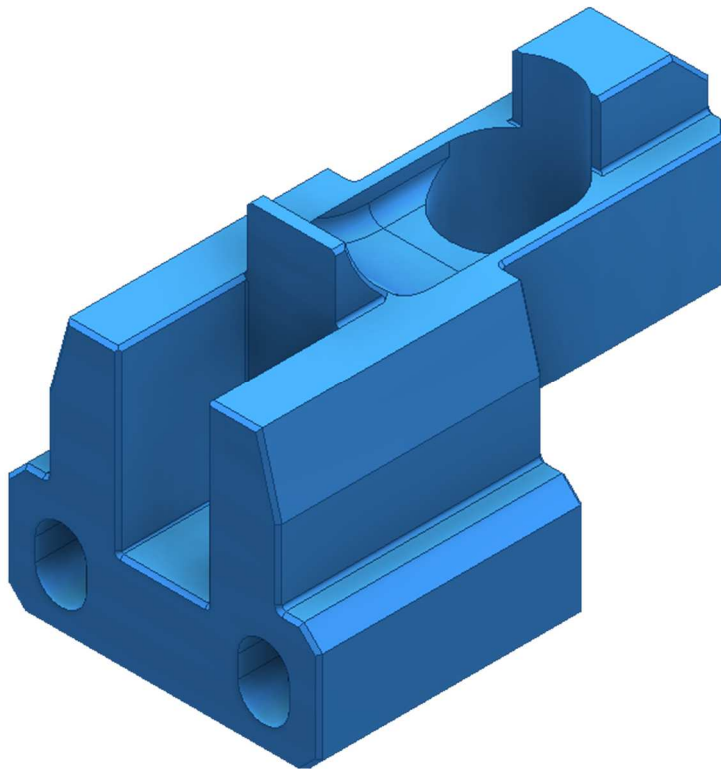
Jakmile je stavěcí šroub dotažen až do maximální polohy, je nastaven rovnoběžně s prvním břitem a pomocí otáčení stavěcího šroubu v opačném směru je nastaven držák břitové destičky do požadované polohy. Pak se dotáhne upevňovací šroub a držák je zajištěn v požadované poloze. Pokud je potřeba opakovaně přenastavit držák, povolí se utahovací šroub a prostřednictvím stavěcího šroubu je poloha upravena a opět zajištěna pomocí upevňovacího šroubu.



Obr. 34 Princip nastavení válcového držáku destičky

5.2 Opěra

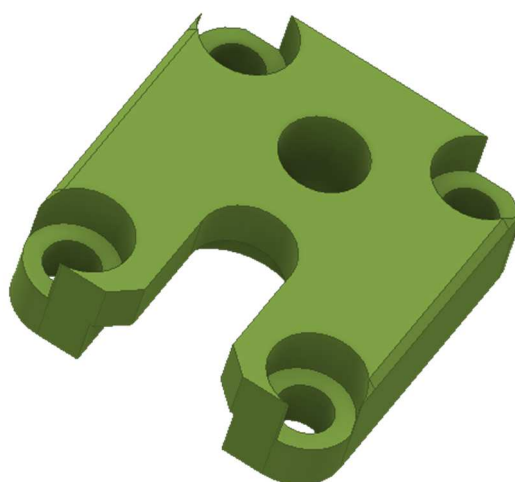
Základní tvar opěry vychází z tvarů původního provedení. Síly působící při obráběcím procesu jsou více rozloženy. Druhý válcový držák je usazen v opěře ve válcové díře o průměru 32 mm. Kolem této díry jsou ve spodní části čtyři díry se závitem M6. Prostřednictvím těchto závitových děr a čtyř šroubů M6x20 je k opěře připevněn válcový držák destičky. Poloha závitu pro stavěcí šroub je ve stejném místě jako u původního provedení jen je stavěcí šroub delší proto závit sahá výše do horní části opěry. Prostor mezi držáky nožů je uzpůsoben k tomu, aby se v něm mohla ukládat tříska z obrábění druhým nožem po dobu obrábění.



Obr. 35 Opěra určena k umístění dvou držáků

5.3 Podložka držáku břitové destičky

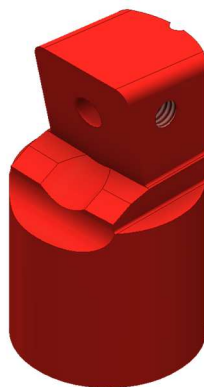
Podložka držáku břitové destičky slouží k zajištění držáku břitové destičky proti pohybu v vertikálním směru. Je připevněna na opěru pomocí čtyř šroubů M6x20. Má jednu díru pro utahovací šroub a jednu drážku. Do této drážky se zasouvá stavěcí šroub a pak se o ni opírá při nastavování tloušťky třísky.



Obr. 36 Podložka držáku destičky

5.4 Válcový držák břitové destičky

Válcový držák břitové destičky je navržen podle původního držáku a je určen pro stejné břitové destičky SOUX 25-90400 ze slinutých karbidů. Upínací systém destičky je totožný s původním provedením. Zatížení přenáší na opěru pomocí válcové plochy.



Obr. 37 Válcový držák břitové destičky

5.5 Výpočty působících sil

Ke stlačení čelistí k sobě je použit přímočarý hydromotor o průměru pístu 80 mm a tlak nastavený pro tuto operaci je 5 MPa. Z těchto parametrů lze vypočítat sílu, kterou vyvinou čelisti na prstenec při odstraňování výronku.



Obr. 38 Přímočarý hydromotor stlačení

$$F_s = p_s \cdot \frac{\pi \cdot d_s^2}{4} = 5 \cdot 10^6 \cdot \frac{\pi \cdot 0,08^2}{4} = 25133 \text{ N} \quad (1)$$

F_s – síla stlačení čelistí [N]

p_s – tlak v přímočarém hydromotoru pro stlačení [Pa]

d_s – průměr pístnice přímočarého hydromotoru pro stlačení [m]

K hlavnímu oražecímu pohybu je použit přímočarý hydromotor o průměru pístnice 100 mm a o tlaku v akumulátorech, které jsou použity pro oražení, 10 MPa. Z těchto parametrů lze vypočítat sílu, která vyvinuta při oražecím pohybu.



Obr. 39 Přímočarý hydromotor oražení

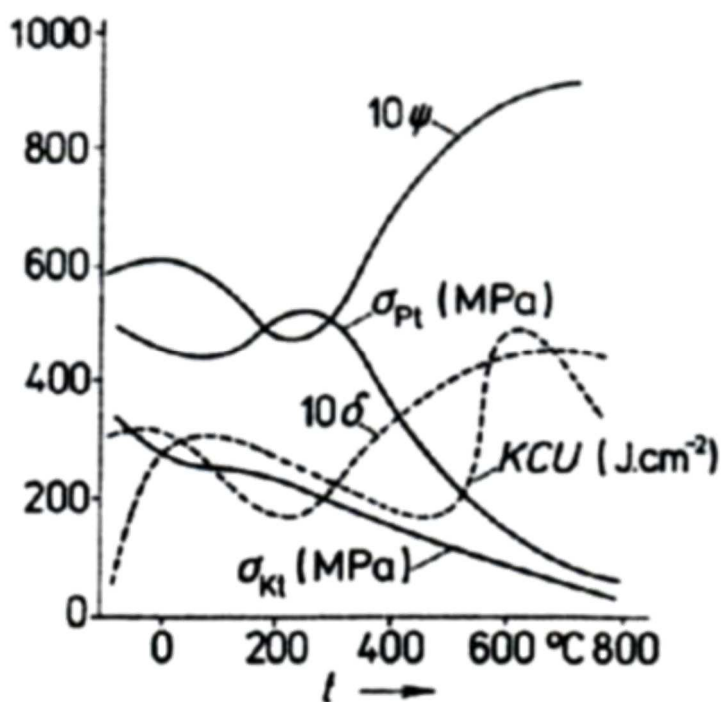
$$F_o = p_o \cdot \frac{\pi \cdot d_o^2}{4} = 10 \cdot 10^6 \cdot \frac{\pi \cdot 0,1^2}{4} = 78540 \text{ N} \quad (2)$$

F_o – síla orážení [N]

p_o – tlak v přímočarém hydromotoru pro orážení [Pa]

d_o – průměr pístnice přímočarého hydromotoru pro orážení [m]

Stanovení meze pevnosti R_{mt} pro pracovní teplotu při odstraňování výronku. Ze změřené teploty 500 °C pomocí termokamery a z grafu vlivu teploty na mechanické vlastnosti (obr.40) je stanoven parametr k , který nám upravuje hodnotu meze pevnosti R_m podle toho, při jaké teplotě je materiál používán. Z toho vyplývá, že parametr k pro náš případ je 0,5 a mez pevnosti klesne na poloviční hodnotu z původních 510 MPa na 255 MPa pro materiál prstence S235 JRC. [15]



Obr. 40 Závislost meze pevnosti, meze kluzu, tažnosti, kontrakce a vrubové houževnatosti na teplotě [5]

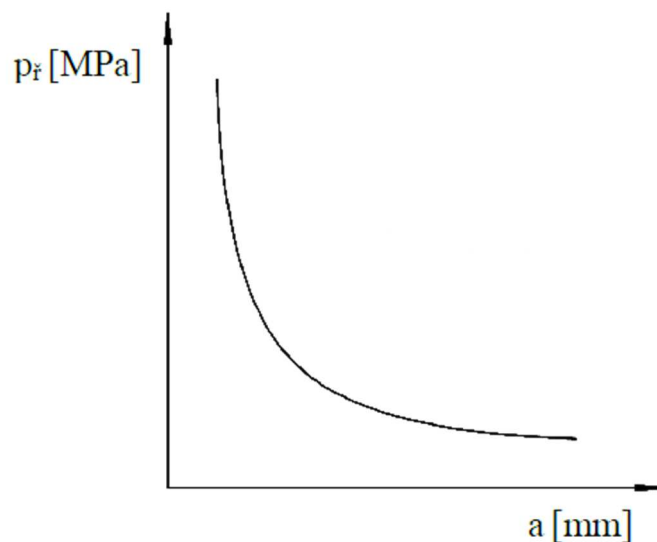
$$R_{mt} = R_m \cdot k = 510 \cdot 0,5 = 255 \text{ MPa} \quad (3)$$

R_{mt} – mez pevnosti pro teplotu orážení [MPa]

R_m – mez pevnosti [MPa]

k – koeficient meze pevnosti pro teplotu orážení [-]

Měrný řezný odpor [14] je nejvíce závislý na velikosti odebírané třísky. S rostoucí tloušťkou třísky $a = 4 \text{ mm}$, klesá měrný odpor p_f . Výpočet síly při obrážení je analogický jako u soustružení proto můžeme říct, že podle [14] je volen koeficient, kterým se násobí mez pevnosti materiálu pro získání řezného odporu z rozsahu hodnot ($3 \div 5$). Je volena hodnota 3, protože kvůli velké tloušťce třísky.



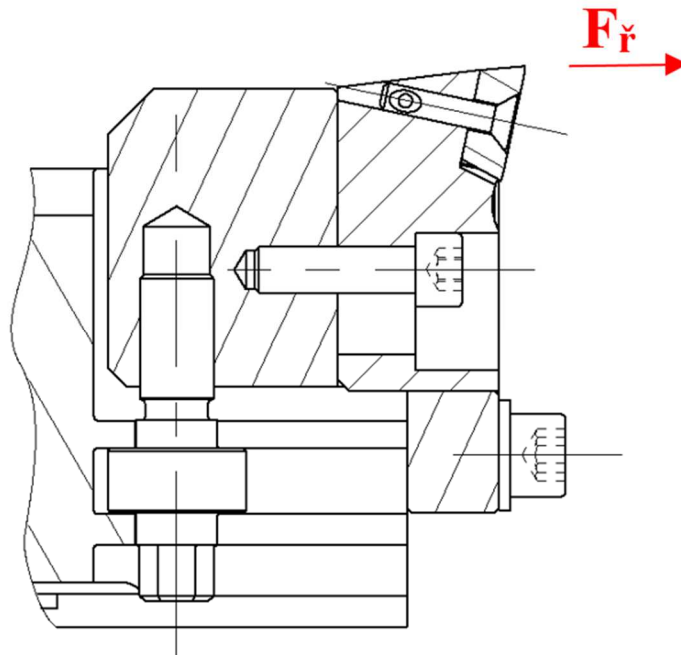
Obr. 41 Závislost řezného odporu na tloušťce třísky [14]

$$p_f = (3 \div 5) \cdot R_{mt} = 3 \cdot R_{mt} = 3 \cdot 255 = 765 \text{ MPa} \quad (4)$$

p_f – měrný řezný odpor [MPa]

a – tloušťka třísky [m]

Pro výpočet řezné síly [6] pro maximální průřez třísky a orážení jednou břitovou destičkou je potřeba znát maximální průřez třísky A_{max} a hodnotu měrného řezného odporu p_f pro daný případ.



Obr. 42 Řezná síla F_f

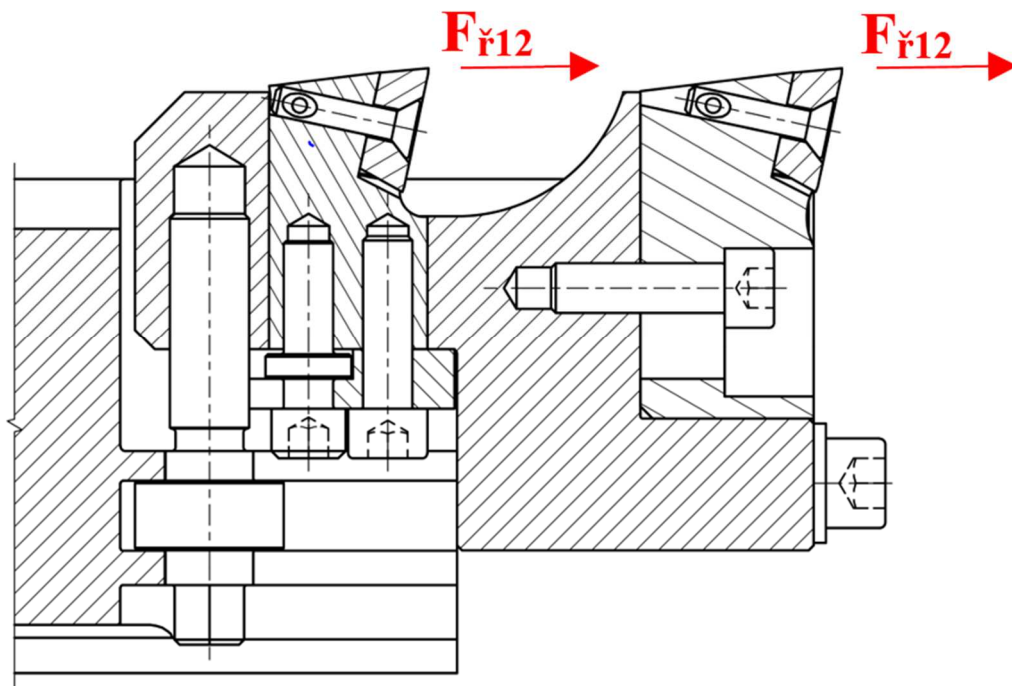
$$F_f = A_{max} \cdot p_f = a \cdot b \cdot p_f = 0,004 \cdot 0,008 \cdot 765 \cdot 10^6 = 24480 \text{ N} \quad (5)$$

F_f – řezná síla [N]

A_{max} – maximální průřez třísky [m^2]

b – šířka třísky [m]

Druhá břitová destička je určena pouze pro jemné obrábění. Proto maximální doporučené nastavení pro třísku je tloušťka třísky 1 mm, ale i tato hodnota je poměrně vysoká je vhodnější nastavovat menší tloušťku třísky.



Obr. 43 Řezné síly $F_{ř12}$ a $F_{ř2}$

$$F_{ř2} = A_{max2} \cdot p_{ř} = a_2 \cdot b \cdot p_{ř} = 0,001 \cdot 0,008 \cdot 765 \cdot 10^6 = 6120 \text{ N} \quad (6)$$

$F_{ř2}$ – řezná síla druhé břitové destičky [N]

A_{max2} – maximální průřez třísky pro druhou břitovou destičku [m²]

a_2 – tloušťka třísky pro druhou břitovou destičku [m]

Tato síla je podstatně menší než síla než síla pro odebrání třísky jedním nožem, ale i tak odlehčí první břitové destičce a sníží riziko odtržení materiálu prstence. Při odběru maximální třísky druhou břitovou destičkou bude tedy působit na první břitovou destičku síla $F_{ř12}$.

$$F_{ř12} = A_{min} \cdot p_{ř} = a_{12} \cdot b \cdot p_{ř} = 0,003 \cdot 0,008 \cdot 765 \cdot 10^6 = 18360 \text{ N} \quad (7)$$

$F_{ř12}$ – minimální řezná síla první břitové destičky [N]

A_{min} – minimální průřez třísky pro první břitovou destičku [m²]

a_{12} – minimální tloušťka třísky pro první břitovou destičku [m]

Pokud se nechá výronek po svaření ochladit, hrozí, že orážecí stroj nedokáže odstranit výronek. Při pokusu o odstranění výronku, který již nemá dostatečně velkou teplotu na oražení, může dojít ke dvěma situacím. První je, že stroj nedokáže vyvinout dostatečnou sílu a zastaví se v průběhu oražení a druhá je, že se při oražení vzdálí spodní a horní čelisti a výronek je málo oražený.

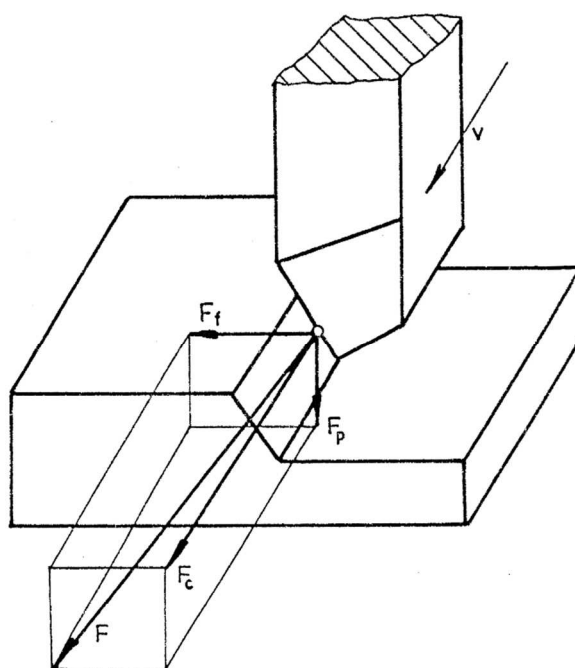
$$p_{rch} = (3 \div 5) \cdot R_m = 3 \cdot R_m = 3 \cdot 510 = 1530 \text{ MPa} \quad (8)$$

p_{rch} – měrný řezný odpor po zchladnutí [MPa]

$$F_{rch} = A_{max} \cdot p_{rch} = a \cdot b \cdot p_{rch} = 0,004 \cdot 0,008 \cdot 1530 \cdot 10^6 = 48960 \text{ N} \quad (9)$$

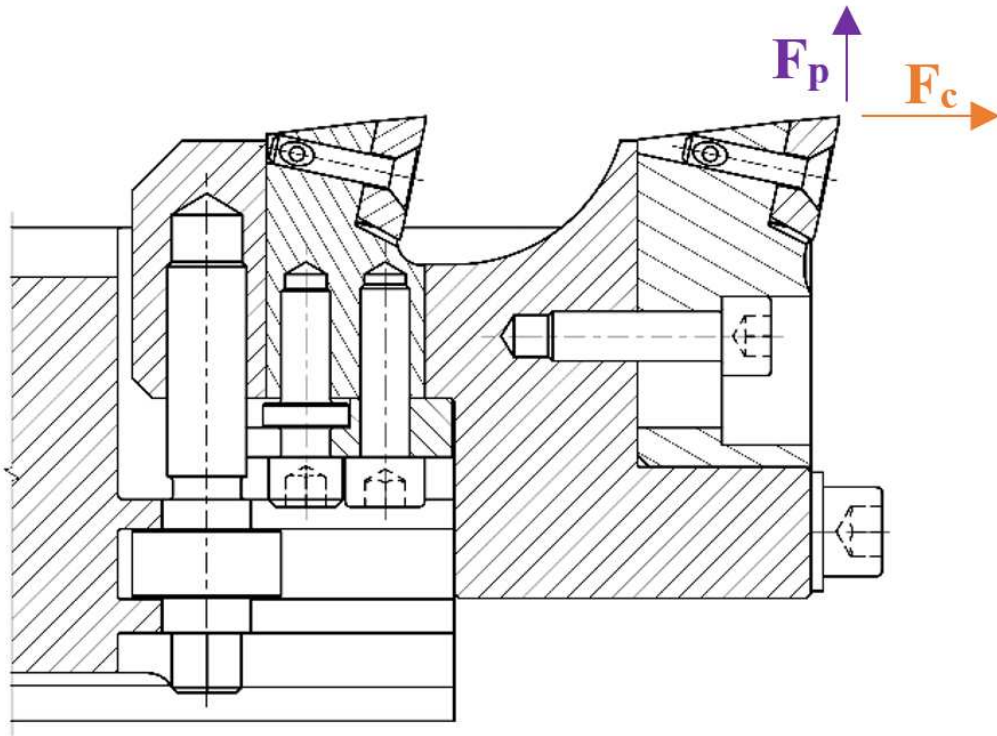
F_{rch} – řezná síla po zchladnutí [N]

Řezná síly při obrázení se skládá ze tří složek. První složkou je síly F_c , jedná se o řeznou složku obrázení. Síla F_p je pasivní složkou obrázení a působí směrem do materiálu. Poslední složkou síly je síla F_t a jedná se o posuvnou síly. Pro obrážecí stroj se však počítá jen se složkami F_c a F_p protože obrábí svar bez bočního posuvu. [6]



Obr. 44 Řezné síly při obrázení [6]

Aby bylo určeno, jaké síly působí na opěru, je nutné přepočítat řeznou sílu na řeznou složku síly F_c a F_p pasivní složku síly. Pro stanovení síly F_c byl použit experimentálně stanovený vztah podle [6].



Obr. 45 Řezné síly F_p a F_c působící na jeden břit

$$F_{\tilde{r}} = (1,1 \div 1,18) \cdot F_c \Rightarrow F_c = \frac{F_{\tilde{r}}}{1,14} = \frac{24480}{1,14} = 21473,7 \text{ N} \quad (10)$$

F_c – řezná složka síly [N]

$$F_{\tilde{r}} = \sqrt{F_c^2 + F_p^2} \Rightarrow F_p = \sqrt{F_{\tilde{r}}^2 - F_c^2} = \sqrt{24480^2 - 21473,7^2} = 11753,7 \text{ N} \quad (11)$$

F_p – pasivní složka síly [N]

Stejný přepočít je nutné také provést pro řeznou sílu po zchladnutí $F_{\tilde{r}ch}$, aby se dalo ověřit jakým způsobem ovlivní proces studený výronek. Je potřea určit řeznou složku síly po zchladnutí F_{cch} a pasivní složku síly po zchladnutí F_{pch} .

$$F_{\check{r}ch} = (1,1 \div 1,18) \cdot F_{cch} \Rightarrow F_{cch} = \frac{F_{\check{r}ch}}{1,14} = \frac{48960}{1,14} = 42947,4 \text{ N} \quad (12)$$

F_{cch} – řezná složka síly po zchladnutí [N]

$$F_{\check{r}ch} = \sqrt{F_{cch}^2 + F_{pch}^2} \Rightarrow F_p = \sqrt{F_{\check{r}ch}^2 - F_c^2} = \sqrt{48960^2 - 42947,4^2} \quad (13)$$

$$= 23507,5 \text{ N}$$

F_{pch} – pasivní složka síly po zchladnutí [N]

Nyní se dá porovnat síla, kterou způsobí řezný odpor a sílu, kterou je schopen vyvinout zařízení určené k odstranění výronku svaru. Se složkou síly F_{cch} se musí počítat pro horní i dolní orážecí ústrojí.

$$F_o = 78540 \text{ N}$$

$$F_{cch} = 48960 \text{ N} \Rightarrow F_{cchc} = 2 \cdot 42947,4 = 85894,8 \text{ N} \quad (14)$$

$$F_o < F_{cchc} \quad (15)$$

$$78540 \text{ N} < 85894,8 \text{ N}$$

F_{cchc} – celková řezná složka síly po zchladnutí [N]

Výpočet odpovídá skutečnosti, celková potřebná řezná složka síla po zchladnutí je větší než síla, kterou je schopné vyvinout orážecí zařízení. A zařízení se při odstraňování svaru po zchladnutí zastaví.

Je potřeba provést podobnou kontrolu pro sílu stlačení čelistí F_s , kde se porovná síla stlačení s pasivní složkou síly po zchladnutí F_{pch} pro spodní i horní orážecí ústrojí

$$F_s = 25133 \text{ N}$$

$$F_{pch} = 23507,5 \text{ N} \Rightarrow F_{pchc} = 2 \cdot 23507,5 = 47015 \text{ N} \quad (16)$$

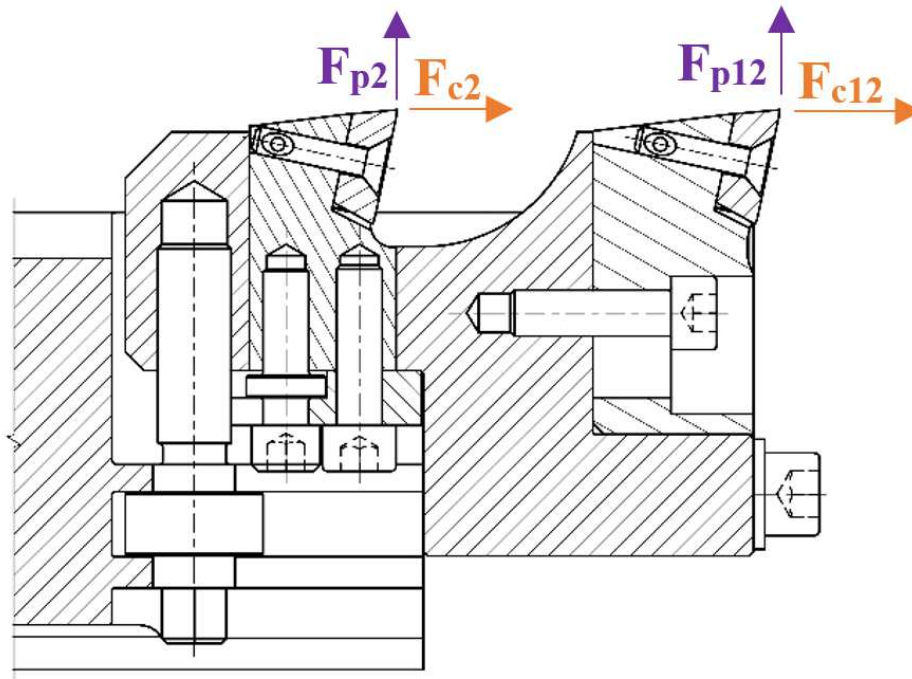
$$F_s < F_{cp} \quad (17)$$

$$25133 \text{ N} < 47015 \text{ N}$$

F_{pchc} – celková pasivní složka orážení po zchladnutí [N]

Výpočet také odpovídá skutečnosti, celková potřebná pasivní síla orážečky po zchladnutí je větší než síla, kterou je schopno zařízení vyvinout pro upnutí prstence. Čelisti se při orážení od sebe vzdálí.

Při nastavení maximálního průřezu třísky pro druhou břitovou destičku (1 mm x 8 mm) se vypočítají jednotlivé složky řezných a pasivních sil z řezných sil F_{r12} a F_{r2} .



Obr. 46 Složky síly při orážení dvěma břity

$$F_{\check{r}2} = (1,1 \div 1,18) \cdot F_{c2} \Rightarrow F_{c2} = \frac{F_{\check{r}2}}{1,14} = \frac{6120}{1,14} = 5368,4 \text{ N} \quad (18)$$

F_{c2} – řezná složka síly pro druhou břitovou destičku [N]

$$F_{\check{r}2} = \sqrt{F_{c2}^2 + F_{p2}^2} \Rightarrow F_{p2} = \sqrt{F_{\check{r}2}^2 - F_{c2}^2} = \sqrt{6120^2 - 5368,4^2} = 2938,7 \text{ N} \quad (19)$$

F_{p2} – pasivní složka síly pro druhou břitovou destičku [N]

$$F_{\check{r}12} = (1,1 \div 1,18) \cdot F_{c12} \Rightarrow F_{c12} = \frac{F_{\check{r}12}}{1,14} = \frac{18360}{1,14} = 16105,3 \text{ N} \quad (20)$$

F_{c12} – řezná složka síly pro první břitovou destičku [N]

$$F_{\check{r}12} = \sqrt{F_{c12}^2 + F_{p12}^2} \Rightarrow F_{p12} = \sqrt{F_{\check{r}12}^2 - F_{c12}^2} \quad (21)$$

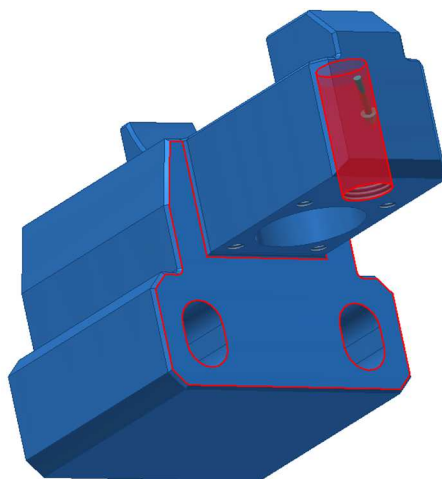
$$F_{p12} = \sqrt{18360^2 - 16105,3^2} = 8815,3 \text{ N}$$

F_{p12} – řezná složka síly pro první břitovou destičku [N]

5.6 Pevnostní analýza

Prostřednictvím programu Autodesk Inventor byla provedena pevnostní analýza opěry. Nejprve při působení řezné síly jen na první destičku a poté také při maximální předpokládané tříse pro druhou destičku.

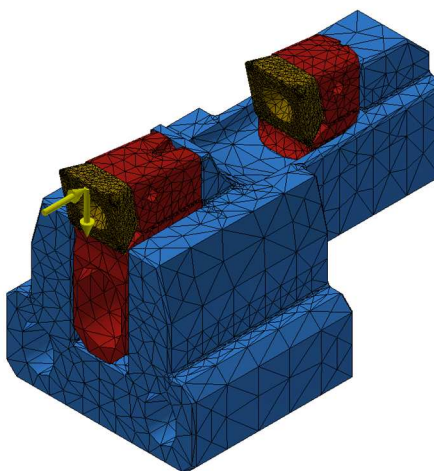
Byly nastaveny dvě pevné vazby pro obě řešení. Na plochu, která se opírá o profilovou lištu byla nastavena pevná vazba ve všech třech osách a na plochu závitů pro stavěcí šroub byly nastaveny pevné vazby v osách kolmých na orážecí pohyb.



Obr. 47 Umístění vazeb

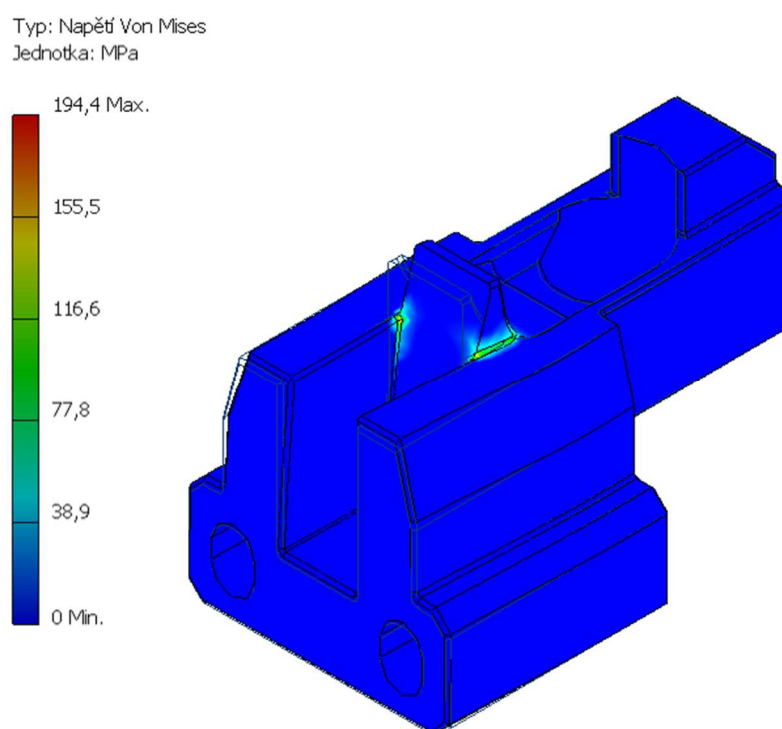
Následně bylo nutné nastavit materiálové vlastnosti. Materiál opěry je 1.6580. Youngův modul je 210 GPa, Poissonova konstanta 0,29, modul pružnosti ve smyku 69 GPa, hustota $7,85 \text{ g/cm}^3$, mez kluzu 700 MPa a mez pevnosti v tahu 900 MPa. [17]

Opěra je zatížena dvěma složkami orážecí síly. Tyto složky síly mají velikost $F_c = 21473,7 \text{ N}$, $F_p = 11753,7 \text{ N}$ a působí na plochu břitové destičky $8 \text{ mm} \times 4 \text{ mm}$. Mezi destičkou a držákem destičky je nastaven vázaný dotyk, mezi zadní stranou držáku a opěrou je nastaven také vázaný dotyk. Dotyk mezi spodní částí držáku břitové destičky a opěrou je nastaven jako oddělení bez posouvání, a to z toho důvodu, že se při zatěžování držáku v horní části se může držák mírně naklonit. Poslední dotyk mezi válcovým držákem a opěrou je vázaný.



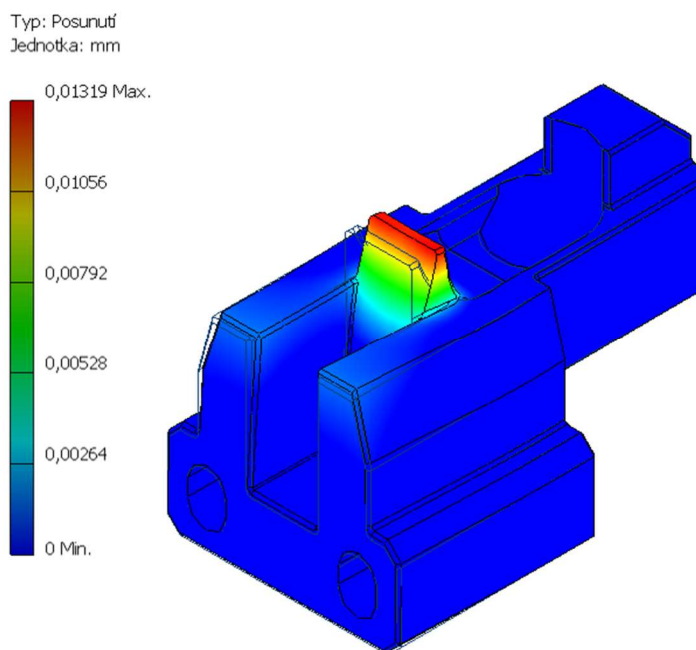
Obr. 48 Působíště sil pro jednu zatíženou destičku

Výsledné největší napětí při působení řezné síly F_r je 194,4 MPa a nachází se v horní části opěry. Jedná se o poměrně velké napětí, ale vzhledem k tomu, že je opěra vyrobena z materiálu 1.6580, tak se jedná o přijatelné napětí. Přechod mezi horním čelem opěry a výstupkem z čela, o který je opřena břitová destička je velké napětí vzhledem ke zbytku součásti. Bohužel vzhledem k rozměrovým omezením opěry není možné, aby bylo toto místo zesíleno. Ale i přes to, že je dané místo tak namáhané, je méně namáhané než u původního řešení.



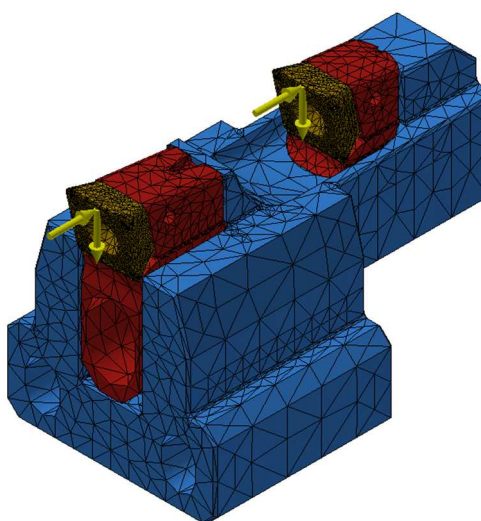
Obr. 49 Napětí v opěře pro jednu zatíženou destičku

Výsledné největší posunutí je 0,01319 mm. Nachází se v nejvyšší části výstupku, o který se opírá držák břitové destičky. Jedná se o velmi malou hodnotu, která nijak výrazně neovlivní kvalitu odstranění výrobku.



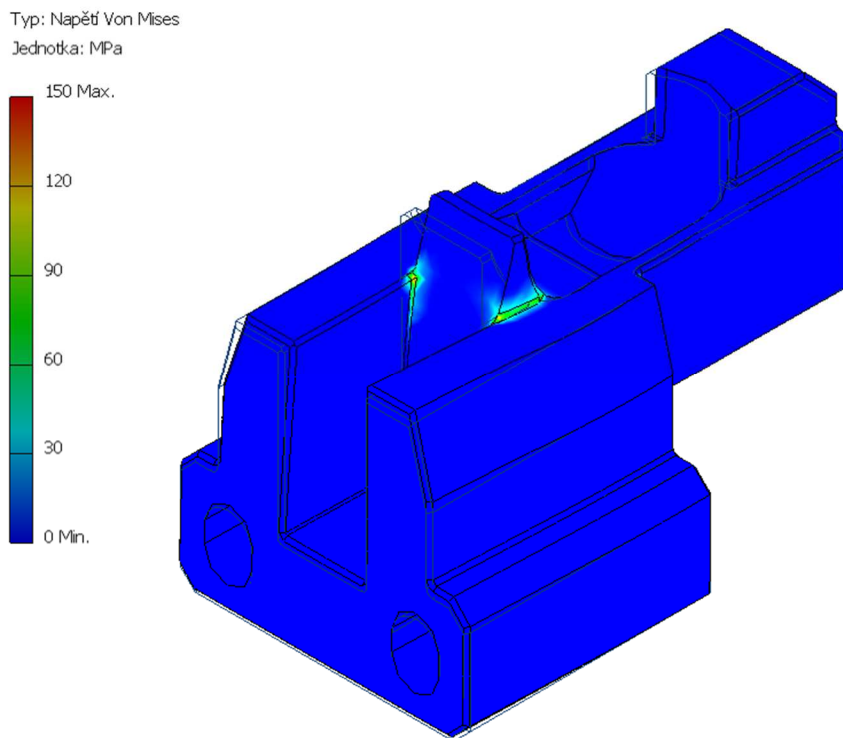
Obr. 50 Posunutí v opěře pro jednu zatíženou destičku

Následně byla provedena pevnostní analýza při zatížení opěry silami F_{f12} a F_{f2} . Tyto síly byly rozděleny do složek řezných sil $F_{c12} = 16105,3 \text{ N}$, $F_{c2} = 5368,4$ a do pasivních složek řezné síly $F_{p12} = 8815,3 \text{ N}$, $F_{p2} = 2938,7 \text{ N}$. Nastavení vazeb a dotyků zůstalo stejné jako u předchozího řešení.

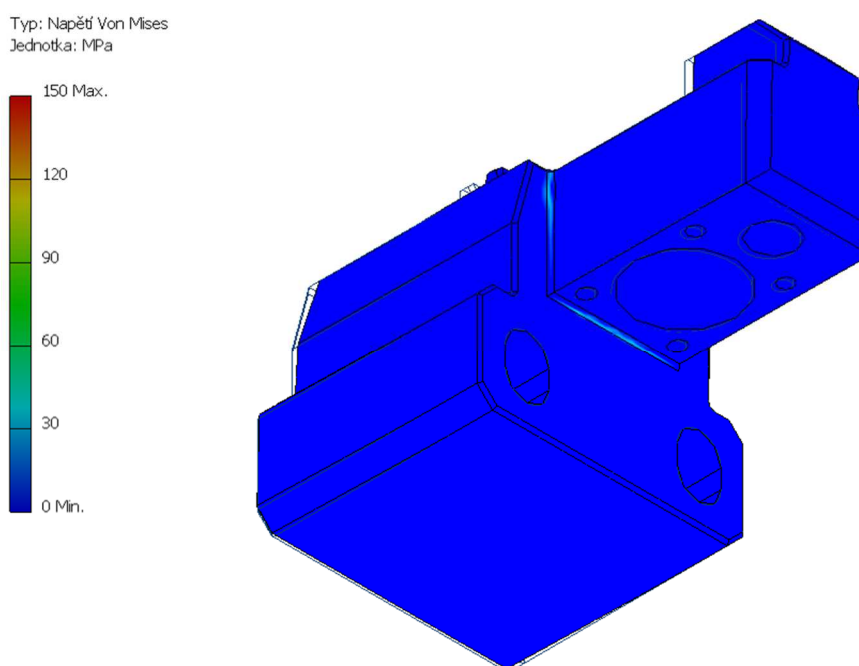


Obr. 51 Působíště sil pro maximální průřez třísky u druhé břitové destičky

Výsledné největší napětí při působení řezných sil F_{r12} a F_{r2} je 150 MPa a nachází se ve stejných místech jako u předchozí pevnostní analýzy. Celkově je ale napětí více rozloženo, díky odebrání třísky druhým břitem. Opěra je oproti předchozí analýze namáhána v přechodu mezi částí zasunutou do profilové lišty a vysunutou částí opěry.

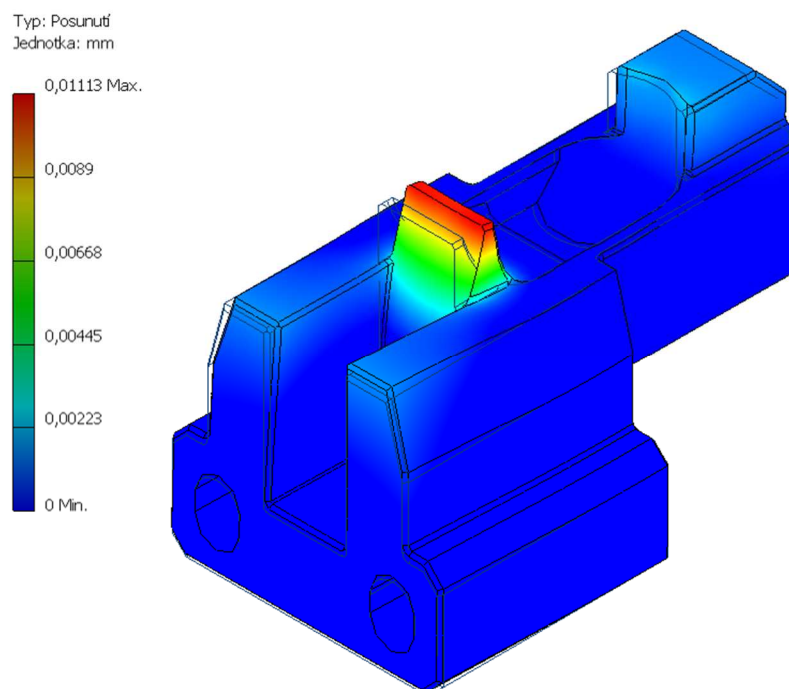


Obr. 52 Napětí v opěře pro maximální průřez třísky u druhé břitové destičky



Obr. 53 Napětí v zadní části opěry pro maximální průřez třísky u druhé břitové destičky

Výsledné největší posunutí je téměř totožné s předchozí s analýzou 0,01113 mm. Navíc lze pozorovat podle barevného spektra, že se nepatrné posunutí nachází v horní části předního čela opěry a v opěrné části druhého držáku břitové destičky.



Obr. 54 Posunutí v opěře pro maximální průřez třísky u druhé břitové destičky

Při porovnání těchto dvou analýz je zřejmé, že opěra je podobně namáhaná v případě orážení jednou břitovou destičkou i dvěma. Liší se jen nepatrně a zařízení bude většinou pracovat v nastavení, které se nachází někde mezi těmito dvěma krajními stavy. Výsledné největší napětí se tedy bude pohybovat mezi hodnotami 150 MPa až 194,4 MPa a výsledné největší posunutí bude v rozmezí 0,01113 mm až 0,01319 mm. Největším rozdílem je rozložení napětí při obrábění s druhou břitovou destičkou, kdy se napětí kolem 60 MPa až 90 MPa vyskytuje kolem přechodu mezi částí zasunutou do profilové lišty a vysunutou částí opěry.

5.7 Ceny vyráběných součástí

Úpravu je nutné provést pro horní i spodní orážecí ústrojí. Do ceny jsou započítány náklady za součásti, které se musí nechat vyrobit. Náklady na normalizované šrouby nejsou započítány, protože se nejedná velké položky. Navíc tím, že se přidá další břitová destička, se pravděpodobně prodlouží životnost původní břitové destičky.

Tab. 2 Ceny vyráběných součástí [18]

Produkt	Kusy	Cena za kus [kč]
Opěra	2	5500
Válcový držák	2	3500
Stavěcí šroub	2	3000
Podložka	2	900
Stavěcí šroub držáku	2	500
Břitová destička	2	340

Celková cena úpravy orážecího stroje je 27480 Kč.

6 Závěr

Cílem diplomové práce bylo navrhnout úpravu zařízení určeného k odstranění přebytečného svaru.

Nejprve byl popsán technologický postup výroby ráfku na vysokozdvížné vozíky. Dále byla analyzována technologie obrážení a odporové odtavovací stykové svařování. Následně bylo popsáno zařízení určené k odstranění přebytečného svaru a zjištěn jeho současný stav. Byly stanoveny nedostatky, které se vyskytují na prstencích po oražení výronku a zjištěny jejich příčiny. Některé příčiny byly nalezeny na samotném zařízení, ale také na jiné operaci. Poté byly zjištěny rozměry prstence a rozměry zařízení, které omezovali úpravu stroje. Rozměry výronku svaru byly získány z protokolu řezu prstence před oražením a teplota výronku před oražením byla nejprve orientačně stanovena pomocí digitálního bezkontaktního teploměru a následně prostřednictvím termokamery Fluke.

Na základě získaných informací byly navrženy variantní řešení daných komplikací při odstraňování přebytečného svaru a zvolena vhodnější varianta. Tato varianta byla dále podrobně rozpracována, byl doplněn další držák břitové destičky a upraveno orážecí ústrojí, aby bylo možné orážet více břitovými destičkami najednou, a přitom měla každá své vlastní nastavení tloušťky odebírané třísky. Dané řešení je omezeno, co se týče poměru velikosti třísek, druhá břitová destička je určena jen k odebírání malé třísky.

Po instalaci upraveného orážecího zařízení, bude zapotřebí nejprve stanovit vhodný poměr mezi první a druhou odebíranou tloušťkou třísky tak, aby obráběný povrch byl co nejlepší a zároveň aby nezpůsobovala další komplikace při obrábění. Vzhledem k tomu, že se prodlužovala opěra, bude opěra vyjíždět ven ze stroje o 62 mm více. Proto bude zapotřebí, aby se upravil chránící štít proti odpadávajícím třískám.

7 Seznam použité literatury

Odborná literatura

- [1] NĚMEC, Dobroslav. *Strojírenská technologie II*. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1985. 240 s.
- [2] NĚMEC, Dobroslav. *Strojírenská technologie 3: strojní obrábění*. 2., opr. vyd. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1982. 318 s.
- [3] PLÍVA, Ladislav. *Odporové svařování*. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1975. 265 s.
- [4] PLÍVA, Ladislav. *Odporové svařování v praxi*. 2. dopl. vyd. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1963. 131 s.
- [5] NĚMEC, Jaroslav, Cyril HÖSCHL a Jan DVOŘÁK. *Pružnost a pevnost ve strojírenství*. Praha: SNTL-Nakladatelství technické literatury, 1989. 599 s. ISBN 80-03-00193-5.
- [6] BILÍK, Oldřich. *Obrábění II: [Určeno pro posl. 4. roč. fak. stroj.]*. Ostrava: VŠB-Technická univerzita, 1994. 131 s. ISBN 80-7078-228-5.
- [7] SADÍLEK, Marek a Jaroslav DUBSKÝ. *Obrábění I: výběr přednášek*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2015. ISBN 978-80-248-3857-1. 131 s.
- [8] NĚMČEK, Miloš. *Řešené příklady z částí a mechanismů strojů: spoje*. 3. vydání. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2016. ISBN 978-80-248-3879-3. 111 s.
- [9] PLÍVA, Ladislav. *Čs. stroje a pomocná zařízení pro obloukové, elektrostruskové a odporové svařování*. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1980. 283 s.
- [10] 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. 927 s.
- [11] SVOBODA, Pavel. *Základy konstruování*. Vyd. 4. Brno: CERM, 2011. ISBN 978-80-7204-750-5. 243.

Elektronické dokumenty

- [12] Maxis Wheels. *Leuchtkraft* [online]. Německo: Impressum, 2018 [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: <https://www.leuchtkraft.media/maxion-wheels.html>

-
- [13] Wheels. *Trident* [online]. Indie: Mediatius Media Solútion, 2017 [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: <http://www.trident-intl.com/>
- [14] Theory of cutting. *Fakulta strojní* [online]. Praha: Jan Toníček, 2018 [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: http://utopm.fsid.cvut.cz/podklady/TE2/Lectures/Lecture_no_2_Cutting_Force_Heat.pdf
- [15] Technická podpora. *Bolzano* [online]. Kladno: Bohdan Bolzano, 2018 [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: https://www.bolzano.cz/assets/files/TP/MOP_%20Tycova_ocel/EN_10025/MOP_prehled_vlastnosti_S235JR.pdf
- [16] Technická podpora. *Bolzano* [online]. Kladno: Bohdan Bolzano, 2018 [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: http://www.bolzano.cz/assets/files/TP/MOP_%20Tycova_ocel/EN_10083/MOP_EN_10083-mech-vlastnosti.pdf
- [17] Praktické rady při práci s termokamerami. *Termovize* [online]. Brno: GHV Trading spol. s.r.o., 2011 [cit. 2018-05-18]. Dostupné z: <file:///D:/sta%C5%BEn%C3%A9%20soubory/1211-clanek-prorevize-2-11-kanco.pdf>

Ostatní

- [18] Interní dokumentace Maxion Wheels Czech s.r.o

8 Seznam obrázků a tabulek

Obr. 1 Vyráběné typy kol [12, 13]

Obr. 2 1 – odvíjení, 2 – arondování, 3 – rovnání, 4 – stříhání, 5 –stohování.

Obr. 3 1 – tryskání, 2 – skružení, 3 – svaření, 4 – orážení, 5 – ostřížení, 6 – máčení, 7 – konusování,

Obr. 4 Pracovní pohyb při hoblování a obrázení a) hoblování b) vodorovné obrázení c) svislé obrázení 1 – posuv nožů, 2 – řezný pohyb obrobku, 3 – řezný pohyb nože, 4 – posuv obrobku [1]

Obr. 5 Vodorovná obrážecí [2]

Obr. 6 Bodové, výstupkové, švové, stykové svařování. [3]

Obr. 7 Princip odporové stykové svářečky [4]

Obr. 8 Postup odtavovacího svařování [3]

Obr. 9 Hlavní části orážecí Lemmerz 300–8

Obr. 10 Spodní orážecí ústrojí

Obr. 11 Horní orážecí ústrojí

Obr. 12 Orážecí ústrojí ve vysunutém stavu

Obr. 13 Uložení břitové destičky

Obr. 14 Břitová destička s kolíkem

Obr. 15 Nastavení polohy břitové destičky

Obr. 16 Kvalita povrchu

Obr. 17 Nerovnoměrné odstranění výronku

Obr. 18 Přesazení konců

Obr. 19 Zasunutá lišta s rozměry

Obr. 20 Vysunutá lišta s rozměry

Obr. 21 Prstenec před a po svaření

Obr. 22 Digitální bezkontaktní teploměr CEM DT-8833

Obr. 23 Termokamera Fluke Ti32

Obr. 24 Emisivita 0,95, teplota na pásce

Obr. 25 Určení emisivity materiálu

Obr. 26 Teplota výrobku při orážení

Obr. 27 Rozměry výronku

Obr. 28 Schematický návrh varianty č. 1

Obr. 29 Předběžný model varianty č. 1

-
- Obr. 30 Schematický návrh varianty č. 2
- Obr. 31 Předběžný model varianty č. 2
- Obr. 32 Model řešení
- Obr. 33 Uložení druhé břitové destičky
- Obr. 34 Princip nastavení válcového držáku destičky
- Obr. 35 Opěra určena k umístění dvou držáků
- Obr. 36 Podložka držáku destičky
- Obr. 37 Válcový držák břitové destičky
- Obr. 38 Přímočarý hydromotor stlačení
- Obr. 39 Přímočarý hydromotor orážení
- Obr. 40 Závislost meze pevnosti, meze kluzu, tažnosti, kontrakce a vrubové houževnatosti
- Obr. 41 Závislost rezného odporu na tloušťce třísky [14]
- Obr. 42 Řezná síly F_r
- Obr. 43 Řezné síly F_{r12} a F_{r2}
- Obr. 44 Řezné síly při obrážení [6]
- Obr. 45 Řezné síly F_p a F_c působící na jeden břit
- Obr. 46 Složky síly při orážení dvěma břity
- Obr. 47 Umístění vazeb
- Obr. 48 Působíště sil pro jednu zatíženou destičku
- Obr. 49 Napětí v opěře pro jednu zatíženou destičku
- Obr. 50 Posunutí v opěře pro jednu zatíženou destičku
- Obr. 51 Působíště sil pro maximální průřez třísky u druhé břitové destičky
- Obr. 52 Napětí v opěře pro maximální průřez třísky u druhé břitové destičky
- Obr. 53 Napětí v zadní části opěry pro maximální průřez třísky u druhé břitové destičky
- Obr. 54 Posunutí v opěře pro maximální průřez třísky u druhé břitové destičky
- Tab. 1 Vstupní parametry [18]
- Tab. 2 Ceny vyráběných součástí [18]

9 Přílohy

Příloha A Výkresová dokumentace

Výkres sestavení:	VÝSUVNÁ ČÁST ORÁŽEČKY M.	VCOM – 01
Výrobní výkresy:	OPĚRA	VCOM – 01.01
	DRŽÁK VÁLCOVÝ	VCOM – 01.02
	STAVĚCÍ ŠROUB	VCOM – 01.03
	PODLOŽKA	VCOM – 01.04
	STAVĚCÍ ŠROUB DRŽÁKU	VCOM – 01.05

Příloha B CD