



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

PŘÍDAVNÉ ZAŘÍZENÍ PRO VYTLAČOVÁNÍ PŘÍŘEZŮ Z INDUKTORU

ADDITIONAL DEVICE FOR THE PUSHING OUT BILLETS FROM INDUCTOR

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Josef Pešek

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Jaroslav Kašpárek, Ph.D.

BRNO 2022

Zadání diplomové práce

Ústav:	Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Student:	Bc. Josef Pešek
Studijní program:	Automobilní a dopravní inženýrství
Studijní obor:	bez specializace
Vedoucí práce:	Ing. Jaroslav Kašpárek, Ph.D.
Akademický rok:	2021/22

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Přídavné zařízení pro vytlačování přířezů z induktoru

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Návrh plně automatického přídavného zařízení pro vytlačování přířezů z induktoru a tím umožnění ohřevu až do posledního přířezu. Najetí vytlačovacího přídavného zařízení do osy toku materiálu bude zajištěno pneumatickými válci.

Technické parametry:

Délka vytlačování: 6 000 mm

Ohříváný materiál: Magnetická ocel

Rozměr kruhového přířezu: Průměr D = 125 mm

Délka L = 200 mm

Maximální výkon ohřevu: 2 000 kg/h

Nejkratší takt 12 s/ks

Cíle diplomové práce:

Rešeršní kritický popis ohříváče pro průběžný ohřev přířezů před kováním.

Rešeršní rozbor vytlačovacího zařízení a výrobců indukčního ohřevu.

Návrh koncepcí přídavného zařízení a zdůvodnění volby vlastní konstrukce.

Analytický výpočet funkčních a rozměrových parametrů zařízení.

Numerická simulace dynamického procesu vytlačování.

Sestavný výkres přídavného zařízení.

Dílenské detailní výkresy.

Seznam doporučené literatury:

BIGOŠ, Peter, Jozef KULKA, Melichar KOPAS a Martin MANTIČ. Teória a stavba zdvíhacích a dopravných zariadení. Vyd. 1. Košice: TU v Košiciach, Strojnícka fakulta, 2012. Edícia vedeckej a odbornej literatúry (Technická univerzita v Košiciach). ISBN 9788055311876.

POLÁK, Jaromír, Jiří PAVLISKA a Aleš SLÍVA. Dopravní a manipulační zařízení I. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2001. ISBN 8024800438.

LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření. 1. vyd. Úvaly: Albra, 2003. ISBN 8086490742.

MICHALÍČEK, Milan. Dynamika stavebných strojov. 2. vyd. Bratislava: Slovenská technická univerzita, 1996. Edícia skript. ISBN 8022708798.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2021/22

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Josef Štětina, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Diplomová práce pojednává o různých typech přídavných zařízení pro vytlačování přířezů z induktoru. Zabýval jsem se jednotlivými stroji od různých výrobců indukčního ohřevu a jejich srovnáním. Navrhl jsem vlastní konstrukční řešení a vytvořil 3D model, podle něhož bylo vyrobeno plně funkční zařízení. Ověřením funkčnosti byla vytvořena numerická simulace dynamického procesu vytlačování. Součástí práce je výkresová dokumentace.

KLÍČOVÁ SLOVA

Vytlačovací zařízení, vytlačovací tyče, indukční ohřev, indukční ohřivač přířezů, induktor.

ABSTRACT

The master thesis deals different types of additional device for the pushing out billets from inductor. It includes individual machines from different manufacturers induction heating and their comparison. I designed my own solution and created a 3D model according to which a fully functional device was made. By verifying the functionality, a numerical simulation of the dynamic extrusion process was created. Part of the work is drawing documentation.

KEYWORDS

Device for the pushing out billets from inductor, extrusion rods, induction heating, induction billet heater, inductor.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

PEŠEK, J. *Přídavné zařízení pro vytlačování přířezů z induktoru*. Brno, 2022. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automobilního a dopravního inženýrství. Vedoucí práce Jaroslav Kašpárek. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/138090>.



ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Ing. Jaroslava Kašpárka, Ph.D. a s použitím informačních zdrojů uvedených v seznamu.

V Brně dne 20. května 2022

.....

Bc. Josef Pešek

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych zde poděkoval Ing. Jaroslavu Kašpárkovi, Ph.D. za ochotu a cenné rady při tvorbě mé diplomové práce.

Dále děkuji své rodině za trpělivost a podporu, kterou mi po dobu mého dosavadního studia na VUT FSI poskytovala.

OBSAH

Úvod.....	12
1 Teorie indukčního ohřevu.....	13
2 Ohřivače přířezů pro kovárenský průmysl.....	15
3 Části kompletního ohřivače	16
3.1 Mechanismy zakládání	16
3.1.1 Výklopník palet	16
3.1.2 Vibrační zásobník	16
3.1.3 Vibrační mezizásobník	17
3.1.4 Deskový zakladač	18
3.2 Vstupní mechanismy.....	18
3.2.1 Gravitační skluz.....	18
3.2.2 Šikmý krokovací dopravník	19
3.2.3 Elektromechanická tlačka.....	20
3.2.4 Vodorovné dopravníky	20
3.2.5 Kladkový podavač	21
3.3 Indukční ohřivač	21
3.3.1 Středofrekvenční transformátory	21
3.3.2 Měníče kmitočtu	22
3.3.3 Induktory	23
3.4 Výstupní mechanismy.....	24
3.4.1 Kladkový vytahovač	24
3.4.2 Gravitační žlábek.....	25
3.4.3 Kombinace gravitačního žlábků a kladkového vytahovače	26
3.4.4 Klešťový vytahovač.....	26
3.5 Třidička ohřátých přířezů.....	27
3.6 Měření teploty.....	28
3.7 Plošina pro obsluhu.....	28
4 Výrobci indukčních ohřevů	29
4.1 Roboterm Chotěboř.....	29
4.2 SMS Elotherm.....	30
4.3 EFD Induction.....	31
4.4 Interpower Induction.....	32
4.5 Inductoheat Europe	33
5 Vytlačovací zařízení.....	34
5.1 Stávající způsob vytlačování Roboterm	34
5.2 Vytlačování Inductoheat	35
5.3 Vytlačování Elotherm	36
5.4 Vytlačování Interpower Induction	37
6 Návrhy koncepcí vytlačovacích zařízení.....	38
6.1 Stávající způsob	38
6.2 Varianta A.....	38
6.3 Varianta B	40

6.4	Varianta C.....	41
6.5	Varianta D	42
6.6	Varianta E.....	43
6.7	Hodnotící kritéria	44
6.8	Vyhodnocení jednotlivých variant	45
7	Návrh a zdůvodnění vlastní konstrukce.....	48
7.1	Specifikace indukčního ohřívače.....	50
7.2	Pevný rám.....	51
7.3	Stavěcí nohy	51
7.4	Pohyblivý rám	52
7.5	Výklopné rameno	53
7.6	Pohon.....	54
7.7	Nosič tyčí.....	55
7.8	Vytlačovací tyče	56
7.9	Mechanismus vytlačování	57
7.10	Rampa	58
7.11	Umístění vytlačovacího zařízení.....	59
7.12	Zajištění při zajíždění tyčí	59
8	Simulace dynamického procesu vytlačování	61
8.1	MSC ADAMS	61
8.2	Model pro MSC ADAMS VIEW 2019	61
8.2.1	Pevná část.....	62
8.2.2	Pohyblivý rám	63
8.2.3	Výklopné rameno s nosičem tyčí	63
8.2.4	Válec a píst sekundárního pneumatického válce	64
8.2.5	Vytlačovací tyče.....	65
8.2.6	Ohřívaný materiál	66
8.3	Simulace	66
8.4	Výsledky ze simulace	67
8.5	Grafické znázornění procesu vytlačování	69
9	Funkční výpočty	72
9.1	Návrh primárního pneumatického válce	73
9.2	Parametry primárního pneumatického motoru	74
9.3	Návrh sekundárního pneumatického válce.....	78
9.4	Parametry sekundárního pneumatického motoru	80
10	Výroba.....	84
11	Montáž.....	85
12	Testování	86
13	Bezpečnostní předpisy	87
13.1	Bezpečnostní značky zákazové.....	87
13.2	Bezpečnostní značky výstražné	87

Závěr	88
Použité informační zdroje.....	89
Seznam použitých zkratek a symbolů.....	93
Seznam příloh	94

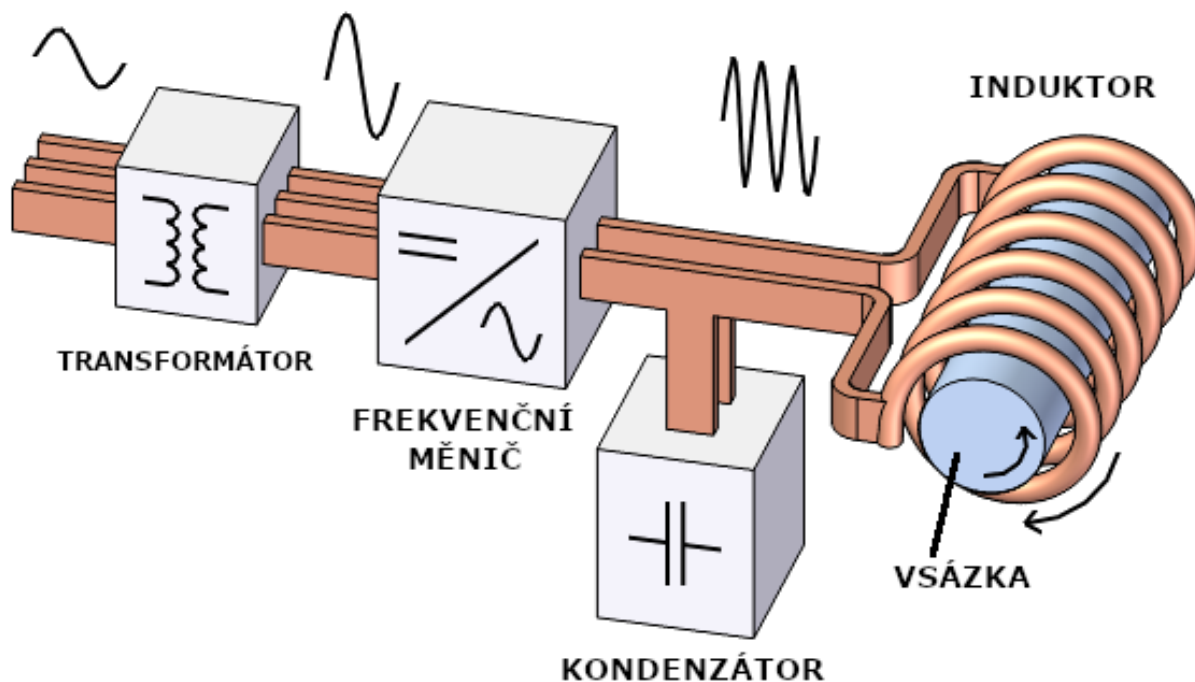
ÚVOD

Tato diplomová práce se zabývá konstrukcí přídavného zařízení pro vytlačování přířezů z induktoru, který byl vyroben podle níže uvedené výkresové dokumentace a 3D modelu. Přídavné zařízení je součástí indukčního ohřívače. Ohřívač se používá pro ohřev materiálu na kovací teplotu. Polotovary bývají protlačovány induktorem pomocí kladkového podavače. Když dojde zásoba polotovarů před induktorem, kladkový podavač nemůže polotovary dále posouvat a v induktoru zůstává horký materiál. Úkolem vytlačovacího zařízení je vytlačit ohříváný materiál z induktoru ještě před tím, než by se mohl roztavit a poničit indukční ohřívač. Vytlačování bude probíhat před koncem ohřevu, během mimořádných situací nebo při výměně ohříváného materiálu. Dříve musela obsluha dostávat přířezy z induktoru manuálně nebo pomocí tzv. falešného přířezu, což bylo nebezpečné a fyzicky náročné. Přídavné vytlačovací zařízení dokáže ulehčit práci jak obsluze, tak podniku, kterému ušetří náklady na provoz indukčního ohřívače.

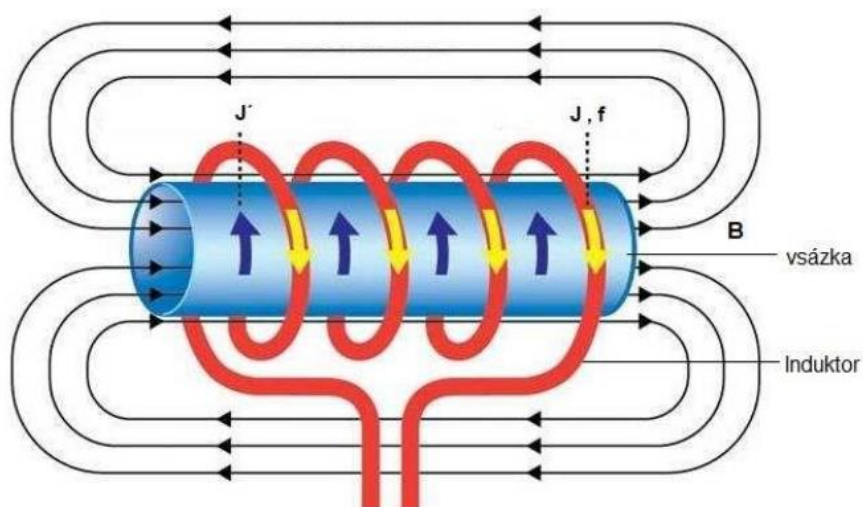
Úvodní kapitola bude věnována teorii indukčního ohřevu a základním pojmům získaným z odborných publikací. Následovat bude popis všech částí kompletního indukčního ohřívače přířezů určeného pro kovárenský průmysl. Další část bude věnována konkurenčním vytlačovacím zařízením a jednotlivým zástupcům různých společností. Bude vypracováno několik návrhů koncepcí a vyhodnocena nejlepší varianta. Důležitou částí práce je navržení vlastní konstrukce, vyhotovení výkresové dokumentace, 3D modelu a vytvoření numerické simulace dynamického procesu vytlačování. Cílem práce je zjistit, zda je možné navrženou konstrukci sestavit a ověřit či případně vyvrátit její funkčnost.

1 TEORIE INDUKČNÍHO OHŘEVU

Indukční ohřev je elektrický ohřev využívající vlastnosti elektromagnetické indukce. Zjednodušeně se jedná o transformátor, kde primárním vinutím je induktor (cívka) a sekundárním vinutím je vsázka viz. *Obr. 1*. Pokud se do vinutí induktoru, ve kterém protéká střídavý proud, vloží vsázka z elektricky vodivého materiálu, indukují se střídavým magnetickým polem vířivé proudy. Vířivé proudy vsázku zahřívají viz. *Obr. 2*. [1][2]



Obr. 1 Uspořádání indukčního ohřevu [1]



Obr. 2 Princip indukčního ohřevu [3]; J – střídavé proudy, f – kmitočet, J' – vířivé proudy, B – indukce magnetického pole

Transformátor se používá pro napájení silových obvodů měniče kmitočtů. Úkolem transformátoru je modifikace napětí sítě vstupnímu napětí měniče a separace silových obvodů od sítě. Tyristorové nebo tranzistorové statické měniče kmitočtů se používají k napájení induktorů. Kompenzační kondenzátory jsou k induktoru zapojeny paralelně. Kapacita kondenzátoru určuje pracovní (rezonanční) kmitočet měniče. [1]

Výhodou je, že ohřev neprobíhá teplotním spádem, ale teplo se do vsázky přenáší střídavým elektromagnetickým polem a vzniká bezprostředně v sázce. To je velmi důležité, protože všechno v okolí může být chladné. Další výhodou je dobrá stabilizace teploty ohříváných materiálů. Měření teploty probíhá většinou bezkontaktně pyrometry. Průmyslový indukční ohřev má výhodu ve snadné mechanizaci a automatizaci. [1]

Nevýhodou indukčního ohřevu je, že se teplo v celém průřezu vsázky nevyvíjí rovnoměrně. Při ohřevu válcového materiálu je největší proudová hustota na povrchu a k ose rotace klesá exponenciálně. [1]

Indukční ohříváče mají široké uplatnění: [1]

- Průmysl (tváření, tavení, povrchové kalení, žíhání, lisování, svařování)
- Kuchyňské vařiče (indukční vařič)

Elektrická účinnost ohřevu se zabývá přenosem energie z induktoru do vsázky a navrhuje se tak, aby byly pokud možno co nejmenší provozní náklady. Účinnost klesá se zvětšením poměru mezi vnitřním průměrem cívky ku průměru vsázky. Z tohoto důvodu není vhodné používat velkou škálu průměrů vsázky pro jeden typ induktoru. Vysokou účinnost má ohřev feromagnetických materiálů. [1]

Rychlejší indukční ohřev se používá při povrchovém kalení, kde se ohřívá jen malá povrchová vrstva. Pomalejší ohřev se používá například pro kování. Materiál se musí rovnoměrně prohřát. Tepelná účinnost se pomalým ohřevem zhoršuje, protože vysoce zahřátá vsázka ztrácí teplo sáláním. [1][2]

2 OHŘÍVAČE PŘÍŘEZŮ PRO KOVÁRENSKÝ PRŮMYSL

Ohřívání přířezů na kovací teplotu pomocí indukčního ohřevu je velmi rychlé a vhodné pro kontinuální ohřev. Výhodou je snadná regulace a automatizace. Hlavní částí ohřivače viz. *Obr. 3* je induktor, který se skládá z měděné cívky zalité v žárobetonu. Induktor je konstruován na jednu velikost přířezu, proto se k ohřivači dodává více typů, aby se zaručila univerzálnost zařízení. Záleží na požadavku zákazníka. Výměna induktoru je časově nenáročná. Uchycení je zajištěno pneumatickým upínáním a rychlospojek. Ohřívání přířezů probíhá kontinuálně a pohyb induktorem zajišťuje podávací mechanismus. Podávání, nejčastěji kladky, může být sekvenční nebo plynulé. Napájení induktoru je z frekvenčního měniče, který je umístěn ve skříni pod induktorem. V různých případech může stát i mimo induktor. Ve skříni pod induktorem se také nachází kondenzátory, které slouží pro optimální naladění středofrekvenčního obvodu. Dodávání přířezů do ohřivače může být ruční nebo automatické. Ohřátý materiál z ohřivače vypadává gravitačně, nebo může být odebíraný robotem. Další komponentem může být třídička. Pomocí pyrometrů roztrídí na nedohřáté a přehřáté. Přířezy, které neprojdou požadovanou teplotou, jsou vyřazeny z linky. Ohřáté přířezy jsou do tvářecího stroje dopravovány řetězovým dopravníkem nebo robotem. [4]



Obr. 3 Jednostupňový kompaktní ohřivač přířezů pro tváření [4]

3 ČÁSTI KOMPLETNÍHO OHŘÍVAČE

Linka kompletního ohříváče pro průběžný ohřev před kovááním se skládá z několika částí.

3.1 MECHANISMY ZAKLÁDÁNÍ

3.1.1 VÝKLOPNÍK PALET

Výklopník palet viz. *Obr. 4* slouží k vysypání materiálu z palety, bedny nebo z různých košů. Výklopníky mají v průmyslu ale i v zemědělství široké uplatnění. V případě použití v automatických indukčních ohřívacích linkách se výklopník palet používá k vysypání přířezů do deskového zakladače nebo do vibračního zásobníku. Výklopníků je několik druhů. Rozdělují se podle nosnosti (řádově několik tun) a podle mechanismu vyklápění (otočný nebo kombinace zdvihání a otáčení). Před vyklápěním se paleta může zakládat vysokozdvížným vozíkem, ručním paletovým vozíkem nebo jeřábem. Při vyklápění je proti vypadnutí paleta automaticky zajištěna. [5]



Obr. 4 Výklopník palet [5]

3.1.2 VIBRAČNÍ ZÁSOBNÍK

Vibrační kruhové zásobníky viz. *Obr. 5* se používají pro automatické zakládání přířezů. Z výklopníku palet se do zásobníku volně vysypou přířezy. Vibrační zásobník postupně uspořádá přířezy do řady tak, aby kontinuálně navazovaly pro ohřev. Pohyb přířezů je zaručen rozkmitáním vibromotorů do šroubových kmitů. Velikost kmitů se reguluje rozvážením vibromotorů a rychlost se reguluje otáčkami. Lze použít pro kruhové nebo čtvercové přířezy různých velikostí. Vibrační zásobníky se vyrábí o několika průměrech. Mohou být levotočivé i pravotočivé. Kontaktní dráha je vyrobena z ořezuvzdorné oceli pro delší životnost. Vibrační zásobník se používá s výklopníkem palet. Tato kombinace je rychlejší a ekonomičtější

variantou ručního nebo robotického zakládání z palety. Nevýhodou je vyšší hlučnost zakládání. [6]



Obr. 5 Vibrační zásobníky [6]

3.1.3 VIBRAČNÍ MEZIZÁSOBNÍK

Mezizásobník viz. *Obr. 6* plní funkci postupného doplňování vibračních zásobníků. Zjednodušeně se jedná o žlab spojený s rotačními vibromotory uložený na pružinách. Řízení vibračního mezizásobníku je ovládáno manuálně (tlačítka) nebo automaticky v závislosti na zásobě přířezů ve vibračním zásobníku. [6]



Obr. 6 Vibrační mezizásobník [6]

3.1.4 DESKOVÝ ZAKLADAČ

Základem deskového zakladače je deskový dopravník. Dopravník viz. *Obr. 7* se skládá ze sady pevných desek uložených v rámu a ze sady pohyblivých desek náležíčích k pohyblivému žebříku. Žebřík se pomocí klikového mechanismu pohybuje v přímočarém vedení nahoru a dolů. Postupným předáváním z desky na desku se přířezy přibližují k řetězovému dopravníku. V horní části dopravníku přepadávají přířezy na řetězový dopravník. Rychlost zakladače je přibližně 15 zdvihů za minutu. Vždy záleží na požadovaném taktu ohřevu. Pohyb klikového mechanismu zajišťuje elektromotor s převodovkou.

Výhodou deskových zakladačů je nízká hlučnost a velká kapacita. Mechanismus je vhodný pro plynulý tok přířezů.

Nevýhodou zakladače je, že může podávat přířezy jen o určitém rozsahu průměrů. [7]



Obr. 7 Deskový zakladač [8]

3.2 VSTUPNÍ MECHANISMY

Nejčastější uspořádání vstupních mechanismů je: vodorovný dopravník s kladkovým mechanismem, šikmý gravitační skluz s tlačkou a šikmý krokovací dopravník s tlačkou.

3.2.1 GRAVITAČNÍ SKLUZ

Šikmý gravitační skluz viz. *Obr. 8* je umístěný na ohřivači. Skluz slouží jako akumulátor. Zakládání probíhá ručně. Výhodou je jednoduchá konstrukce a malý zastavěný prostor. Modul umožňuje jednoduchou, rychlou změnu ohřívaných přířezů. Nevýhodou je neplynulý pohyb přířezů induktorem. Šikmý gravitační skluz se používá současně s pneumatickou nebo elektromechanickou tlačkou.



Obr. 8 Gravitační skluz

3.2.2 ŠIKMÝ KROKOVACÍ DOPRAVNÍK

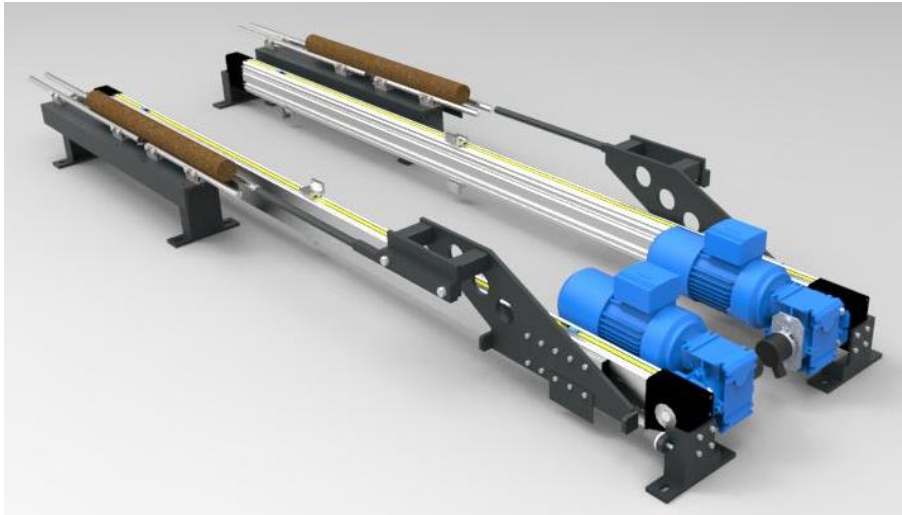
Přířezy se do šikmého krokovacího dopravníku viz. *Obr. 9* zakládají ručně nebo robotem. Žlábký, které vynášejí přířezy do úrovně osy induktoru, jsou přišroubované na dva řetězy. Pohon obstarává pneumatický válec přes hnací rohatku se západkou. Zpětnému pohybu dopravníku zabraňuje volnoběžka umístěná na hřídeli. K posunutí řetězu o jednu rozteč žlábků je potřeba jednoho zdvihu válce. Chod doplňování je po krocích. Obsluha může obsluhovat více indukčních ohřivačů. Když dopravník dopraví přířez do osy induktoru, spustí se pneumatická nebo elektromechanická tlačka, která posune řadu přířezů do induktoru. [9]



Obr. 9 Šikmý krokovací dopravník [9]

3.2.3 ELEKTROMECHANICKÁ TLAČKA

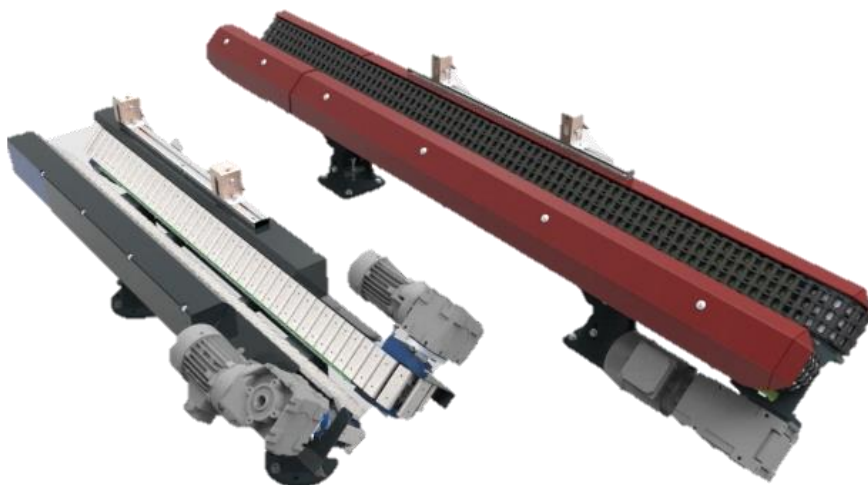
Tlačky viz. *Obr. 10* slouží k protlačování polotovarů induktorem ve směru osy ohřevu. Na rámu tlačky je lineární vedení s jezdcem. Jezdec je spojený s řetězem. Řetěz je uložený na kluzném vedení a je poháněný elektromotorem s převodovkou. Elektromotor je řízený frekvenčním měničem. Na jezdcí je připevněna tlačná tyč, která tlačí přířezy do induktoru. Jiný druh tlačky může být zajištěn přímočarým pneumatickým válcem. [10]



Obr. 10 Elektromechanická tlačka [10]

3.2.4 VODOROVNÉ DOPRAVNÍKY

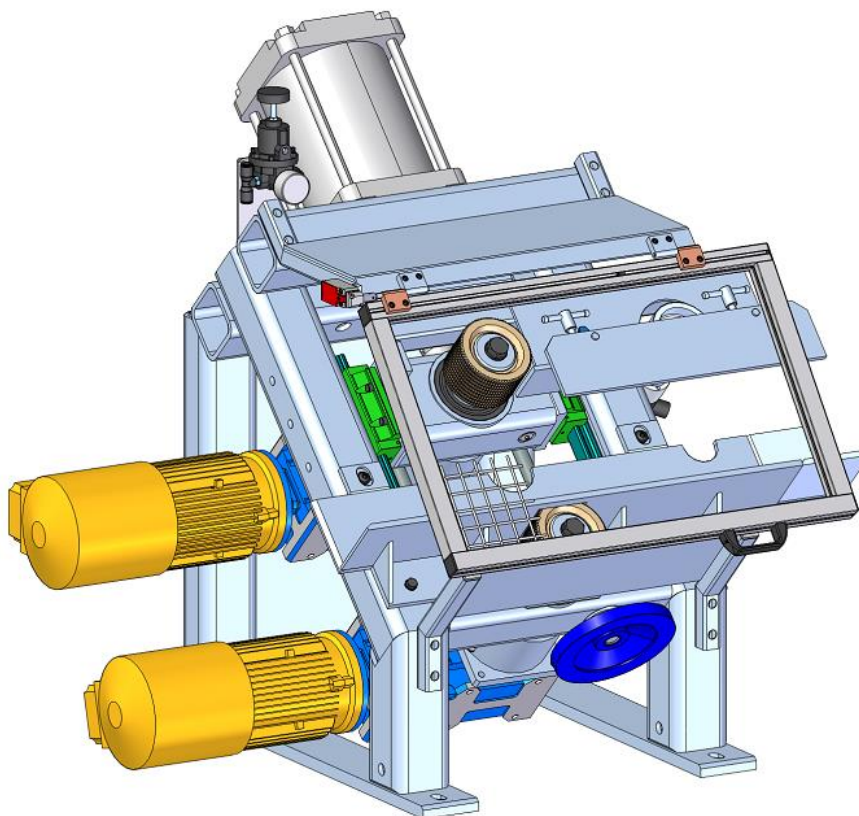
Řetězový dopravník viz. *Obr. 11* dopravuje přířezy od vibračního zásobníku k podávacím kladkám po dvojici řetězů svírajících úhel 90 stupňů. Řetězy jsou uloženy na kluzném vedení. Pohon může být pro oba řetězy společný nebo samostatný. U samostatného pohonu má každý řetěz svoji převodovku a elektromotor. Na dopravníku je připevněn ultrazvukový spínač, který slouží k indikaci přítomnosti přířezu před kladkovým podavačem. Nohy dopravníku jsou stavitelné. [11]



Obr. 11 Řetězové dopravníky [11]

3.2.5 KLADKOVÝ PODAVAČ

Kladkový mechanismus viz. *Obr. 12*, který je umístěný před induktorem, slouží k protlačování přířezů induktorem. Podávací síla se na přířezy přenáší pomocí dvou hnaných kladek. Dolní kladka je pevná a horní kladka je svisle posuvná pomocí pneumatického válce. Přítlačnou sílu lze regulovat pomocí regulátoru. Pohon je pro každou kladku samostatný. Krouticí moment pro podávání je přenášen od elektromotorů přes kuželočelní převodovky. Součástí podavače je sledovací kladka, která indikuje pohyb přířezů a měří ujetou dráhu.



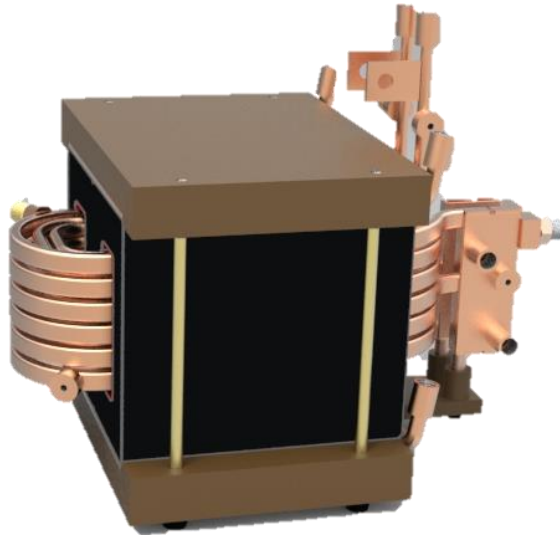
Obr. 12 Kladkový podavač

3.3 INDUKČNÍ OHŘÍVAČ

3.3.1 STŘEDOFREKVENČNÍ TRANSFORMÁTORY

K indukčním ohřivačům se často používají pro napájení silových obvodů středofrekvenční transformátory. Transformátor viz. *Obr. 13* se umísťuje mezi výstup měniče kmitočtu a induktor. Úkolem středofrekvenčního transformátoru je modifikace napětí sítě vstupnímu napětí měniče a separace silových obvodů od sítě. Výhodou transformátoru je široký rozsah pracovního kmitočtu, vysoký výkon při minimálním kmitočtu, dobrá účinnost a nízká hmotnost. [12]

Existuje několik konstrukčních provedení transformátoru. Každé vychází ze stejného principu. Vinutí nejčastěji měděné, chlazené vodou. Jádru, chlazené vodou, je tvořeno trafoplechy o maximální tloušťce 0,2 mm. Pro vyšší kmitočty se používají feritové polotovary. [12]



Obr. 13 Středofrekvenční transformátor [12]

3.3.2 MĚNIČE KMITOČTU

Měniče kmitočtu používané v indukčních ohřevech rozdělujeme do tří typů podle velikosti vstupního kmitočtu. Malé tyristorové měniče kmitočtu (0,2-10 kHz do 100kW), tyristorové měniče kmitočtu (0,2-10 kHz nad 100kW) a tranzistorové měniče kmitočtu (6-50 kHz do 250 kW). Měniče kmitočtů slouží jako napájení indukčních ohříváčů.

Měnič kmitočtu viz. Obr. 14 bývá nejčastěji uložen ve skříni pod induktorem. Je sestavený ze dvou spojených ocelových skříní se stupněm krytí IP 43. Chlazení obou skříní je řešeno nuceným oběhem vzduchu a dvouokruhovým vodním chladicím systémem.

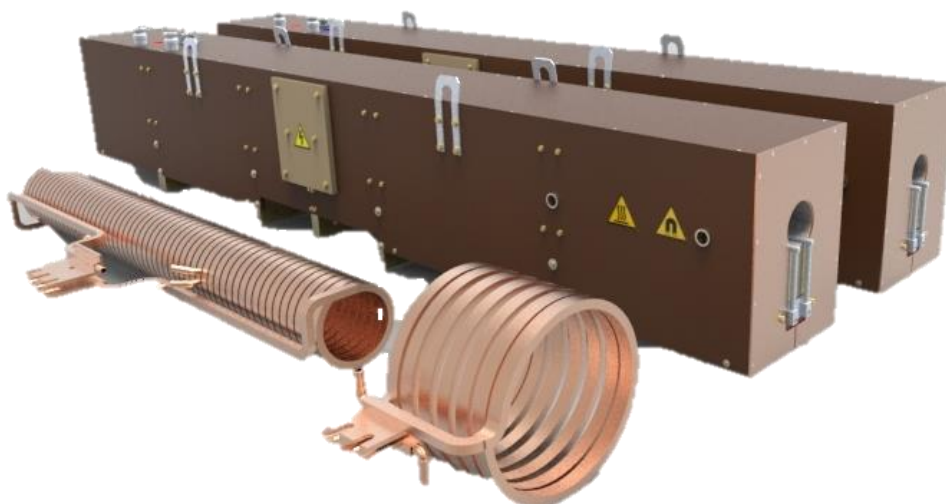
V levé skříni měniče kmitočtů je umístěn usměrňovač, střídač, startovací obvod, tlumivky komunikační a vyhlazovací, vstupní a výstupní svorkovnice, přepětové ochrany, čidla pro kontrolu proudu, napětí, teploty vzduchu a teploty chladicí vody. Skříň také obsahuje rozvaděč chladicí vody, snímač tlaku a snímač hladiny chladicí vody v oběhu. Pravá skříň měniče obsahuje čerpadlo, tepelný výměník voda-voda, vodní chladič vzduchu, ovládací odvody a vanu regulátoru. V silových obvodech musí být chlazeny tyristory a diody. Chlazení je hlídáno termostaty. [13]



Obr. 14 Měnič kmitočtu [13]

3.3.3 INDUKTORY

U indukčního ohřevu je induktor viz. *Obr. 15* hlavním komponentem pro ohřev přířezů. V induktoru se nachází cívka, kterou protéká střídavý proud. Po vložení přířezu do cívky se indukují vířivé proudy, které přířez ohřívají. [14]



Obr. 15 Indukční cívka a induktor [14]

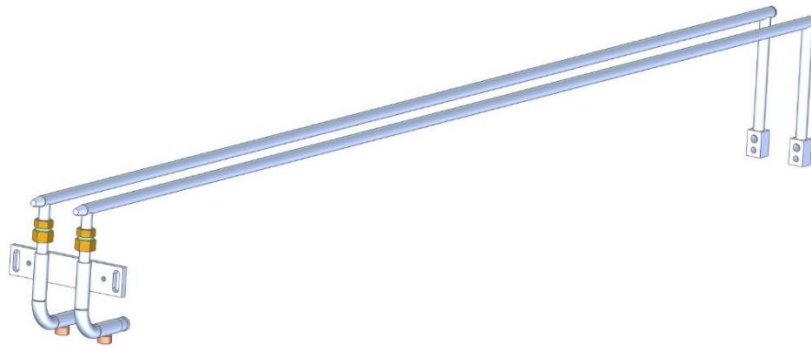
Cívka je z měděné trubky a je chlazená vodou. Nejčastěji se používá standardní čtyřhranný profil, ke kterému je přiletován pásek pro maximální účinnost ohřevu. Trubka může být i ze speciálních čtyřhranných profilů s jednostranně zesílenou stěnou viz. *Obr. 16*. [14]



Obr. 16 Řez indukční cívky [14]

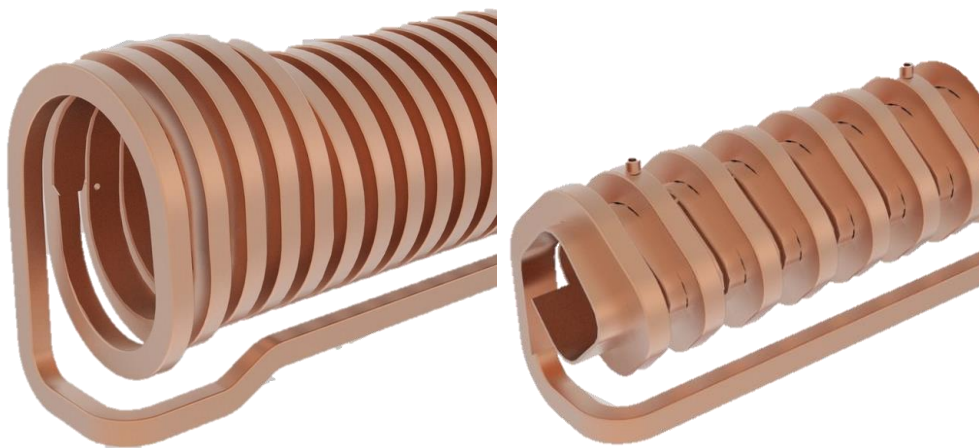
Rozměrové parametry cívky jsou počítány na předem určený druh přířezů a na určitou teplotu. Po výrobě se na cívku nanáší elektroizolační povlak. Pokud induktor slouží pro ohřev na vysoké teploty, tak se do cívky vkládají tepelně izolační materiály. Nejčastější izolací bývá zalití celé cívky žáruvzdorným betonem. Tato izolace má dlouhou životnost a také déle odolává mechanickému poškození. [14]

Indukční ohříváče použité v kovárnách se používají pro průběžný ohřev přířezů. Kusy jsou do induktoru tlačeny kladkovým mechanismem umístěným před induktorem. V induktoru se přířezy posouvají po nerezových vodících lištách chlazených vodou viz. *Obr. 17*. Nejčastěji se používají dvě lišty. Výhodou levé a pravé vodící lišty je vzájemná zaměnitelnost. Na kontaktních plochách lišty s přířezem bývá v celé délce navařena vrstva oteruvzdorného materiálu. Návar zajistí delší životnost vodících lišt a současně sníží odvod tepla z ohřívánek kusů. [14]



Obr. 17 Vodící lišty

Vinutí induktoru může mít různé tvary. Záleží na tvaru a požadované teplotě ohřívaného materiálu. Na *Obr. 18* je vidět cívka s rozšířeným koncem. Tento tvar se používá pro induktory pro gravitační vypadávání. Zajistí se tím jednodušší vypadávání přířezů a šetří se vyzdívka. Induktory mohou ohřívat mnoho tvarů, mimo jiné i čtvercové nebo obdélníkové. [14]



Obr. 18 Tvary indukčních cívek [14]

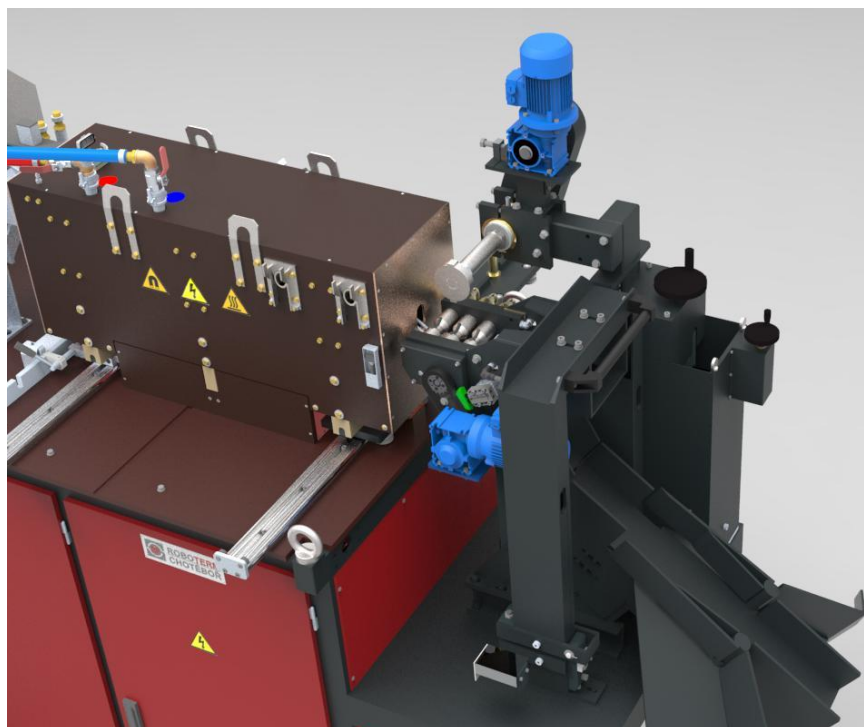
K ohřivačům se dodává více induktorů pro jeho širší uplatnění. Každý induktor je navržen pro jeden typ přířezu. Induktory jsou se zdroji ohřivače spojeny automatickým pneumatickým upínačem nebo je u jednodušších variant induktor upevněn šroubovými spoji. Pomocí automatických rychloupínačů a rychlospojek pro chazení se dají induktory rychle vyměnit. Induktor obsahuje několik čidel: čidlo pro teplotu chladicí vody, čidlo pro měření teploty polotovaru a světelnou závoru pro zjištění přítomnosti přířezu. [14]

3.4 VÝSTUPNÍ MECHANISMY

3.4.1 KLDKOVÝ VYTAHOVAČ

Ohřátý přířez je vytažen v předvoleném taktu pomocí vytahovací kladky. Kladkový vytahovač viz. *Obr. 19* se používá pro delší přířezy. Je umístěn těsně za induktorem. Často bývá doplněn oddělovačem splených přířezů. Konstrukce vytahovače je navržena na vysoké teploty a bývá chlazená. Vytahovací kladka má hrany z tvrdokovu, které zajišťují rychlejší

vytažení a napomáhají oddělení lehce slepených přířezů. Pohon vytahovače je zajištěný elektromotorem nebo pneumatickým motorem. [15]



Obr. 19 Kladkový vytahovač [15]

3.4.2 GRAVITAČNÍ ŽLÁBEK

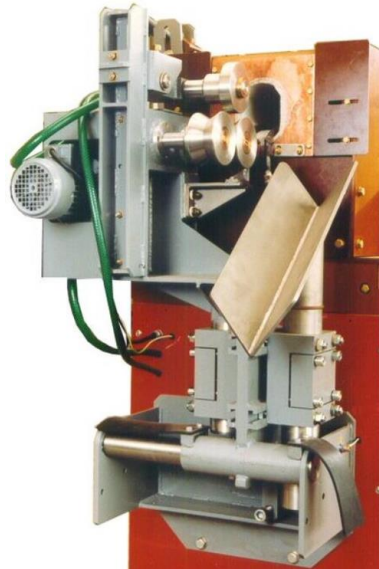
Gravitační žlábek se používá pro menší přířezy přibližně do 180 mm. Koncová část v induktoru je tvořena zvětšením průměru cívky a žáruvzdorné vyzdívky. Konstrukce koncové části na induktoru zajistí jednodušší vypadávání přířezů a šetří vyzdívku. Gravitační žlábek je konstrukčně a cenově nejvýhodnější výstupní modul. Na *Obr. 20* je gravitační žlábek vybaven oddělovačem slepených přířezů. [15]



Obr. 20 Gravitační žlábek [15]

3.4.3 KOMBINACE GRAVITAČNÍHO ŽLÁBKU A KLADKOVÉHO VYTAHOVAČE

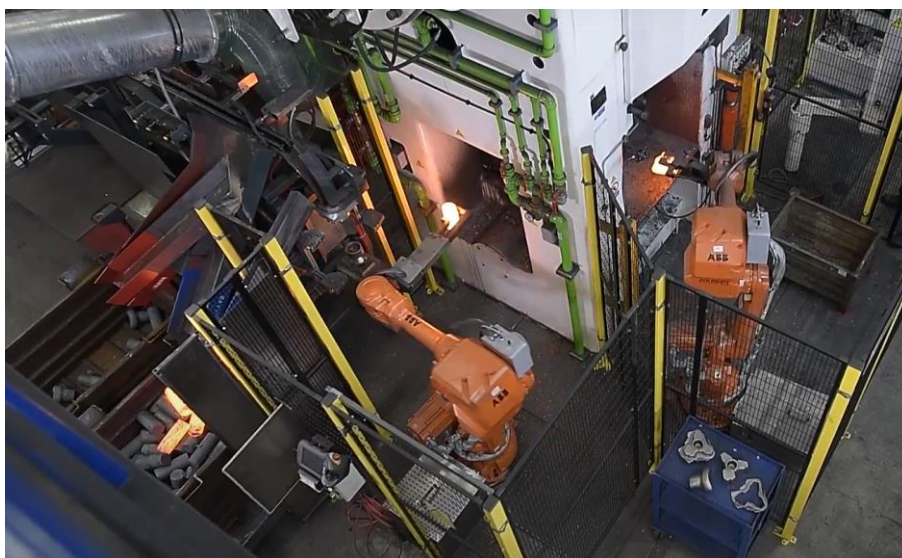
Kombinace gravitačního žlábků a kladkového vyťahovače viz. Obr. 21 se používá jako víceúčelové zařízení pro vytahování přířezů z induktoru. Je vhodný pro dlouhé i krátké přířezy. Výhodou je rychlá výměna gravitačního žlábků nebo kladkového vyťahovače. Výměnu zajišťuje pneumatický píst. Příslušenstvím může být oddělovač slepených přířezů. [15]



Obr. 21 Kombinace výstupního mechanismu [15]

3.4.4 KLEŠŤOVÝ VYTAHOVAČ

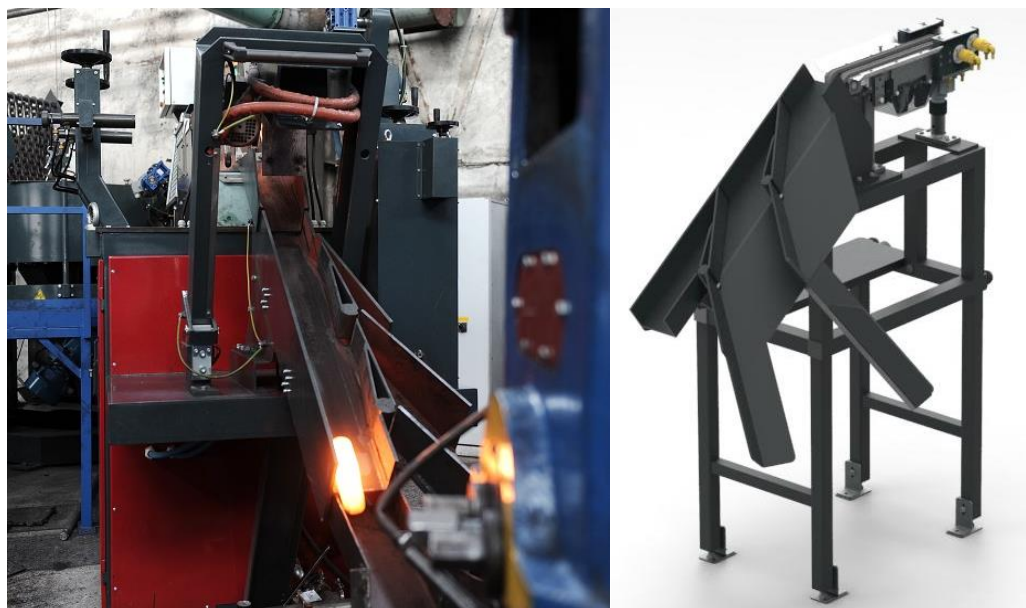
Klešťový vyťahovač viz. Obr. 22 je robotické zařízení, které je umístěno za induktorem. Vytahovač uchopí ohřátý přířez a vytáhne ho z induktoru. Po vytažení ohřátý polotovár položí na dopravník nebo si polotovár převezme další robot, který už není součástí indukčního ohřevu. Klešťový vyťahovač se používá pro dlouhé i krátké přířezy. Zařízení vytahuje po jednom přířezu. Nevýhodou je spojování přířezů vlivem vysokých teplot. [16]



Obr. 22 Klešťový vyťahovač [16]

3.5 TŘÍDIČKA OHŘÁTÝCH PŘÍŘEZŮ

Před kováním, lisováním nebo dalšími technologickými procesy je důležité, aby z induktoru vycházely přířezy o přesné teplotě. Teplota přířezů se měří po průchodu z induktoru pyrometry. Třídička viz. *Obr. 23* rozděluje přířezy podle teploty – nízké nebo vysoké. Konstrukce třídičky je navržena tak, aby přířezy klouzaly ve žlabu. Při teplotě, která je vhodná pro další technologický postup, klouže ohřátý kus rovně. Pokud je přířez přehřátý nebo naopak nedohřátý, závora přířez přeměruje na boční skluz do beden pro špatně ohřáté přířezy. [15]



Obr. 23 Gravitační třídička [15]

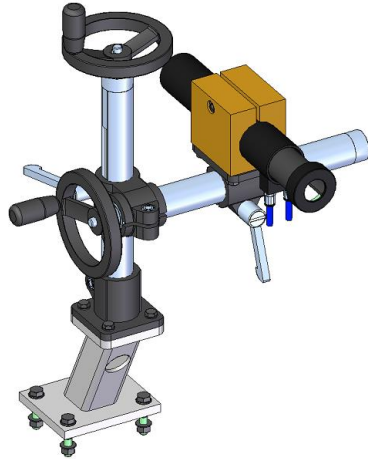
Třídících zařízení může být více druhů, například třídící shazovač přířezů viz. *Obr. 24*. Shazovač funguje na principu shzení špatně ohřátého přířezu z dopravníku. Shzený přířez se pomocí závory rozdělí na nedohřátý nebo přehřátý. Materiál, který je ohřátý na požadovanou teplotu, pokračuje dále na řetězovém dopravníku k tvářecímu stroji. [15]



Obr. 24 Shazovač přířezu [15]

3.6 MĚŘENÍ TEPLoty

Teplota přířezů je snímána bezdotykovými pyrometry. Úzkopaprskové pyrometry viz. Obr. 25 se používají v hutnictví, kovárnách a jiných provozech pro bezdotykové měření vysokých teplot. Ohříváč obsahuje několik kusů. Pyrometry řídí výkon ohříváče a rozdělují se na pojistné a provozní. Držák pyrometru je nastavitelný, aby ho bylo možné u všech typů induktoru seřídít proti otvorům v plášti induktoru. [17]



Obr. 25 Měření teploty [17]

3.7 PLOŠINA PRO OBSLUHU

Induktor bývá nejčastěji umístěn na skříní ohříváče. Výška toku přířezů je způsobena výškou vibračního zakladače. Výhodou této výšky je možnost použití gravitačního žlábků. Během provozu ohřevu je nutné, aby zařízení bylo pod dozorem kvalifikované obsluhy. Z plošiny pracovník ovládá pomocí komunikačního panelu celkový chod ohřevu. Plošina musí obsahovat všechny předepsané bezpečnostní prvky. Jedná se především o zábradlí, protiskluzovou podlahu a nosnost plošiny.



Obr. 26 Plošina pro obsluhu [4]

4 VÝROBCI INDUKČNÍCH OHŘEVŮ

4.1 ROBOTERM CHOTĚBOŘ

Český výrobce, který se zabývá výrobou středofrekvenčního indukčního ohřevu. Průmyslové ohřivače se používají pro ohřev materiálu před tvářením, tavením, povrchovým kalením, žíháním, lisováním nebo sušením. Firma k indukčnímu ohřivači dodává také zařízení pro manipulaci s materiálem. Roboterm Chotěboř je největším dodavatelem v České republice v oblasti kompletního zařízení pro indukční ohřev v kovárenství [18].

Firma vyrábí ohřivače: [18]

- Středofrekvenční ohřivače přířezů:
 - Typová řada SOP – se samostatným měničem kmitočtu
 - Typová řada KSO – obsahuje tyristorový měnič kmitočtu
 - Typová řada KSO-T – obsahuje tranzistorový měnič kmitočtu
- Ohřivače tyčí (výkonové řady 150, 250, 500, 750 kW)
- Speciální ohřivače pro tvarově složité výkovky
- Kalící a žíhací indukční zařízení

Firma s 50 zaměstnanci dodává svoje zařízení do celého světa. V České republice jsou nejčastější odběratelé Šmeral Brno, Komap Dědov, Peform Chrudim, Moravské kovárny, Šroubárna Kyjov, Škoda Auto, Ostroj Opava, Vítkovice Cylinders, Kovárna Viva Zlín a Žďas [18].



Obr. 27 Indukční ohřivač Roboterm Chotěboř [4]

4.2 SMS ELOTHERM

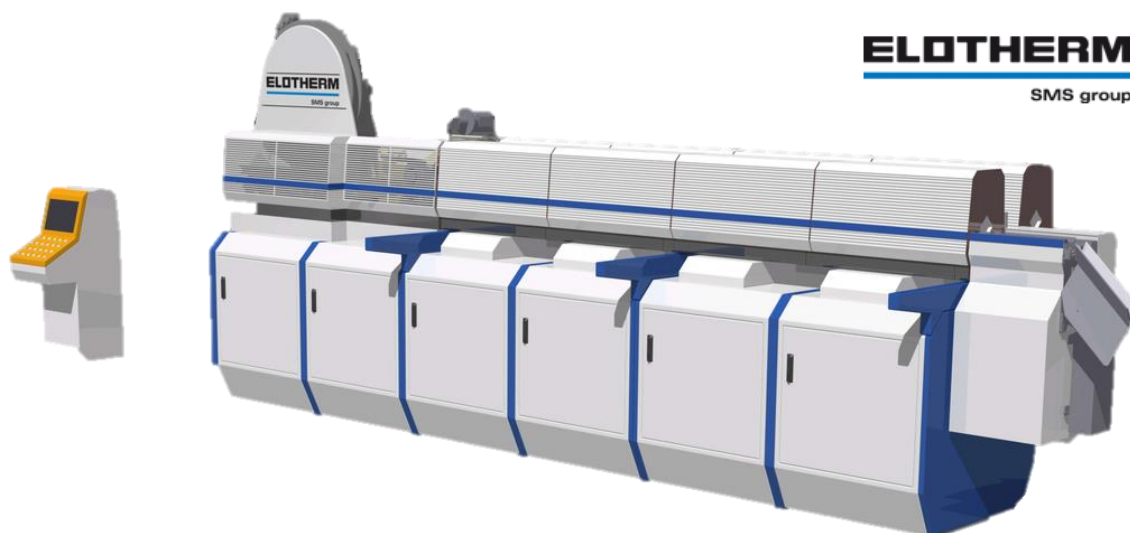
Německá mezinárodní společnost, je součástí skupiny SMS group. Firma se zabývá samostatnou jednotkou i kompletní výrobní linkou pro průmyslové využití indukčního ohřevu. Jedná se především o indukční ohřev kovů kování a válcování. Dále se zabývá indukčním zařízením pro kalení, popouštění nebo žihání. Speciálním indukčním zařízením, které vyrábí, je stroj na svařování potrubí nebo trubek [19].

SMS Elotherm má výzkumné centrum a zkušební laboratoře, díky kterým mohou neustále zdokonalovat a optimalizovat indukční ohřev.

Pro indukční ohřev přířezů pro kování se používá zařízení pojmenované ELO-FORGE: [21]

- EloForge (pro rozměr 20–100 mm, výkon 0,1–2,2 t/h)
- EloForge L (pro rozměr 25–160 mm, výkon 0,1–7,2 t/h)
- EloForge XL (pro rozměr 50–240 mm, výkon 5–22 t/h)
- EloBar (pro rozměr 18–360 mm, výkon 0,2–25 t/h)
- EloForge Individual

Ohřivače se skládají z jednotlivých modulů, které se řadí za sebe a tím umožňují individuální přizpůsobení ohřevu konkrétním požadavkům kovacíh strojů. Stroje jsou konstruovány pro snadnou a přístupnou údržbu. ELO-FORGE nabízí několik možností pro rychlou výměnu induktorů. Jedná se například o rychlý výměnný systém s válečkovými dráhami. Induktory jsou uloženy vedle sebe paralelně. Při výměně induktorů se docílí rychlého přechodu na jiný druh přířezu. Výhodou indukčních ohřivačů je zabudované vyprazdňovací zařízení, které umožňuje kování přířezů až do posledního kusu. Při vyprazdňování se automaticky vypínají zóny ohřevu na induktoru. Nedochází tím k plýtvání energie a celý proces je ekonomičtější. Další výhodou vypínání zón induktoru při vyprazdňování je, že se zbytečně neohřívají části výtlačníku. [21]



Obr. 28 Indukční ohřivač SMS Elotherm[20]

4.3 EFD INDUCTION

Norská společnost je jedním z největších světových dodavatelů řešení indukčního ohřevu pro průmysl. Indukční ohřivače dokážou ohřát přířez o různém rozměru a materiálu (ocel, nerezová ocel, měď, hliník, titan a mosaz). Rozsahy výkonů ohřivačů se pohybují od 6 kW až do několika MW, při frekvencích od 500 Hz do 50 000 Hz. Kompletní zařízení obsahuje měniče kmitočtu Sinac EFD. Společnost nabízí tyristorový nebo tranzistorový frekvenční měnič kmitočtu. Ohřivače přířezů mohou být doplněny o výklopníky palet, zakladače, dopravníky, podavače, vytahovače a další zařízení. V některých případech může být ohřivač a měnič kmitočtů umístěn v jedné skříni [22] [24].

Produkty EFD Induction: [24]

- HeadLine – Indukční ohřivače pro kování a tavení
- HardLine – Indukční kalící stroje
- Minac – Mobilních ohřivacích zařízení
- Sinac – Stacionární indukční ohřivací systémy
- Weldac – Svářečky trubek
- Indukční ohřivací stroje pro pájení
- Indukční topný systém pro rovnání paluby lodí
- Indukční topný systém pro povolování a utahování šroubů
- Indukční topný systém pro odstraňování nátěrů barev a laků



Obr. 29 Indukční ohřivač EFD Induction [23]

4.4 INTERPOWER INDUCTION

Interpower Induction byl založen v roce 1995 ve státě Michigan. Společnost má dnes přes 150 zaměstnanců a sídlí na šesti místech ve třech zemích. [25]

Americká firma je výrobcem indukčních ohříváčů, napájecích zdrojů, indukčních cívek a počítačových systémů pro kovárenský průmysl. Společnost se také zabývá zařízeními pro manipulaci s materiálem. Jedná se především o výklopníky palet, vibrační zakladače, dopravníky a podavače. [25]

Zařízení Interpower Induction se používá například pro: letecký, automobilový, železniční průmysl. Společnost poskytuje zákazníkovi plné testování indukčních ohříváčů včetně příslušenství ještě před odesláním. [25]

U ohříváčů se používá technologie Zone Control. Tato technologie umožňuje individuální ovládání výkonu každé cívky, aby se maximalizovala účinnost a minimalizovaly ztráty ohřátých přířezů. Počítačový systém Sign-Link 4.0 je vyvinutý společností Interpower Induction. Sign-Link slouží ke sledování měření tepla v reálném čase na cívce. [26] [27]

Společnost se zabývá: [27]

- Napájecími zdroji POWER LINK s rozsahem výkonu od 10 do 5000 kW a rozsahem frekvencí od 10 do 3000 kHz
- Zónově řízenými indukčními ohříváči ZONE CONTROL
- Induktory a indukčními cívkami určenými pro kování, pájení nebo tavení
- Kompletními chladicími systémy
- Zařízeními pro manipulaci se studeným i horkým materiálem
- Speciálním zařízením pro ohřev kapalin a plynů
- Počítačovými systémy SIGN LINK 4.0



Obr. 30 Indukční ohříváč Interpower Induction [27]

4.5 INDUCTOHEAT EUROPE

Více než 55 let zkušeností s indukčním ohřevem má německá společnost Inductoheat Europe. Společnost s 850 zaměstnanci je členem mezinárodně aktivní skupiny Inductotherm group. Kromě Německa má i několik výrobních závodů po celém světě. Vlastní dva závody na indukční kalení kovů. [28]

Indukční ohřivače přířezů pro kování firma nazývá InductoForge. Nejčastěji se ohřivač skládá z několika individuálně řízených modulů. Řízené indukční moduly mají frekvenci od 500 Hz do 6 000 Hz. Tato konstrukce uspořádání má výhodu pro jemnější a přesnější řízení teploty polotovaru. Ohřivače InductoForge jsou vybaveny počítačovým programem iHAZ Temperature Profile Modeling. iHAZ umožňuje navrhnout teplotní profil přířezů, aby byl pro daný účel ohřev co nejoptimálnější. [31]

Ostatní produkty Inductoheat: [30] [31] [32]

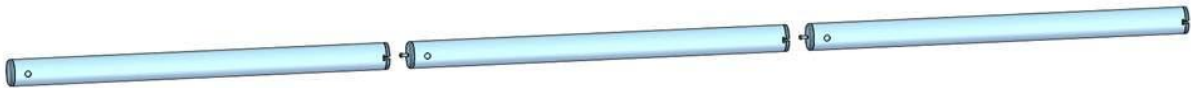
- Inductoscan je univerzální kalicí stroj, který se dá použít pro kalení nejrůznějších obrobků.
- VersaPower je indukční napájecí zdroj moderního designu vhodný pro pájení, kalení, spojování, smršťování nebo i tváření.
- CrankPro je stacionární indukční zařízení pro tepelné zpracování klikové hřídele. Jedná se o patentovou technologii stacionárního kalení. Výhodou je rychlý proces, kalení až 90 klikových hřídelí za hodinu. Na stejném principu pracuje zařízení CamPro, které se používá pro vačkové hřídele.
- StatiPower SP11 a SP16 je samostatný vysokofrekvenční napájecí zdroj s tranzistorovým systémem.
- UniPower UP12 je samostatný tranzistorový indukční zdroj.



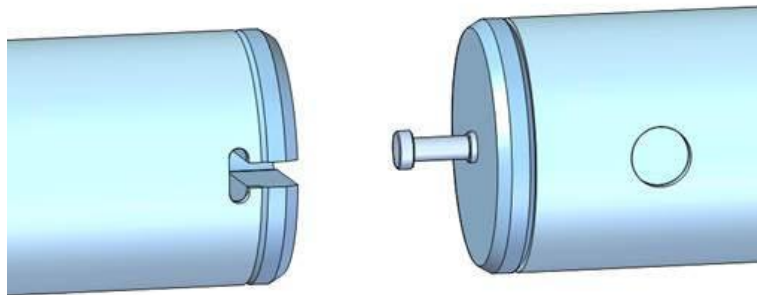
Obr. 31 Indukční ohřivač Inductoheat [29]

5 VYTLAČOVACÍ ZAŘÍZENÍ

5.1 STÁVAJÍCÍ ZPŮSOB VYTLAČOVÁNÍ ROBOTERM



Obr. 32 Hliníkové vytlačovací trny Roboterm



Obr. 33 Detail spojení trnů

Společnost Roboterm Chotěboř nemá na rozdíl od zahraničních výrobců automatické vytlačování. Vytlačování přířezů z induktoru je zajištěno pomocí vytlačovacích trnů viz. Obr. 32. Jsou to tyče z hliníkové slitiny, které jsou na koncích opatřeny zámkem pro vzájemné spojení viz. Obr. 33. Trny se ručně vkládají do kladkového podavače. Vytlačovací trny lze použít pouze tehdy, jestliže neprobíhá ohřev přířezů.

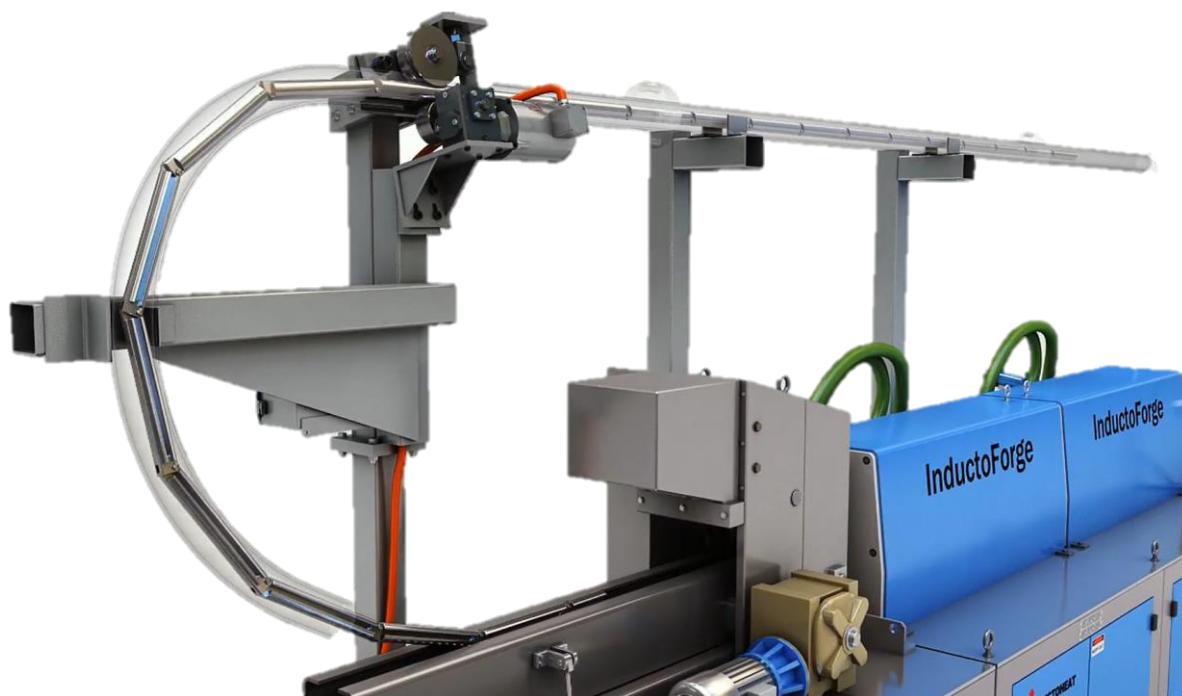
Před začátkem vytlačování je nutné sundat všechny přířezy z dopravníku, ze žlábků kladkového podavače a z pevného žlábků před induktorem. Mezi kladky kladkového podavače se poté vloží jeden z vytlačovacích trnů. Po zapnutí režimu vyprazdňování (na ovládacím panelu ohříváče) sjede přítlačná kladka do spodní polohy. Zapne se pohon podávacích kladek a výstupního dopravníku. Třídíčka ohřátých kusů se přenastaví do polohy pro nedohřáté přířezy.

Po vyprázdnění části přířezů z induktoru je vložen na vstupní dopravník další vytlačovací trn. Trny se spojí pomocí zámků. Po vyprázdnění přířezů z induktoru se proces vyprazdňování ukončí. Po ukončení vyprazdňování se ručně vyjmou vytlačovací trny z induktoru.

Výhodou této varianty je jednoduchost mechanismu vytlačování a nízké výrobní náklady. Nevýhodou je nemožnost vytlačování během ohřevu. Operace je náročná pro obsluhu a je časově neefektivní.

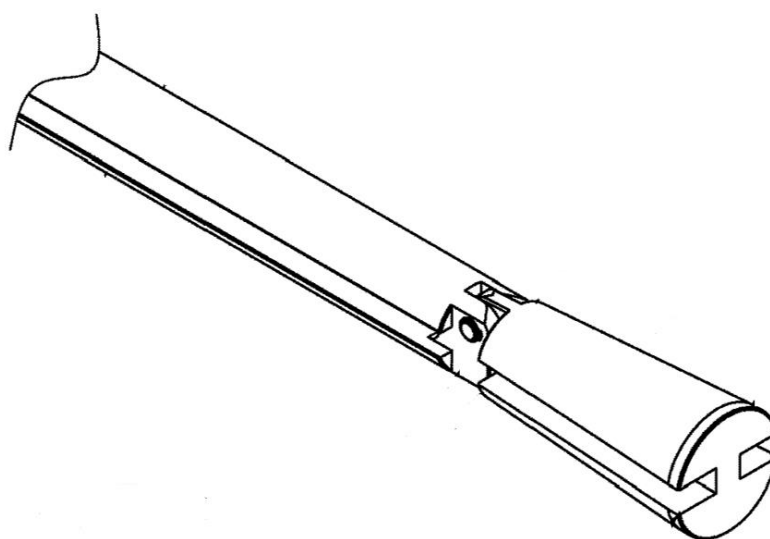
V některých případech se používají falešné přířezy, které jsou určeny pouze k vytlačování. Výhodou falešných přířezů je ohřev celé náplně induktoru. Falešné přířezy, které bývají zpravidla menší, pak obsluha vytlačí pomocí tyče ven z induktoru. Tento způsob vyprazdňování je vhodný u krátkých induktorů. Nevýhodou je velká náročnost na práci obsluhy.

5.2 VYTLAČOVÁNÍ INDUCTOHEAT



Obr. 34 Vytlačovací zařízení Inductoheat [8]

Vytlačovací zařízení patentované společností Inductoheat viz. Obr. 34 se používá pro ohřev až do posledního přířezu. Zařízení se skládá ze vzájemně spojených tyčí které tvoří řetězec. Řetězec se pohybuje ve speciálně tvarované trubce. Trubka je zaoblena a umístěna nad induktorem. Ušetří se tím zástavbový prostor. Trubka vytlačovacího zařízení ústí k řetězovému dopravníku. Pohon vysouvání a zasouvání vytlačovacích tyčí zajišťuje kladkový mechanismus. Ten je poháněný elektromotorem. Pohon je umístěn na konci oblouku v horní části vytlačovacího zařízení. Rychlost vysouvání je programovatelná a souhlasí s rychlostí podávacího mechanismu umístěného před induktorem.



Obr. 35 Detail vytlačovací tyče [33]

Speciálně upravené tlačící tyče viz. *Obr. 35* jsou vzájemně spojené pomocí čepu. První tyč slouží k plynulému přechodu z přířezu na průměr vytlačovací tyče. Ta je kratší a má tvar komolého kužele. Tyč je výměnná z důvodu různých průměrů přířezů.

Výhodou je plně automatizované vytlačování a jednoduchost mechanismu a malý zástavbový prostor. Nevýhodou jsou větší náklady na výrobu. Z důvodu umístění pohonu je zapotřebí delší řetězec tlačících tyčí.

5.3 VYTLAČOVÁNÍ ELOTHERM



Obr. 36 Vytlačovací zařízení Elotherm [21]

Speciální vytlačovací zařízení od společnosti SMS ELOTHERM. Vytlačování probíhá na podobném principu jako u firmy Inductoheat. Přířezy díky tomu může indukční ohříváč ohřívat až do posledního kusu.

Zařízení se skládá z kratších tyčí, které jsou vzájemně spojené čepem. Firma využívá standardní tvar tyčí ze speciálního materiálu. Induktor je rozdělen na jednotlivé sekce. Ty se během vytlačování průběžně vypínají, aby neohřívaly výtlačník. Řetězec tyčí je namotán na poháněném navíjecím bubnu. Okolo bubnu jsou naváděcí kladky, které určují kam se má řetězec pohybovat. Umístění výtlačníku je nad žlabem před vstupním kladkovým podavačem. Pohon navíjecího bubnu je zajištěn pomocí elektromotoru.

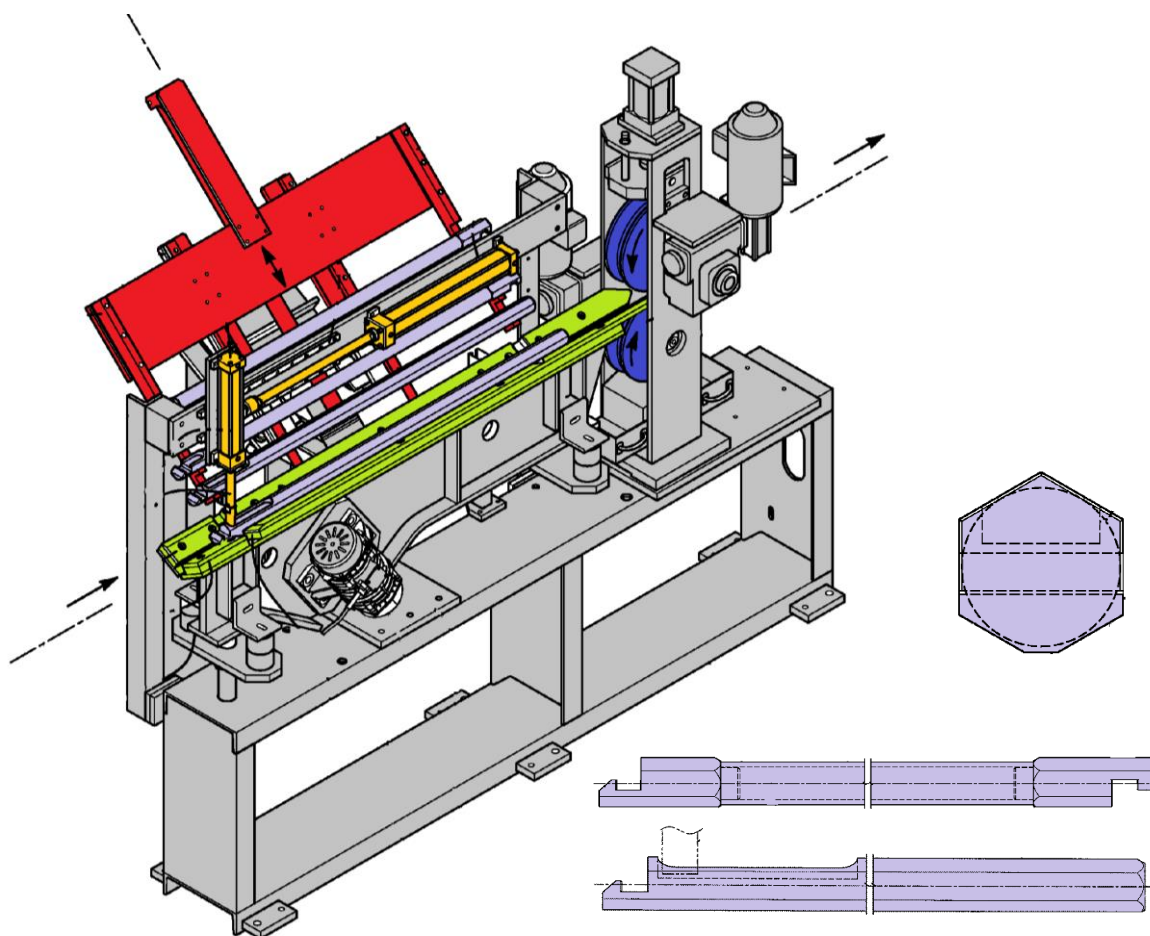
Zjednodušeně se dá říct, že se jedná o falešné přířezy, které jsou vzájemně spojené a procházejí induktorem. V okamžiku, kdy z induktoru vypadne poslední přířez, vypne se kladkový mechanismus a spustí se zpětný chod. Navíjení probíhá otáčením navíjecího bubnu pomocí elektromotoru. Výhodou je rychlé a jednoduché vytlačení přířezů při výměně

ohříváných přířezů nebo při ukončení ohřevu. Spolehlivé vytlačovací zařízení ušetří zákazníkovi čas i peníze. Nevýhodou je nákladnější a složitější výroba. U delších induktorů může nastat problém, že navíjecí buben bude příliš velký a neskladný.

5.4 VYTLAČOVÁNÍ INTERPOWER INDUCTION

Způsob vytlačování přířezů z induktoru je patentovaný americkou firmou Interpower Induction. Zařízení viz. Obr. 37 se skládá z rámu vstupního zařízení, na kterém je uložen žlábek. Ten vede ke kladkovému podavači. Dále je na rámu uloženo vytlačovací zařízení. Zařízení se skládá ze zvedacího zařízení, které je vysunuto mimo dráhu ohříváného materiálu. Zvedací konzole je opatřena zářezy, ve kterých sedí tlačné tyče. Zvedání konzole je zajištěno pomocí pneumatického válce. K rámu jsou připojeny další dva pneumatické válce, které posouvají vytlačovací tyče. [34]

Proces vytlačování spustí obsluha pomocí tlačítka. Před začátkem vytlačování je zapotřebí zvolit správnou velikost tyčí. Optický senzor detekuje poslední přířez. Zvedací konzole položí první tlačnou tyč do žlabu a zastaví se. Pneumatický válec, kolmý k ose toku materiálu, přitlačí tyč ke žlabu. Vodorovný pneumatický válec tyč posune ke kladkovému podavači. Rychlost posuvu závisí na podavači. Když je konec první tyče v úrovni začátku druhé tyče, zvedací konzole posunutím položí do žlabu druhou tyč. Spojování tyčí je provedeno speciálním tvarovým spojem. Tento postup je stejný u dalších tyčí. Při zpětném chodu vytlačovací zařízení pracuje opačně. [34]



Obr. 37 Vytlačovací zařízení Interpower Induction [34]

6 NÁVRHY KONCEPCÍ VYTLAČOVACÍCH ZAŘÍZENÍ

Vyhodnocení nejlepšího návrhu řešení proběhne pomocí metody vážených hodnot.

6.1 STÁVAJÍCÍ ZPŮSOB

Popis:

Dosavadní způsob vytlačování slouží obsluze k ulehčení vyprazdňování ohřátých přířezů z induktoru. Proces probíhá pomocí vytlačovacích trnů viz. Obr. 38 případně falešných přířezů. Trny jsou vyrobeny z hliníkové slitiny. Trny jsou spojeny manuálně pomocí zámků.



Obr. 38 Hliníkové vytlačovací tyče Roboterm

Výhody:

- Jednoduchost mechanismu vytlačování
- Snadná a rychlá výroba
- Nízké výrobní náklady
- Vhodnější pro kratší induktory
- Možnost různých délek a počtu trnů
- Jednoduché spojení

Nevýhody:

- Možnost vytlačování jen při vypnutém ohřevu
- Nemožnost automatizace
- Nutnost vytvoření místa na řetězovém dopravníku (odebrání přířezů)
- Ruční zakládání a vykládání vytlačovacích tyčí
- Vyšší náročnost pro obsluhu
- Vytlačované přířezy nelze dále použít v dalším technologickém procesu (nízká teplota)
- Časová náročnost

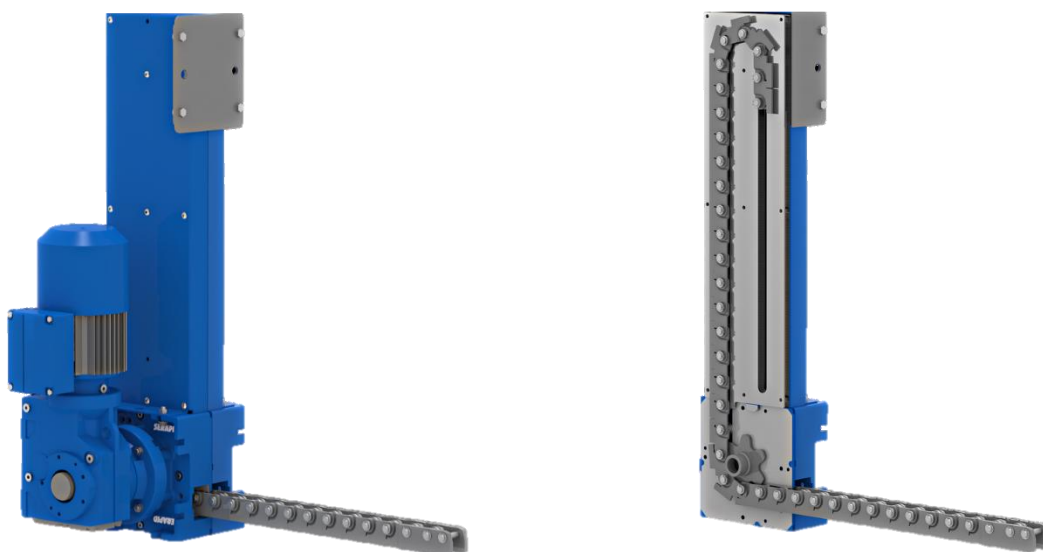
6.2 VARIANTA A

Popis:

Variantou vytlačovacího zařízení může být tlačný řetěz RollBeam od společnosti SERAPID viz. Obr. 39. Tento lineární pohon má nejuniverzálnější využití. Může se jednat o různé zvedací nebo posouvací práce o různých hmotnostech. Jednoduchá a robustní konstrukce zaručí dlouhou životnost a je vhodná do horších podmínek (prach, teplota, vlhkost, záření a jiné). Mechanismus se skládá z pohonu, tlačného řetězu a zásobníku řetězu. Pohon je řešen

nejčastěji elektromotorem s převodovkou. Na přání zákazníka může být vytlačovací zařízení poháněno hydraulicky nebo pneumaticky. Výrobce dodává řetěz v různých variantách i materiálech, které odpovídají danému využití. V případě vytlačování je optimální, aby byl řetěz vyroben z materiálu, který odolává vysokým teplotám. Velikost zásobníku závisí na délce vytlačování.

Před vytlačováním přířezu z induktoru najede vytlačovací řetěz pomocí výklopného stojanu do osy toku materiálu. Spuštěním se začne vysunovat tlačný řetěz. Vstupní kladkový podavač musí být odstavený mimo provoz z důvodu kolize s řetězem. Při průchodu řetězu v induktoru musí být ohřev vypnutý. Po vysunutí posledního materiálu zajede řetěz zpět do zásobníku. Celé zařízení vyjede z dráhy, aby uvolnilo cestu novým přířezům. [35]



Obr. 39 Tlačný řetěz Rollbeam varianta A [35]

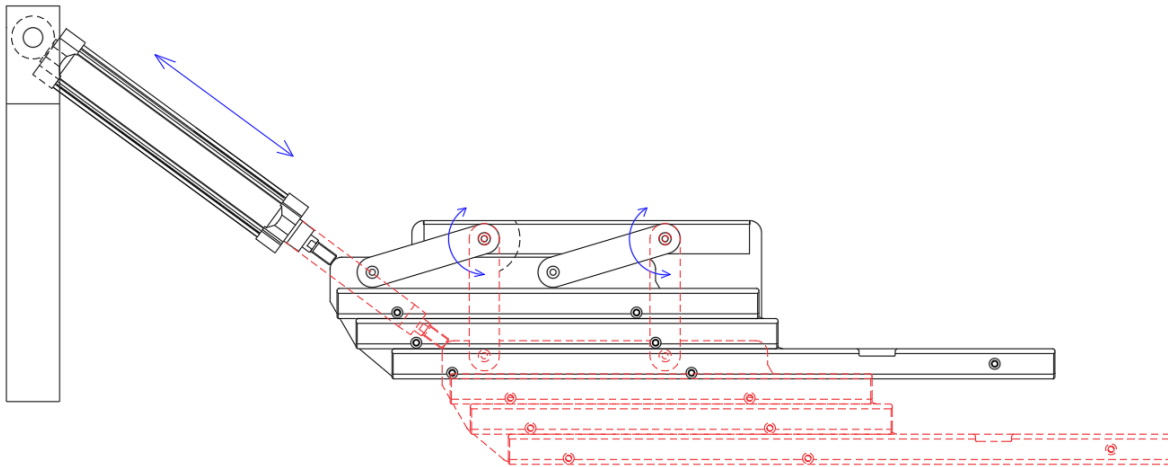
Výhody:

- Možnost využití v náročných podmínkách
- Polohovatelnost na milimetry
- Variabilita pohonu
- Nenáročná obsluha a údržba zařízení
- Rychlost vytlačování až 1 m/s
- Různé délky a hmotnosti vytlačování

Nevýhody:

- Obtížné nastavení Rollbeam do pracovní polohy (na řetězový dopravník)
- Při vytlačování neprobíhá ohřev
- Vytlačované přířezy nelze dále použít v dalším technologickém procesu (nízká teplota)
- Při větších délkách řetězu je menší tlačná síla
- Při velkých výsunech může být problém s velikostí zařízení (kolize s dopravníkem)

6.3 VARIANTA B



Obr. 40 Vytlačovací zařízení varianta B

Popis:

Varianta vytlačovacího mechanismu je postavena na speciálně tvarovaných tyčích viz. Obr. 40. Vytlačovací tyč se skládá ze dvou polovin. Mezi oběma polovinami jsou distanční kroužky a kolíky pro navádění do nosiče. Obě poloviny tyčí jsou vzájemně sešroubovány. Uvnitř tyče je jezdec s vytvořeným vedením pro spojení následující tyče.

Jedná se o spojený řetězec vytlačovacích tyčí, který je složený na nosiči. Nosič je speciálně tvarovaný na vyjíždění a najíždění tyčí a je spojen kloubovým mechanismem (paralelogramem) k pevnému rámu. Pohyb mechanismu ovládá jeden pneumatický válec.

Po spuštění procesu vytlačování se pneumatický válec vysune do maximální polohy. Tím dostane nosič s tyčemi na řetězový dopravník. Dopravník začne unášet první tyč až ke kladkovému podavači. Tyče jsou vzájemně propojené. Po odjezdu první tyče se automaticky dostane na dopravník druhá tyč, která už je však tažena kladkovým podavačem. Tento cyklus probíhá až do výjezdu poslední tyče. Po vypadnutí posledního přířezu se zapne reverzní chod kladkového podavače a tyče tlačí zpět do nosiče. Po najetí poslední tyče se pneumatický válec zasune a vytlačovací zařízení vyjede mimo dráhu přířezů.

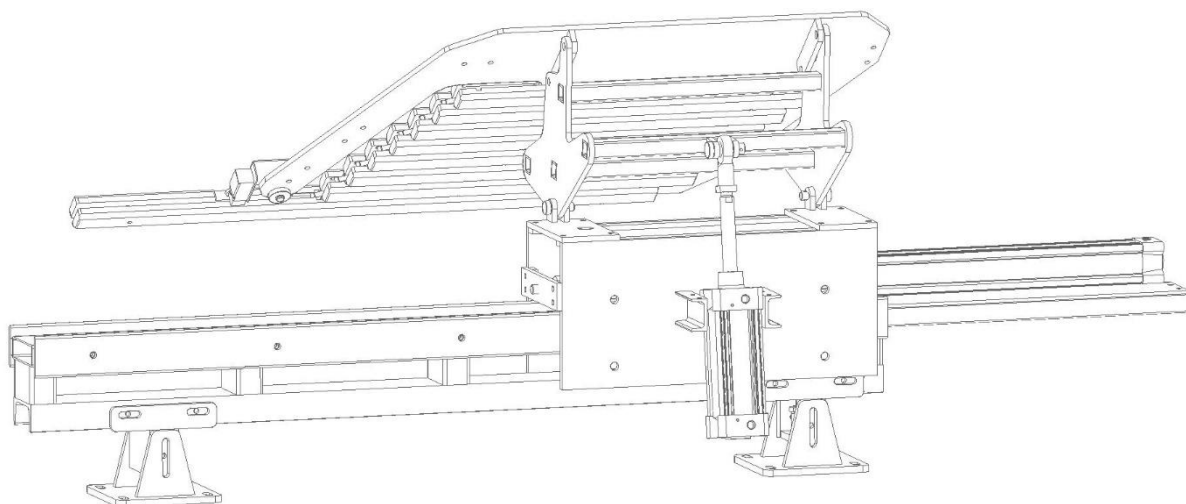
Výhody:

- Jednoduchá konstrukce
- Způsobilost jen pro malé přířezy a krátké indukty
- Vyměnitelná rampa pro plynulý přechod z přířezu na vytlačovací tyč
- Automatizované najíždění a vyjíždění tyčí z nosiče

Nevýhody:

- Pružení při zajíždění tyčí do vidlice
- Nedostatečný výjezd z dráhy přířezů (možná kolize s řetězovým dopravníkem)
- Lze použít pouze se spuštěným řetězovým dopravníkem

6.4 VARIANTA C



Obr. 41 Vytlačovací zařízení varianta C

Popis:

Vytlačovací zařízení se skládá z pevného rámu, pohyblivého rámu, kolébky, nosiče a vytlačovacích tyčí (sedm kratších a jedna delší) viz. Obr. 41. Konstrukční řešení vytlačovacích tyčí je stejné jako u varianty B. Pevný rám je připojený k rámu ohřívače vedle řetězového dopravníku. Na rámu jsou dvě lineární vedení, po kterých jezdí pohyblivý rám. Na pohyblivém rámu je kolébka, na které je umístěný nosič s tyčemi. Pohyb vytlačovacího zařízení je určen dvěma pneumatickými válci. První pohybuje s pohyblivým rámem v ose pohybu ohřívajícího materiálu. Druhý pneumatický válec slouží k naklápění kolébky a nosiče s tyčemi do pracovní polohy. Nosič je opatřen třemi vidlicemi. Dvě vidlice slouží k vyjždění a najíždění tyčí, třetí jako ochranný prvek při náhodném zaseknutí tyčí při najíždění do nosiče. Poslední zmíněná se využívá také jako stojan pro různá kontrolní zařízení.

Při spuštění vytlačování celé zařízení čeká, až světelná závora detekuje poslední přířez na řetězovém dopravníku. Aktivuje se druhý pneumatický válec. Jeho vysunutím dojde k vyklopení nosiče s tyčemi na dopravník. V dalším kroku se začne vysouvat první pneumatický válec a tlačí zbylé přířezy ke kladkovému podavači. Po vysunutí pístu do maximální polohy jsou už vytlačovací tyče v kladkovém mechanismu. Ten udává tempo vytlačování. Celý pohyblivý rám se při vysunutí pístu zajistí proti zpětnému chodu pomocí zářezky k rámu dopravníku. Při vytlačení posledního přířezu kladkový podavač přepne do zpětného chodu a tyče postupně najedou do nosiče. Když jsou všechny tyče v nosiči podávací kladky od sebe, odjedou a uvolní poslední dlouhou tyč. V tu chvíli je možné zasunout druhý pneumatický píst. Po zasunutí přejede první píst do původní polohy a je připravený k dalšímu opakování.

Výhody:

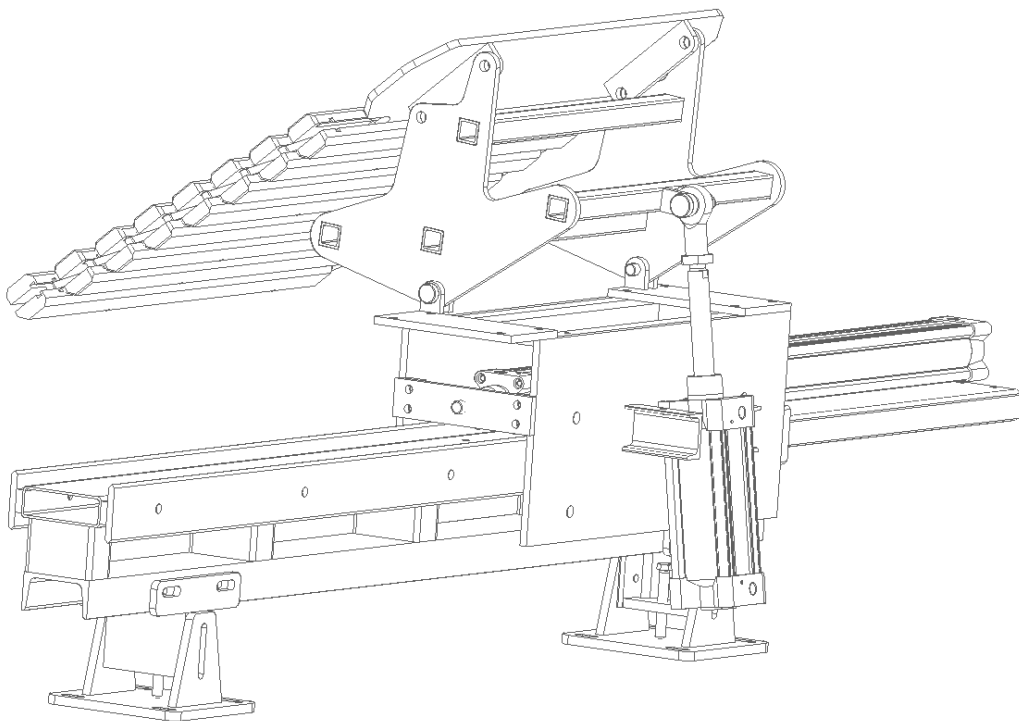
- Automatizované najíždění a vyjždění tyčí z nosiče
- Vůle pro přesné uložení výtlačníku
- Pohon pomocí pneumatických válců
- Prvky zajišťující plynulý chod tyčí

- Na nosiči možnost připojení různých senzorů
- Během vytlačování je dopravník vypnutý
- Jednoduché programování
- Vyměnitelná rampa pro plynulý přechod z přířezu na vytlačovací tyč

Nevýhody:

- Větší zástavbový prostor
- Při více použitých tyčích velká páka
- Není vhodný v kombinaci s krátkými vstupními dopravníky
- Nosič slouží jen pro jednu velikost a přesný počet tyčí

6.5 VARIANTA D



Obr. 42 Vytlačovací zařízení varianta D

Popis:

Přídavné vytlačovací zařízení viz. Obr. 42 vychází z podobného konstrukčního řešení. Stroj se skládá z pevného rámu, pohyblivého rámu, kolébky, nosiče a vytlačovacích tyčí. Pohyb zařízení zajišťují dva pneumatické válce.

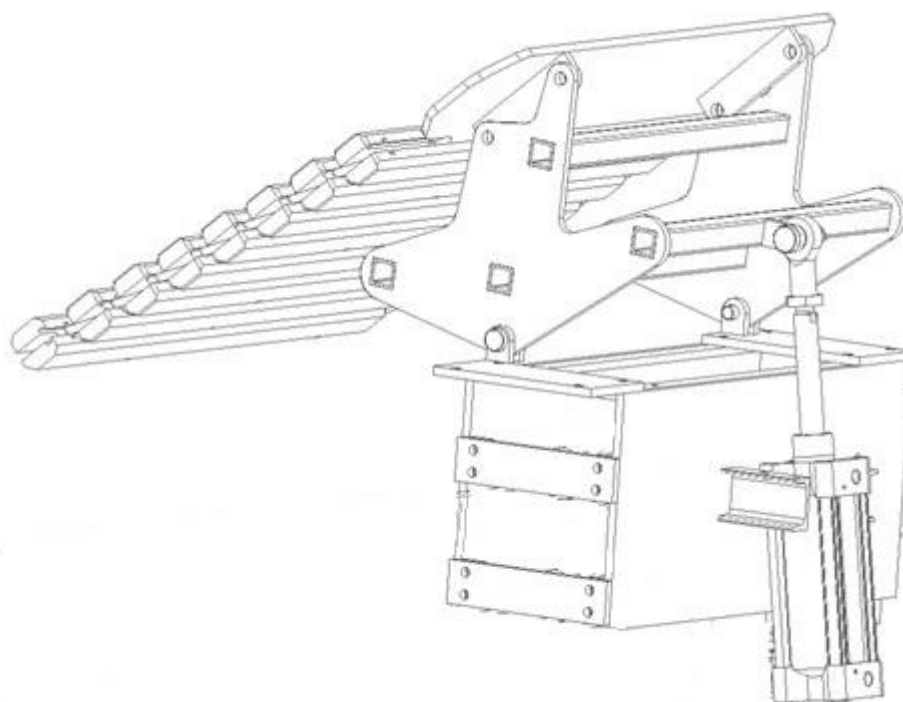
Zařízení pracuje na podobném principu jako předešlé zařízení. Odlišná je doprava první tyče ke kladkovému podavači. Tyč je unášena řetězovým dopravníkem. Všechny tyče jsou stejně dlouhé. Při zajíždění je ve zpětném chodu jak podavač, tak dopravník. Nosič neplní další konstrukční funkce. Na nosiči jsou dvě vidlice, které slouží k navádění tyčí.

Výhody:

- Ulehčení výroby – všechny tyče jsou stejně dlouhé
- Automatizované najíždění a vyjíždění tyčí z nosiče
- Vhodné pro krátké řetězové dopravníky

Nevýhody:

- Lze použít pouze se spuštěným řetězovým dopravníkem
- Obtížné zajíždění poslední tyče do nosiče
- Větší zástavbový prostor
- Problém s uvíznutým materiálem (mezi dopravníkem a podavačem)

6.6 VARIANTA E

Obr. 43 Vytlačovací zařízení varianta E

Popis:

Vytlačovací tyče vycházejí ze stejného konstrukčního provedení jako u předchozích variant. Rozdílné jsou délky vytlačovacích tyčí. Přídavné zařízení viz. *Obr. 43* se skládá z pevného rámu, kolébky a nosiče s tyčemi. Pohon je zde zajištěn pouze jedním pneumatickým válcem, který naklání kolébku s nosičem tyčí.

Po spuštění vytlačování dojde k vysunutí pneumatického válce. Nosič s tyčemi se vyklopí na řetězový dopravník. Dopravník je stále v provozu a posouvá první tyč ke kladkovému podavači. Při vytlačení posledního přířezu se kladkový podavač a řetězový dopravník přepne

do zpětného chodu a tyče postupně najedou zpět do nosiče. Poté, co do nosiče zajede poslední tyč, zasune se píst do původní polohy. Tím se uvolní prostor pro nové přířezy.

Výhody:

- Vhodný pro ohřívače s krátkým vstupním řetězovým dopravníkem
- Menší zástavbový prostor
- Jednoduchá konstrukce

Nevýhody:

- Problém s uvíznutým materiálem (mezi dopravníkem a podavačem)
- Obtížné zajištění poslední tyče do nosiče
- Lze použít pouze se spuštěným řetězovým dopravníkem

6.7 HODNOTÍCÍ KRITÉRIA

Hodnocení se skládá z deseti kritérií o různých vahách. Nejdůležitějším kritériem je použití pneumatického pohonu. Nejméně důležitým bodem je rychlost montáže.

Tab. 1 Hodnotící kritéria vytlačovacího zařízení

Váha kritéria	Kritérium	Hodnocení		
		3 body	2 body	1 bod
		Velmi dobré	Neutrální	Špatné
10	Pohon	Pneumatický	Elektrický	Kombinace
9	Složitost konstrukce	Jednoduchá	Normální	Složitá
8	Potřebnost obsluhy	Minimální	Normální	Maximální
7	Použití pro různé přířezy	Snadné	Obtížné	Nemožné
6	Vytlačování během zapnutého ohřevu	Ano	Podmíněné	Nemožné
5	Možnost automatizování	Ano	Podmíněné	Nemožné
4	Vyjetí zařízení mimo dráhu přířezů	Maximální	Dostatečné	Minimální
3	Vůle pro přesné uložení zařízení	30 mm a více	20 až 30 mm	Méně než 20 mm
2	Zástavbová plocha	Malá	Normální	Velká
1	Rychlost montáže	Méně než 5 h	5 až 15 h	15 h a více

6.8 VYHODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH VARIANT

Tab. 2 Vyhodnocení varianty A

Kritérium	Varianta A		
	Váha kritéria	Hodnocení	Součin
Pohon	10	1	10
Složitost konstrukce	9	2	18
Potřebnost obsluhy	8	2	16
Použití pro různé přířezy	7	3	21
Vytlačování během zapnutého ohřevu	6	1	6
Možnost automatizování	5	3	15
Vyjetí zařízení mimo dráhu přířezů	4	2	8
Vůle pro přesné uložení zařízení	3	1	3
Zástavbová plocha	2	3	6
Rychlost montáže	1	3	3
Suma			106

Tab. 3 Vyhodnocení varianty B

Kritérium	Varianta B		
	Váha kritéria	Hodnocení	Součin
Pohon	10	3	30
Složitost konstrukce	9	3	27
Potřebnost obsluhy	8	2	16
Použití pro různé přířezy	7	1	7
Vytlačování během zapnutého ohřevu	6	2	12
Možnost automatizování	5	2	10
Vyjetí zařízení mimo dráhu přířezů	4	1	4
Vůle pro přesné uložení zařízení	3	1	3
Zástavbová plocha	2	3	6
Rychlost montáže	1	2	2
Suma			117

Tab. 4 Vyhodnocení varianty C

Kritérium	Varianta C		
	Váha kritéria	Hodnocení	Součin
Pohon	10	3	30
Složitost konstrukce	9	2	18
Potřebnost obsluhy	8	3	24
Použití pro různé přířezy	7	2	14
Vytlačování během zapnutého ohřevu	6	2	12
Možnost automatizování	5	3	15
Vyjetí zařízení mimo dráhu přířezů	4	3	12
Vůle pro přesné uložení zařízení	3	3	9
Zástavbová plocha	2	1	2
Rychlost montáže	1	2	2
Suma			138

Tab. 5 Vyhodnocení varianty D

Kritérium	Varianta D		
	Váha kritéria	Hodnocení	Součin
Pohon	10	3	30
Složitost konstrukce	9	2	18
Potřebnost obsluhy	8	1	8
Použití pro různé přířezy	7	2	14
Vytlačování během zapnutého ohřevu	6	2	12
Možnost automatizování	5	2	10
Vyjetí zařízení mimo dráhu přířezů	4	3	12
Vůle pro přesné uložení zařízení	3	3	9
Zástavbová plocha	2	1	2
Rychlost montáže	1	2	2
Suma			117

Tab. 6 Vyhodnocení varianty E

Kritérium	Varianta E		
	Váha kritéria	Hodnocení	Součin
Pohon	10	3	30
Složitost konstrukce	9	3	27
Potřebnost obsluhy	8	1	8
Použití pro různé přířezy	7	2	14
Vytlačování během zapnutého ohřevu	6	2	12
Možnost automatizování	5	2	10
Vyjetí zařízení mimo dráhu přířezů	4	2	8
Vůle pro přesné uložení zařízení	3	1	3
Zástavbová plocha	2	3	6
Rychlost montáže	1	3	3
Suma			121

Tab. 7 Výsledek vyhodnocení všech variant

	VYHODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH VARIANT
Varianta A	106
Varianta B	117
Varianta C	138
Varianta D	117
Varianta E	121

Vyhodnocením všech variant řešení pomocí vážených hodnot bylo dosaženo výsledku, že nejvíce bodového hodnocení získala varianta C.

7 NÁVRH A ZDŮVODNĚNÍ VLASTNÍ KONSTRUKCE

Vlastní konstrukce je zvolena na základě vyhodnocení metodou vážených hodnot.

Přídavné vytlačovací zařízení bude pracovat na indukčním ohřivači. Indukční ohřivač KSO 1350/1,2 - C40 slouží pro ohřev magnetických ocelových přířezů kruhového průřezu. Ocel ohřívá na teplotu 1250 °C slouží ke kování hřídelí převodovek a podobných částí převodového ústrojí.

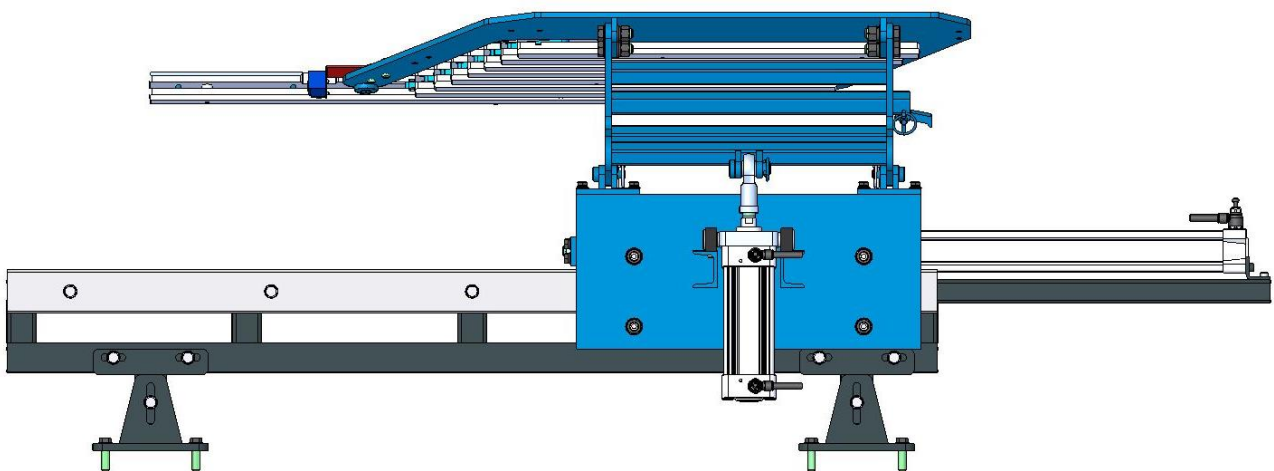
Vytlačování bude probíhat před koncem ohřevu, během mimořádných situací nebo při výměně ohřivaného přířezu tak, aby nedošlo k zatavení materiálu v induktoru.

Byla zvolena varianta vytlačovacího zařízení, která je poháněna pneumatickými válci. Jedná se o přídavné zařízení, které je přimontováno k rámu ohřivačky. Mechanismus se skládá z pevného rámu, pohyblivého rámu, pneumatických válců, kolébky, nosiče a vytlačovacích tyčí.

Pevný rám je těsně upevněný vedle řetězového dopravníku. Na pevném rámu se pohybuje pohyblivý rám, který jezdí ve směru osy toku materiálu. Na pohyblivém rámu je uloženo kyvné rameno určené pro naklápění nosiče s vytlačovacími tyčemi do osy toku přířezů. Nosič je opatřen třemi vidlicemi. Dvě slouží k vyjíždění a najíždění tyčí a třetí slouží jako ochranný prvek nebo jako stojan pro kontrolní snímače. Tyč se skládá ze dvou polovin. Sériové spojení tyčí je pomocí táhla. Pořadí tyčí: první delší a sedm kratších.

Při spuštění vytlačování dojde k vyklopení nosiče s tyčemi na dopravník. Poté se začne vysouvat pneumatický válec, který tlačí zbylé přířezy ke kladkovému podavači. Vysunutím pístu do maximální polohy dojde vytlačovací tyč do kladkového podavače, který řídí rychlost vytlačování. Pohyblivý rám se při vysunutí pístu zajistí proti zpětnému chodu pomocí zarážky k rámu dopravníku.

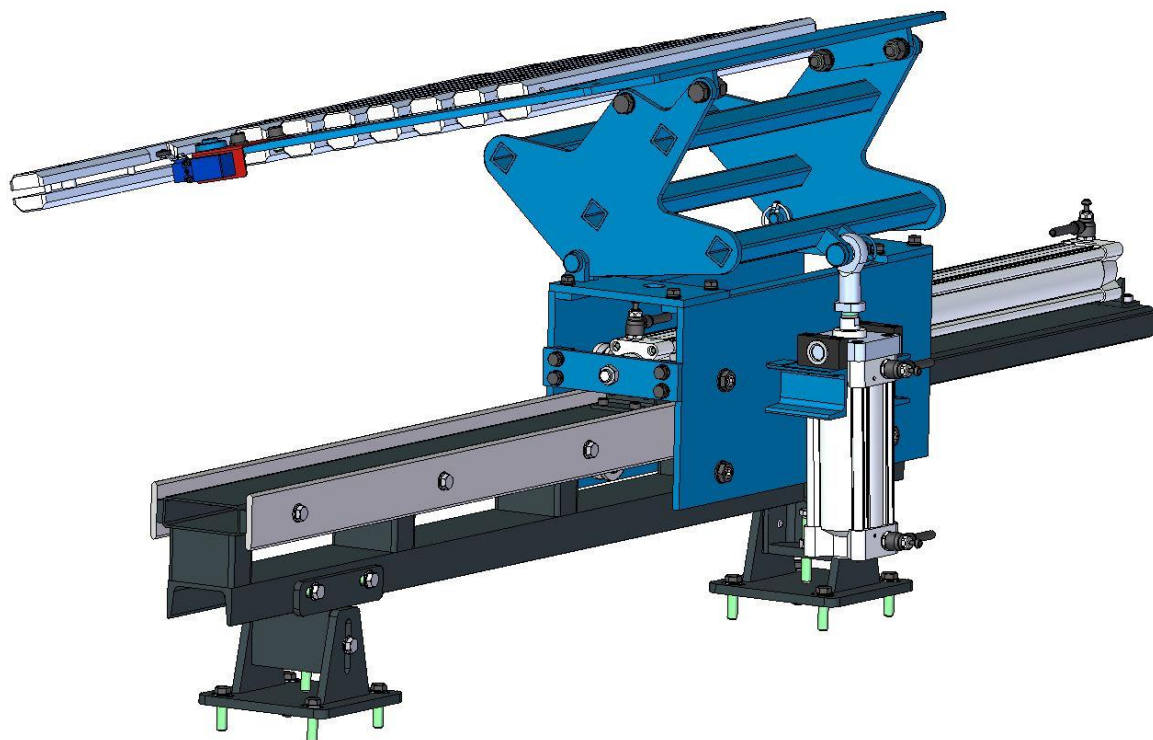
Po vytlačení posledního přířezu se kladkový podavač přepne do zpětného chodu a tyče postupně najedou zpět do nosiče. Když jsou všechny tyče v nosiči, podávací kladky od sebe odjedou a uvolní poslední dlouhou tyč. Pneumatické válce, které pohybují s vytlačovacím zařízením, se vrátí do původní polohy.



Obr. 44 Vytlačovací zařízení vlastní konstrukce

Tab. 8 Specifikace vytlačovacího zařízení

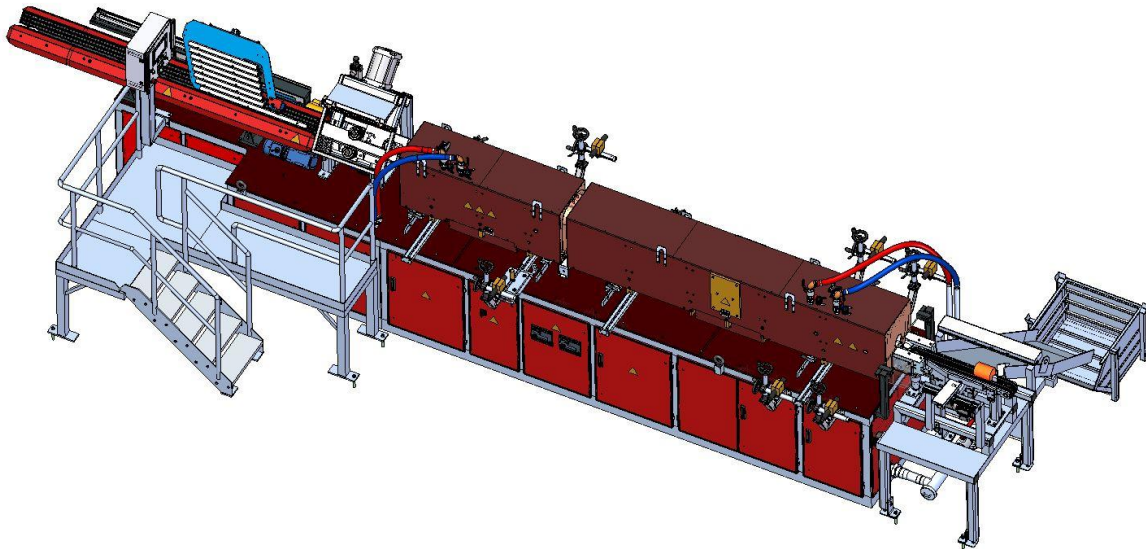
PŘÍDAVNÉ VYTLAČOVACÍ ZAŘÍZENÍ (vlastní konstrukce)	
Pohyb ve směru toku materiálu	Pneumatický dvojčinný válec Ø63 – 1000 mm
Pohyb naklápění vytlačovacích tyčí	Pneumatický dvojčinný válec Ø80 – 140 mm
Rozměry ohřívaného materiálu	Ø125 – 200 mm
Ohřívaný materiál	Magnetická ocel
Teplota ohřívaného materiálu	1250 °C
Délka vytlačování	6 000 mm
Délky tyčí	1 100 mm – 1 ks 700 mm – 7 ks
Profil tyčí	50 x 50 mm
Potřebný tlak pro pohon pístu	0,5 MPa
Rozměry zařízení d/š/v	2200/760/770 mm
Hmotnost zařízení	250 kg



Obr. 45 Přídavné zařízení pro vytlačování přířezů z induktoru

7.1 SPECIFIKACE INDUKČNÍHO OHŘÍVAČE

Vytlačovací zařízení bude probíhat na víceúrovňovém kompaktním středofrekvenčním ohřivači viz. *Obr. 46*. Kompletní indukční ohřev se skládá z těchto celků: výklopníku palet, vibračního zásobníku, řetězového dopravníku, kladkového podavače, víceúrovňového induktoru, kladkového vytahovače, třídače ohřátých kusů, pyrometrů, ohřivače a plošiny pro obsluhu.



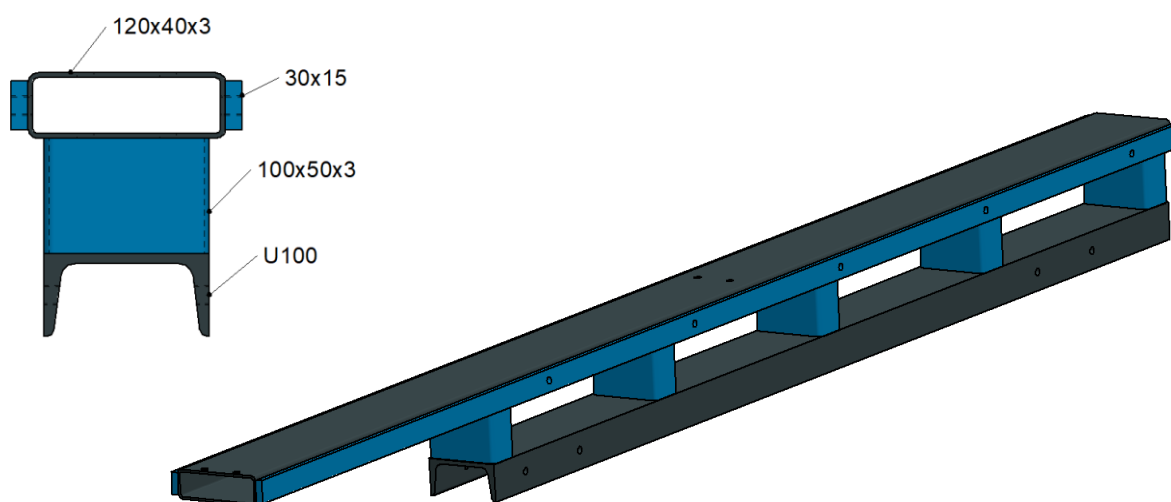
Obr. 46 Indukční ohřivač

Tab. 9 Specifikace indukčního ohřivače

INDUKČNÍ OHŘÍVAČ KSO 1350/1,2 - C40	
Výkon ohřivače	max. 2000 kg/h
Nejkratší takt	14 s/ks
Průměr ohřivaných materiálů	Ø70 ÷ 130 mm
Délka ohřivaných materiálů	1,3D ÷ 325 mm
Ohřivaný materiál	Magnetická ocel
Teplota ohřivaného materiálu	1250 °C
Měřicí rozsah třídačky	600 ÷ 1350 °C
Tlak vodního chlazení	max. 0,4 MPa
Spotřeba vodního chlazení	20 m ³ /h
Vstupní tlak vzduchu	0,5 ÷ 0,6 MPa
Spotřeba tlaku vzduchu	5 m ³ /h
Hladina hluku v místě obsluhy	max. 85 dB
Rozměry zařízení d/š/v	12 000/3 500/2 100 mm
Celková hmotnost	7 800 kg

7.2 PEVNÝ RÁM

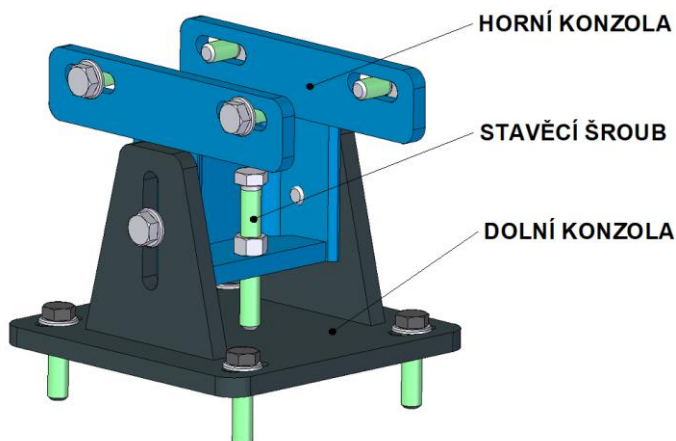
Pevný rám viz. *Obr. 47* se skládá ze čtyř různých profilů. Hlavní profil je z obdélníkové trubky 120x40 mm o tloušťce 3 mm. Na trubce jsou vytvořeny díry pro uchycení primárního pneumatického válce. Na kratších stranách profilu jsou přivařeny v celé délce obdélníkové profily 30x15 mm. Profily slouží k uchycení vodících kolejníc. Další částí pevného rámu je profil U 100 mm, který je konstruován pro uchycení stavitelných nohou. Mezi U profilem a obdélníkovou trubkou je přivařeno pět stejně dlouhých obdélníkových trubek pro vzájemné zpevnění hlavního rámu. Po celkovém svaření všech částí je nutné srovnání konstrukce. Důležitá plocha je na obdélníkovém profilu 30x15 mm, ke které je následně přišroubována vodící kolejnice.



Obr. 47 Pevný rám

7.3 STAVĚCÍ NOHY

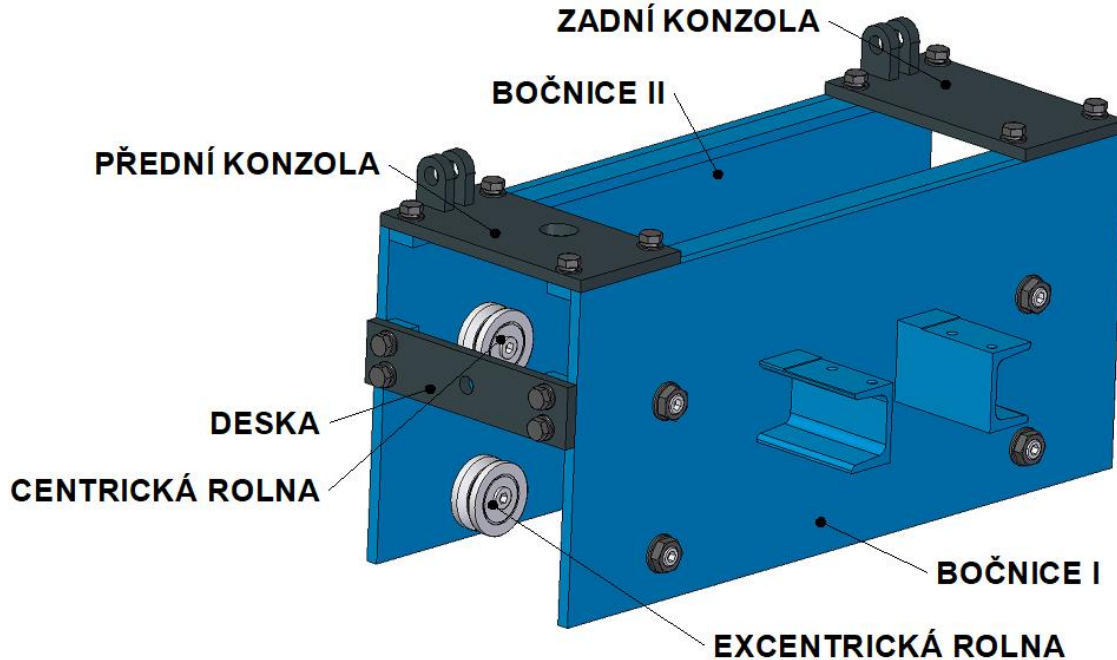
Pevný rám stojí na dvou nohách. Nohy lze ve všech směrech nastavit do přesné polohy. Noha se skládá ze dvou částí viz. *Obr. 48*. Horní konzola je pomocí šroubů přišroubována k U profilu. Spodní konzola bude sešroubována na rám indukčního ohříváče. Výškové nastavení polohy je zajištěno pomocí stavěcího šroubu.



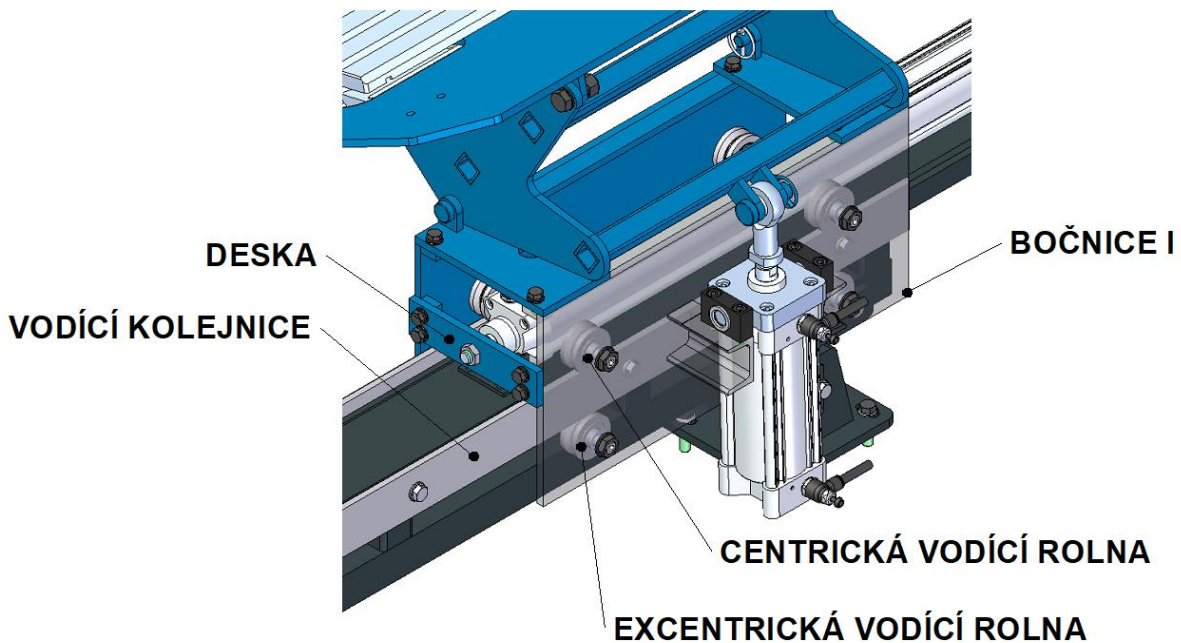
Obr. 48 Stavěcí nohy

7.4 POHYBLIVÝ RÁM

Pohyblivý rám se skládá: z bočnic, zadní, přední konzoly a desky viz. *Obr. 49*. Na bočnice jsou u vytlačovacího zařízení namontovány vodící rolny. Každá bočnice má dvě dvojice. Dvojici vždy tvoří centrická a excentrická vodící rolna viz. *Obr. 50*.



Obr. 49 Pohyblivý rám



Obr. 50 Detail na vodící kolejnice a vodící rolny

Bočnice I má oproti bočnici II navíc přivařené dva U-profilů. Tyto profily slouží k upevnění sekundárního pneumatického válce. Válec má při vytlačování za úkol naklopení nosiče

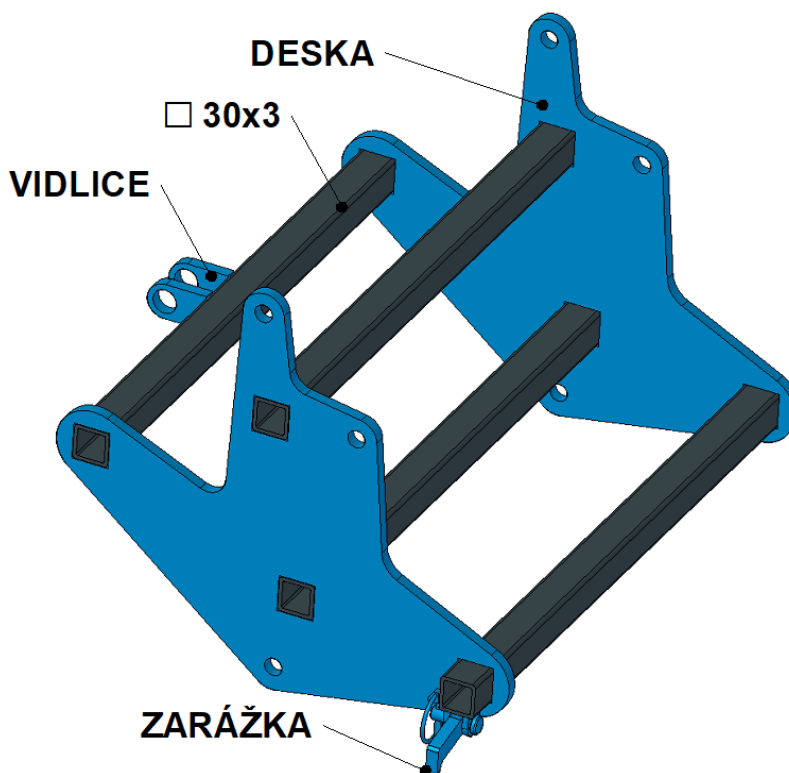
s tyčemi do osy toku ohřívaného materiálu. Bočnice jsou vzájemně sešroubované na vzdálenost délky konzole. Svařenec přední a zadní konzole obsahuje vidlici s dírou pro uchycení výklopného ramena. Přední konzola navíc obsahuje otvor pro možnost seřizování dorazů na primárním pneumatickém válci. Posledním dílem pohyblivého rámu je deska. Deska je přišroubována k bočnicím. Hlavním úkolem desky je přenášení síly od primárního pneumatického válce. Uprostřed desky je otvor pro závitový konec pneumatické tyče, která je upevněna pomocí dvou matic. Výhodou závitového konce pneumatického válce je možnost seřizování polohy.

7.5 VÝKLOPNÉ RAMENO

Výklopné rameno viz. *Obr. 51* se skládá ze dvou stejných desek spojených čtyřmi čtvercovými jekly. Tvar desky je vypálen laserem. Jedná se o ocelový plech tloušťky 10 mm. Čtvercové jekly 30x3 mm jsou svařeny k deskám.

Jedna trubka je delší. V místě, kde jekl vyčnívá, je přivařena vidlice. Do vidlice je vložena zarážka zajištěna čepem. Vysunutím primárního pneumatického válce do maximální polohy zapadne zarážka do drážky. Při zasouvání tyčí do nosiče je na pneumatický válec vyvíjena větší síla, než dokáže válec unést. Mohlo by dojít k situaci, že se vytlačovací tyče nedostanou do nosiče v původním stavu. Pohyblivý rám je zajištěn pomocí zarážky proti zpětnému chodu k rámu dopravníku.

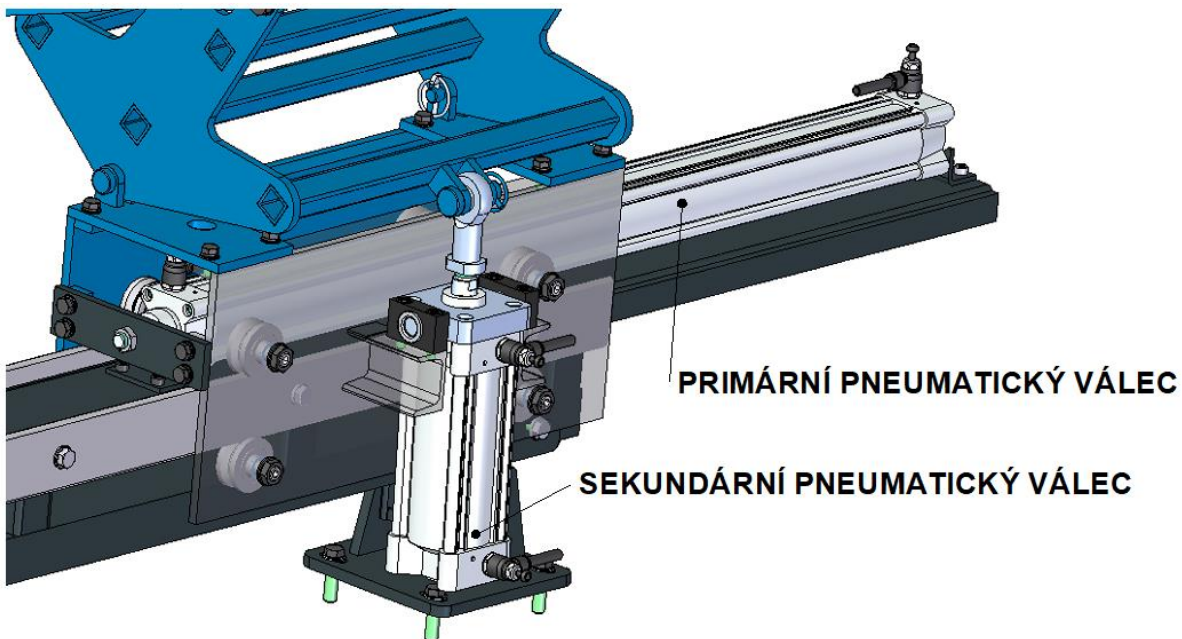
V levé části výklopného ramena je uprostřed čtvercové trubky přivařena vidlice pro uchycení sekundárního pneumatického válce. Válec slouží pro naklopení nosiče do pracovní polohy. Ve spodní části obou desek je díra pro spojení s pohyblivým rámem. V horní části jsou umístěny dvě díry pro šroubové spojení s nosičem vytlačovacích tyčí.



Obr. 51 Výklopné rameno

7.6 POHON

Přídavné vytlačovací zařízení se skládá ze dvou pohonů: primárního a sekundárního pneumatického válce viz. *Obr. 52*. Primární válec je uložen na pevném rámu. Konec pístní tyče je spojen s pohyblivým rámem. Primární pneumatický válec posouvá vytlačovací zařízení ve směru toku ohřívaného materiálu. Sekundární pneumatický válec se používá pro naklopení nosiče s vytlačovacími tyčemi do osy toku přířezů. Z čelní strany pístu je přišroubovaná objímka s čepy. Čepy jsou uloženy v upevňovacích patkách. Patky jsou pevně ukotveny na pohyblivém rámu, přesněji na bočnici I ke které jsou přivařeny dva U profily.



Obr. 52 Detail pohonu

Tab. 10 Specifikace primárního pneumatického válce [38]

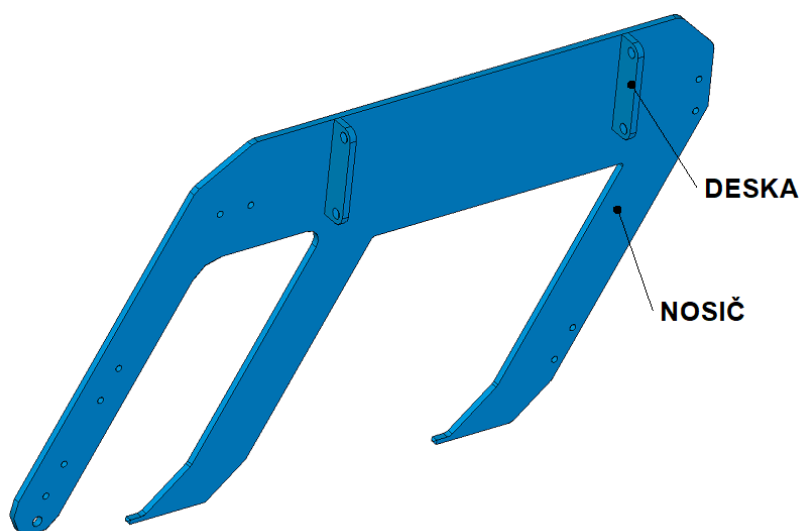
PRIMÁRNÍ PNEUMATICKÝ VÁLEC	
Označení	P1F-S063MS-1000-0000
Dodavatel / Výrobce	Fluidtechnik / Parker
Konstrukce	Standardní dvojčinný pneumatický válec
Průměr pístu	63 mm
Zdvih válce	1 000 mm
Pracovní tlak	1 až 10 bar
Pracovní teplota	-20 °C až +80 °C
Příslušenství	Upevňovací patky MS1
	Škrťací zpětný ventil G3/8

Tab. 11 Specifikace sekundárního pneumatického válce [38]

SEKUNDÁRNÍ PNEUMATICKÝ VÁLEC	
Označení	P1F-S080MS-0140-0000
Dodavatel / Výrobce	Fluidtechnik / Parker
Konstrukce	Standardní dvojčinný pneumatický válec
Průměr pístu	80 mm
Zdvih válce	140 mm
Pracovní tlak	1 až 10 bar
Pracovní teplota	-20 °C až +80 °C
Příslušenství	Přírubově montovaná objímka s čepy MT5
	Vodící držák AT4
	Oko šroubovací AP6
	Škrťící zpětný ventil G3/8

7.7 NOSIČ TYČÍ

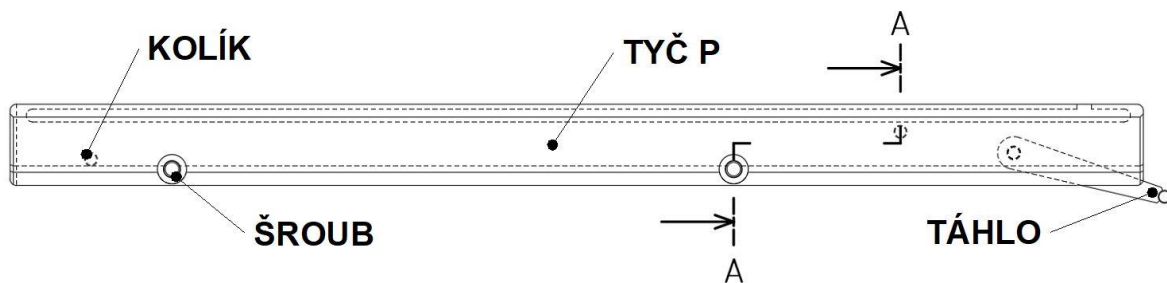
Nosič tyčí je svařen ze dvou částí: nosiče a desek viz. *Obr. 53*. Tvar nosiče je vypálený z plechu o tloušťce 10 mm. Přivařené desky slouží pro uchycení celého nosiče s tyčemi do výklopného ramena. Nosič je složen ze dvou hlavních vidlic a jedné pomocné vidlice (kontrolní). Úkolem hlavních vidlic je navádění při vysouvání nebo zasouvání vytlačovacích tyčí. Vytlačovací tyče, které jsou spojené jako dvě poloviny, jsou navlečené do hlavních vidlic. Poloviny tyčí spojují čepy, které jsou kontaktním místem mezi nosičem a vytlačovacími tyčemi. Kontrolní vidlice slouží primárně pro uchycení kladky. Kladka slouží jako ochrana před zvednutím tyče, která ještě není na nosiči. Na nosiči je několik otvorů pro uchycení různých senzorů, snímačů a podobných zařízení.



Obr. 53 Nosič tyčí

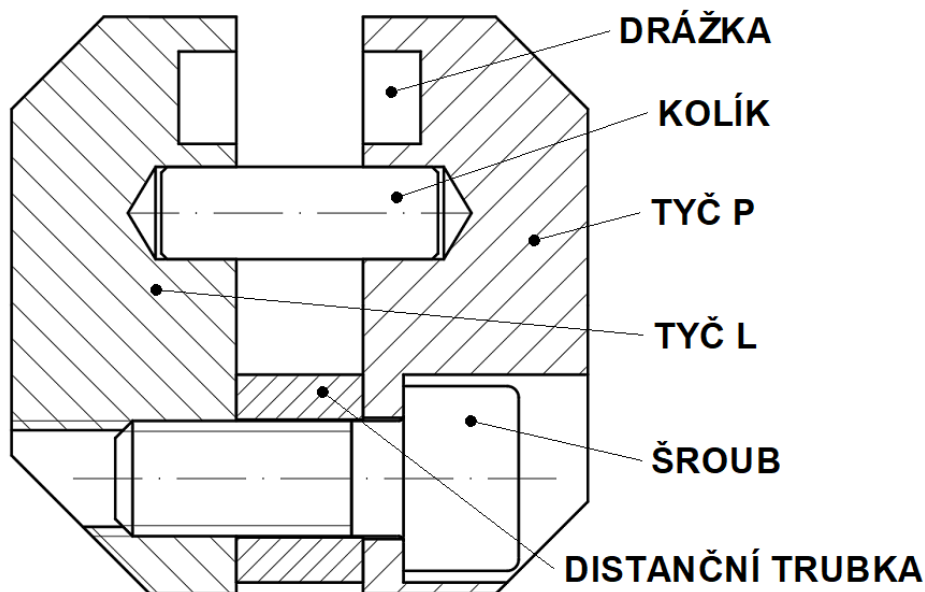
7.8 VYTLAČOVACÍ TYČE

Vytlačovací tyče se skládají ze dvou tyčí, distančních trubek, šroubů, kolíků a táhla viz. *Obr. 54* a *Obr. 55*. Tyče jsou vyrobené z nerezové nemagnetické oceli. Rozdíl mezi levou a pravou tyčí je, že u levé je závit pro šroub a u pravé je vytvořené zahloubení tak, aby se hlava šroubu schovala. Ostatní konstrukční řešení tyčí je zrcadlově stejné. V celé délce tyčí je vytvořena drážka a otvory pro kolíky. Dva kolíky jsou určené pro navádění tyče do nosiče. Jeden kolík slouží pro otočné upevnění táhla k tyčím. Poslední menší kolík je určen jako bezpečnostní. Je uložen pod táhlem a slouží jako chránič před případnou kolizí. Tyče jsou mezi sebou vzdáleny na velikost distanční trubky. Délka trubky musí být delší než tloušťka nosiče tyčí. Spojení levé a pravé tyče je zajištěno pomocí dvou šroubů s válcovou hlavou a vnitřním šestihranem.



Obr. 54 Vytlačovací tyč

V řezu vytlačovací tyče je vidět umístění drážky a šroubového spoje. Konstrukční řešení tyčí vychází z podmínek indukčního ohřevu tak, aby se vytlačovací tyče co nejméně zahřívaly.



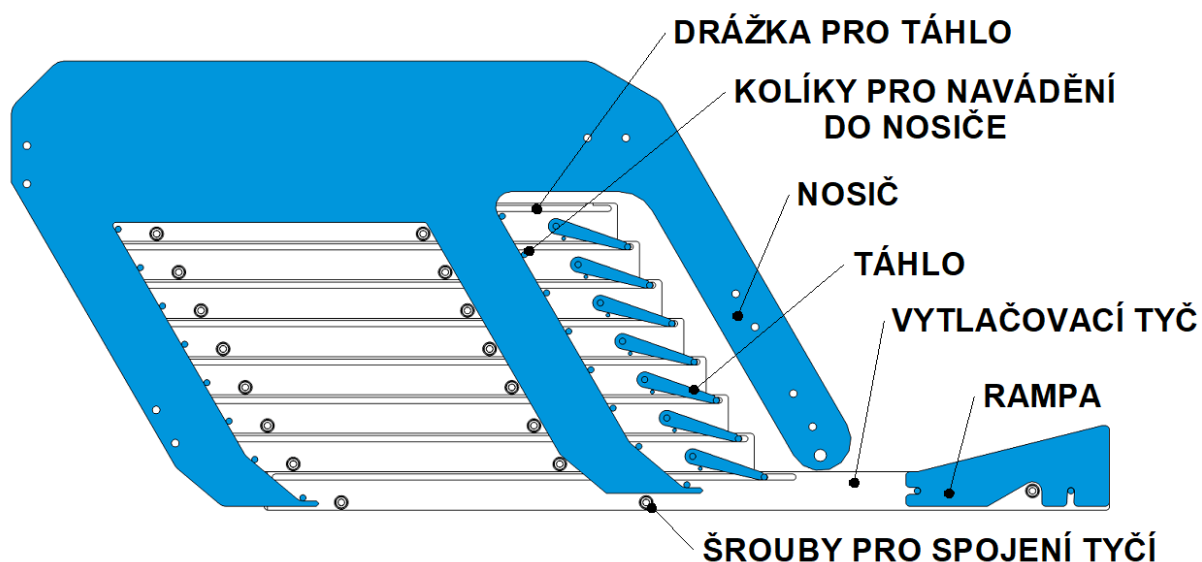
Obr. 55 Řez vytlačovací tyčí

7.9 MECHANISMUS VYTLAČOVÁNÍ

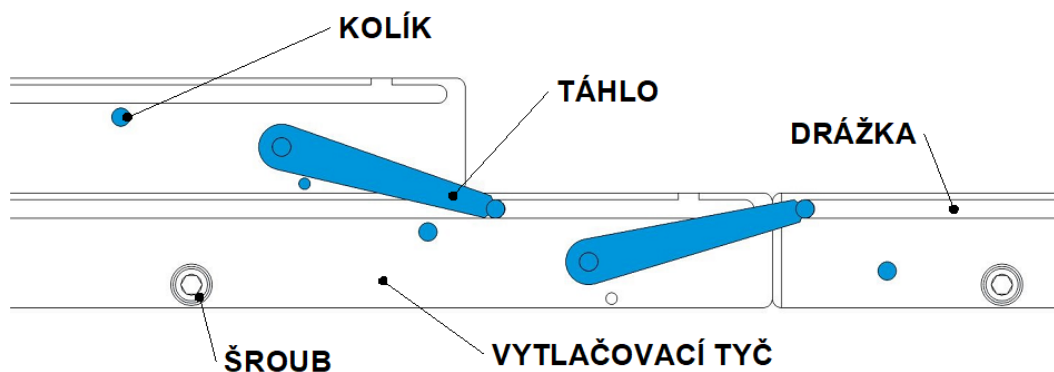
Tyč se skládá ze dvou polovin. Sériové spojení tyčí je pomocí táhla. Táhlo je na jednom konci otočně uloženo do vytačovací tyče. Druhý konec táhla obsahuje váleček. Váleček je navlíknutý do drážky předchozí tyče. Pořadí tyčí je pevně dáno. První je delší a následuje sedm kratších. Delší tyč je konstruována pro najetí do kladkového podavače. Potřebnému najetí do podavače pomáhá primární pneumatický válec. Poté kladkový mechanismus převezme vytačovací tyče a řídí proces vytačování.

Mezi poloviny tyčí jsou vloženy distanční trubky a jsou vzájemně spojeny šrouby. Distanční trubky plní další funkci. Zabraňují pohybu tyčí v ose vytačování, pokud jsou na nosiči. Každá tyč obsahuje čtyři kolíky. Dva hlavní kolíky slouží k navádění tyčí do nosiče, pohybují se po přesné trajektorii nosiče. Jeden kolík slouží pro otočné uložení táhla mezi poloviny tyčí.

Vytačovací mechanismus obsahuje několik bezpečnostních konstrukčních řešení před případnou kolizí. Jedná se o kolík, který je uložen pod táhlem a zamezuje nadzvedávání od předchozí tyče v nosiči. Dalším řešením k zabránění kolize tyčí je první vidlice nosiče. Hlavním úkolem vidlice je zamezení nadzvedávání tyče před najížděním do nosiče.



Obr. 56 Mechanismus vytačování



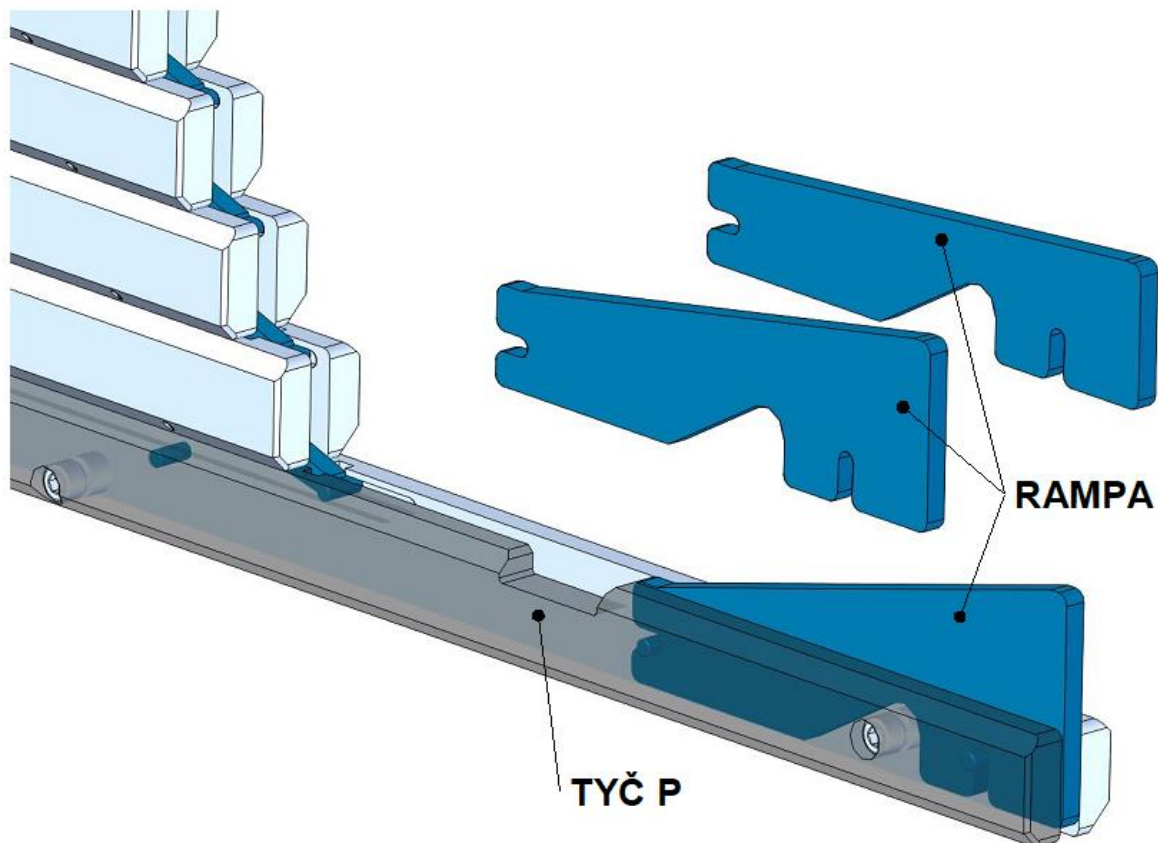
Obr. 57 Detail spojení tyčí

V podélném řezu je vidět mechanismus spojení tyčí pomocí táhla. Každá tyč má svoje táhlo, které se zasune do drážky předchozího táhla. Poté co táhlo dojde do konce drážky, posune s druhou tyčí, která zapadne do místa první tyče a vytvoří spojený řetězec.

7.10 RAMPA

Rampa je velmi důležitou součástí vytlačovacího mechanismu. Používá se v oblasti kladkového podavače pro plynulý přechod z přířezu na vytlačovací tyč. Kladkový mechanismus se skládá ze dvou samostatně hnaných kladek. Spodní kladka je nepohyblivá. Horní přítlačná kladka se pohybuje pomocí pneumatického válce kolmo na osu toku materiálu. Přítlačnou sílu lze regulovat pomocí regulátoru.

Najetí přídatného vytlačovacího zařízení do kladkového podavače jde podle předepsaných postupů. Pokud je prázdný řetězový dopravník, nosič s tyčemi se naklopí do osy toku materiálu pomocí sekundárního pneumatického válce. V dalším kroku se postupně vysune primární pneumatický válec, který dopraví první delší tyč mezi kladky podavače. Horní přítlačná kladka kopíruje tvar rampy a plynule přechází na vytlačovací tyče.



Obr. 58 Rampa

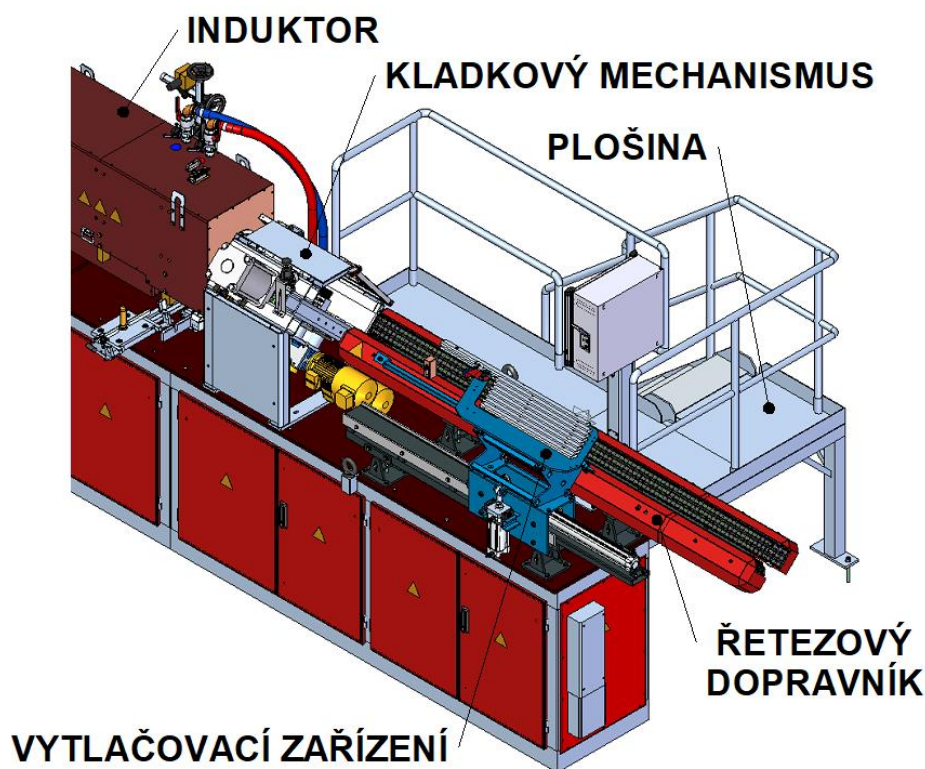
Na Obr. 58 jsou vidět tři velikosti ramp. Každá rampa je speciálně upravená na průměr přířezu. Před vytlačováním je nutné zvolit odpovídající velikost a rampu manuálně nasadit. Nasazení je velmi jednoduché, jedná se o nasunutí do dvou kolíků.

7.11 UMÍSTĚNÍ VYTLAČOVACÍHO ZAŘÍZENÍ

Přídavné vytlačovací zařízení bude pracovat na víceúrovňovém kompaktním středofrekvenčním ohřívači viz. *Obr. 59*. Zařízení stojí na dvou nohách. Ukotveno je pomocí osmi šroubů na rám skříně ohřívače. Výška skříně ohřívače je 1500 mm. Z tohoto důvodu je k indukčnímu ohřívači doplněna plošina pro obsluhu.

Vytlačování musí být uloženo na takovém místě, aby splňovalo dvě důležité podmínky. První podmínkou je, aby při naklopení nosiče seděly tyče na řetězovém dopravníku v ose vytlačování. Druhou podmínkou je délka posouvání zařízení ve směru toku materiálu. Posouvání pohyblivé části zařízení musí být dostatečně dlouhé, aby se první delší tyč dostala do kladkového podavače.

Pohyb v ose pohybu přířezu je zajištěn primárním pneumatickým válcem. Nohy lze ve všech směrech nastavit do přesné polohy. Výškové nastavení polohy je zajištěno pomocí stavěcího šroubu.



Obr. 59 Umístění vytlačovacího zařízení

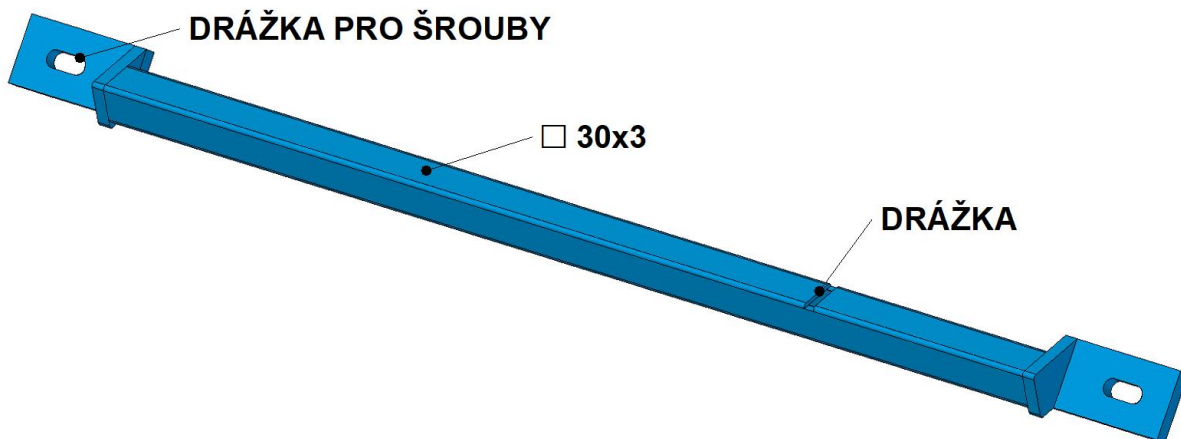
7.12 ZAJIŠTĚNÍ PŘI ZAJÍZDĚNÍ TYČÍ

Všechny pohyby vytlačovacího zařízení jsou zajištěny dvěma pneumatickými válci. Při pohybu válců z nulové do maximální polohy nepůsobí na vytlačovací zařízení žádné vnější síly. Vyjízďení vytlačovacích tyčí pracuje na principu gravitačního skluzu.

Velké síly vznikají při najíždění tyčí na nosiče. Na nosiči se tyče pohybují do kopce. Vliv na zasouvání má i velká třecí plocha. Pohyb zajišťuje kladkový podavač, který pracuje

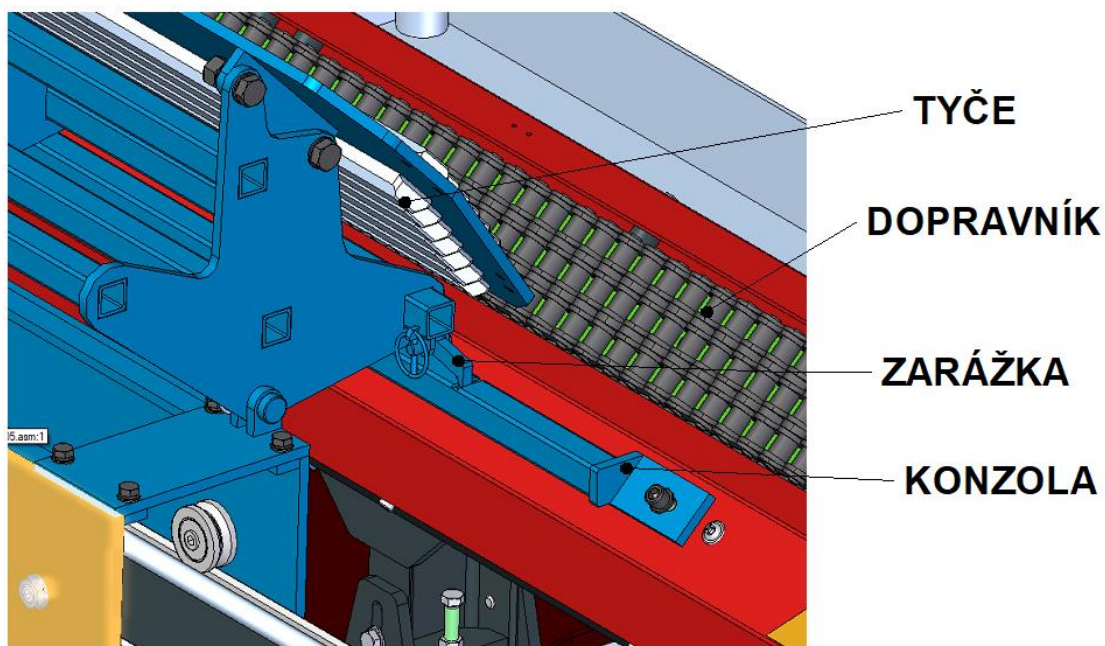
v reverzním chodu. Aby se tyče dostaly do nosiče, je zapotřebí zajištění pohyblivého rámu k pevnému bodu. Upevnění k nepohyblivé části zařízení je nejvhodnější umístit co nejbliž k ose toku materiálu. Minimalizuje se tím vznik ohybového momentu.

Konzola viz. *Obr. 60* se skládá ze dvou desek, jedním čtvercovým jeklem a dvou zátek pro spojení jeklu k desce. Jedná se o svařenec. Na deskách je vytvořená drážka pro uchycení k rámu řetězového dopravníku. Drážka pro šrouby slouží pro přesné nastavení drážka-zarážka. Na čtvercové trubce je vyfrézovaná drážka, do které zapadne zářážka.



Obr. 60 Konzola

Konstrukčním řešením je umístění zajišťovací konzole k rámu řetězového dopravníku viz. *Obr. 61*. Na výklopném ramenu je otočně uložena zářážka, která při vysunutí obou pneumatických pístů do pracovní polohy zapadne do drážky zhotovené v konzoli. Po najetí tyčí do nosiče se zasune sekundární pneumatický válec a tím se výklopné rameno automaticky odjistí. Až po této akci se může zasunout sekundární pneumatický válec.



Obr. 61 Detail zajištění při zajíždění tyčí

8 SIMULACE DYNAMICKÉHO PROCESU VYTLAČOVÁNÍ

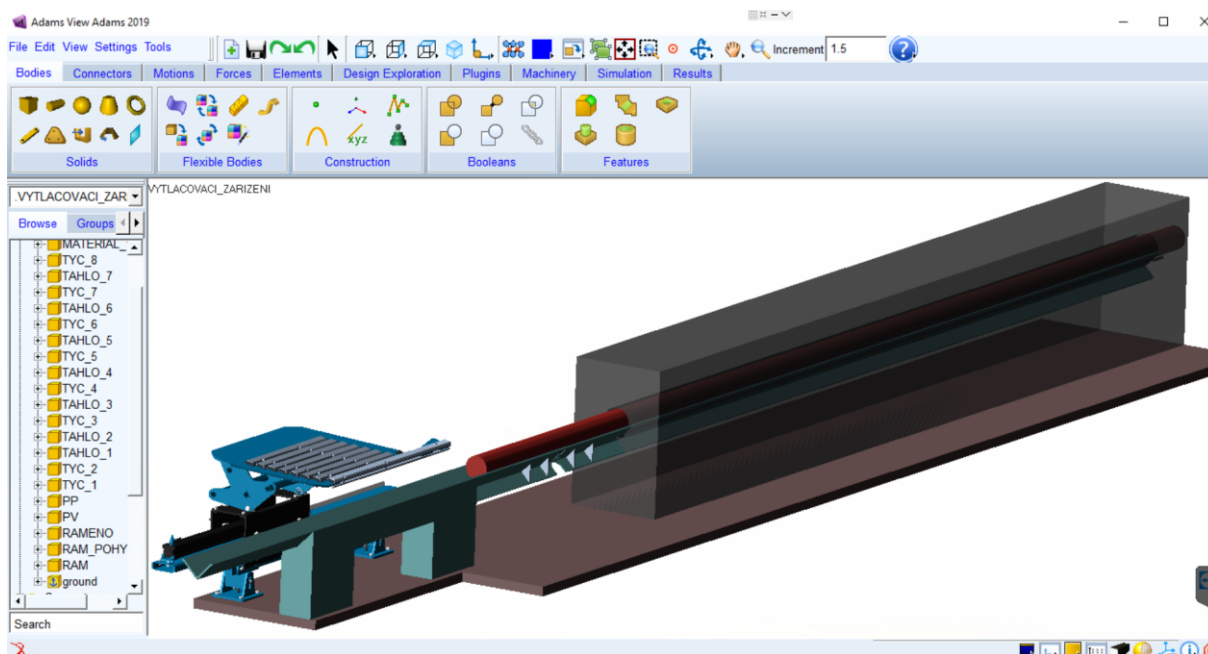
Dynamická simulace přídavného zařízení pro vytlačování přířezů z induktoru bude sloužit pro určení velikosti a směru sil potřebných k vyjždění nebo zajíždění vytlačovacích tyčí. Dalším úkolem bude zjištění jednotlivých reakčních sil, které působí na pneumatické válce během procesu vytlačování. Důvodem použití dynamické simulace je fakt, že vytlačovací zařízení tvoří soustavu s několika stupni volnosti, která by se standardními analytickými výpočty velmi obtížně a zdlouhavě řešila. Výsledkem dynamické simulace bude ověření funkčnosti celého zařízení. Pro dynamickou simulaci byl zvolen program ADAMS VIEW 2019 od společnosti MSC.

8.1 MSC ADAMS

Program MSC ADAMS (Automatic Dynamic Analysis of Mechanical Systems) je nejrozšířenější software pro multibody dynamiku a analýzu pohybu na světě. Adams vypočítává dynamiku pohyblivých částí. Určí rozložení síly a zatížení v mechanických systémech. Adams software pro multibody dynamiku umožňuje snadno vytvářet a testovat virtuální prototypy mechanických systémů za zlomek času a nákladů. Na rozdíl od většiny CAD vestavěných nástrojů Adams začleňuje reálnou fyziku současným řešením rovnic pro kinematiku, statiku, kvazi-statiku a dynamiku. [36] [37]

8.2 MODEL PRO MSC ADAMS VIEW 2019

Vlastní konstrukční řešení vytlačování přířezu z induktoru bylo navrženo ve studentské verzi v programu Solid Edge ST10 od společnosti Siemens viz. *Obr. 62*. Hlavní sestava obsahovala mnoho dílů a v programu MSC Adams View 2019 by řešení soustavy trvalo i několik dní. Z tohoto důvodu se musela vytvořit zjednodušená verze vytlačovacího zařízení.



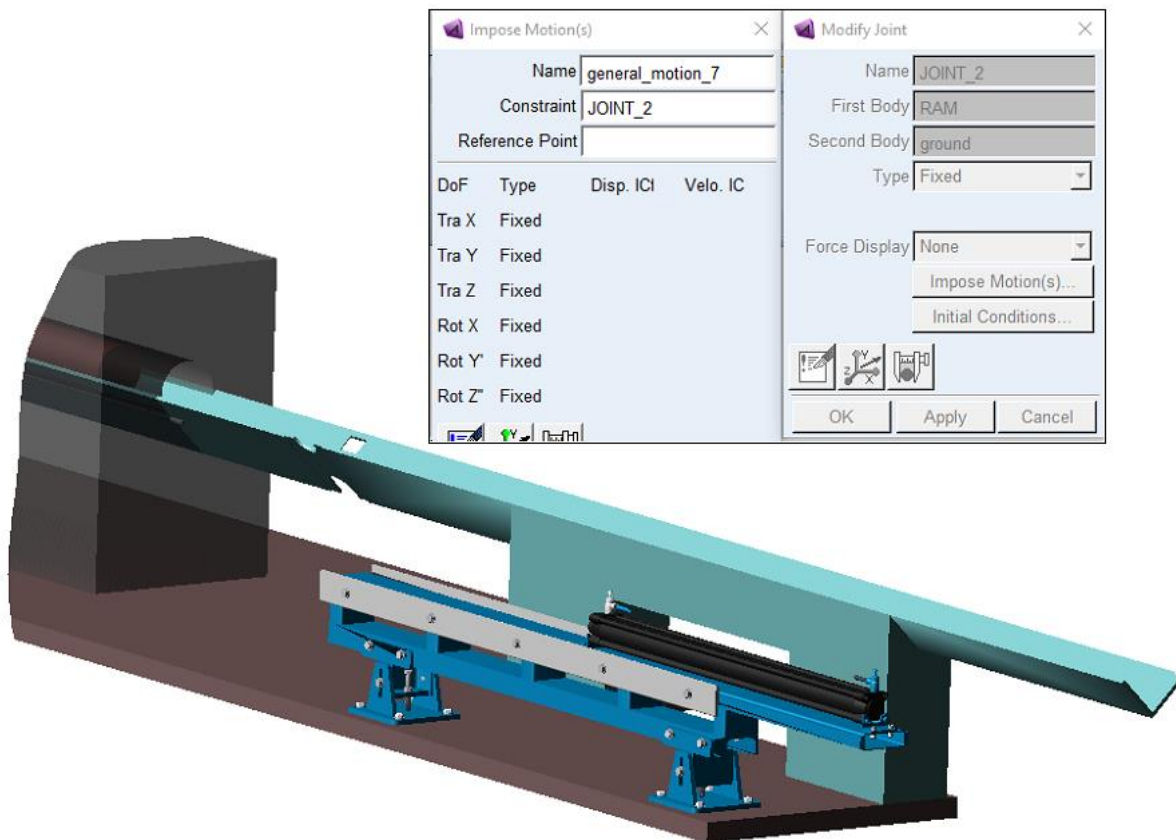
Obr. 62 Celkový model vytlačovacího zařízení v programu MSC Adams View 2019

Zjednodušené modely byly použity na zařízení, které jsou nezbytnou součástí procesu vytlačování. Jednalo se především o skříň ohřivače, induktor a řetězový dopravník. Skříň

ohřívače se zjednodušila na desku, která kopíruje tvar ohřívače. Sestava induktoru je nahrazena kvádrem o stejných rozměrech a kruhovým otvorem. Vodící lišty a řetězový dopravník jsou nahrazeny dvěma plochými tyčemi, které tvoří žlábek. Ve žlábků je položený materiál, který je určený k ohřívání na požadovanou teplotu.

Zjednodušená sestava vytlačovacího zařízení, vytvořená v programu Solid Edge ST10, je rozdělena do jednotlivých funkčních celků a uložena ve formátu .x_t (textový parasolid). Celky se vytvářely v hlavní sestavě a nepotřebným dílům se odebírala viditelnost. Po vytvoření všech potřebných sestav se části importovaly do programu MSC Adams View 2019.

8.2.1 PEVNÁ ČÁST

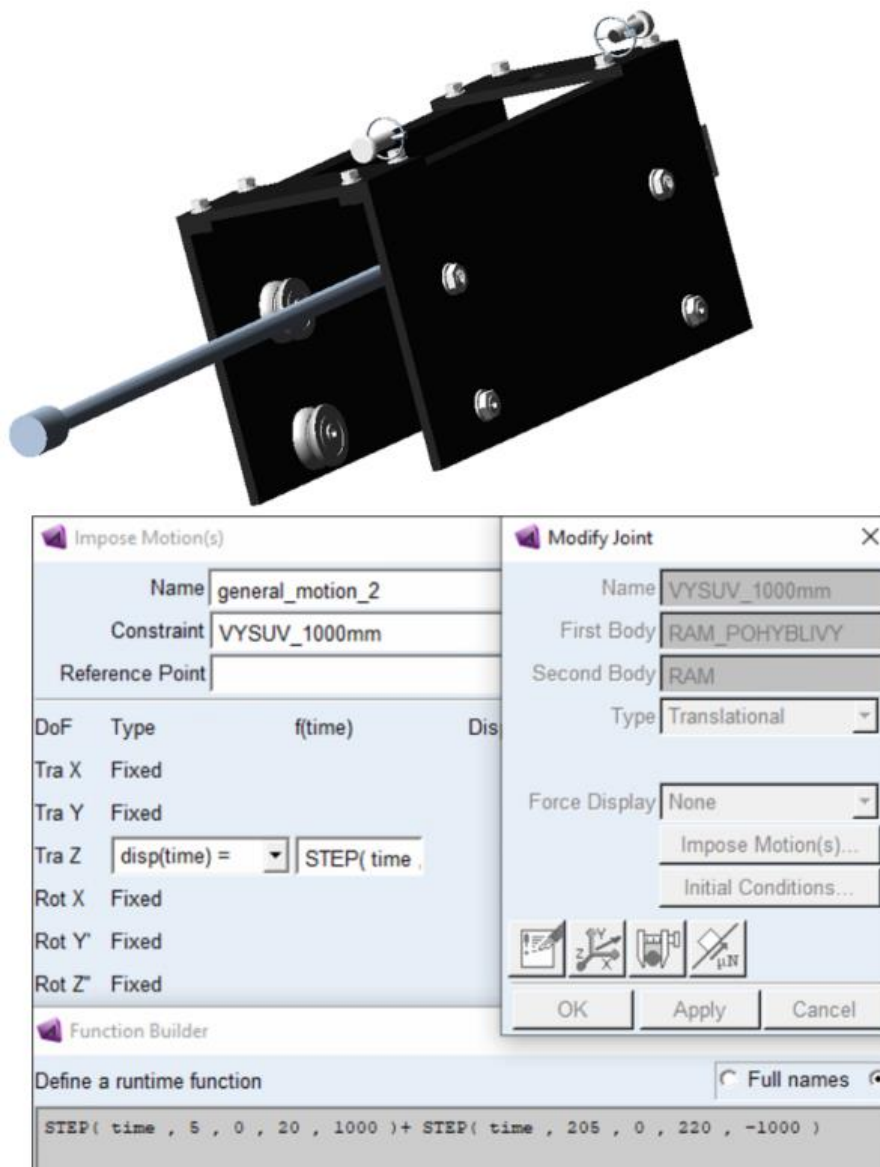


Obr. 63 Pevný rám v programu MSC Adams View 2019

Základová část vytlačovacího zařízení viz. Obr. 63 se skládá ze skříně ohřívače, induktoru, řetězového dopravníku a pevného rámu s primárním pneumatickým válcem. Všechny části importovaného souboru parasolid jsou připevněny k souřadnému systému pevnou vazbou.

8.2.2 POHYBLIVÝ RÁM

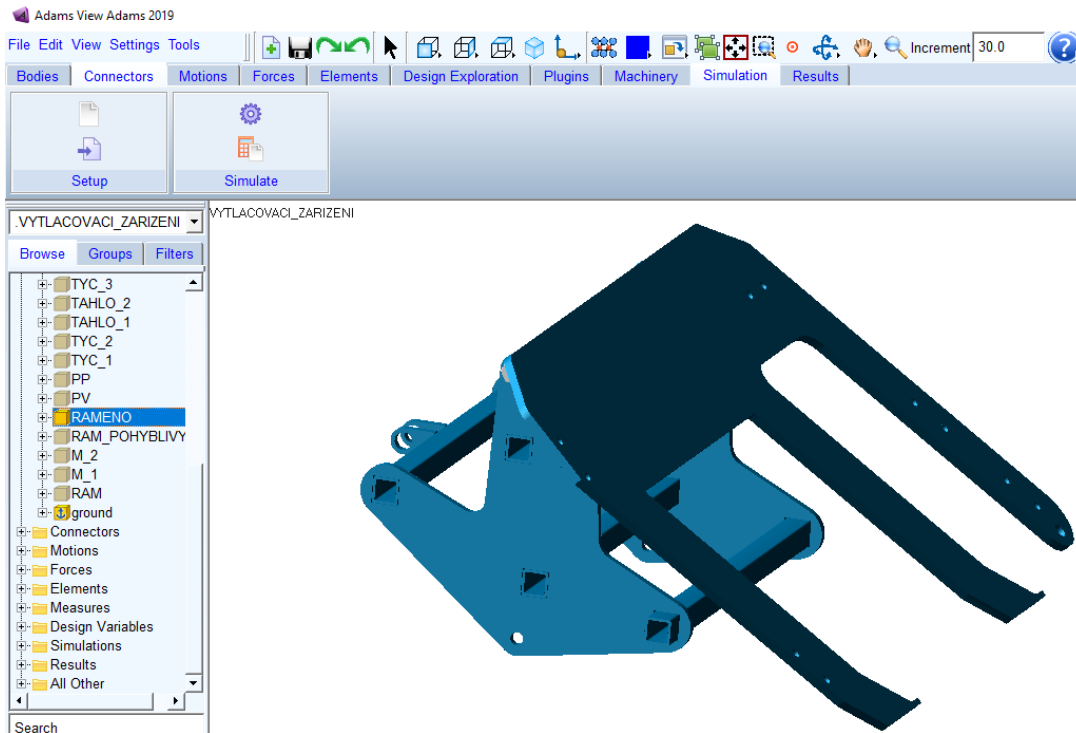
Další importovanou sestavou do programu MSC Adams View 2019 je pohyblivý rám viz. *Obr. 64*. Rám se skládá z bočnic, přední a zadní konzole, centrických a excentrických rolen. K pohyblivému rámu je pevně přišroubován primární pneumatický píst. Píst je k pevné části vytlačovacího zařízení uložen pomocí translační vazby. Pohyb pohyblivého rámu je určen funkcí STEP. Ve funkci se nastaví počáteční a koncové hodnoty času a polohy. U primárního pneumatického válce se jedná o výsuv 1000 mm.



Obr. 64 Pohyblivý rám v programu MSC Adams View 2019

8.2.3 VÝKLOPNÉ RAMENO S NOSIČEM TYČÍ

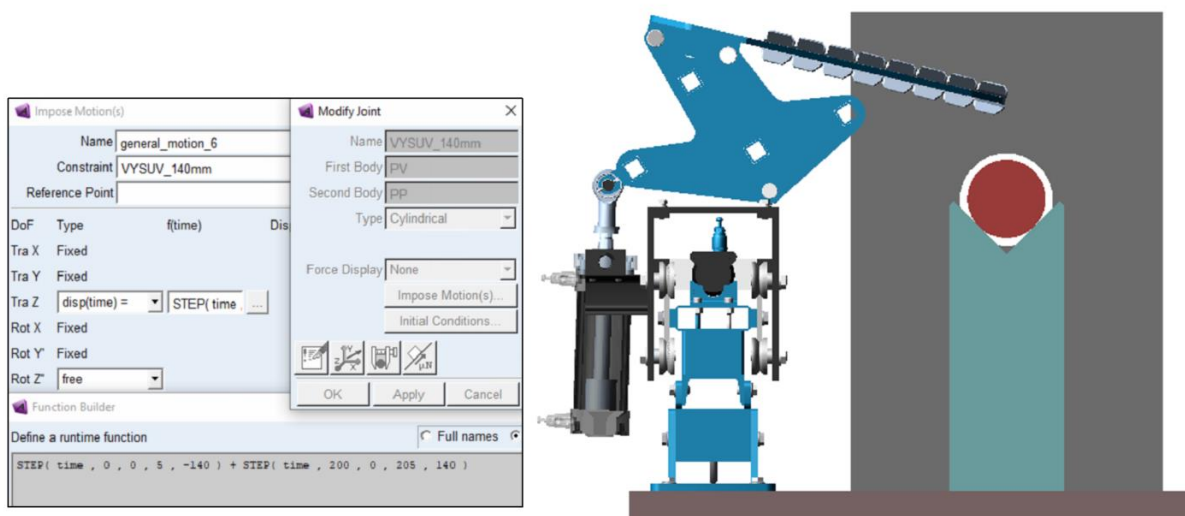
Navazující vkládanou sestavou je výklopné rameno s nosičem tyčí viz. *Obr. 65*. Tyto svařence jsou vzájemně spojeny šrouby. Pro simulaci tvoří sestavy jeden celek, který je uložen na pohyblivém rámu pomocí rotačních vazeb. Naklápění ramene a nosiče zajišťuje sekundární pneumatický válec.



Obr. 65 Výklopné rameno s nosičem tyči v programu MSC Adams View 2019

8.2.4 VÁLEC A PÍST SEKUNDÁRNÍHO PNEUMATICKÉHO VÁLCE

Sekundární pneumatický válec se skládá ze dvou komponent, které se do programu MSC Adams View 2019 vkládají jednotlivě. Jedná se o pneumatický válec a píst viz. Obr. 66. Píst je uložen rotační vazbou k výklopnému ramenu s nosičem tyči. Válec je uložený k pohyblivému rámu pomocí rotační vazby. Mezi pístem a válcem je cylindrická vazba. Pohyb vysouvání sekundárního pneumatického válce je určen funkcí STEP. Ve funkci se nastaví počáteční a koncové hodnoty polohy. Následuje nastavení času počátku a konce pohybu.



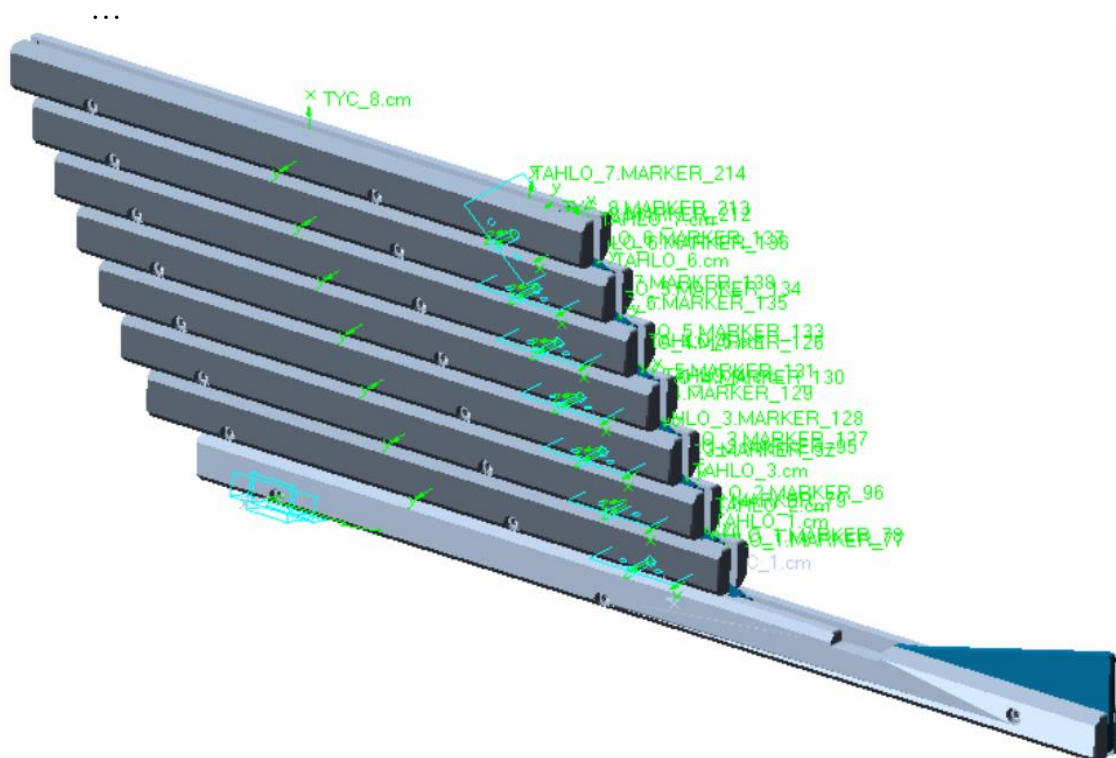
Obr. 66 Sekundární pneumatický válec v programu MSC Adams View 2019

8.2.5 VYTLAČOVACÍ TYČE

Vytlačovací tyče jsou z pohledu simulace nejsložitější část. Vytlačování se skládá z první dlouhé a sedmi kratších tyčí viz. *Obr. 67*. Mezi jednotlivými tyčemi jsou táhla. Každá příslušná tyč a táhlo jsou vygenerované samostatně ve formátu Parasolid.

První (dlouhá) tyč je upevněna translační vazbou. Povoleno je jen ve směru osy vytlačování. Dalšími importovanými díly je druhá tyč (krátká) a první táhlo. Táhlo je k druhé tyči připevněno pomocí rotační vazby. Druhá strana táhla je uložena ve drážce první tyče a mezi nimi je vytvořen kontakt. Druhá tyč je upevněna už pouze pomocí kontaktu. Jedná se o kontakt mezi nosičem a sousedními tyčemi. Další kontakty jsou mezi tyčemi a žlábkem řetězového dopravníku. Dalšími tyčím a táhly jsou přidělovány stejné kontakty v odpovídajícím pořadí.

Kontakt: Tyč_1 – Ohříváný materiál
 Tyč_1 – Táhlo_1
 Tyč_2 – Nosič
 Tyč_2 – Tyč_1
 Tyč_2 – Tyč_3
 Tyč_2 – Řetězový dopravník levá strana
 Tyč_2 – Řetězový dopravník pravá strana



Obr. 67 Vytlačovací tyče v programu MSC Adams View 2019

8.2.6 OHŘIVANÝ MATERIÁL

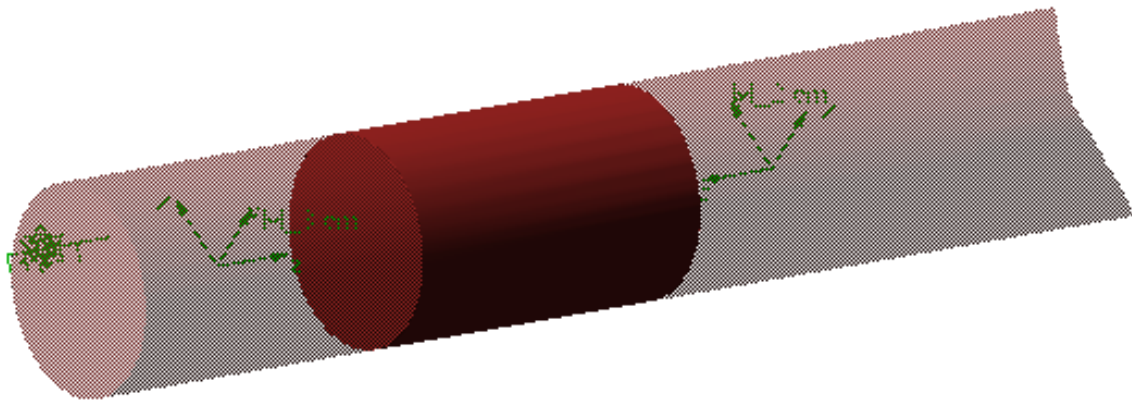
V simulaci se počítalo s modelem kruhového přířezu z oceli o průměru 125 mm a délce 200 mm viz. *Obr. 68*. Z důvodu velkého počtu přířezů byl jejich počet redukován na dva kusy o délce 3300 mm. Aby se ohřivaný materiál udržel na řetězovém dopravníku, musely být vytvořené kontakty. V každém kontaktu se musely nastavit statické a dynamické součinitele tření.

Kontakt: Řetězový dopravník levá strana – Ohřivaný materiál

Řetězový dopravník pravá strana – Ohřivaný materiál

Vytlačovací tyč – Ohřivaný materiál

Ohřivaný materiál – Ohřivaný materiál



Obr. 68 Ohřivaný materiál v programu MSC Adams View 2019

8.3 SIMULACE

Ke všem dílům, které byly potřebné pro analýzu, byly přiřazené odpovídající vazby. Vazbení některých částí muselo probíhat pomocí speciálních vazeb zvaných kontakt. U každého kontaktu se musela doplnit dvě tělesa mezi kterými bylo třeba spojení. Jako další byl doplněn statický a dynamický součinitel tření.

Pohyb zařízení zajišťují tři translační vazby. První a druhá vazba nahrazují pohyb pneumatických válců. Poslední translační vazba nahrazuje pohyb přířezů, respektive vytlačovacích tyčí.

Přídavné vytlačovací zařízení je simulováno na nouzové vytlačování. Celkový čas operace trvá 220 s. Velikost výpočtových kroků simulace je nastaven na 0,01.

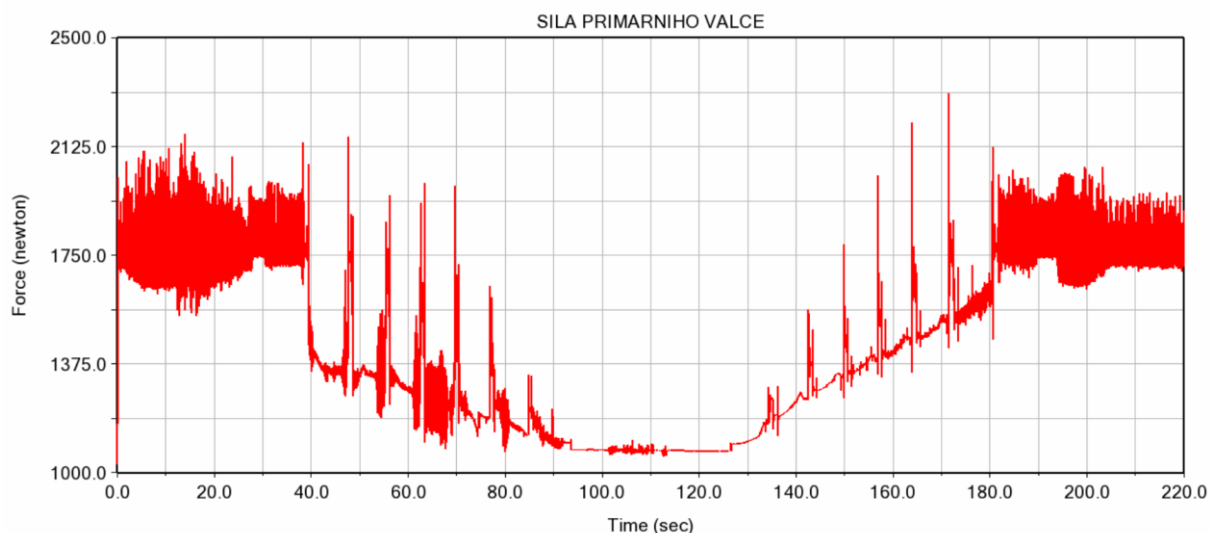
Poté co byly všechny potřebné hodnoty nastavené, byla simulace spuštěna. Celková výpočtová doba v programu MSC Adams View 2019 trvala okolo 34 hodin. Takto dlouhá doba byla způsobena primárně velkým počtem kontaktních vazeb. Velký počet dílů využitých v modelu měl vliv na délku výpočtu.

Tab. 12 Časy operace vytlačování

Čas [s]	Operace
0 – 5	Vysunutí sekundárního pneumatického válce (+140 mm)
5 – 20	Vysunutí primárního pneumatického válce (+1000 mm)
20 – 110	Vysunutí vytlačovacích tyčí (+6000 mm)
110 – 200	Zasunutí vytlačovacích tyčí (-6000 mm)
200 – 205	Zasunutí sekundárního pneumatického válce (-140 mm)
205 – 220	Zasunutí primárního pneumatického válce (-1000 mm)

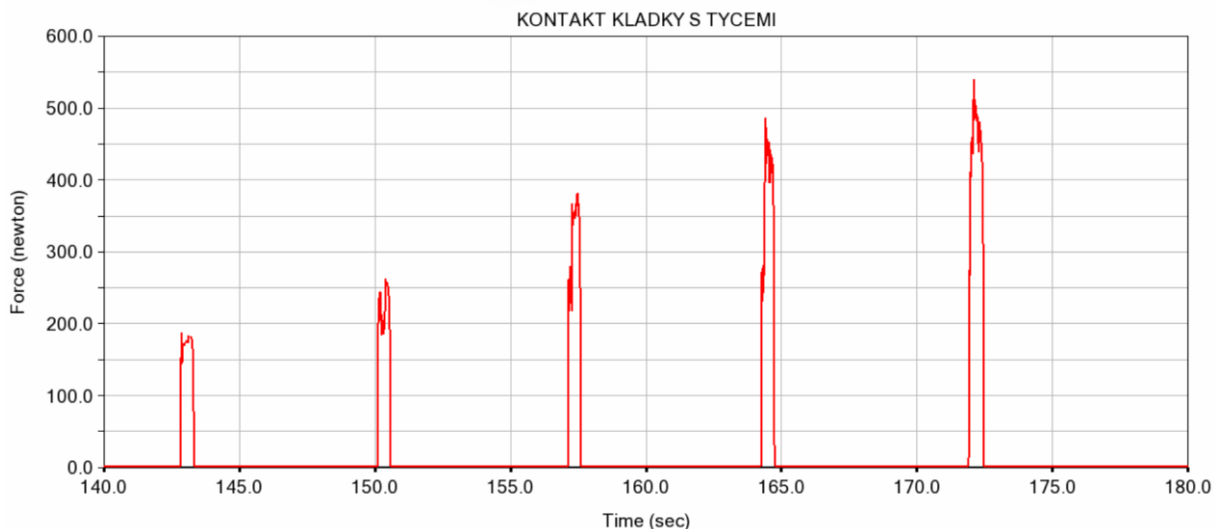
8.4 VÝSLEDKY ZE SIMULACE

Výsledkem simulace bylo ověření funkčnosti celkového procesu vytlačování přídavného zařízení pro vytlačování přířezů z induktoru. Ze simulace byly získány obrázky nejdůležitějších okamžiků procesu vytlačování, které budou následně popsány. Z postprocesoru byly získány grafy. Podstatné je zjištění výslednice síly na primární pneumatický válec a velikosti síly kontaktu mezi vytlačovacími tyčemi a kladkou. Kladka je uložena na pomocné vidlici nosiče tyčí, zabraňuje kolizi a zajišťuje plynulý chod při zajíždění tyčí do nosiče. Dalšími získanými grafy ze simulace je znázornění výsuvu primárního a sekundárního pneumatického válce a výsuvu vytlačovacích tyčí.



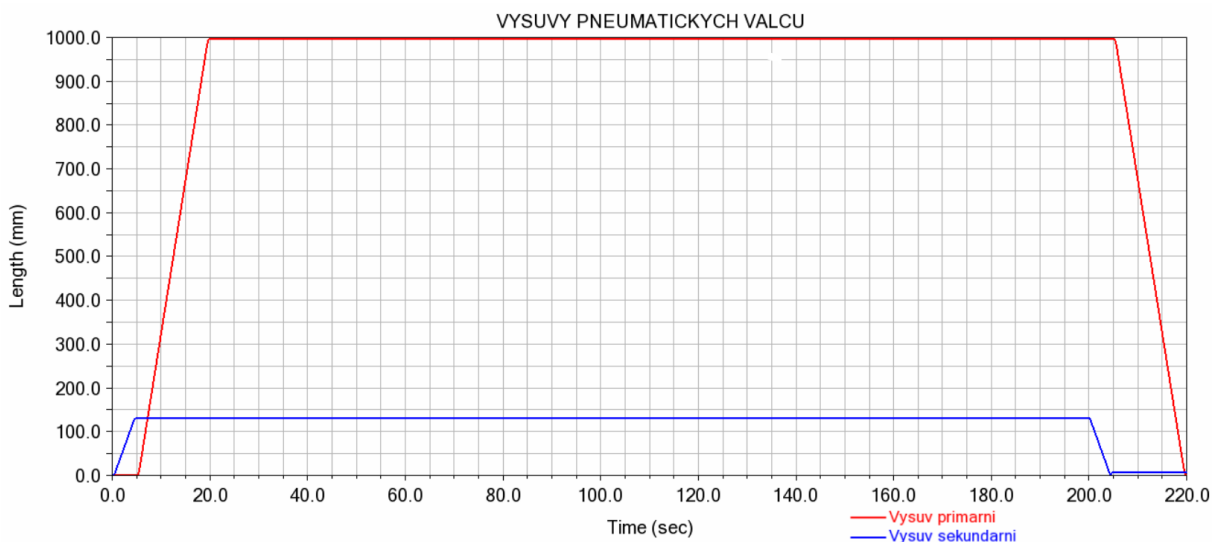
Obr. 69 Výslednice sil, které působí na primární pneumatický válec

Graf viz. Obr. 69 znázorňuje výslednici síly na primární pneumatický válec v závislosti na čase. V oblasti do času 110 s se jedná o oblast vysouvání (vytlačování) a od času 110 s se jedná o oblast zasouvání (zpětný chod zařízení). Z první oblasti se dá vyčíst, že maximální síla při vysouvání je 2168 N. Z druhé oblasti je zřejmé, že maximální síla je při zasouvání poslední dlouhé tyče do nosiče. Velikost maximální síly je 2310 N. Minimální výslednice síly je v oblasti od 95 s do 125 s, kdy jsou vytlačovací tyče mimo nosič. Minimální síla je 1029 N.



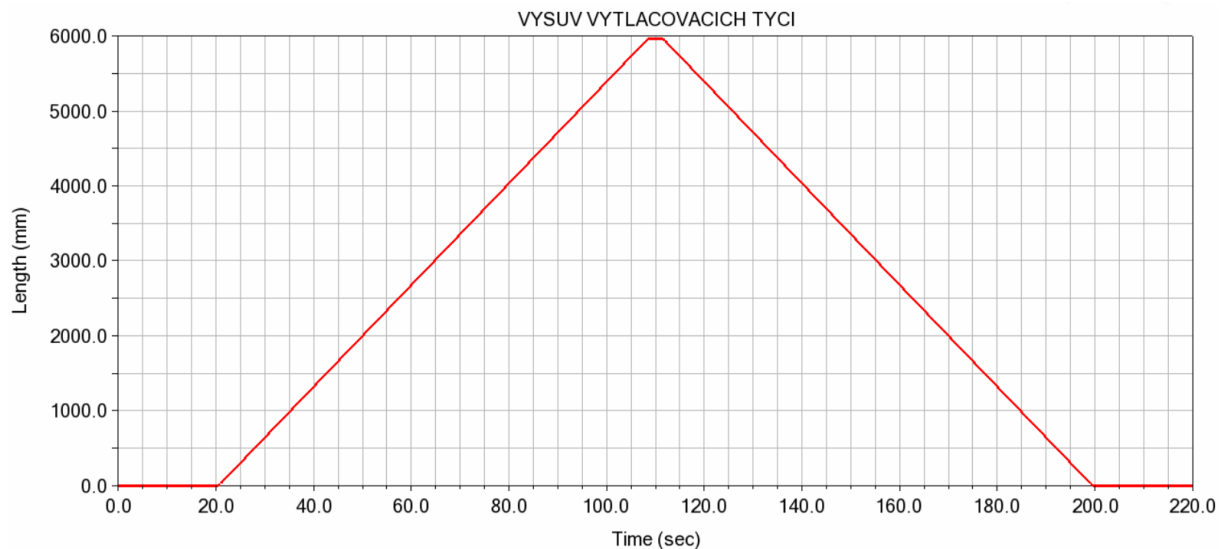
Obr. 70 Velikosti posledních pěti tyčí, které při najíždění do nosiče přijdou do kontaktu s kladkou

Při zasouvání tyčí do nosiče se tyče mají snahu nadzvednout, zkřížit nebo zaseknout. Z tohoto důvodu jsou na zařízení konstruovány bezpečnostní prvky. Například kladka, která je připevněna na nosiči a má za úkol zamezit nadzvedávání tyče, pokud není v celé jeho délce na nosiči. Simulací se zjistilo, že posledních pět tyčí, které zajíždí do nosiče, bylo v kontaktu s kladkou. Poslední dlouhá tyč vyvíjela na kladku sílu 540 N viz. Obr. 70.



Obr. 71 Výsuvy pneumatických válců

Z grafu viz. Obr. 71, který znázorňuje výsuvy jednotlivých pneumatických válců, lze jednoduše odečíst, v jakém čase se daný pneumatický válec nachází.

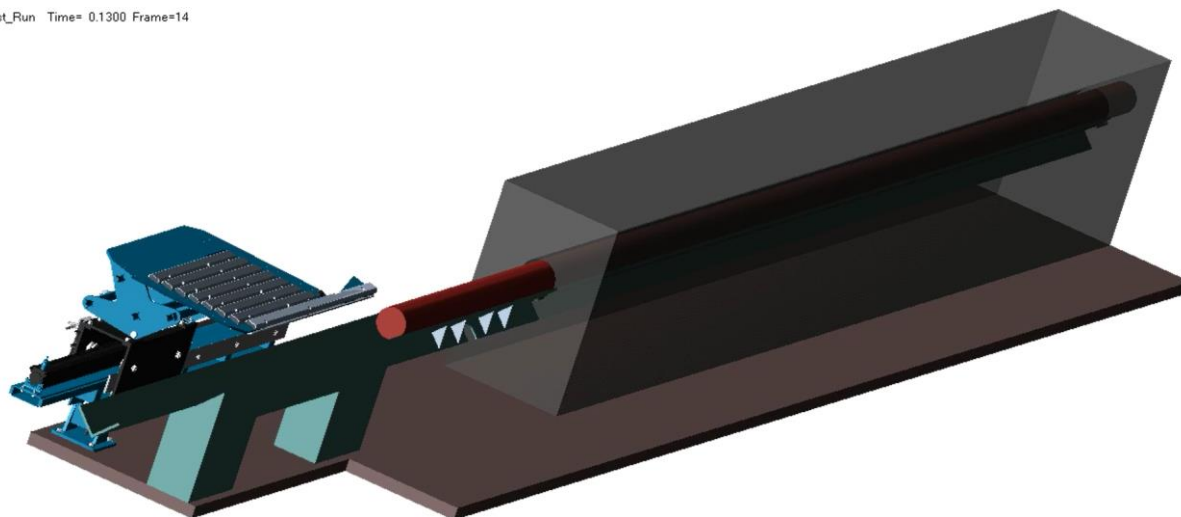


Obr. 72 Výsuv vytlačovacích tyčí

Graf viz. *Obr. 72* znázorňuje výsuv vytlačovacích tyčí tak, aby došlo vytlačení všech přířezů z induktoru. Začátek výsuvu začíná v čase 20 s. V čase 110 s dojde k vysunutí do maximální polohy a po přepnutí reverzního chodu kladkového podavače začnou vytlačovací tyče zajíždět zpět do nosiče. Poslední tyč je v nosiči v čase 200 s.

8.5 GRAFICKÉ ZNÁZORNĚNÍ PROCESU VYTLAČOVÁNÍ

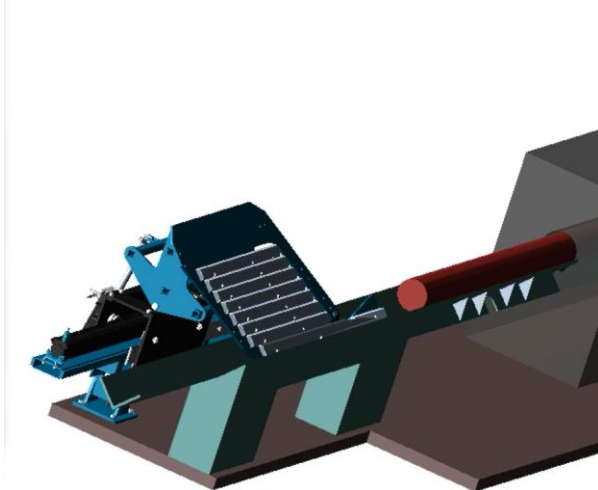
Last_Run Time= 0.1300 Frame=14



Obr. 73 Začátek simulace

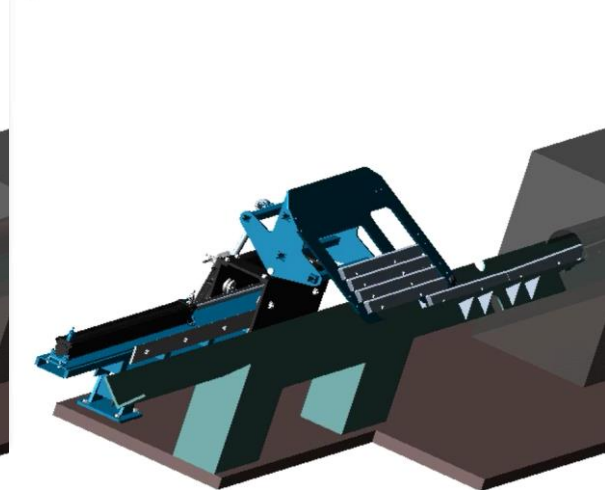
Přídavné zařízení je v neaktivním stavu mimo řetězový dopravník. Začátek vytlačování určí světelná závora, která detekuje poslední kus na řetězovém dopravníku. Poté co se vytvoří místo pro vytlačovací zařízení, vysune se během 5 s do maximální polohy sekundární pneumatically válec.

Last_Run Time= 5.1700 Frame=0518



Obr. 74 Simulace v čase 5 s

Last_Run Time= 60.6100 Frame=06062

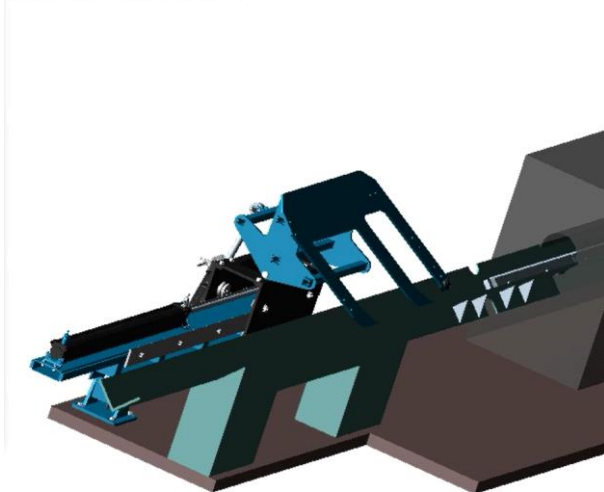


Obr. 75 Simulace v čase 60 s

V čase 5 s sekundární pneumatický válec položí nosič s tyčemi na řetězový dopravník. Dopravník už neplní žádnou funkci a může být vypnutý. Kladkový podavač pracuje ve stejné rychlosti shodné s taktem ohřevu. Poté, co se vysune sekundární válec, začne se vysouvat primární pneumatický válec. Válec se snaží dotlačit zbylé přířezy do kladkového podavače. Důležitým bodem výsuvu je, aby se první tyč dostala do prostoru kladkového podavače. Pro plynulý přechod z přířezu na vytlačovací tyč je použita rampa, která je součástí první tyče.

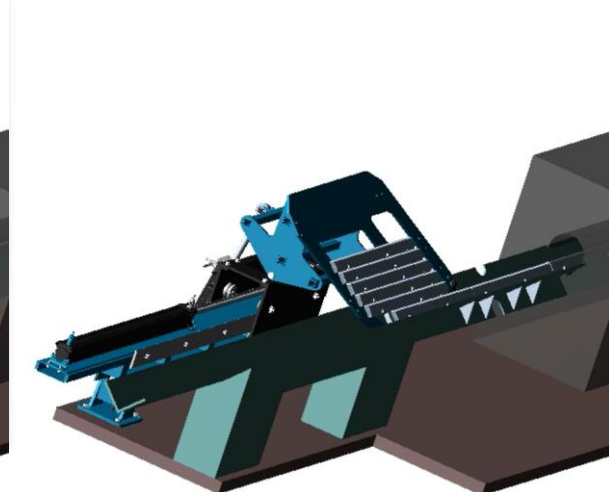
Kladkový podavač vysouvá přířezy z induktoru pomocí vytlačovacích tyčí, které postupně vyjíždí z nosiče.

Last_Run Time= 110.8900 Frame=11090



Obr. 76 Simulace v čase 110 s

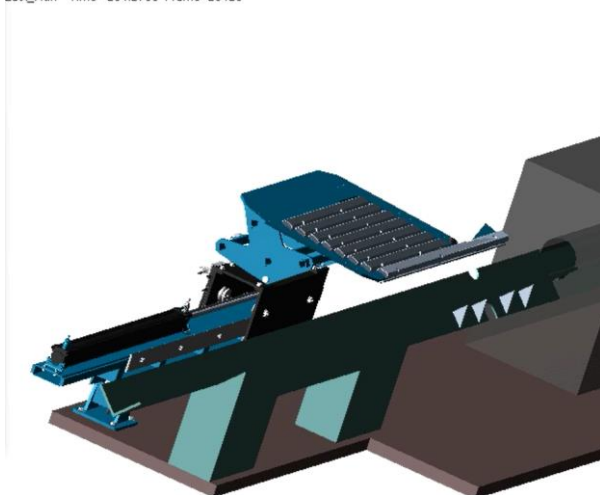
Last_Run Time= 170.2700 Frame=17028



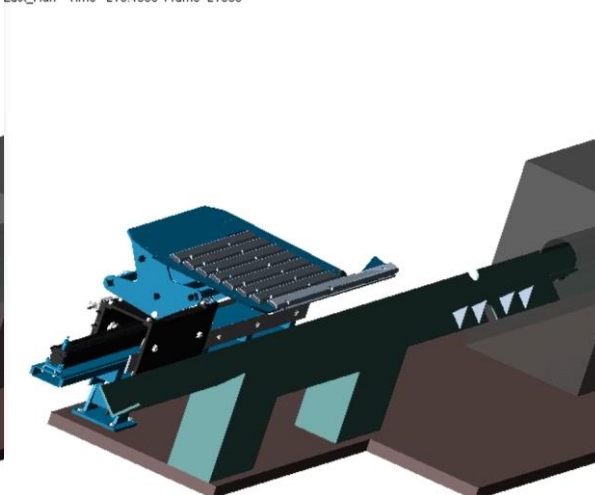
Obr. 77 Simulace v čase 170 s

Poté, co poslední vytlačovací tyč vyjede z nosiče, je důležité, aby vypadl poslední přířez z induktoru. Zároveň musí poslední koncová část tyče zůstat sevřená kladkovým podavačem. Toto nastane v čase 110 s. Kladkový podavač se přepne do reverzního chodu a vytlačovací tyče začnou zajíždět zpět do nosiče.

Last_Run Time= 204.2700 Frame=20428

*Obr. 78 Simulace v čase 205 s*

Last_Run Time= 219.4900 Frame=21950

*Obr. 79 Simulace v čase 220 s*

V čase 200 s by měly být všechny vytlačovací tyče v nosiči. V tomto okamžiku je důležité, aby se co nejrychleji vypnul kladkový podavač, kladky se od sebe vzdálily a uvolnily poslední tyč. Když jsou vytlačovací tyče volné, přijde na řadu sekundární pneumatický válec, který se zasune do původní polohy a tím dostane nosič s tyčemi mimo osu toku materiálu. V čase 205 s se začne zasouvat primární pneumatický válec a celá pohyblivá část se dostane do původní polohy. Po zasunutí je přídavné zařízení připraveno k dalšímu procesu vytlačování.

9 FUNKČNÍ VÝPOČTY

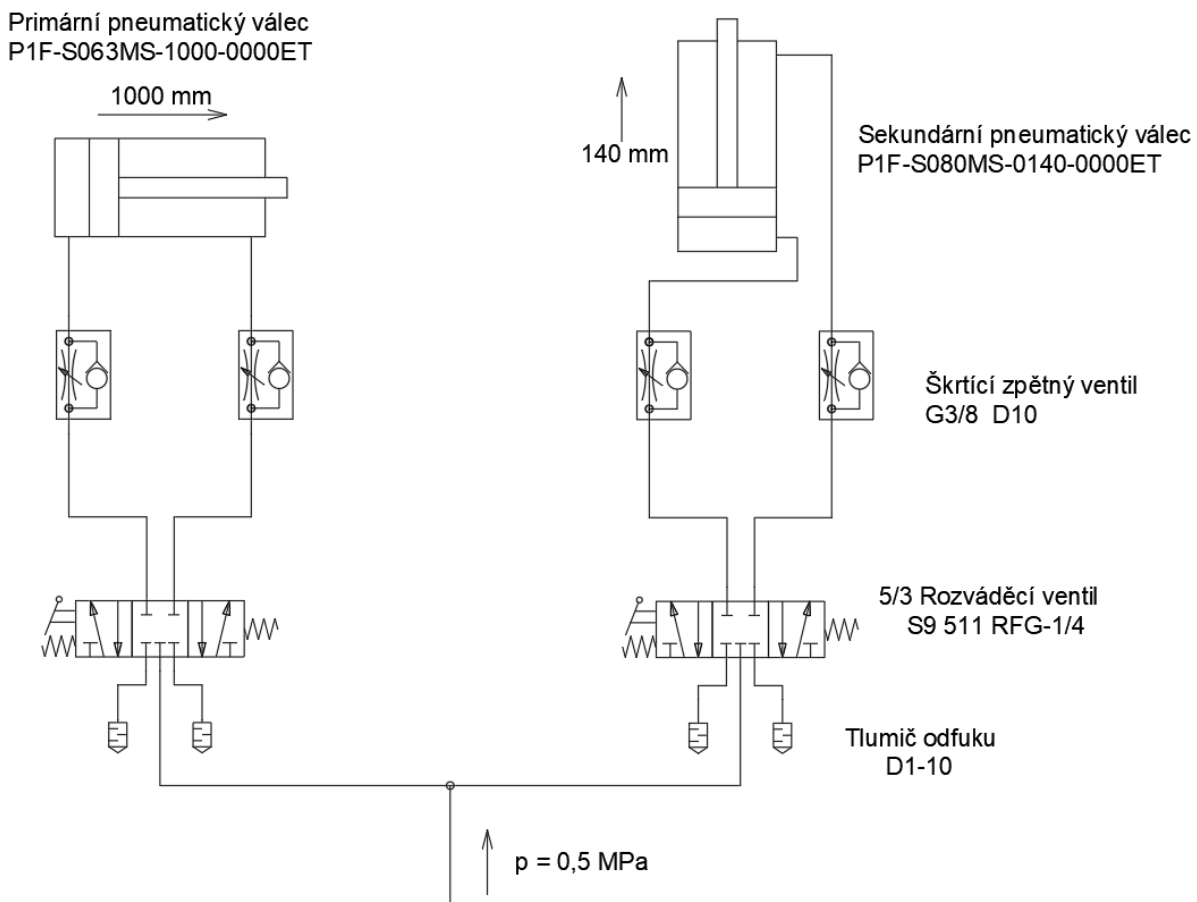
Výpočtová část se zabývá pneumatickým obvodem, primárně výpočty pneumatických válců. Jedná se o standardní dvojčinné pneumatické válce o průměrech 63 a 80 mm. Délky vysouvání jsou 1000 a 140 mm.

Do obvodu mezi rozvaděč a pneumatický válec jsou vloženy škrťací zpětné ventily, které mají možnost regulovat rychlost pneumatického válce.

Nejdůležitějším dílem pro správné fungování pneumatických válců jsou rozváděcí ventily. Jedná se o pěticečné třípolohové rozvaděče. Ovládání je ruční pomocí páky. Rozvaděč je konstruován tak, aby se po puštění páky ovládání posunul pomocí pružin do prostřední polohy. V prostřední poloze jsou všechny cesty uzavřené.

Dle schématu viz. *Obr. 80* se ke každému rozvaděči jsou na odvětrávací komory ventilu našroubované tlumiče odfuku. Tlumič odfuku snižuje hladinu hluku při odvzdušňování a chrání přístroje před znečištěním. [39]

Pneumatický obvod nemá vlastní zdroj, je připojen k centrálnímu pneumatickému zdroji. Zdroj dodává tlak 5 MPa.



Obr. 80 Schéma zapojení pneumatického obvodu

9.1 NÁVRH PRIMÁRNÍHO PNEUMATICKÉHO VÁLCE

Hmotnost pohyblivé části vytlačovacího zařízení:

$$m_{\text{poh}} = m_{\text{celková}} - m_{\text{rámu}} \text{ [kg]} \quad (1)$$

$$m_{\text{poh}} = 250 - 75$$

$$m_{\text{poh}} = 175 \text{ kg}$$

Kde: m_{poh} – hmotnost pohyblivé části vytlačovacího zařízení [kg]

$m_{\text{celková}}$ – hmotnost celková [kg]

$m_{\text{rámu}}$ – hmotnost rámu [kg]

Zrychlení vysouvaného pneumatického válce [41]:

$$a = \frac{v}{t} \text{ [m} \cdot \text{s}^{-2}] \quad (2)$$

$$a = \frac{0,066}{0,75}$$

$$a = 0,088 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

Kde: a – zrychlení vysouvaného pneumatického válce [m · s⁻²]

v – rychlost vysouvání [m · s⁻¹]

t – čas zrychlení [s]

Síla potřebná k pohybu zařízení [41]:

$$F = m_{\text{poh}} \cdot a \text{ [N]} \quad (3)$$

$$F = 175 \cdot 0,088$$

$$F = 15,40 \text{ N}$$

Kde: F – síla potřebná k pohybu zařízení [N]

m_{poh} – hmotnost pohyblivé části vytlačovacího zařízení [kg]

a – zrychlení vysouvaného pneumatického válce [m · s⁻²]

9.2 PARAMETRY PRIMÁRNÍHO PNEUMATICKÉHO MOTORU

Tab. 13 Parametry primárního pneumatického válce

PRIMÁRNÍ PNEUMATICKÝ VÁLEC	
Označení	P1F-S063MS-1000-0000
Dodavatel / Výrobce	Fluidtechnik / Parker
Konstrukce	Standardní dvojčinný pneumatický válec
Průměr válce	63 mm
Průměr pístu	20 mm
Zdvih válce	1 000 mm
Maximální tlak	0,5 MPa

Činná plocha válce při vysouvání pístnice [42]:

$$S_V = \pi \cdot \frac{D^2}{4} \text{ [mm}^2\text{]} \quad (4)$$

$$S_V = \pi \cdot \frac{63^2}{4}$$

$$S_V = 3\,117 \text{ mm}^2$$

Kde: S_V – činná plocha válce při vysouvání pístnice [mm²]

D – průměr válce [mm]

Činná plocha válce při zasouvání pístnice [42]:

$$S_Z = \pi \cdot \frac{D^2}{4} - \pi \cdot \frac{d^2}{4} \text{ [mm}^2\text{]} \quad (5)$$

$$S_Z = \pi \cdot \frac{63^2}{4} - \pi \cdot \frac{20^2}{4}$$

$$S_Z = 2\,803 \text{ mm}^2$$

Kde: S_Z – činná plocha válce při zasouvání pístnice [mm²]

d – průměr pístu [mm]

D – průměr válce [mm]

Výpočet síly při vysouvání pístnice [41]:

$$F_V = p_{\max} \cdot S_V \text{ [N]} \quad (6)$$

$$F_V = 0,5 \cdot 3\,117$$

$$F_V = 1\,558,5 \text{ N}$$

Kde: F_V – síla vysouvání pístnice [N]
 p_{\max} – maximální tlak v pneumatickém obvodu [MPa]
 S_V – činná plocha válce při vysouvání pístnice [mm²]

Výpočet síly při zasouvání pístnice [41]:

$$F_Z = p_{\max} \cdot S_Z \text{ [N]} \quad (7)$$

$$F_Z = 0,5 \cdot 2\,803$$

$$F_Z = 1\,401,5 \text{ N}$$

Kde: F_Z – síla zasouvání pístnice [N]
 p_{\max} – maximální tlak v pneumatickém obvodu [MPa]
 S_Z – činná plocha válce při zasouvání pístnice [mm²]

Rychlost vysouvání pístnice [42]:

$$v_V = \frac{Q_{\text{potřebný}}}{S_V} \text{ [m} \cdot \text{s}^{-1}] \quad (8)$$

$$v_V = \frac{0,0124}{0,003117}$$

$$v_V = 0,066 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Kde: v_V – rychlost vysouvání pístnice [m · s⁻¹]
 $Q_{\text{potřebný}}$ – potřebný průtok pneumatickým válcem [m³ · min⁻¹]
 S_V – činná plocha válce při vysouvání pístnice [m²]

Rychlost zasouvání pístnice [42]:

$$v_Z = \frac{Q_{\text{potřebný}}}{S_Z} \text{ [m} \cdot \text{s}^{-1}] \quad (9)$$

$$v_z = \frac{0,0124}{\frac{60}{0,002803}}$$

$$v_z = 0,074 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Kde:	v_z – rychlost zasouvání pístnice	$[\text{m} \cdot \text{s}^{-1}]$
	$Q_{\text{potřebný}}$ – potřebný průtok pneumatickým válcem	$[\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1}]$
	S_z – činná plocha válce při zasouvání pístnice	$[\text{m}^2]$

Čas vysouvání pístnice [41]:

$$t_v = \frac{z}{v_v} \text{ [s]} \quad (10)$$

$$t_v = \frac{1}{0,066}$$

$$t_v = 15,2 \text{ s}$$

Kde:	t_v – čas vysouvání pístnice	$[\text{s}]$
	z – zdvih pístnice	$[\text{m}]$
	v_v – rychlost vysouvání pístnice	$[\text{m} \cdot \text{s}^{-1}]$

Čas zasouvání pístnice[41]:

$$t_z = \frac{z}{v_z} \text{ [s]} \quad (11)$$

$$t_z = \frac{1}{0,074}$$

$$t_z = 13,5 \text{ s}$$

Kde:	t_z – čas zasouvání pístnice	$[\text{s}]$
	z – zdvih pístnice	$[\text{m}]$
	v_z – rychlost zasouvání pístnice	$[\text{m} \cdot \text{s}^{-1}]$

Spotřeba vzduchu na jeden zdvih pneumatického válce [40]:

$$V_{\text{zdvih}} = \frac{1,4 \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot z \cdot (p + 0,1)}{10^5} \quad (12)$$

$$V_{\text{zdvih}} = \frac{1,4 \cdot \frac{\pi \cdot 63^2}{4} \cdot 1\,000 \cdot (0,5 + 0,1)}{10^5}$$

$$V_{\text{zdvih}} = 26,2 \text{ dm}^3 = 0,0263 \text{ m}^3$$

Kde:	V_{zdvih} – spotřeba vzduchu na jeden zdvih	[m ³]
	1,4 – kompenzace termodynamických ztrát	[–]
	D – průměr válce	[mm]
	z – zdvih pístnice	[mm]
	p – přetlak vzduchu ve válci	[MPa]

Okamžitý průtok vzduchu pneumatického válce [40]:

$$Q = \frac{1,4 \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot v_v \cdot (p + 0,1) \cdot 60}{10^5} \quad (13)$$

$$Q = \frac{1,4 \cdot \frac{\pi \cdot 63^2}{4} \cdot 66 \cdot (0,5 + 0,1) \cdot 60}{10^5}$$

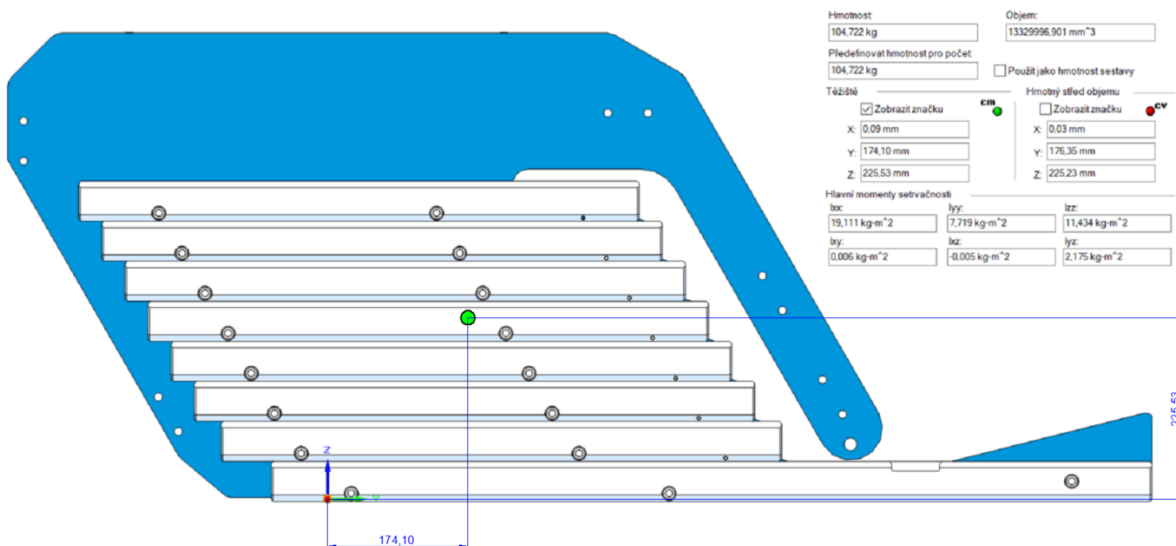
$$Q = 103,7 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1} = 6,222 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

Kde:	Q – okamžitý průtok vzduchu	[m ³ · h ⁻¹]
	1,4 – kompenzace termodynamických ztrát	[–]
	D – průměr válce	[mm]
	v_v – rychlost vysouvání pístnice	[mm · s ⁻¹]
	p – přetlak vzduchu ve válci	[MPa]

9.3 NÁVRH SEKUNDÁRNÍHO PNEUMATICKÉHO VÁLCE

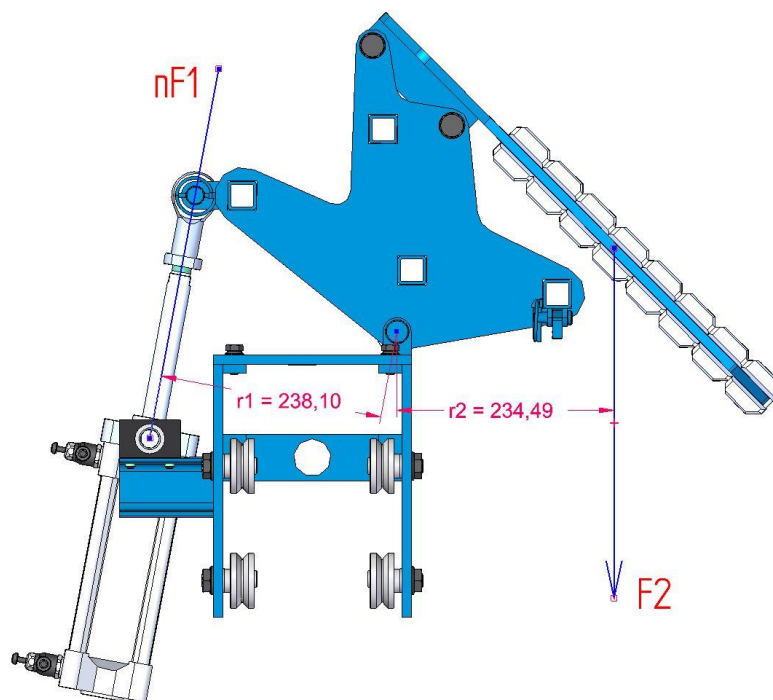
Největší potřebná síla vyvinutá sekundárním válcem je v okamžiku vyjetí vytláčovacích tyčí mimo osu toku materiálu. To znamená na konci procesu vytláčování. Minimální sílu, kterou potřebujeme vyvinout na naklopení ramena s uloženými tyčemi mimo osu toku ohřívaného materiálu, získáme pomocí výpočtu dvojzvrtné páky.

V první části výpočtu je potřeba zjistit celkovou hmotnost a těžiště nosiče s tyčemi viz. *Obr. 81*.



Obr. 81 Těžiště nosiče tyčí s tyčemi z programu Solid Edge ST10

V další části se těžiště nosiče s tyčemi zobrazí v bočním pohledu viz. *Obr. 82*. Změří se kolmá vzdálenost od osy pneumatického pístu do osy čepu otáčení výklopného ramena.



Obr. 82 Silový obrazec sekundárního pneumatického válce

Hmotnost nosiče s tyčemi:

$$m_c = m_{\text{nosiče}} + m_{\text{tyčí}} \text{ [kg]} \quad (14)$$

$$m_c = 22,27 + 82,45$$

$$m_c = 104,72 \text{ kg}$$

Kde: m_c – celková hmotnost nosiče s tyčemi [kg]
 $m_{\text{nosiče}}$ – hmotnost nosiče [kg]
 $m_{\text{tyčí}}$ – celková hmotnost vytlačovacích tyčí [kg]

Síla F_2 [41]:

$$F_2 = m_c \cdot g \text{ [N]} \quad (15)$$

$$F_2 = 104,72 \cdot 9,81$$

$$F_2 = 1\,027,30 \text{ N}$$

Kde: F_2 – tíhová síla nosiče s tyčemi [N]
 m_c – celková hmotnost nosiče s tyčemi [kg]
 g – tíhové zrychlení [$\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$]

Stanovení minimální síly F_1 pneumatického válce [41]:

$$F_1 = \frac{F_2 \cdot r_2}{r_1} \text{ [N]} \quad (16)$$

$$F_1 = \frac{1027,30 \cdot 234,49}{238,10}$$

$$F_1 > 1\,011,72 \text{ N}$$

Kde: F_1 – minimální síla pneumatického válce [N]
 F_2 – tíhová síla nosiče s tyčemi [N]
 r_1, r_2 – ramena páky [mm]

Bude-li se síla F_1 rovnat minimální síle, dojde k vyrovnání sil na páce. Z tohoto důvodu potřebujeme, aby síla sekundárního pneumatického válce F_1 byla větší.

9.4 PARAMETRY SEKUNDÁRNÍHO PNEUMATICKÉHO MOTORU

Tab. 14 Parametry sekundárního pneumatického válce

SEKUNDÁRNÍ PNEUMATICKÝ VÁLEC	
Označení	P1F-S080MS-0140-0000
Dodavatel / Výrobce	Fluidtechnik / Parker
Konstrukce	Standardní dvojčinný pneumatický válec
Průměr válce	80 mm
Průměr pístu	25 mm
Zdvih válce	140 mm
Maximální tlak	0,5 MPa

Činná plocha válce při vysouvání pístnice [42]:

$$S_V = \pi \cdot \frac{D^2}{4} \text{ [mm}^2\text{]} \quad (17)$$

$$S_V = \pi \cdot \frac{80^2}{4}$$

$$S_V = 5\,026,5 \text{ mm}^2$$

Kde: S_V – činná plocha válce při vysouvání pístnice [mm²]

D – průměr válce [mm]

Činná plocha válce při zasouvání pístnice [42]:

$$S_Z = \pi \cdot \frac{D^2}{4} - \pi \cdot \frac{d^2}{4} \text{ [mm}^2\text{]} \quad (18)$$

$$S_Z = \pi \cdot \frac{80^2}{4} - \pi \cdot \frac{25^2}{4}$$

$$S_Z = 4\,535,6 \text{ mm}^2$$

Kde: S_Z – činná plocha válce při zasouvání pístnice [mm²]

d – průměr pístu [mm]

D – průměr válce [mm]

Výpočet síly při vysouvání pístnice[41]:

$$F_v = p_{\max} \cdot S_v \text{ [N]} \quad (19)$$

$$F_v = 0,5 \cdot 5\,026,5$$

$$F_v = 2\,513,3 \text{ N}$$

Kde: F_v – síla vysouvání pístnice [N]
 p_{\max} – maximální tlak v pneumatickém obvodu [MPa]
 S_v – činná plocha válce při vysouvání pístnice [mm²]

Výpočet síly při zasouvání pístnice [41]:

$$F_z = p_{\max} \cdot S_z \text{ [N]} \quad (20)$$

$$F_z = 0,5 \cdot 4\,535,6$$

$$F_z = 2\,267,8 \text{ N}$$

Kde: F_z – síla zasouvání pístnice [N]
 p_{\max} – maximální tlak v pneumatickém obvodu [MPa]
 S_z – činná plocha válce při zasouvání pístnice [mm²]

Rychlost vysouvání pístnice [42]:

$$v_v = \frac{Q_{\text{potřebný}}}{S_v} \text{ [m} \cdot \text{s}^{-1}] \quad (21)$$

$$v_v = \frac{0,00844}{0,0050265}$$

$$v_v = 0,028 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Kde: v_v – rychlost vysouvání pístnice [m · s⁻¹]
 $Q_{\text{potřebný}}$ – potřebný průtok pneumatickým válcem [m³ · min⁻¹]
 S_v – činná plocha válce při vysouvání pístnice [m²]

Rychlost zasouvání pístnice [42]:

$$v_z = \frac{Q_{\text{potřebný}}}{S_z} \cdot \frac{60}{60} \quad [\text{m} \cdot \text{s}^{-1}] \quad (22)$$

$$v_z = \frac{0,00844}{0,0045356}$$

$$v_z = 0,031 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Kde: v_z – rychlost zasouvání pístnice [m · s⁻¹]
 $Q_{\text{potřebný}}$ – potřebný průtok pneumatickým válcem [m³ · min⁻¹]
 S_z – činná plocha válce při zasouvání pístnice [m²]

Čas vysouvání pístnice [41]:

$$t_v = \frac{z}{v_v} \quad [\text{s}] \quad (23)$$

$$t_v = \frac{0,140}{0,028}$$

$$t_v = 5 \text{ s}$$

Kde: t_v – čas vysouvání pístnice [s]
 z – zdvih pístnice [m]
 v_v – rychlost vysouvání pístnice [m · s⁻¹]

Čas zasouvání pístnice [41]:

$$t_z = \frac{z}{v_z} \quad [\text{s}] \quad (24)$$

$$t_z = \frac{0,140}{0,031}$$

$$t_z = 4,5 \text{ s}$$

Kde: t_z – čas zasouvání pístnice [s]
 z – zdvih pístnice [m]
 v_z – rychlost zasouvání pístnice [m · s⁻¹]

Spotřeba vzduchu na jeden zdvih pneumatického válce [40]:

$$V_{\text{zdvih}} = \frac{1,4 \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot z \cdot (p + 0,1)}{10^5} \quad (25)$$

$$V_{\text{zdvih}} = \frac{1,4 \cdot \frac{\pi \cdot 80^2}{4} \cdot 140 \cdot (0,5 + 0,1)}{10^5}$$

$$V_{\text{zdvih}} = 5,9 \text{ dm}^3 = 0,0059 \text{ m}^3$$

Kde:	V_{zdvih} – spotřeba vzduchu na jeden zdvih pneumatického válce	[m ³]
	1,4 – kompenzace termodynamických ztrát	[–]
	D – průměr válce	[mm]
	z – zdvih při zasouvání pístnice	[mm]
	p – tlak vzduchu ve válci	[MPa]

Okamžitý průtok vzduchu pneumatického válce [40]:

$$Q = \frac{1,4 \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot v_v \cdot (p + 0,1) \cdot 60}{10^5} \quad (26)$$

$$Q = \frac{1,4 \cdot \frac{\pi \cdot 80^2}{4} \cdot 28 \cdot (0,5 + 0,1) \cdot 60}{10^5}$$

$$Q = 70,9 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1} = 4,252 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

Kde:	Q – okamžitý průtok vzduchu	[m ³ · h ⁻¹]
	1,4 – kompenzace termodynamických ztrát	[–]
	D – průměr válce	[mm]
	v_v – rychlost vysouvání pístnice	[mm · s ⁻¹]
	p – tlak vzduchu ve válci	[MPa]

10 VÝROBA

Firma ROBOTERM CHOTĚBOŘ je největším dodavatelem v České republice v oblasti kompletního zařízení pro indukční ohřev v kovárenství. Pracuje zde padesát zaměstnanců.

Výkresová dokumentace přídatného zařízení pro vytlačování přířezů z induktoru byla vyhotovená a předaná do výroby v září roku 2021. Výroba a montáž trvala dva měsíce. Většina výrobních operací probíhala ve firmě ROBOTERM CHOTĚBOŘ viz. Obr. 83. Jednalo se především o svářečské, soustružnické, frézovací a zámečnické práce.



Obr. 83 Areál firmy Roboterm spol. s r.o. [18]

Tvary většiny dílů jsou vyřezány laserovým paprskem. Jednalo se o kooperaci se společností AB JET Havlíčkův Brod. Výhodou řezání laserovým paprskem jsou nízké výrobní náklady.

Velmi přesná musela být výroba vytlačovacích tyčí. Obráběcí práce levé i pravé části tyče musely být co nejpřesnější. Při výrobě se kladl důraz na přesnost svařenců. Tento požadavek vycházel z výkresové dokumentace.

Po výrobě všech dílů následovala montáž.

11 MONTÁŽ

Před samotnou montáží bylo nutné nakoupení normalizovaných dílů. Jednalo se především o šrouby, podložky nebo matice. Nakupovanými díly byly také pneumatické válce, centrické a excentrické vodící rolny a vodící kolejnice. Pneumatické válce a příslušenství jsou od výrobce PARKER. Příslušenstvím se rozumí: díly pro uložení pneumatických válců k rámu, šroubovací oko, šroubení, škrtkové ventily, redukce, hadice, tlumiče odfuku, rozváděcí ventily a kohouty.



Obr. 84 Montáž vytlačovacího zařízení

Montáž musí probíhat podle výkresů sestavení. Začíná se od upevnění stavitelných nohou k rámu ohřívačky. Na nohy se přišroubuje pevný rám, na něj se připevní primární pneumatický válec a vodící kolejnice. Poté se namontuje pohyblivý rám, vodící rolny a sekundární pneumatický válec. Důležité je, aby centrická rolna byla uložena nad excentrickou rolnou.

V další části montáže se přejde na vytlačovací tyče. Mezi levou a pravou část tyče se vloží kolíky a táhlo a vzájemně se sešroubují dvěma šrouby. Když jsou všechny tyče smontovány, nasunou se do nosiče, který už je pevně smontovaný se svařencem výklopného ramena. Výklopné rameno s tyčemi se pomocí čepů uloží na pohyblivý rám.

Hlavní částí montáže je nastavení vytlačovacího zařízení do přesné polohy (pomocí stavěcího šroubu a drážek). Důležité je, aby první vytlačovací tyč v celé délce dosedla do žlábků řetězového dopravníku. Tím se považuje přidavné vytlačovací zařízení pro vytlačování přířezů z induktoru za seřízené viz. *Obr. 84*.

12 TESTOVÁNÍ

Testování probíhalo ve firmě ROBOTERM CHOTĚBOŘ 12. listopadu 2021 viz. *Obr. 85*. Cílem bylo ověřit funkčnost přídatného zařízení pro vytlačování přířezů z induktoru. Vytlačovací zařízení bylo testováno na vícestupňovém středofrekvenčním indukčním ohříváči KSO1350/1,2 - C40. Před samotným testováním se zařízení muselo nastavit do přesné polohy vůči řetězovému dopravníku.



Obr. 85 Testování přídatného vytlačovacího zařízení

Testování probíhalo opakovaně vždy s plnou dráhou přířezů. Jednalo se o vytlačování ocelových přířezů $\text{Ø}100$ mm ze zcela zaplněného induktoru o délce 5000 mm.

13 BEZPEČNOSTNÍ PŘEDPISY

Zařízení smí obsluhovat pouze řádně proškolená obsluha. Obsluha ani jiné osoby se za provozu nesmí zdržovat v bezprostřední blízkosti pohyblivých částí mechanismů a palet s přehřátými a nedohřátými přířezy, aby nedošlo k úrazu. Při provozu ohřívače se smí kolem ohřívače pohybovat pouze obsluha.

Osoby s kardiostimulátorem nebo endoprotézou nesmí obsluhovat ohřívač ani se nesmí zdržovat za provozu v jeho bezprostřední blízkosti

Opravy, servis, čištění všech zařízení jsou během provozu zakázány.

V případě havárie zařízení nebo vzniku nebezpečí hrozící osobám lze zařízení vypnout tlačítky NOUZOVÉ ZASTAVENÍ nebo HLAVNÍM VYPÍNAČEM.

13.1 BEZPEČNOSTNÍ ZNAČKY ZÁKAZOVÉ

Zákaz vstupu s kardiostimulátorem



Zákaz vstupu s kovovými implantáty



Zákaz vstupu pod zvednuté břemeno



13.2 BEZPEČNOSTNÍ ZNAČKY VÝSTRAŽNÉ

Nebezpečí-elektřina



Nebezpečí popálení



Nebezpečí stisku ruky



Silné magnetické pole



Nebezpečí od běžícího stroje



ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo nastudování související odborné literatury a navržení vlastní konstrukce přídavného zařízení pro vytlačování přířezů z induktoru.

V teoretické části jsem vymezil základní pojmy o indukčním ohřevu a jeho využití. Aby byla pochopena podstata vytlačovacího zařízení, detailně jsem popsal všechny části kompletního indukčního ohřívače pro kovárenský průmysl. Dále jsem ve spolupráci s několika vybranými výrobci vytvořil přehled vytlačovacích zařízení dostupných na trhu. Po nastudování konkurenčních zařízení jsem popsal stávající způsob vytlačování ve společnosti ROBOTERM a navrhl jsem pět koncepcí vytlačovacího zařízení. Vyhodnocení nejlepšího návrhu proběhlo pomocí metody vážených hodnot.

Dle výrobní dokumentace bylo zhotoveno funkční zařízení, u kterého byla zvolena koncepce speciálně upravených tyčí, které jsou vzájemně spojené pomocí táhla. Táhlo je v jedné tyči uloženo otočně a v druhé tyči se může posouvat. Tím je umožněno přeskupení tyčí z uspořádání za sebou do uspořádání nad sebou. Každá vytlačovací tyč je tvořena dvěma tyčemi, mezi kterými je distanční kroužek. Tyče jsou nasunuté na nosiči tyčí. Při vytlačování tyče postupně vyjíždějí z nosiče a uspořádají se za sebe. Pohyb vytlačovacích tyčí zajišťuje kladkový podavač. Po dokončení vytlačování se tyče začnou zasouvat zpět do nosiče. Pohon přídavného vytlačovacího zařízení je zajištěn dvěma pneumatickými válci.

Numerická simulace dynamického procesu vytlačování sloužila zejména jako kontrola funkčnosti zařízení. Model je tvořen jednotlivými díly o určitých vazbách. Čas simulace vytlačování je nastaven na 220 s. Výsledkem je zjištění sil, které působí na primární pneumatický válec. Další hodnotou je zjištění sil tyčí, které při najíždění přijdou do kontaktu s kladkou. Kladka slouží jako bezpečnostní prvek a zabráňuje kolizi tyčí. Simulace také slouží k přehlednějšímu vysvětlení, jak dané zařízení pracuje.

Výpočtová část byla zaměřena na potenciálně problematickou část stroje. Jednalo se o výpočet pneumatických válců. Primární válec slouží k pohybu vytlačovacího zařízení v ose toku materiálu. Jeho výsuv je 1000 mm. Sekundární pneumatický válec o výsuvu 140 mm se používá pro naklopení zařízení do osy toku materiálu.

Vlastní návrh 3D vytlačovacího zařízení byl modelován v programu Solid Edge ST 10. Výkresová dokumentace byla zhotovena ve studentské verzi AutoCad 2020. Pro numerickou simulaci dynamického procesu vytlačování byl použit program ADAMS VIEW 2019 od společnosti MSC.

V další části byl kladen důraz na bezpečnost při práci a byly bodově vypsány bezpečnostní výstražné a zákazové značky, které se objevují v okolí indukčních ohřívačů.

Výroba a montáž přídavného zařízení pro vytlačování přířezů z induktoru trvala přibližně dva měsíce. Testování probíhalo ve firmě ROBOTERM a cílem bylo ověření funkčnosti. Vytlačovací zařízení bylo testováno na vícestupňovém středofrekvenčním indukčním ohřívači za plného provozu. Během testování nenastal žádný problém. Přídavné vytlačovací zařízení pracuje dle očekávání.

POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] Co je indukční ohřev. *O indukci* [online]. Chotěboř: ROBOTERM, c2022 [cit. 2022-04-27]. Dostupné z: <https://www.roboterm.cz/cz/indukce/o-indukci/co-je-indukcni-ohrev>
- [2] Induction forging. *Induction heating applications* [online]. Norway: EFD Induction, 2022 [cit. 2022-04-27]. Dostupné z: <https://www.efd-induction.com/en/induction-heating-applications/induction-forging>
- [3] UHLÍŘ, Miroslav. *Indukční ohřevy ve strojírenství*. Plzeň, 2012. Bakalářská práce. Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta elektrotechnická, Katedra elektromechaniky a výkonové elektroniky.
- [4] Ohřivače přířezů pro kování. *Indukční ohřivače* [online]. Chotěboř: ROBOTERM, c2022 [cit. 2022-04-27]. Dostupné z: <https://www.roboterm.cz/cz/indukce/produkty/indukcni-ohrivace/ohrivace-prirezu/>
- [5] Výklopníky palet. *Zakládací systémy* [online]. Chotěboř: ROBOTERM, c2022 [cit. 2022-04-27]. Dostupné z: <https://www.roboterm.cz/cz/indukce/produkty/zakladaci-systemy/vyklopniky>
- [6] Vibrační zásobníky. *Zakládací systémy* [online]. Chotěboř: ROBOTERM, c2022 [cit. 2022-04-27]. Dostupné z: <https://www.roboterm.cz/cz/indukce/produkty/zakladaci-systemy/vibracni-zasobniky>
- [7] Deskové zakladače. *Zakládací systémy* [online]. Chotěboř: ROBOTERM, c2022 [cit. 2022-04-27]. Dostupné z: <https://www.roboterm.cz/cz/indukce/produkty/zakladaci-systemy/deskove-zakladace>
- [8] Horizontal Billet Push Out Device Animation. In: *YouTube* [online]. USA: INDUCTOTHERM, 2018 [cit. 2022-04-27]. Dostupné z: https://www.youtube.com/watch?v=5Gov91cTWhQ&ab_channel=InductoheatInc
- [9] Vynášecí dopravníky. *Zakládací systémy* [online]. Chotěboř: ROBOTERM, c2022 [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: <https://www.roboterm.cz/cz/indukce/produkty/zakladaci-systemy/vynaseci-dopravniky>
- [10] Elektromechanické tlačky. *Zakládací systémy* [online]. Chotěboř: ROBOTERM, c2022 [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: <https://www.roboterm.cz/cz/indukce/produkty/zakladaci-systemy/tlacky>
- [11] Řetězové dopravníky. *Zakládací systémy* [online]. Chotěboř: ROBOTERM, c2022 [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: <https://www.roboterm.cz/cz/indukce/produkty/zakladaci-systemy/retezove-dopravniky>
- [12] Středofrekvenční transformátory. *Středofrekvenční transformátory* [online]. Chotěboř: ROBOTERM, c2022 [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: <https://www.roboterm.cz/cz/indukce/produkty/stredofrekvencni-transformatory>
- [13] Měníče kmitočtu. *Měníče kmitočtu* [online]. Chotěboř: ROBOTERM, c2022 [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: <https://www.roboterm.cz/cz/indukce/produkty/menice-kmitocetu/>

- [14] Induktory. *INDUKTORY* [online]. Chotěboř: ROBOTERM, c2022 [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: <https://www.roboterm.cz/cz/indukce/produkty/induktory>
- [15] Výstupní mechanismy. *Manipulace s horkým materiálem* [online]. Chotěboř: ROBOTERM, c2022 [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: <https://www.roboterm.cz/cz/indukce/produkty/manipulace-s-horkym-materialem>
- [16] Kování. *Jak vznikají produkty pro industriální svět* [online]. Zlín: Kovárna VIVA, c2022 [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: <https://www.viva.cz/vyroba>
- [17] Pyrometry UPF. *Pyrometry* [online]. Chotěboř: ROBOTERM, c2022 [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: <https://www.roboterm.cz/cz/indukce/produkty/pyrometry/>
- [18] O nás. *Co děláme?* [online]. Chotěboř: ROBOTERM, c2022 [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: <https://www.roboterm.cz/cz/indukce/o-nas/co-delame>
- [19] About us. *History* [online]. Germany: SMS ELOTHERM, c2022 [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: <https://www.sms-elotherm.com/en/about-us/history/>
- [20] Forging. *Inductive heating of billets* [online]. Germany: SMS ELOTHERM, c2022 [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: <https://www.sms-elotherm.com/en/industries/forging/inductive-heating-of-billets/>
- [21] ELOTHERM ForgeLine. *Induction Heating: Forge* [online]. Germany: SMS ELOTHERM, c2022 [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: https://www.sms-elotherm.com/fileadmin/content/PDF/Brochures_EN/ForgeLine_en.pdf
- [22] ABOUT EFD INDUCTION. *About* [online]. Norway: EFD Induction, 2022 [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: <https://www.efd-induction.com/en/about>
- [23] HEATLINE: INDUCTION HEATERS. *Induction heating equipment* [online]. Norway: EFD Induction, 2022 [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: <https://www.efd-induction.com/en/induction-heating-equipment/heatline-melting--forging>
- [24] Induction heating - an introduction. *Induction heating* [online]. Norway: EFD Induction, 2022 [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: <https://www.efd-induction.com/en/induction-heating>
- [25] About us. *About us* [online]. USA: Interpower Induction, c2022 [cit. 2022-01-12]. Dostupné z: <https://www.interpowerinduction.com/about/>
- [26] Zone control systems. *Product* [online]. USA: Interpower Induction, c2022 [cit. 2022-01-12]. Dostupné z: <https://www.interpowerinduction.com/product/zone-control-systems/>
- [27] Material handling equipment and systems for metal processing. *Product* [online]. USA: Interpower Induction, c2022 [cit. 2022-01-12]. Dostupné z: <https://www.interpowerinduction.com/product/material-handling-equipment-and-systems-for-metal-processing/>

- [28] About us. *Who We Are* [online]. USA: INDUCTOTHERM GROUP, c2022 [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: <https://www.inductothermgroup.com/who-we-are/>
- [29] Modular induction bar heating systems. *Products* [online]. USA: INDUCTOTHERM GROUP, c2022 [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: <https://www.inductothermgroup.com/products/modular-induction-bar-heating-systems/>
- [30] INDUCTOFORGE Modular. *Products* [online]. Germany: INDUCTOHEAT EUROPE, c2022 [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: <https://inductoheat.eu/products/inductoforge-modular/>
- [31] Inductoscan. *Products* [online]. Germany: INDUCTOHEAT EUROPE, c2022 [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: <https://inductoheat.eu/products/inductoscan/?lang=en>
- [32] Inductoheat 3D Animation. *InductoForge* [online]. USA: INDUCTOTHERM GROUP, c2022 [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: <https://www.inductothermgroup.com/inductoforge-induction-forging-system-inductoheat-3d-animation/>
- [33] US2019316845A1 INDUCTION HEATING LINE BILLET PUSHOUT SYSTEM AND METHOD WITH JOINTED PUSH ROD ASSEMBLY. *Espacenet: Patent search* [online]. USA: Espacenet, 2019 [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/068161575/publication/US2019316845A1?q=US2019316845A1>
- [34] US9604274B2 BILLET TRANSFER LINE CLEAN-OUT DEVICE AND METHOD. *Espacenet: Patent search* [online]. USA: Espacenet, 2017 [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/053191465/publication/US9604274B2?q=US9604274B2>
- [35] ROLLBEAM. *ROLLBEAM* [online]. FRANCE: SERAPID, c2022 [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: <https://www.serapid.com/en/products-and-solutions/rollbeam>
- [36] Adams Student Edition. *Multibody Dynamics Simulation* [online]. California: Hexagon AB, c2022 [cit. 2022-04-29]. Dostupné z: <https://www.msccsoftware.com/page/adams-student-edition>
- [37] Simulačný balík MSC.ADAMS. *MSC.ADAMS* [online]. Bratislava: atc.sjf.stuba.sk, c2018 [cit. 2022-04-29]. Dostupné z: http://atc.sjf.stuba.sk/msc_adams.html
- [38] Pneumatický válec – konstrukční řada P1F. *Výroba válců* [online]. Brno: FLUIDTECHNIK BOHEMIA, c2006–2022 [cit. 2022-04-29]. Dostupné z: <https://www.fluidtechnik.eu/vyroba-valcu/konstrukcni-rada-p1f-p1s-p1k-p1t-p1n>
- [39] Tlumiče hluku. *Šroubení a příslušenství* [online]. Brno: FLUIDTECHNIK BOHEMIA, c2006–2022 [cit. 2022-04-29]. Dostupné z: <https://www.fluidtechnik.eu/sroubeni-a-prislusenstvi/tlumice-hluku>
- [40] *Pneumatické mechanismy: skripta pro kurs konstruktérů pneumatických mechanismů*. Praha: ČSVTS, 1965.

- [41] HALLIDAY, David, Robert RESNICK a Jearl WALKER. *Fyzika: vysokoškolská učebnice obecné fyziky*. Brno: VUTIUM, 2000. Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN isbn80-214-1869-9.
- [42] ŘASA, Jaroslav a Josef ŠVERCL. *Strojnické tabulky pro školu a praxi*. Praha: Scientia, 2004. ISBN isbn80-7183-312-6.

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

a	$[m \cdot s^{-2}]$	Zrychlení
D	$[mm]$	Průměr válce
d	$[mm]$	Průměr pístu
F	$[N]$	Síla
F_1	$[N]$	Síla minimální sekundárního pneumatického válce
F_2	$[N]$	Tíhová síla nosiče s tyčemi
F_v	$[N]$	Síla vysouvání pístnice
F_z	$[N]$	Síla zasouvání pístnice
g	$[m \cdot s^{-2}]$	Tíhové zrychlení
m_c	$[kg]$	Hmotnost celková nosiče s tyčemi
$m_{celková}$	$[kg]$	Hmotnost celková
$m_{nosiče}$	$[kg]$	Hmotnost nosiče
m_{poh}	$[kg]$	Hmotnost pohybové části vytlačovacího zařízení
$m_{rámu}$	$[kg]$	Hmotnost rámu
$m_{tyčí}$	$[kg]$	Hmotnost vytlačovacích tyčí
p_{max}	$[MPa]$	Maximální tlak v pneumatickém obvodu
Q	$[m^3 \cdot h^{-1}]$	Okamžitý průtok vzduch pneumatického válce
$Q_{potřebný}$	$[m^3 \cdot h^{-1}]$	Průtok potřebný
r	$[mm]$	Rameno páky
S_v	$[mm^2]$	Činná plocha válce při vysouvání pístnice
S_z	$[mm^2]$	Činná plocha válce při zasouvání pístnice
t	$[s]$	Čas
t_v	$[s]$	Čas vysouvání pístnice
t_z	$[s]$	Čas zasouvání pístnice
v	$[m \cdot s^{-1}]$	Rychlost
v_v	$[m \cdot s^{-1}]$	Rychlost vysouvání pneumatického válce
v_z	$[m \cdot s^{-1}]$	Rychlost zasouvání pneumatického válce
V_{zdvih}	$[m^3]$	Spotřeba vzduchu na jeden zdvih pneumatického válce
z	$[mm]$	Zdvih pístnice

SEZNAM PŘÍLOH

509_C100	VYTLAČOVACÍ ZAŘÍZ.	Výkres sestavení	formát A1	počet listů: 1
509_C100	VYTLAČOVACÍ ZAŘÍZ.	Seznam položek	formát A4	počet listů: 3
509_C114	VÝTLAČNÍK	Výkres sestavení	formát A1	počet listů: 1
509_C114	VÝTLAČNÍK	Seznam položek	formát A4	počet listů: 1
509_C115	NOSIČ	Výkres svarku	formát A1	počet listů: 1
509_C104	RAMENO	Výkres svarku	formát A2	počet listů: 1
509_C101	RÁM	Výkres svarku	formát A2	počet listů: 1
509_226	TYČ P	Výkres součásti	formát A3	počet listů: 1