



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A ROBOTIKY

INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND ROBOTICS

NÁVRH STROJE PRO ODSŤŘEDIVÉ LITÍ

DESIGN OF CENTRIFUGAL CASTING MACHINE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Miroslav Kokavec

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.

BRNO 2019

Zadání diplomové práce

Ústav:	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky
Student:	Bc. Miroslav Kokavec
Studijní program:	Strojní inženýrství
Studijní obor:	Výrobní stroje, systémy a roboty
Vedoucí práce:	doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.
Akademický rok:	2018/19

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

Návrh stroje pro odstředivé lití

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Rešerše současného stavu vědy a techniky v oblasti odstředivého lití.

Technologie odstředivého lití je jednou z efektivních koncepcí odlévání rotačních součástí. Stroje pro odstředivé lití se vyznačují celou škálou nebezpečí a rizik, která vyžadují přijetí konstrukčních opatření pro jejich snížení na přijatelnou úroveň. Práce je zaměřena jak na konstrukční návrh stroje, tak i na posouzení jeho bezpečnosti.

Cíle diplomové práce:

Analýza stavu vědy a techniky v oblasti odstředivého lití.

Systémový rozbor problematiky, návrh a zdůvodnění zvoleného způsobu řešení zadaného úkolu.

Projekční návrh variant stroje, jejich technicko–ekonomické posouzení a zdůvodnění výběru optimální varianty řešení.

Konstrukční návrh odstředivého licího stroje.

Konstrukční výpočty.

Posouzení bezpečnosti navržené varianty stroje.

Výkresová dokumentace (min. kusovník + 5 výkresů) a 3D model stroje v příloze závěrečné práce.

Komentář k vypracované výkresové dokumentaci v textu diplomové práce.

Seznam doporučené literatury:

MAREK, Jiří, et al. Konstrukce CNC obráběcích strojů III. 1. Praha: MM publishing, s.r.o., 2014. MM speciál. ISBN 978-80-260-6780-1.

Infozdroje.cz. Infozdroje.cz [online]. Praha: Albertina icome Praha s.r.o., 2016 [cit. 2016-11-04].

Dostupné z: www.infozdroje.cz

MM Průmyslové spektrum. MM Průmyslové spektrum [online]. Praha: MM publishing, s. r. o., 2016[cit. 2016-11-04]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com>

EUR-Lex: Přístup k právu Evropské unie [online]. Brusel: Úřad pro publikace, 2016 [cit. 2016-11-04]. Dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu>

ČSN online [online]. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2016 [cit. 2016-11-04]. Dostupné z: csnonline.unmz.cz

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2018/19

V Brně, dne

L. S.

doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.
ředitel ústavu

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

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá návrhem stroje pro odstředivé lití. V práci je obsaženo rozdělení a popsání metody odstředivého odlévání s přehledem dostupných strojů. Je proveden návrh parametrů odstředivého liciho stroje. Práce obsahuje technicko-ekonomické posouzení projekčních návrhů hlavních skupin stroje. Jsou provedeny konstrukční výpočty a samotný návrh stroje. Je provedeno posouzení bezpečnosti navržené varianty stroje. Práce dále zahrnuje 3D model stroje a výkresovou dokumentaci.

ABSTRACT

This master's thesis is focused on design of centrifugal casting machine. Thesis includes the sorting and description method of centrifugal casting with overview of available machines. Proposal of parameters of centrifugal casting machine is done. Thesis includes technical-economic review of projection proposal for main parts of the machine. Design parameters are calculated and plan of machine is done. Safety assessment of proposed of machine variant is done. 3D model and drawings are included in thesis.

KLÍČOVÁ SLOVA

Stroj pro odstředivé lití, konstrukce

KEYWORDS

Machine for centrifugal casting, design

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

KOKAVEC, M. *Návrh stroje pro odstředivé lití*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2019. 165 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji svému vedoucímu magisterské práce, panu doc. Ing. Petru Blechovi, Ph.D. za odborné vedení a cenné rady při psaní této práce.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením doc. Ing. Petra Blechy, Ph.D. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 22.5.2019

.....

Kokavec Miroslav

OBSAH

1	ÚVOD	17
2	ANALÝZA Odstředivého odlévání.....	19
2.1	Historie odstředivého odlévání	19
2.2	Proces odstředivého odlévání	21
2.2.1	Základní postup	21
2.2.2	Působící síly.....	21
2.2.3	Procesní proměnné parametry	23
2.3	Rozdělení odstředivého odlévání.....	24
2.3.1	Horizontální odstředivé odlévání.....	24
2.3.2	Vertikální odstředivé odlévání.....	25
2.3.3	Odstředivé odlévání s nakloněnou osou rotace	26
2.4	Metody odstředivého odlévání.....	26
2.4.1	Odstřed'ování	26
2.4.2	Poloodstředivé lití.....	27
2.4.3	Pravé odstředivé lití, základní odstředivé lití	28
2.5	Materiály forem pro odstředivé odlévání.....	28
2.5.1	Kovové formy.....	28
2.5.2	Pískové formy.....	29
2.5.3	Grafitové formy	30
2.5.4	Silikonové gumové formy	30
2.6	Odlévané materiály	34
2.6.1	Ocel.....	34
2.6.2	Litina.....	34
2.6.3	Slitiny hliníku	35
2.6.4	Slitiny zinku.....	35
2.6.5	Slitiny mědi.....	35
2.6.6	Titan.....	35
2.6.7	Dvouvrstvé odlitky - bimetalické	35
2.6.8	Další odlévané materiály	36
2.7	Konstrukce a vady odstředivě litých odlitků	37
2.7.1	Konstrukce odstředivě odlévaných odlitků	37
2.7.2	Vady odstředivě odlévaných odlitků	38
2.8	Výhody a nevýhody, srovnání odstředivého odlévání.....	39
2.8.1	Výhody a nevýhody odstředivého odlévání	39
2.8.2	Srovnání odstředivého odlévání s dalšími technologiemi odlévání	39
3	ANALÝZA DOSTUPNÝCH STROJŮ	43
3.1	Stroje výrobce NICEM S.p.A.	43
3.2	Stroje výrobce ATOS BESANA.....	47
3.3	Stroje výrobce TEKCAST INDUSTRIES.....	50
3.4	Stroje dalších výrobců	52
3.4.1	Stroje firmy CONQUEST INDUSTRIES	52
3.4.2	Stroje firmy SHENZHEN KAITE INDUSTRY CO.,LTD	53
4	NAVRH PARAMETRŮ Odlévacího stroje	55
4.1	Způsob plnění formy.....	56
4.2	Nejmenší počet vychystávacích pozic	56
4.3	Průměr formy	57

4.4	Výška formy	57
4.5	Odstředivé otáčky	57
4.6	Průměr pracovního stolu.....	57
4.7	Další parametry	58
4.7.1	Velikost odlitků	58
4.7.2	Hloubka, šířka, výška stroje	58
4.7.3	Příkon stroje	58
4.7.4	Pracovní tlak.....	58
5	NÁVRH VARIANT A TECHNICKO EKONOMICKÉ POSOUZENÍ	59
5.1	Otočný pracovní stůl stroje, stolní deska.....	59
5.2	Rám stroje.....	61
5.3	Hlavní pohon stroje	64
5.4	Vedlejší pohon stroje, otáčení pracovního stolu.....	67
5.5	Svírací mechanismus formy	68
5.6	Uložení otočných mechanismů	70
6	KONSTRUKČNÍ VÝPOČTY.....	71
6.1	Výkon hlavního pohonu stroje	71
6.1.1	Dynamický krouticí moment.....	72
6.1.2	Ztrátový statický moment ložisek spodního uložení	73
6.1.3	Ztrátový statický moment ložisek spojky.....	75
6.1.4	Ztrátový statický moment ložisek horního uložení	76
6.1.5	Ztrátový statický krouticí moment	77
6.1.6	Celkový krouticí moment a potřebný výkon elektromotoru	77
6.2	Volba klínových řemenů	78
6.2.1	Navrhovaný výkon	78
6.2.2	Vztažná délka řemenu	78
6.2.3	Jmenovitý výkon řemene	79
6.2.4	Počet řemenů	79
6.3	Kontrola trvanlivosti navržených ložisek	79
6.3.1	Základní trvanlivost kuželíkového ložiska 32914.....	80
6.3.2	Základní trvanlivost kuželíkového ložiska 32309B	80
6.3.3	Základní trvanlivost kuželíkového ložiska 32030X.....	80
6.3.4	Základní trvanlivost axiálního ložiska 51410	80
7	ANALÝZA RIZIK A POSOUZENÍ BEZPEČNOSTI	81
7.1	Použití strojního zařízení	81
7.2	Popis a konstrukce strojního zařízení	81
7.3	Technické parametry stroje	82
7.4	Analýza legislativních požadavků	83
7.4.1	Směrnice strojní 2006/42/ES.....	83
7.4.2	Směrnice o elektrických zařízeních 2014/35/EU	85
7.4.3	Směrnice o elektromagnetické kompatibilitě 2014/30/EU	88
7.4.4	Závěr analýzy legislativních požadavků	91
7.5	Analýza požadavků na bezpečnost.....	92
7.5.1	Požadavky na posouzení rizika	92
7.5.2	Návrh formuláře pro odhad rizika	97
7.5.3	Definice použitých pojmů	99
7.6	Proces posuzování rizik.....	101
7.6.1	Systémová analýza posuzovaného strojního zařízení	101
7.6.2	Analýza nebezpečí.....	102

7.6.3	Přehled identifikovaných nebezpečí	107
7.6.4	Odhad rizika	110
7.6.5	Soupis opatření zabudovaných v konstrukci stroje	143
7.6.6	Soupis použité bezpečnostní ochrany a doplňkových ochranných opatření	144
7.6.7	Soupis bezpečnostních sdělení na strojním zařízení.....	144
7.6.8	Soupis upozornění v návodu k použití	145
7.6.9	Soupis dalších přijatých opatření.....	147
7.6.10	Soupis a informace o zbytkových rizicích.....	147
8	VIZUALIZACE A VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE NAVRŽENÉHO ZAŘÍZENÍ	149
8.1	3D model a vizualizace	149
8.2	Výkresová dokumentace	150
9	ZÁVĚR.....	151
10	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	153
11	SEZNAM ZKRATEK, SYMBOLŮ, OBRÁZKŮ A TABULEK.....	157
11.1	Seznam tabulek	157
11.2	Seznam obrázků	159
11.3	Seznam symbolů	160
11.4	Seznam zkratk	162
12	SEZNAM PŘÍLOH	163

1 ÚVOD

Proces výroby a následného zpracovávání kovů je starý několik tisíc let. Odlévání společně s kovááním, tvářením, je jeden z nejstarších technologických procesů zpracovávání kovů. Proces odlévání prošel za tuto dobu značným vývojem. Přes existující velmi široké spektrum druhů lití, kde je nejčastější způsob odlévání do pískových nebo voskových forem, tlakové lití, kontinuální lití, až po odstředivé odlévání, které představuje samostatnou metodu odlévání pro specifický druh výrobků. Od svého zavedení do dnešních dnů využívá stejného principu působení odstředivé síly na odlévaný materiál.

Velmi zajímavé je odlévání do forem z vulkanizované silikonové gumy. A to především díky snadnosti a rychlosti výroby formy a pro použití při odlévání materiálů s teplotou tavení do 500°C. Tento druh odlévání je velmi specifický a proto i stroje pro tuto technologii odlévání jsou navrhovány s ohledem k jeho technologickým požadavkům. Tato technologie a stroje nacházejí uplatnění při výrobě menších tvarově složitých dílců.

Znalost procesu odlévání, princip funkce strojů jako i výroby forem, umožňuje navrhnout stroj s optimálními vlastnostmi na potřebné technické úrovni pro zvolený druh odlévání. Obsah práce je rozdělen do několika kapitol, kde je v úvodu popsáno odstředivé odlévání a je vymezen druh odstředivého odlévání, se kterým je dále pracováno. Z tohoto užšího výběru je analyzován přehled dostupných strojů a jejich parametrů a jsou vybrány parametry pro konstrukci nového stroje. V práci je posouzeno i technicko - ekonomické variantní provedení hlavních částí stroje. Je navrženo provedení stroje, jsou spočítány a zkontrolovány hlavní konstrukční skupiny a je posouzena bezpečnost finální varianty. Je proveden 3D model zohledňující všechny předešlé kroky výběru, návrhu a výpočtů. Je zpracována výkresová dokumentace a její komentář.

2 ANALÝZA ODSŤŘEDIVÉHO ODLÉVÁNÍ

Kapitola je věnována procesu odstředivého odlévání. Zároveň popisuje metody a možnosti odstředivého odlévání, materiály forem, odlévané materiály, požadavky na konstrukci odlitků a srovnání s dalšími druhy odlévání. Slouží k vymezení pojmů a určení základních parametrů stroje pro odstředivé lití z široké škály možností.

2.1 Historie odstředivého odlévání

Odlévání či také stejně často používaný pojem lití, je způsob výroby různých předmětů takovým způsobem, že se kapalný nebo roztavený materiál, a to buď materiál schopný ztuhnout nebo roztavený kov, vlévá do připravené formy potřebného tvaru. Forma obsahuje dutinu, která má negativní tvar požadovaného výrobku. Forma se vytvářela podle modelu. Tvar modelu je odvozen z požadovaného tvaru odlitku zvětšeného o přídavek na smrštění odlévaného materiálu. Na modelu mohou být navíc vymodelovány i tvary potřebné pro výrobní proces - vtoky, odvětrání. Po ztuhnutí odlévané látky a odstranění formy vzniká odlitek, ten je buď konečným produktem, nebo polotovarem pro další zpracování.

První doložené nálezy odlévaných výrobků jsou datovány do třetího tisíciletí př. n. l., z čehož plyne, že slévárenská technologie už je lidstvem využívána minimálně pět tisíc let, ale spíše déle [1]. Nejstarším a zároveň nejprimitivnějším způsobem odlévání bylo prosté vtlačování modelu či duplikovaného předmětu do mokré hlíny nebo písku a následné odlévání přímo do dutiny formy nebo do jednoduché licí jamky spojené s formou kanálkem. Model mohl být z nejrůznějších materiálů, ale převládalo dřevo, hlína a vosk [2]. O něco složitější byly dvojdielné formy, jejichž dvě části do sebe relativně přesně zapadaly díky tzv. zámkům - na jedné části formy byly otvory, na druhé do nich zapadající výčnělky [3].

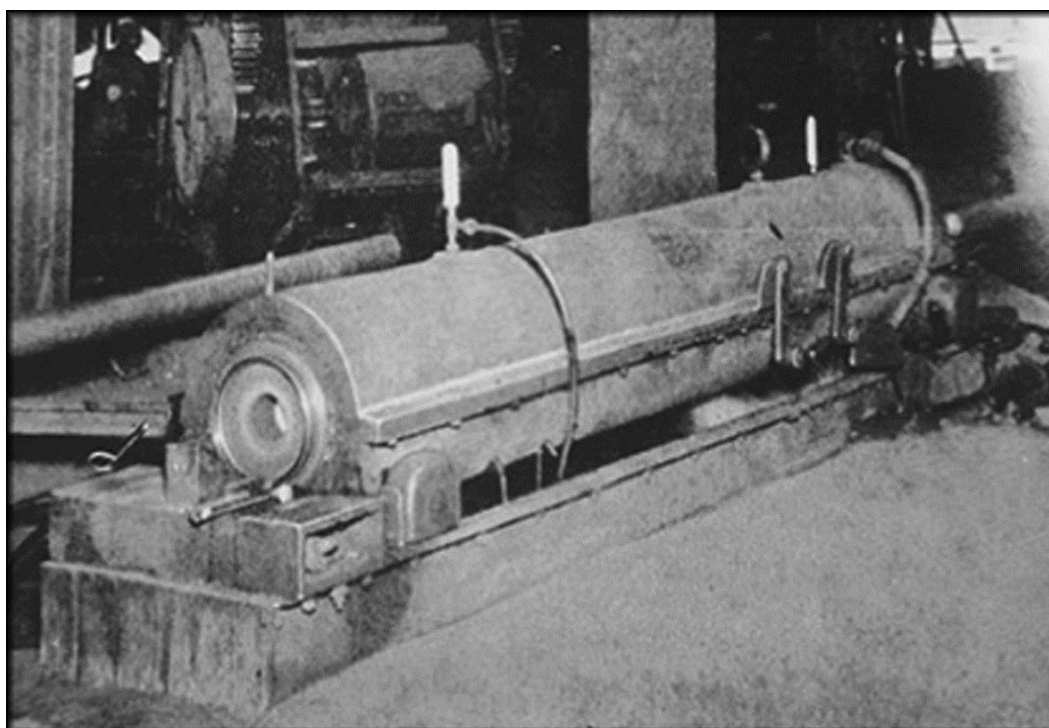
Roztavený kov či jiný materiál může do formy zatékat volně vlastní tíhou působením gravitační síly, nebo nuceně podle působící síly na odlévaný materiál. Může to být odstředivá síla, pak se jedná o lití odstředivé, nebo to může být tlaková síla, pak je to lití tlakové. U tlakové síly se může jednat o nízkotlaké nebo vysokotlaké lití. U plastů je působící síla tlaková na materiál mnohem vyšší, proto hovoříme o vstřikování plastů.

Pojem odstředivého lití není nikterak novým pojmem v slévárenských procesech. Tento způsob odlévání byl použit již během 16. století v Itálii, a to Benvenutem Cellinim a dalšími. Zmínka o stroji pro odstředivé lití je ale zaznamenána až v roce 1809 v Anglii, když britský vynálezce A.G. Eckhardt obdržel patent na tento stroj. Jeho metoda byla předchůdkyní dnešních vertikálních licích strojů. Kolem roku 1848 Angličan Andrew Shanks odlil odstředivou metodou pravděpodobně litinovou trubku dlouhou 3658mm (12ft.) o průměru 76mm (3in) do rotující kované ocelové formy [5]. Nutno podotknout, že tato metoda se příliš nelišila od metod používaných do dnešních dnů. V roce 1857 další z patentů popisuje odstředivé odlévání železničních kol a pokus o změnu chemického složení materiálu v průřezu odlitku tím způsobem, že do formy byl nejprve pro venkovní obvod kola nalit materiál s jiným chemickým složením taveniny, než pro střed a náboj kola, který byl nalit později. Od konce 19. století je tato technologie již nadobro nazývána technologií odstředivého lití. Na začátku dvacátého století se touto metodou vyráběly polotovary kluzných ložisek pro spalovací motory. Za velkou výhodu byla považována kvalita odlitku bez vměstků, plynných bublin a dalších vad [4].

Další nespornou výhodou bylo také zhospodárnění výroby tvarově netypických součástí. Po roce 1920 se metoda odstředivého lití začala využívat pro výrobu vodovodních trubek (obr. 1), kterou si nechal patentovat Dimitri Sensaud de Lavaud. Výroba trubek odstředivou metodou přinesla velký pokrok do tohoto odvětví a nahradila dosavadní výrobu odlévání trubek do pískové šachtové formy. Výhodou byla především kvalita výrobků a možnost hromadné produkce [4]. Tato metoda je s úspěchem využívána až do dnešních dnů, kdy jsou stroje pro odstředivé odlévání zařazovány do automatizovaných linek.

Odstředivé lití bylo původně metodou lití pro velké odlitky, a to až do roku 1907, kdy zubař Dr. Taggart představil novou metodu výroby zubních náhrad a tím tuto metodu aplikoval i na odlitky mnohem menší [4]. V roce 1940 se začala metoda odstředivého lití využívat pro výrobu šperků a brzy byla k dispozici pro širší využití i řemeslníky v různých odvětvích [5]. S příchodem nových materiálů se odstředivé lití stalo vhodné i pro odlévání menších součástí z reaktoplastu, epoxidových pryskyřic či plexiskla. Pro jejich zpracování touto metodou jsou samozřejmě specifické procesní proměnné a parametry, a to pro každý konkrétní materiál.

Technologie odstředivého lití vytváří odlitky rozměrově přesné, povrchově čisté a kvalitní. Zhotovené odlitky můžeme, pro lepší kvalitu povrchu, galvanicky pokovovat nebo lakovat. Technologie odstředivého lití je rychlá a levná, tedy ekonomicky výhodná. Tato technologie je vhodná, jak pro malosériovou výrobu do sta kusů vytvořené pomocí jednoho modelu, tak i pro sérii do sta tisíc kusů. Což znamená, že tato metoda bývá ve většině případů velmi produktivní [14].



Obr. 1) Odstředivé odlévání trubek ve firmě United States Cast Iron Pipe and Foundry Company kolem roku 1921 [17]

2.2 Proces odstředivého odlévání

2.2.1 Základní postup

Základní postup odstředivého odlévání, a to pro jakoukoliv orientaci osy rotace, spočívá v lití kapalného nebo roztaveného materiálu, a to buď materiálu schopného ztuhnout nebo roztaveného kovu do rychle rotující formy s jednou osou rotace, kde i materiál je nucen konat rotační pohyb. Často se začíná na nižší rychlosti rotace, která se během odlévání i následném tuhnutí zvyšuje. Ve výjimečných případech se u vertikálního odstředivého odlévání začne lít do stacionární formy, která se roztočí během lití nebo až po dolití celého objemu odlévaného materiálu. Odstředivé lití využívá odstředivých sil vznikajících rotací formy. Licí rychlosti jsou oproti gravitačnímu lití znatelně vyšší. Jde v podstatě o tlakové lití, neboť gravitační lití probíhá při atmosférickém tlaku a celkový tlak se zde řídí výškou vtoků. Odstředivá síla zajišťuje potřebný tlak na odlévaný materiál a pomáhá ke správnému plnění formy, díky odstředivé síle se materiál či kov pohybuje proti stěnám formy a dostane se do všech míst, není třeba více nálitků a výfuků. Tlakem materiálu vyvolaným odstředivou silou se dosáhne těsného kontaktu s formou, díky tomu lze vytvořit odlitky s tenčí stěnou a s lepšími povrchovými detaily. Pokud se odlévá roztavený kov, musí být teplota dostatečně vysoká, aby se kov dostal do všech míst formy dříve než začne tuhnout. Z tohoto důvodu se při použití licí nálevky tato předeřívá, a to na teplotu závisující na odlévaném materiálu. Pro konkrétní případy se předeřívá i samotná licí forma. Odlévá se neustále do spotřebování celého objemu daného materiálu, přerušení má nepříznivý efekt, s výjimkou odlévání druhé vrstvy jiného kovu na již odlitý. Rotace formy by měla probíhat až do kompletního ztuhnutí odlitku. Rozsah otáček se pohybuje v rozmezí 300 až 3000 otáček za minutu v závislosti na dalších parametrech odlévání [4] [6].

2.2.2 Působící síly

Při odlévání do rotující formy se projeví jev zvaný odstředování, při kterém na částice odlévaného materiálu působí síla normálového zrychlení, která je větší než síla gravitační. Na částice s jinou, menší hustotou (měrnou hmotností) než je odlévaný materiál působí také, a to tak, že tyto zůstávají u vnitřního povrchu odlitku, popřípadě v licích kanálech či v středovém nálitku a do samotného odlitku se nečistoty, vměstky, struska, plyny, nekovové materiály a jiné nežádoucí složky nedostávají. Na tento jev je nutné u určitých druhů odstředivého odlévání pamatovat pokud tyto vnitřní vrstvy zůstávají součástí konečného výrobku. Tento jev zajišťuje zároveň i homogenizaci materiálu, při kterém se díky promíchání dosáhne stejnorodé látky, hmoty [7] [12].

Na kapalný nebo roztavený materiál působí následující síly:

Odstředivá síla.

Odstředivá síla, která působí na otáčející se těleso v neinerciální vztažné soustavě. Reakcí na tuto sílu je podle třetího Newtonova zákona akce a reakce síla dostředivá. Odstředivá síla je definována rovnicí (1) [8].

$$F_o = F_d = m \cdot a_d = \frac{m \cdot v^2}{r} = m \cdot \omega^2 \cdot r \quad (1)$$

Kde:

a_d	[m.s ⁻²]	dostředivé zrychlení
F_o	[N]	odstředivá síla
F_d	[N]	dostředivá síla
m	[kg]	hmotnost materiálu
r	[mm]	poloměr rotace
v	[m.s ⁻¹]	okamžitá rychlost otáčení formy
ω	[rad.s ⁻¹]	úhlová rychlost formy

Vlivem odstředivé síly dostává těleso odstředivé zrychlení.

Gravitační síla.

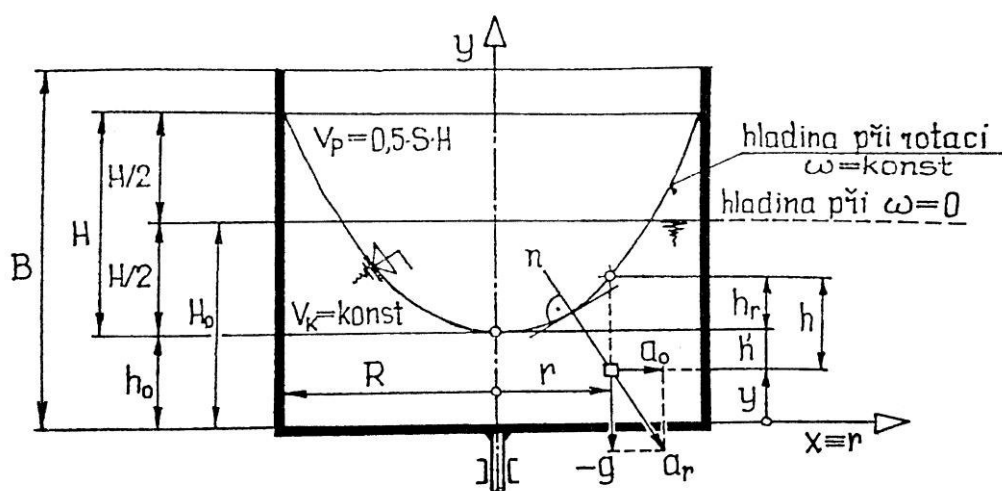
Gravitační síla zde má nižší účinnost se zvětšující se rychlostí rotace, což je výhodné, protože se materiál rovnoměrněji rozprostře po celé formě [6]. Gravitační síla je definována rovnicí (2) [9].

$$F_G = m \cdot g \quad (2)$$

Kde:

g	[m.s ⁻²]	gravitační zrychlení
-----	----------------------	----------------------

Parabolický tvar hladiny kapaliny ve válcové rotující nádobě s konstantní úhlovou rychlostí rotující kolem svislé osy, podobný případu odstředivého odlévání, je znázorněn na (obr. 2). Na tomto obrázku je znázorněno i gravitační a odstředivé zrychlení



Obr. 2) Schéma nádrže s kapalinou rotující kolem svislé osy [10]

Kde je na obrázku znázorněno:

a_o	[m.s ⁻²]	odstředivé zrychlení
B	[mm]	výška nádoby
H	[mm]	výška rotačního paraboloidu
H_0	[mm]	výška hladiny nad dnem za klidu
h_0	[mm]	výška vrcholu paraboloidu
R	[mm]	poloměr válcové nádrže
r	[mm]	poloměr rotace

Coriolisova síla.

Coriolisova setrvačná síla je třetí působící složkou na odléváný materiál. Coriolisova síla je definována rovnicí (3) [9].

$$F_C = m \cdot a_C = -2 \cdot m \cdot \omega \times v \quad (3)$$

Kde:

a_C	[m.s ⁻²]	Coriolisovo zrychlení
F_C	[N]	Coriolisova síla
v	[m.s ⁻¹]	okamžitá rychlost otáčení formy

Coriolisova síla je svým působením v některých případech téměř zanedbatelná, ale může se negativně projevit ve formách s krátkými vtokovými kanály. Negativně ovlivňuje vyplňování formy a tím následné tuhnutí. Hrozí vznik plynových bublin vzniklých při reakci formy s materiálem, následně zalitých dalším přitékajícím kovem. Velikost Coriolisovy síly závisí na rychlosti a směru rotace formy a na vzdálenosti povrchu od osy otáčení [7].

2.2.3 Procesní proměnné parametry

Rychlost rotace formy.

Hlavní procesní proměnou veličinou je volba otáček formy. U vertikálního odstředivého odlévání dutých mezikruhových dílů je tato rychlost důležitá k zachování tvaru vnitřního otvoru působením odstředivé síly proti vlivu gravitační síly. U horizontálního odstředivého odlévání se chceme vyhnout podélnému trhání a napětí při rychlejšímu tuhnutí na stranách formy. Otáčky také výrazně ovlivňují strukturu zrna při odlévání kovů. Při vyšších rychlostech je podporován vznik jemnějšího zrna. Tato struktura může být také dosažena turbulencí, která je vyvolána nestabilitou kapalného kovu při nízkých rychlostech, aniž by došlo k horkému trhání [11]. Ze vzorce (1) je patrné, že rychlost rotace formy bude vytvářet na kapalinu potřebnou sílu, tedy tlak, a dle nastavené rychlosti rotace formy spolu s dalšími proměnnými bude mít zásadní vliv na kvalitu odlitku.

Rychlost plnění formy.

Rychlost nalévání a plnění formy se řídí především charakteristikou kapalného nebo roztaveného materiálu. Při odlévání roztaveného kovu je třeba lít před jeho ztuhnutím, to vede ke snaze rychlého nalití, ale také příliš rychlé nalití může způsobit nadměrné turbulence a plynové bubliny. V praxi pomalé lití nabízí řadu výhod, především podporuje usměrněné tuhnutí, zatékání a také plně využívá odstředivého tlaku, který snižuje riziko natržení odlitku [11].

Odlévací teplota.

Při odlévání roztavených kovů má odlévací teplota materiálu velký vliv na tuhnutí kovu ve formě. Nízké teploty jsou spojeny s maximálním zjemněním zrna a rovnoosou strukturou. Zatímco vyšší teploty podporují sloupovitý růst v mnoha slitinách. Proto je nutné věnovat pozornost rozsahu teplot při odlévání. Odlévací teplota totiž musí být dostatečně vysoká, aby zajistila uspokojivý průtok a zatékání kovu do formy. [11]

Teplota formy.

Teplota formy se řídí především charakteristikou kapalného nebo roztaveného materiálu. Při odlévání roztaveného kovu by teplota formy pro odstředivé odlévání měla být udržována v doporučeném provozním rozsahu pro konkrétní materiál formy, tak i v závislosti na teplotě odlévaného materiálu. Povrch formy zajišťuje odvod tepla. Z vnějšku mohou být formy chlazeny vodou, případně foukaným vzduchem, výjimečně pasivně (menší odstředivé stroje). Takto je zajištěno i samotné tuhnutí odlitku. Stálá provozní teplota slouží k zajištění jednotného cyklického lícího procesu, kvality lití a trvanlivost formy samotné [11].

Čas tuhnutí.

Roztavený kov nebo odlévaný materiál postupně tuhne přímo v rotující formě. Doba tuhnutí závisí na velikosti odlitku, ale i odlévaném materiálu, jeho množství a pohybuje se od několika minut do několika hodin [6]. Po celou dobu tuhnutí bývá stroj v chodu a forma rotuje. Po zatuhnutí se forma postupně uvede do klidu a odlitek se vyjímá z formy. Pro urychlení lícího cyklu a zvýšení taktu stroje se vyjímá ještě ne zcela zchladlý odlitek. Ten se ještě může odložit na odkládací místo, kde zcela zchladne.

2.3 Rozdělení odstředivého odlévání

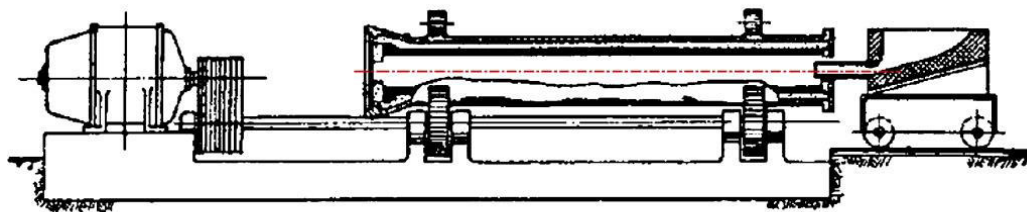
Základní rozdělení odstředivého lití je podle polohy osy rotující formy.

2.3.1 Horizontální odstředivé odlévání

Horizontální odstředivé lití je vhodné pro válcové odlitky s malou a střední tloušťkou stěny do 150mm a pro delší odlitky. Minimální průměr vnitřního otvoru je 60mm a maximální vnější průměr je 750mm. Odlévání trubek, válců a kroužků je možné do maximální délky 4000mm a hmotnosti 2000kg [6].

Formy jsou umístěny vodorovně a otáčejí se kolem vodorovné osy (obr. 3). Formy musí být dobře izolovány, aby tavenina nezatuhla dřív než dojde k dokonalému rovnoměrnému zatečení do všech míst formy zejména u dlouhých odlitků. Izolačních materiálů je velmi mnoho, nejčastěji se však používají žáruvzdorné obložení z keramiky.

Keramika se používá hlavně z důvodu odolnosti proti erozi a poškozování, které mohou být způsobovány v důsledku vysokých teplot odlitků nebo velkou tloušťkou stěny odlitků [4].

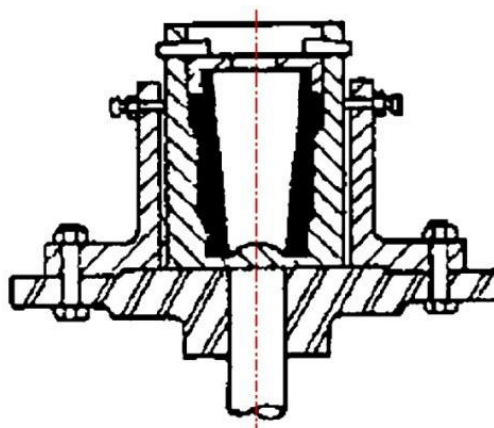


Obr. 3) Horizontální odstředivé odlévání [18]

2.3.2 Vertikální odstředivé odlévání

Vertikální odstředivé lití je vhodné pro válcovité odlitky s malou, ale i velkou tloušťkou stěny, případně se dají vyrábět i válce a disky plného profilu. Maximální vnější průměr je 1100mm, délky odlitků bývají do 1000mm. Hmotnosti odlitků se pohybují až do 2000kg. Odlévání vertikální je vhodné například pro pouzdra, drtící kotouče, polotovary či bandáže hutních válců [16].

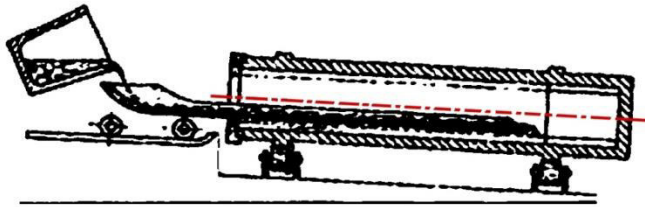
Formy se otáčejí kolem svislé osy a pomocí odstředivé síly je nalitý kov vyzvedáván do výšky a rozváděn dále na stěny formy (obr. 4). Nečistoty a struska jsou usazeny na vnitřní straně odlitku z důvodu rozdílné hmotnosti od základního kovu, po ztuhnutí jsou následně obráběny. Na rozdíl od horizontálního odstředivého lití, nelze vytvořit odlitek s rovnoměrným vnitřním průměrem. Při vertikálním odlévání vzniká kužel. Čím větší máme rychlost otáček formy, tím menší je úhel kužele, a tím je dokonalejší odlitek. Vertikální odstředivé lití je nevhodné pro výrobu potrubí a dlouhých součástí. Tvar vnitřního obrysu však můžeme do určité míry řídit, tento způsob uplatňujeme při výrobě součástí prstencového tvaru. Konstrukce strojů je sestavena tak, aby stroje odolaly statickému a dynamickému zatížení. Skládají se z rotujícího stolu a na něm upevněné formy. Často bývají z bezpečnostních důvodů namontovány pod úroveň podlahy [4].



Obr. 4) Vertikální odstředivé odlévání [18]

2.3.3 Odstředivé odlévání s nakloněnou osou rotace

Nakloněná osa rotace může být buď pod stabilním neměnným náklonem (obr. 5) nebo s měnitelnou osou naklonění.



Obr. 5) Odstředivé odlévání s nakloněnou osou rotace [12]

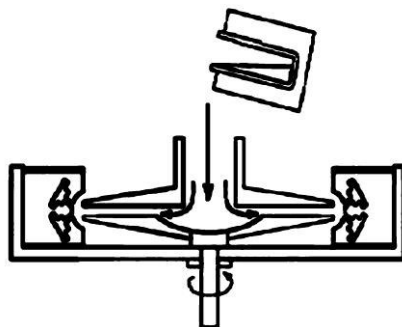
Dosažitelné parametry uvedené u jednotlivých druhů odlévání jsou uvedeny pro představu jako maximální hodnoty, samozřejmě záleží nejvíce na odlévaném materiálu, druhu formy a procesních proměnných parametrech.

2.4 Metody odstředivého odlévání

Odstředivé odlévání se dá rozdělit do tří základních metod.

2.4.1 Odstřed'ování

Formy nebo kokily pro odstřed'ování jsou rozmístěny soustředně okolo osy rotace a ke každé vede lící kanál nebo otvor (obr. 6). Většinou se jedná o vertikální odstředivé odlévání. Forma s odlitkem musí být po dokončení odlévání vyjmutelná ze stroje. Většinou až po nalití kovu do středové dutiny skrz centrální lící kanál je forma roztočena a uvedena do potřebných otáček. Forma nebo kokila může být při odstřed'ování ve stroji třeba jen jedna. Toho se často využívá při odlévání drahých kovů, při výrobě šperků, tedy u odlitků malých hmotností, u kterých nemusí být proces vyvážený. Forem okolo osy rotace může být i více, což umožní výrobu více odlitků v jenom cyklu a zvýší se i efektivita výroby díky spojitému plnění více forem současně. Může být použito více forem umístěných ve více vrstvách nad sebou. Tato metoda má nejširší rozsah použitelnosti a využívá se pro výrobu průmyslových odlitků, jako jsou těla ventilů, třmenů, držáků a dalších často složitějších nesymetrických odlitků, různorodých tvarů, které nelze otáčet kolem jejich vlastní osy. Často se odstřed'ování využívá ve spojení s litím na vytavitelný model a pro lití součástek spíše menších rozměrů. [6][7][12][20].



Obr. 6) Odstřed'ování [12]

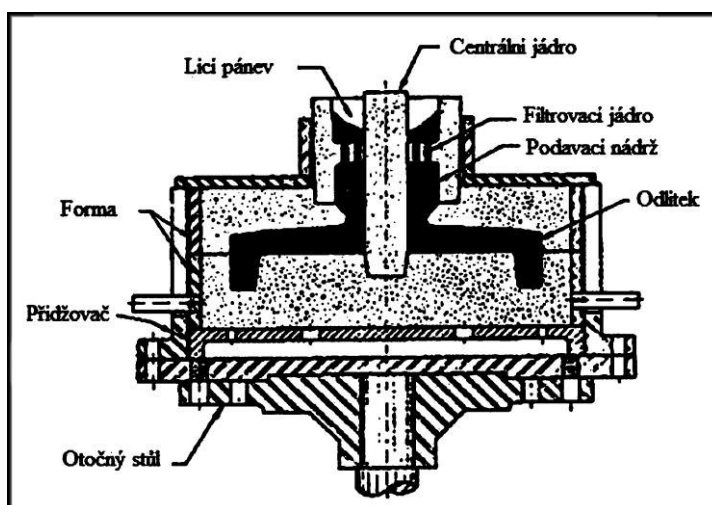
Často se touto metodou odlévají rozměrově menší odlitky i do silikonových gumových forem, kde je kolem středového nálitku s viditelným paraboloidem ve vtokové části rozmístěno větší množství odlitků. Středový náletek nezasahuje do odlitku (obr. 7). Forma je před vlitím odlévaného materiálu již roztočena na potřebné otáčky.



Obr. 7) Odstřed'ování do silikonové gumové formy [13]

2.4.2 Poloodstředivé lití

Touto metodou se nejčastěji vyrábí kola, kladky, řemenice, kola pro pásová vozidla a především tenkostěnné odlitky, u kterých nehrozí na rozdíl od gravitačního lití nedotečení do všech míst formy (obr. 8). Forma se nemusí otáčet tak rychle jako je tomu v případě pravého odstředivého lití, ale vždy se jedná o vertikální odstředivé odlévání. Stačí nižší rychlost rotace formy, ale dostatečně velká natolik, aby vytvořila potřebnou sílu, která způsobí zatečení kovu až do vnějšího okraje formy. Při výrobě kola, které rotuje kolem svého náboje, je dutina tedy plněna od náboje po ráfek, tedy od středu k obvodu a ne jak je tomu u gravitačního lití odzdola nahoru. Toto plnění formy podporuje směr tuhnutí od okraje formy k náboji a naopak od náboje k okraji formy, tuhnutí je obousměrné. Odlévání přes střed náboje zvyšuje produktivitu, a to zejména při odlévání vysoce se smršťujících materiálů a slitin [4] [6]. Tato metoda se využívá pro lití odlitků do pískových forem, které mohou obsahovat i upevňená jádra, což bývá poměrně často použitá varianta [7].



Obr. 8) Polo odstředivé lití [4]

2.4.3 Pravé odstředivé lití, základní odstředivé lití

Je nejužívanější a nejjednodušší metoda odstředivého lití. Roztavený kov se nalévá do rychle otáčející se formy, která se otáčí kolem vlastní osy. Forma se otáčí kolem své osy orientované buď vertikálně (obr. 4), nebo horizontálně (obr. 3), popřípadě i pod náklonem, jak je vidět na (obr. 5). Působící odstředivá síla formuje vnitřní stranu odlitku. Vnitřní dutina má tvar téměř dokonalého válce při jakémkoli tvaru vnější strany, který je obrazem vnitřního tvaru samotné formy. Toto platí pro horizontální odstředivé odlévání (obr. 3). Při vertikálním odstředivém odlévání se gravitační síla projeví vznikem paraboloidu jak je zřejmé z (obr. 2). Při výrobě kratších kusů při vertikálním odstředivém odlévání není tento jev pozorovatelný. K rovnoměrnému rozmístění kovu po stěně formy je potřeba vyvinout vysokou rychlost otáčení, délka součástky při tom nesmí přesáhnout dvojnásobek průměru, jinak hrozí vznik právě paraboloidu. Úhel sklonu vnitřní stěny válce od osy rotace je závislý na rychlosti rotace formy. Pro odlitky jejichž délka přesahuje rozměr průměru, volíme tedy odlévání s horizontální orientací osy rotace. Forma pro odlitek může být s přírubami, drážkami, vybráním. Vnitřní průměr odlitku tedy jeho tloušťka, pak závisí na množství materiálu vlitého do formy. Hlavní podmínkou je dodržení tvaru odlitku, který musí být symetrický vzhledem ke své vlastní ose rotace, aby byl proces vyvážený. U této metody se nepoužívají žádná jádra. Tato metoda se užívá pro výrobu krátkých i dlouhých válcových částí jako jsou roury, trubky, duté hřídele, pláště, pouzdra ložisek a dalších [6][7].

2.5 Materiály forem pro odstředivé odlévání

Pro formy používané u odstředivého odlévání se užívá různých materiálů pro jejich výrobu jako v případě jiných metod odlévání.

2.5.1 Kovové formy

Pokud je to možné, užívají se trvalé formy – kokily (obr. 9). Do těchto forem se dají odlévat všechny druhy kovů, a to za různých teplot. Používají se formy z litiny s lupínkovým grafitem k odlévání mosazi a bronzu. Ocelové kokily se pak používají při odlévání hliníku. Nejčastěji se vyrábějí z žáruvzdorné, zušlechtitelné chrom-molybdenové oceli nebo molybdenové oceli, lze také užít uhlíkatých ocelí [11]. Na některé nezelezné slitiny se používají měděné formy. Výhodou těchto forem je vysoká pevnost, znovu použitelnost formy, rychlé ochlazování a snadné vyjmutí odlitku. Záporem je pak především vysoká cena kvůli náročné výrobě formy. I v případě odlévání do kovových forem většina kovů vykazuje po odstředivém lití viditelné zlepšení mechanických vlastností oproti statickým metodám. [7].



Obr. 9) Ocelová forma [15]

Při odlévání do kokil se musí použít vhodných výsterek samotného povrchu formy. Kov odlévaný do trvalých kokil má kvůli vysokým licím teplotám a nárazovému tření snahu navařovat se na stěnu kokily. Proto jsou kokily chráněny žáruvzdornými výstelkami. [11].

Metody vystélkování kokil jsou následující:

Metoda mokrý sprej.

Do rotující kokily s teplotou 180°C až 350°C se nastříká rozprašovací tryskou žáruvzdorná kaše. Nástřiková tryska regulovanou rychlostí několikrát projíždí kokilou a tím se dosáhne požadované tloušťky výstelky. Ta se pohybuje mezi 1mm až 2mm. Žáruvzdorná kaše je složena ze základní hmoty a pojidla. Pojidlo má dvě funkce. První z těchto funkcí je zabránit základní směsi se usazovat. Druhou funkcí je zajistit po vysušení dostatečnou pevnost a odolnost proti mechanickému poškození od litého kovu. Nejvíce se jako pojivo používá bentonit [11].

Metoda pískování.

Do rotující kokily otáčející se licí rychlostí a opatřené uzavíracími víky, je přes trubku s rozstřikovačem vháněn písek, který neobsahuje žádné pojivo. Písek je tedy na stěnách kokily držen odstředivou silou, proto se před nalitím kovu nesmí snížit otáčky. Vrstva naneseného písku se pohybuje v rozmezí 1,5mm až 4mm v závislosti na typu odlitku [11].

Vystélkování pískem s umělou pryskyřicí.

Písek je obalen pryskyřicí, která funguje jako pojivo. Pryskyřice v kontaktu s rozehrátou kokilou na 250°C až 350°C se nataví a dojde ke spojení pískových zrn a vytvoření souvislé vrstvy výstelky. Tloušťka výstelky se pohybuje mezi 2,5mm až 5mm. Tato metoda má stejné nevýhody jako předešlá metoda pískování a je určena pro lití menších odlitků [11].

Výstelka z pěchovaného písku.

Tato metoda se využívá pouze pro kusovou výrobu. Mezi kokilu a perforovaný ocelový válec je napěchován formířský písek v tloušťce 25mm až 100mm. Poté je modelovací trubka vytažena a na vrstvu písku je nanese žáruvzdorná kaše v tloušťce 3mm až 5mm. Poslední fází přípravy této výstelky je několikahodinové sušení v peci. Největším problémem této metody je dosažení rovnoměrné vrstvy při pěchování [11].

Vylévání ocelových forem.

Kašovitý stěr se při rotaci nanese na ocelový plášť. Následně je výstelka několik hodin vypalována v peci, kvůli odstranění zbytkové vlhkosti. Tato metoda je z ekonomického hlediska využitelná pouze v kusové výrobě [11].

Ze všech těchto metod je dnes nejvíce užívána metoda mokrý sprej, protože nejméně ovlivňuje povrch odlitku a není tak náročná na vytvoření jako ostatní metody [11].

2.5.2 Pískové formy

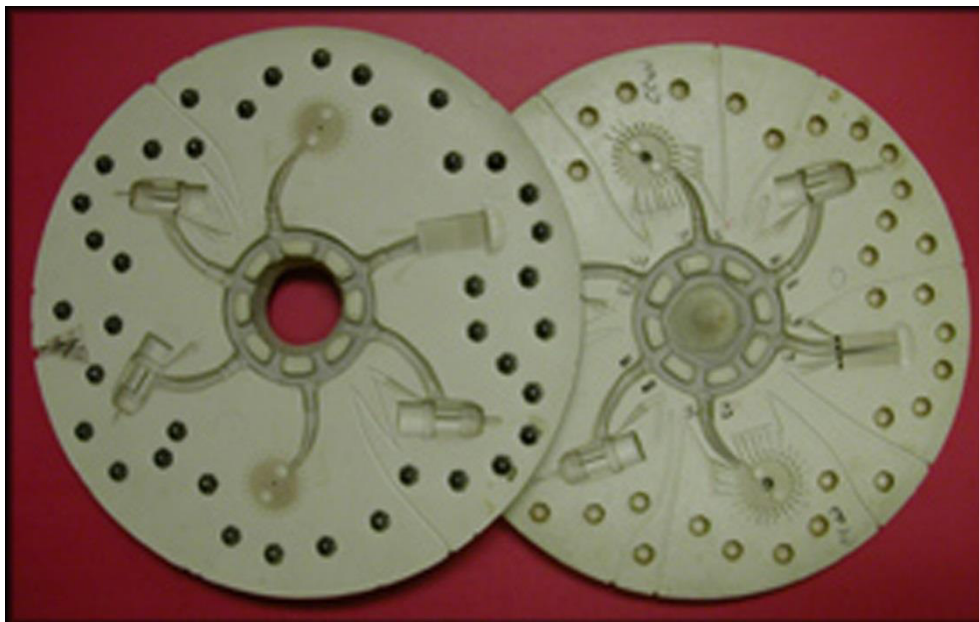
Často používaným materiálem pro výrobu forem je písek, především při odlévání jednolitých kusů či velkých součástek. Povrch formy se musí náležitě upravit. Nevýhodou je nízká tepelná vodivost pískových forem. Většina kovů vykazuje po odstředivém lití viditelné zlepšení mechanických vlastností. Při lití do pískových forem jde o přibližně o 10% zlepšení oproti statickým metodám. Největších změn se dosahuje u pevnosti v tahu a tvrdosti [7].

2.5.3 Grafitové formy

Grafitové formy se díky vysoké tepelné vodivosti užívají u součástí masivních rozměrů, kde je potřeba dodržet vysokou jakost odlitku. Nevýhodou oproti kovovým formám je počet opakovaných použití, které je několikrát nižší. Pohybuje se v rozmezí 10 až 100 opakovaných použití. Dochází k tomu z důvodu otěru grafitu při vyjímání odlitku, popřípadě neopatrnou manipulací. Kladem je hlavně nižší pořizovací cena [7].

2.5.4 Silikonové gumové formy

Silikonové gumové vulkanizované formy (obr. 10) se často využívají při odstředivém odlévání zinkových slitin, cínových slitin, olova, epoxidů, polyesterů a to z důvodu nižší lící teploty. Pro každý odlévaný materiál se vyrábí speciální směs materiálu silikonové gumové formy. Horní hranice teploty odlévaného materiálu se pohybuje do 500°C [23]. Tolerance odlitých rozměrů jsou vlivem poddajných vlastností formy horší, což může být pro určité odlitky problémem. Tolerance rozměrů se pohybují v rozmezí 0,5-0,8% rozměru oproti přibližně 0,2% rozměru v případě kovové formy. Využívají se i pro hliníkové a hořčíkové slitiny, ale pouze v menší míře, jelikož rychleji ničí formu. Využití nachází pro odlitky z materiálu, jehož lící teplota je nižší než teplotní odolnost formy. Toto teplotní omezení je nevýhodou těchto forem. Je nutné zařídit dostatečné chlazení během, a po procesu odlévání. Ze stejného důvodu se nesmí též odlévat tlustostěnné odlitky. Výhodou je nízká cena materiálu k výrobě formy, rychlost její výroby a následná nenáročná upravitelnost, a to zejména v oblasti vtokových a výfukových kanálů. Při správném chlazení formy ji lze využívat vícekrát. Vysoké teploty způsobují vypalování, a křehnutí formy. Do těchto forem se často odlévají prototypové součástky a drobné součástky. Do forem z tohoto materiálu se odlévá i zlato, vyrábí se tak šperky či zubní náhrady. [7]



Obr. 10) Silikonová gumová forma [16]

V návaznosti na kapitulu věnující se volbě parametrů stroje, bude zde ještě podrobněji popsána výroba samotných silikonových gumových forem.

Modely pro výrobu silikonových gumových forem.

Jelikož se silikonová guma zpracovává vulkanizací za zvýšené teploty 90°C až 180°C a tlaku [23], jsou na modely kladeny dva požadavky a to, aby zaformovaný model odolal zvýšené teplotě i vyššímu tlaku. Je nutné pamatovat na to, že při vulkanizaci vzroste teplota nejen silikonové formy, ale i samotného modelu a dojde ke změně jeho rozměru v závislosti na jeho velikosti a koeficientu teplotní objemové roztažnosti. Nejčastěji se modely vytvářejí z materiálů jako je hliník, mosaz, ocel nebo plast. K vytvoření členitých reliéfů a složitých dílců se může využít libovolné metody výroby, a to jak pomocí konvenčních postupů, tak i postupů nekonvenčních. Vhodná pro výrobu tvarově složitějších modelů přichází v úvahu některá z metod Rapid prototypingu. V případě, že předpokládaná závislost změny rozměrů modelu při výrobě formy a následné hodnotě smrštění odlévaného materiálu v této zvětšené dutině je vyhovující, dá se s úspěchem použít pro výrobu formy již hotového dílu a vytvořit tedy jeho kopii pokud se původní díl hodí k zaformování za zvýšené teploty a tlaku.

Postup výroby formy.

Forma je dělená a složena ze dvou polovin a to z horní a spodní části. Polotovary pro výrobu formy jsou dva kotouče surového materiálu požadovaného průměru a výšky. Tyto dva parametry společně s požadavkem na silikonový materiál jsou uváděny při nákupu polotovarů. Materiály pro výrobu formy se značně liší, a to jak vhodností pro odlévání materiálu, tak možností vulkanizace, dosahované kvality a uvažované životnosti formy. Výrobce silikonových materiálů uvádí až 300 různých směsí, které je schopen dodávat, výběr několika z nich je na (obr. 11) [23].

BA 65 HT	LIGHT BLUE	Rubber with exceptional thermal resistance for the construction of pieces of medium/large mass, ideal for zamak alloys. It can be used with excellent results even on tin, lead and other low melting alloys.	63-65 sh-A 2.3 / 2.5% ÷ 230 mm ÷ 170 - 180° C 2 h
RA 65 L	PINK	Rubber with hardness suitable for simple items or light undercuts.	62-64 sh-A 2.3 / 2.5% ÷ 250 mm ÷ 170 - 180° C 2 h
N1	WHITE	Rubber with good thermal resistance for pieces of medium size. Excellent also for footwear accessories, buckles with bridges or with light undercuts.	61-63 sh-A 2.3 / 2.5% ÷ 200 mm ÷ 170 - 180° C 2 h
SB 55 HT	BLUE	Medium-hard rubber, particularly suitable to withstand high temperature and tears. Excellent for items with medium undercuts, but also for simple pieces.	55-57 sh-A 2.3 / 2.5% ÷ 280 mm ÷ 170 - 180° C 2 h

Obr. 11) Druhy silikonových směsí výrobce NICEM [23]

Materiál budoucí formy, spodní silikonový kotouč, je vložen do vulkanizačního rámu (obr. 13a). Do jedné i do druhé poloviny formy se ručně vyřeže dutina v přibližném tvaru modelu. Díky tomu dojde k hrubému uložení modelu v požadované přesnosti a vlastně se tím i určuje dělicí rovina odlitku. Následně jsou zaformovány modely (obr. 13b). Jsou vloženy centrovací prvky (obr. 13c). Po obvodu formy se umístí centrovací kolíky, které zajišťují přesné vedení obou polovin formy a také zabraňují jejich vzájemnému posunutí. Tyto centrovací prvky různého tvaru a provedení se mohou umístit i blíže osy rotace. Dělicí rovina formy se před vulkanizací separuje silikonovým sprejem nebo jinými přípravky, aby při vulkanizaci nedošlo ke spojení horní a spodní části formy (obr. 13d). Vloží se model vtokového kanálu (obr. 13e). Popřípadě i dutina pro umístění rozváděcího kola. Do horní poloviny formy se vyřízne otvor pro prosunutí modelu vtokového kanálu a vloží se do rámu (obr. 13f). Vulkanizační forma se uzavře a sepne i s vsazenými modely, centrovacími prvky, vtokovým kanálem popřípadě rozváděcím tělesem (obr. 13g) [23].



Obr. 12) Vulkanizační zařízení TEKCAST INDUSTRIES [34]

Vulkanizační rám se umístí do stroje pro vulkanizaci (obr. 12). Rám může být složen z pevné spodní desky a obvodového mezikruží. Horní deska je v obvodovém mezikruží uložena s vůlí a může se volně v mezikruží pohybovat a přenášet tak přímo sílu ze zařízení na obě poloviny formy a vyvolat tak potřebný tlak. Vulkanizační rám bývá vyroben nejčastěji z oceli, jelikož je nutné přenést teplo z vyhřívaných desek vulkanizačního zařízení do vulkanizačního rámu a následně do silikonového materiálu formy (obr. 13h). Teplota a tlak musí být na tomto zařízení nastavitelné dle materiálu formy. Čas vulkanizace závisí na tloušťce celé formy, aby došlo k zvulkanizování v celém průřezu materiálu. Takto zpracovaná forma je rozměrově stálá, odolná proti chemikáliím a hlavně zvýšeným teplotám při odlévání. Forma je tužší než nezpracovaný materiál, ale zároveň je stále dostatečně pružná pro snadné vyjímání odlitků i s kanály a středovým vtokovým nálitkem. Následně je, za působení tepla a tlaku po určitý čas, forma vyjmuta z vulkanizačního rámu a je rozebrána (obr. 13ch). Díky pružnosti formy se dají odlévat a poměrně snadno vyjímát odlitky bez úkosů nebo i se zápornými úkosy [23].

Do formy, a to většinou jen do jedné poloviny, se v tomto stavu po vulkanizaci, zchlazení a vyjmutí modelů, vtokového kanálu, rozváděcího kola následně ručně, pomocí tvarových nožů a skalpelu, vyřezává vtokový systém, rozváděcí kanálky (obr. 13i). Dle velikosti odlitku a v závislosti na odlévaném materiálu se toto vyřezávání děje buď na jedné polovině formy nebo i na obou polovinách. Vtokový systém se samozřejmě vyřezává do každé dutiny představující budoucí odlitek. Zářez má tvar plochého klínu, a to z důvodu lehkého ulomení vtoků a výfuků od hotového odlitku. Tvar kanálu samozřejmě záleží na zkušenostech a zvyku formaře té které dílny. Odvzdušnění formy je velmi důležitou součástí celého systému, protože guma je neprodyšná. Od všech dutin budoucích odlitků musí vést i odvzdušňovací kanály. Ty musí mít vyústění v obvodu formy a to pro úplné vypuštění vzduchu z prostoru odlitku (obr. 13j). Forma je připravena k odlití [23].

Postup odlévání do silikonové gumové formy.

Takto připravená forma je následně v dělicí rovině odseparována vhodným prostředkem. Poté je sevřena v pracovním prostoru stroje předdefinovanou silou mezi dvě válcové desky a následně roztočena. Stlačení formy mezi otočné desky zamezuje úniku odlévaného materiálu do pracovního prostoru stroje. Následně dochází k vlastnímu odlévání přes vtokové hrdlo stroje, který navazuje na vtokový průchod formy. Například při odlévání zinkových slitin tato sevřená fáze trvá řádově od desítek sekund do několika minut a je závislá na velikosti odlitku. Po zchlazení a plynulém zastavení stroje je uvolněno sevření a forma je ze stroje vyjmuta (obr. 13k). Následně jsou z formy vyjímány i odlitky. Po té se oddělí vtoková a výfuková soustava [23].



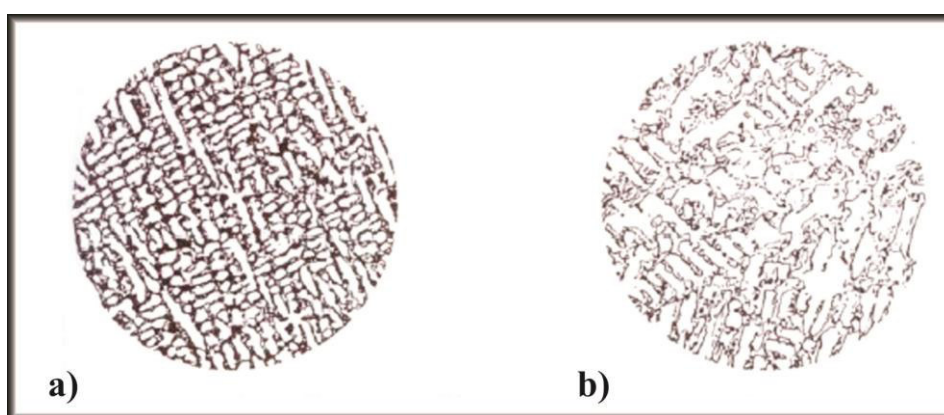
Obr. 13) Postup výroby formy pro stroje NICEM [23]

2.6 Odlévané materiály

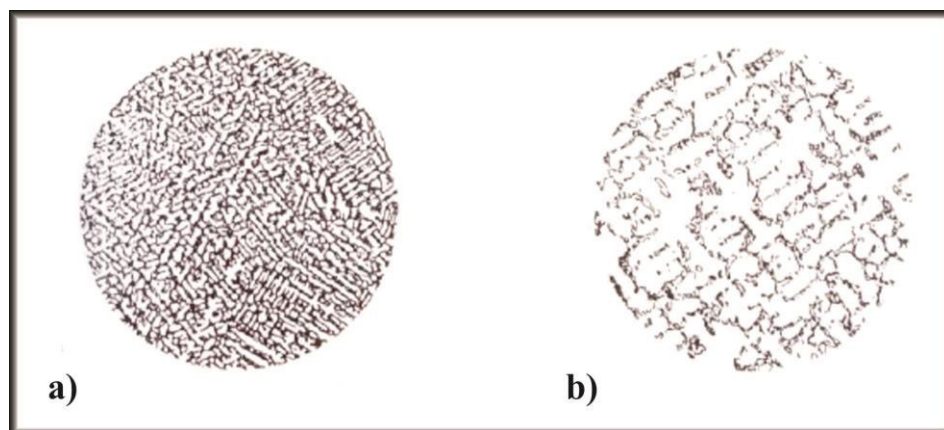
Téměř veškeré materiály, které lze odlévat do pískových forem, je možné odlít i metodou odstředivého lití.

2.6.1 Ocel

Jedním ze základních materiálů pro odlévání je ocel. Ocel odlévaná odstředivým litím vykazuje lepší mechanické vlastnosti než ocel odlévaná gravitačním litím. Jedná se o zjemnění zrna (obr. 14) a (obr. 15) a zvýšení pevnosti v tahu. Ocelové odlitky se používají hlavně pro výrobu trubek zejména pro chemický a petrochemický průmysl a pro tvarově složitější odlitky a díly tepelně namáhané [6].



Obr. 14) Nerezová ocel a) odstředivé lití, b) gravitační lití [6]



Obr. 15) Měkká ocel a) odstředivé lití, b) gravitační lití [6]

2.6.2 Litina

Odlévají se litiny různých složení a není nikterak omezeno jejich složení, takže spektrum je velice široké. Často se používá litina s kuličkovým grafitem pro silně namáhané tlakové a odpadní, drenážní trubky. Dále se používá litina pro výrobu ložisek, kde se může uplatnit možnost kvalitního odlití dvouvrstvého materiálu. Často se používají litinové odlitky pro válce válcovacích stolic. Vyrábí se i tenkostěnné odlitky, které nejdou snadno vyrobit gravitačním odléváním, jako jsou vložky. Odlévání litiny odstředivým litím je kromě jiného i značně ekonomicky výhodnější díky přesnějším odlitkům a následně menším přídávkům na obrábění [6].

2.6.3 Slitiny hliníku

Nejvhodnější materiál pro odstředivé lití jsou slitiny hliníku s krátkou dobou tuhnutí. Nejméně použitelné pak slitiny hliníku obsahující velké množství fosforu, který ztěžuje oddělitelnost odlitku od formy. Další obtíž představuje vyšší obsah olova ve slitině. Rozsah odlévaných hliníkových slitin je značně široký [6].

2.6.4 Slitiny zinku

Zinkovo hliníkové slitiny se často odlévají do silikonových gumových forem. Čistý zinek se pro odlévání nepoužívá. Výborná slévatelnost zinkových slitin umožňuje současně dosáhnout přesných rozměrů a dobré kvality povrchů odlitků. Čistý zinek je základem pro slitiny, které mimoto obsahují kolem 4% hliníku a cca 0,03% hořčíku. Hliníkem a mědí se zlepšuje lití a viskozita. Dosahuje se jemnější zrnitosti a zlepšení mechanických vlastností. Obzvláště se zlepši pevnost, tvrdost a vrubová houževnatost. Často se odlévají dílce menších rozměrů [26].

2.6.5 Slitiny mědi

Zpracovatelná je naprostá většina slitin mědi. Velikost odlévaných součástí se značně liší.

Bronz.

Bronzové odlitky vyrobené odstředivým odléváním se vyznačují lepšími mechanickými vlastnostmi, než odlitky do pískových forem. Zvýší se hodnoty pevnosti v tahu a rozdíly jsou viditelné u velikosti zrna, které je mnohem jemnější. Nejčastěji se odlévají pouzdra, vložky, ozubené a šnekové věnce, klece kuličkových a válečkových ložisek [5,6,7].

Hliníkový bronz.

Tato slitina má široké spektrum použití. Užívá se pro výrobu přírub, trubek a ventilů do agresivních prostředí mimo jiné i díky dobré svařitelnosti materiálu [27].

Slitiny měď-níkl.

Tyto slitiny se používají k výrobě prvků hlavně pro námořní potřeby, například trubky nebo těla těla ventilů. Důvodem je dobrá odolnost vůči slané mořské vodě, která je velice agresivní [7].

2.6.6 Titan

Kvalitní titanové slitiny je třeba odlévat ve vakuu a ve formách vzniklých metodou vytavitelného vosku, čímž se získá forma, která nejméně reaguje s titanem. Nevýhodou je v tomto případě nižší únavová pevnost hotového odlitku, k čemuž dochází vlivem uvolňování kyslíku při reakcích formy a kovu. Kyslík následně reaguje s povrchem tuhnoucího titanu a vytváří tak porézní vrstvu nezanedbatelné hloubky s nepravidelným zrnem. Tato vrstva je kvůli struktuře ještě pevnější než požadovaný materiál, je tedy problém ji odstranit. Jediná možnost ošetření je tedy správná volba slitiny, materiálu formy a volba vhodné teploty procesu. Problémová je též vysoká viskozita titanu, kvůli které dochází v některých případech k neúplnému dotečení materiálu do všech míst formy [7].

2.6.7 Dvouvrstvé odlitky - bimetalické

Odstředivé lití jako technologie výroby válcových tvarů navíc umožňuje lití vícevrstevných materiálů (obr. 16). Materiály se v základu musí lišit teplotou tuhnutí (vnitřní kov o nižší hodnotě), existují však výjimky, možnosti kombinace materiálů jsou uvedeny v (tab. 1). Doba mezi dokončením lití prvního materiálu a začátkem druhého by měla být maximálně do 60 sekund.

Výsledkem je výrobek, jehož vlastnosti se na vnější straně výrazně liší od vnitřní vrstvy. Rozdílných vlastností těchto bimetalických součástí je užíváno ve speciálních případech, nejčastěji jde o trubky pro dopravu chemikálií, ropy či vody. Požadavkem je rozdílná odolnost vnějšího a vnitřního povrchu nebo potřeba součástí, které mohou odolávat vyššímu mechanickému namáhání [7].

Tab. 1) Příklady kombinací dvouvrstvých odlitků [6]

Vnější kov (vyšší teplota tuhnutí)	Vnitřní kov (nižší teplota tuhnutí)
Ocel	Měď
Ocel	Monel (slitina niklu a mědi)
Ocel	Nikl
Nerezová ocel	Šedá litina
Nikl	Šedá litina
Měď	Šedá litina
Chromová ocel 5%	Nerezová ocel



Obr. 16) Dvouvrstvý odlitek [18]

2.6.8 Další odlévané materiály

Odstředivé lití se používá i pro odlévání dalších materiálů, které nejsou tak široce zastoupeny v celkové produkci odstředivě odlévaných dílců. Při metodě odstředování se odlévají zejména drahé kovy jako zlato a stříbro. Další odlévané materiály především do silikonových forem jsou především cín, olovo a další kovové slitiny do teploty odlévání 500°C [33]. Následně se dá tato metoda použít i pro odlévání polyesterů, polyuretanů, epoxidů, slévárenských vosků, polyuretanových pryskyřic a termoplastů. Odlitky z těchto materiálů jsou tvarově přesné a rozměrově spíše menších rozměrů [33].

2.7 Konstrukce a vady odstředivě litých odlitků

Metoda odstředivého odlévání se užívá v převážné většině pro odlévání kruhovitých, mezi kruhových nebo přibližně kruhovitých osově souměrných součástí. Při odlévání bychom měli omezit množství přírub, nejlépe pouze na jednu stranu odlitku, neboť způsobují problémy při nevhodném smršťování kovu [6]. Některé součástky lze odlít rovnou jako hotový produkt. Mezi součástky, které je možné odlít téměř přímo jako hotovou součást, patří výrobky odlévané v silikonových gumových formách.

2.7.1 Konstrukce odstředivě odlévaných odlitků

Při odstředivém odlévání není nutné dělat velké poloměry zaoblení u přírubových hran, výjimku tvoří odstředivé odlévání do pískových forem. Zde je potřeba dát pozor, aby nevznikaly ostré úhly. Ty více namáhají formu a zkracují tak její životnost, což obecně platí u všech odlévacích metod. Vnější tvar odlitku může být jakýkoliv osově symetrický tvar – kruhový, rýhovaný, mnohostranný. V případě velkých odlitků je nutné formu dobře vyvážit, například vhodným rozestavěním vtoků a toto vyvážení zkontrolovat [6].

Vnitřní povrch v případě dutých odlitků takto rovnou tvarovat nelze, lze řídit jen tloušťku stěny množstvím vlitého materiálu. Je tedy potřeba zvětšit tloušťku stěny za účelem pozdějšího opracování na požadovaný tvar. Tloušťka stěny odlitku se u základního pravého odstředivého odlévání pohybuje přibližně v rozmezí 6mm až 150mm. Minimální odlitý otvor je 3mm. V případě menších otvorů se díra neodlévá, ale následně vrtá [6]. Toto neplatí pro všechny metody odstředivého odlévání. Záleží i na rozměrech odlitku. Pro silikonové gumové formy jsou odlité otvory i menší. Pro co nejlepší podmínky plnění formy a následného smršťování je nejlepší umístit předlité jádrové otvory co nejbližše ose rotace [6].

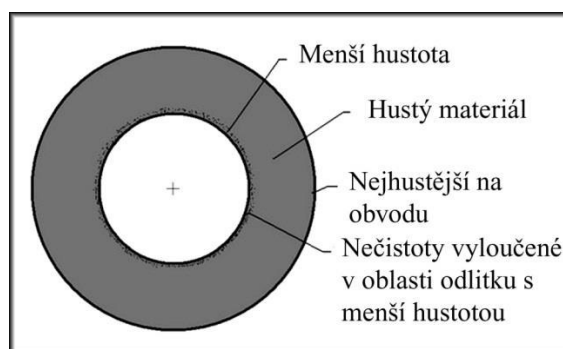
Přídavek na odlévání závisí na tvaru odlitku a metodě odlévání a na následném určení odlévaných ploch. Při užití pískové formy se vnitřní přídavek pohybuje od 4mm do 40mm dle daného materiálu a rozměrů odlitku. Kvůli smršťování chladnoucího odlitku u rozměrnějších součástí se volí větší přídavek. V případě jiných než pískových forem vystačí tento přídavek okolo 6mm. Vnější přídavek se pohybuje v rozmezí 8mm až 16mm pokud bude i tato plocha následně opracovávána. K dosažení dokonalého povrchu je nutno vícenásobné opracování a tedy větší přídavek. U ploch, které nejsou určeny k lícování, nebývá potřeba dalšího opracování. Podle typu namáhání u tlakově zatížených ocelových součástí činí minimální přídavek 3mm, tvoří běžně 20% odlité tloušťky stěny [6].

Při výrobě ozubených kol či řemenic je důležitá vhodná volba velikosti zubů a žeber. Jejich dostatečná tloušťka nebo průřez zajistí dobré plnění formy bez předčasného tuhnutí. Experimentálně bylo zjištěno, že poměr plochy průřezu žebra k objemu materiálu, který jím proteče, má být alespoň 1:10. U trvalých forem je častý přídavek na smršťování. Formy do 250mm vnitřního průměru vyžadují až 3mm na každých 300mm délky. S vyšší hodnotou přídavku stoupá životnost formy. Nad 300mm již přídavek na smršťování není nutný, dále už se řídí hodnotami pro pískové formy [6].

2.7.2 Vady odstředivě odlévaných odlitků

Segregace.

Složky o nižší hustotě se vlivem odstředivé síly přemisťují na vnitřní povrch odlitku, popřípadě do jeho středu (obr. 17) [6]. Složky o nižší hustotě, rozdílné hmotnosti než má odlévaný materiál jako jsou nečistoty, vměstky, písek, struska a jiné nežádoucí složky, jsou vypuzeny směrem k vnitřnímu povrchu otáčející se formy. Stejně tak i vzduchové a plynové bubliny. Jejich vyloučením vzniká mnohem čistší odlitek se stejnou pevností, vyšší hustotou a především lepšími mechanickými vlastnostmi. Vrstva obsahující tyto nechtěné částice se odstraní obrobením, popřípadě se oddělí od odlitku, pokud do něj nezasahuje [6,7]. Toto chování odlévaného materiálu a nečistot nemusí být bráno vysloveně jako vada.



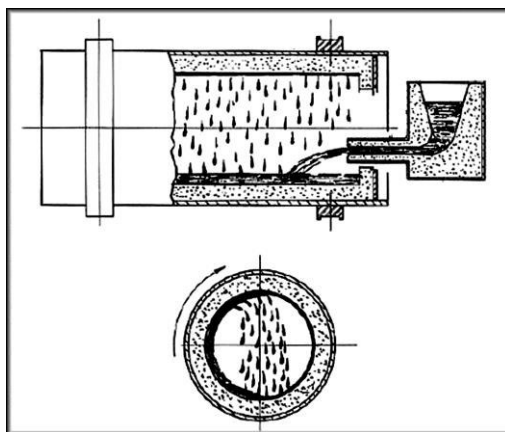
Obr. 17) Nečistoty vyloučené na vnitřní povrch odlitku [21]

Teplné trhliny.

Podlouhlé trhliny vznikající kvůli vysokým rychlostem rotace. Jde o kombinaci smršťování odlitku a zvětšování formy, což generuje napětí překračující pevnost kovu při teplotách v oblasti solidu [6]

Raining.

Při příliš nízkých otáčkách formy nebo při nadměrně vysoké rychlosti lití, se při odstředivém odlévání s horizontální osou rotace, kov nedaří na stěně formy a padá dolů vlivem gravitace. Problémem může být i vysoká teplota kovu, což snižuje jeho viskozitu. Kvůli tomu materiál dostatečně nedaří na povrchu formy (obr. 18) [6].



Obr. 18) Nečistoty vyloučené na vnitřní povrch odlitku [7]

2.8 Výhody a nevýhody, srovnání odstředivého odlévání

2.8.1 Výhody a nevýhody odstředivého odlévání

Odlitky vyrobené metodou odstředivého odlévání mají specifické vlastnosti oproti jiným metodám odlévání. Porovnání odstředivě odlitých odlitků se staticky gravitačně litými odlitky je uvedeno v (tab. 2). Při porovnání odstředivě odlitých odlitků s výkovky a vývalky se mezi výhody řadí nižší zaváděcí náklady, rychlejší spuštění výroby, příznivější ekonomika malých sérií [11].

Tab. 2) Porovnání odstředivě litých odlitků s gravitačními [11]

Výhody	Nevýhody
Lepší mechanické vlastnosti při stejném chemickém složení	Nedají se odlévat odlitky s neválcovou dutinou
Nížší obsah nežádoucích vměstků	Tvarová omezení
Vyšší čistota a homogenita	Vnitřní průměr je obvykle třeba obrobit
Jemnější struktura zrna	Dlouhé licí časy u větších odlitků
Možnost výroby vícevrstvých odlitků	
Vyšší využití odlévaného materiálu	
Nížší zmetkovitost při výrobě	

2.8.2 Srovnání odstředivého odlévání s dalšími technologiemi odlévání

Ze srovnání s ostatními metodami je viditelné, že tato metoda je velmi vhodná, efektivní a ekonomická pro dané specifické díly (obr. 19) a (obr. 20). Umožňuje výrobu širšího spektra výrobků.

Metoda liti	Rozměry (mm)	Tolerance IT	Hmotnost (kg)	Tloušťka (mm)	Drsnost Ra (μm)
Pískové formy	5 až 5 . 10 ³	15	2 . 10 ⁻² až 3 . 10 ⁵	3 až 600	12,5 až 200
Skořepinové formy (Croning)	2 až 5 . 10 ²	13	0,2 až 150	2 až 40	6,3 až 25
Sádrové formy	1 až 5 . 10 ²	12	0,1 až 15	1 až 20	1,6 až 12,5
Vakuové formy	5 až 3 . 10 ³	14	0,1 až 10 ³	2 až 200	12,5 až 200
Vytavitelný model	5 až 2 . 10 ³	10	10 ⁻³ až 10 ²	0,2 až 20	1,6 až 25
Spalitelný model	10 až 5 . 10 ³	12	1 až 10 ⁵	2 až 600	12,5 až 100
Keramické formy (Shaw)	1 až 5 . 10 ²	13	1 až 10 ³	2 až 40	3,2 až 25
Kokily	50 až 10 ³	12	1 až 10 ³	2 až 600	3,2 až 25
Odstředivé liti	50 až 10 ⁴	12	0,5 až 5 . 10 ³	5 až 500	6,3 až 25
Nizkotlaké liti	50 až 10 ³	12	0,5 až 10 ³	2 až 50	3,2 až 12,5
Vysokotlaké liti	1 až 2 . 10 ³	10	10 ⁻³ až 15	0,4 až 15	1,6 až 12,5

Obr. 19) Parametry odlitků podle metody liti [22]

Metoda liti		Specifické vlastnosti a použití	Vhodnost ekonomické série (ks)
Pískové formy	ručně	Jednoduchá výroba, vhodné pro unikátní výrobky a všechny kovy, malá přesnost	1 až 100
	strojně	Nejběžnější sériová výroba lehkých a středních odlitků ze všech kovů, malá přesnost	nad 100
Skořepinové formy (Croning)		Rychlá výroba forem, přesné a hladké odlitky, omezená hmotnost, vysoké náklady	10 ² až 10 ⁴
Sádrové formy		Přesné a hladké odlitky, tekutá formovací směs, pevný nebo pružný model, zdlouhavá výroba, pomalé tuhnutí, vhodné pro neželezné kovy	1 až 10 ⁴
Vakuové formy		Formovací materiál bez pojiva, dokonalá reprodukce tvaru, snadné vytlačování a čištění, vhodné pro všechny kovy, omezené výškové rozměry modelu	10 ² až 10 ³
Vytavitelný model		Vysoká přesnost, minimální obrábění, hladký povrch, vhodné pro všechny kovy, tvarově složité odlitky, omezená velikost, drahá výroba	10 ² až 10 ⁴
Spalitelný model		Jednorázové použití modelu, nedělené formy, v kombinaci s keramickou formou vysoká přesnost, možnost použití písku bez pojiva, vhodné pro velké i malé odlitky	1 až 10 ⁵
Keramické formy (Shaw)		Přesné a hladké odlitky, tekutá formovací směs, pevný nebo pružný model, drahá výroba	1 až 10 ³
Kokily		Vysoká přesnost odlitku, lepší mechanické vlastnosti, drahá forma, s výstelkou vhodné i pro slitiny s vysokou tavící teplotou, vysoká produktivita	10 až 5.10 ³
Odstředivé liti		Jednoduchá výroba odlitků s dutinami rotačního tvaru, lepší mechanické vlastnosti, vhodné téměř pro všechny kovy	10 ³ až 10 ⁴
Nizkotlaké liti		Vysoká přesnost, zlepšení dosazování, lepší využití kovu, drahá výroba formy, vhodné téměř pro všechny kovy	10 ³ až 10 ⁵
Vysokotlaké liti		Vysoká přesnost a kvalita povrchu, vysoká produktivita. Drahá forma a strojí zařízení, pórovité odlitky. Vhodné pro slitiny Al, Mg, Zn, Cu, litinu	10 ³ až 10 ⁵

Obr. 20) Charakteristika slévarenských metod [22]

U silikonových forem je zajímavé srovnání s jinými způsoby odlévání tak, jak je uvádí dodavatel strojů a polotovarů pro silikonové formy firma TEKCAST INDUSTRIES na (obr. 21) a (obr. 22).

Technologie	Odstředivé liti	Tlakové liti	Liti do sádry	Liti do pisku
Materiál formy	Vulkanizovaná guma	Obráběná nástrojová ocel	Sádra	Pisek
Litý materiál	Zinek, cín, olovo, epoxid, polyester	Zinek, hořčík, hliník	Většina neželezných kovů	Většina kovů
Průměrné náklady na výrobu formy v (USD)	35-850	1000-250000	1000-25000	500-10000
Ekonomicky výhodná série	1 a více	25000 a více	100 a více	100 a více
Vhodná velikost odlitků (mm)	12,5-300	12,5-300	100-900	75-900
Vhodná tloušťka stěny odlitku	3-12,5	3-20	3-25	6-25
Přesnost odlitku	Velice přesné	Nejpřesnější	Přesné	Nejméně přesné
Možnost měnit tvar dutiny	Nejsnadnější	Velice obtížné	Obtížné	Snadné
Náklady na odlitek	Velice nízké	Nejnižší	Velice vysoké	Velice nízké
Potřebné následné opracování	Velice malé nebo žádné	Nejmenší nebo žádné	Malé	Největší
Termín výroby prvního odlitku	3 hod. – 2 dny	12–24 týdnů	6-12 týdnů	4-12 týdnů

Obr. 21) Srovnání metod odlévání od firmy TEKCAST INDUSTRIES [34]

Technologie	Liti na vytavitelný model	Gravitační liti	Liti do uhlíkových forem	Lisování plastických hmot
Materiál formy	Keramika	Obráběná ocel	Obráběný grafit	Obráběný hliník, mosaz, nástrojová ocel
Litý materiál	Většina kovů	Zinek, hořčík, hliník	Zinek	Většina termoplastů
Průměrné náklady na výrobu formy v (USD)	1000-25000	5000-125000	2000-30000	5000-150000
Ekonomicky výhodná série	1000 a více	10000 a více	5000 a více	15000 a více
Vhodná velikost odlitků (mm)	25-600	100-600	100-600	12,5-600
Vhodná tloušťka stěny odlitku	3-25	6-25	6-25	3-25
Přesnost odlitku	Velice přesné	Nepřesné	Nepřesné	Nejpřesnější
Možnost měnit tvar dutiny	Velice obtížné	Obtížné	Obtížné	Velice obtížné
Náklady na odlitek	Nejvyšší	Nízké	Vysoké	Nejnižší
Potřebné následné opracování	Velice malé nebo žádné	Malé	Malé	Nejmenší nebo žádné
Termín výroby prvního odlitku	8-16 týdnů	12-24 týdnů	8-16 týdnů	12-24 týdnů

Obr. 22) Srovnání metod odlévání od firmy TEKCAST INDUSTRIES [34]

3 ANALÝZA DOSTUPNÝCH STROJŮ

Z předchozí analýzy je zřejmé, že pojem odstředivého odlévání je velice široký a komplexní. Na základě tohoto zjištění je důležité pro návrh a určení potřebných parametrů odlévacího stroje a jeho konstrukci vybrat z uvedených možností jen některé. A to z toho důvodu, aby bylo určení stroje jednoznačné a konstrukce proveditelná. V návaznosti na tento výběr je následně provedeno srovnání parametrů již vyráběných a na trhu dostupných strojů. Z tohoto srovnání získáme konkrétní vstupní parametry navrhovaného stroje a poznatky pro možnosti jeho konstrukčního provedení.

Z uvedeného základního rozdělení technologie odstředivého odlévání se omezíme na užší zadání pro určení navrhovaného stroje na následující, které budou z dostupných strojů analyzovány. Bude se jednat o stroj pro vertikální odstředivé odlévání. Půjde o lití odstředivým a to do silikonových gumových forem vyrobených vulkanizací. Horní hranice teploty odlévaného materiálu bude do 500°C. Bude se tedy jednat hlavně o odlévání slitin zinku, slitin cínu, olova a dalších. Parametry pro analýzu dostupných strojů na trhu vycházející z analýzy odstředivého odlévání a jsou shrnuty v (tab. 3).

Tab. 3) Parametry pro analýzu dostupných strojů

Parametr	
Poloha osa rotace	Vertikální
Metoda odlévání	Odstředivání
Materiál formy	Silikonová guma
Teplota odlévaného materiálu	500°C

3.1 Stroje výrobce NICEM S.p.A.

Italský výrobce s dlouholetou zkušeností s výrobou strojů pro odstředivé odlévání od roku 1972. Nabízí rozsáhlý sortiment jak samotných strojů, tak i technologického příslušenství. Jedná se tedy o dodavatele komplexních technologických celků, ale i samostatných zařízení a příslušenství. Jde především o stroje pro odstředivé lití, silikonové guma pro výrobu forem, vulkanizační rámy pro výrobu forem, stroje pro vulkanizaci forem. Dále dodává na trh elektrické nebo plynové pece pro tavení odlévaného materiálu, vibrační stroje pro povrchovou úpravu a čištění odlitků, mycí stroje, chladicí stoly. Výrobce organizuje a pořádá řadu kurzů pro zvládnutí této technologie, a to jak pro výrobu forem, tak pro osvojení si samotného odlévání na jejich strojích [33]. Provedení strojů je vidět na (obr. 23) a základní parametry uvedeny v (tab. 4) a (tab. 5).

Tab. 4) Parametry stojů NICEM S.p.A. s jednou pracovní pozicí [33]

TYP STROJE	C 300 PILOT	C 400 MATIC	C 500 MAS TER	C 700 MAS TER	C 350 SPIN CAS TING	C 400 SPIN CAS TING
Max. teplota materiálu [°C]	500	500	500	500	500	500
Plnění formy	Manual	Manual	Manual	Manual	Polo automat	Polo automat
Počet pozic	1	1	1	1	1	1
Velikost odlitků	Malé Menší	Malé Menší	Malé Menší	Malé Menší	Malé Menší	Malé Menší
Takt [hod ⁻¹]	50-90	50-90	50-90	50-90	50-90	50-90
Průměr formy max.[mm/in]	300/12	400/16	500/20	700 /27	350/13,8	400/15,7
Výška formy [mm]	-	100	-	-	90	90
Otáčky formy [min ⁻¹]	0-1500	0-1500	0-1500	0-1500	0-1000	0-1000
Průměr stolu [mm]	-	-	-	-	-	-
Napětí [V]	230/400	230/400	230/400	230/400	230/400	230/400
Frekvence [Hz]	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60
Hloubka [mm]	-	700	-	-	700	700
Šířka [mm]	-	1320	-	-	665	665
Výška[mm]	-	1065	-	-	1065	1065
Hmotnost [kg]	-	395	-	-	225	225
Operační tlak [bar]	-	2-6	-	-	1-7	1-7
Příkon stroje [kW]	0,75	2,5/ 5	3,0	4,0	1,3	1,3

Tab. 5) Parametry stojů NICEM S.p.A. s více pracovními pozicemi [33]

TYP STROJE	TRSME 350/400 AUTO MAT	TME 350 SPIN CAST ING	TME 400 SPIN CAST ING	TRSE AUTO MAT	TRSE COMP ACTA	TRSE BAR CODE
Max. teplota materiálu [°C]	500	500	500	500	500	500
Plnění formy	Manual	Manual	Manual	Automat	Automat	Automat
Počet pozic	3	3	3	8	8	8
Velikost odlitků	Malé Menší	Malé Menší	Malé Menší	Malé Menší	Malé Menší	Malé Menší
Takt [hod ⁻¹]	200	200	200	300	300	300
Průměr formy max.[mm/in]	350/13,8	350/13,8	400/15,7	400/15,7	400/15,7	400/15,7
Výška formy [mm]	60	70	70	60	-	-
Otáčky formy [min ⁻¹]	-	0-1000	0-1000	0-1500	0-1500	0-1500
Průměr stolu [mm]	-	-	-	1505	-	-
Napětí [V]	230/400	230/400	230/400	230/400	230/400	230/400
Frekvence [Hz]	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60
Hloubka [mm]	1100	1250	1250	1100	-	2840
Šířka [mm]	1320	1040	1040	1320	-	825/2565
Výška [mm]	1360	1180	1180	1360	-	2243
Hmotnost [kg]	534	500	500	1400	1400	1400
Operační tlak [bar]	-	1-7	1-7	-	-	-
Příkon stroje [kW]	2,5	1,7	1,7	20	24	24

Z tabulkově zpracovaných parametrů je potřeba některé parametry objasnit. Plnění uzavřené otáčející se formy, je buď manuální, spočívající tedy v nabrání odlévaného materiálu vhodným nástrojem a vlitím tohoto materiálu do vtokového otvoru stroje, kterým proteče přímo do dutiny formy. Poloautomatické plnění je uvedeno u strojů, které mají vyhřívaný vnitřní prostor na 80°C [33]. Odlévaný materiál se vlévá manuálně do plnicího prostoru, který se uzavře a následně je tento materiál již automatikou stroje vpuštěn do vtokového otvoru stroje a do dutiny samotné formy. Tento postup je nutný vzhledem k odlévanému materiálu a k zaručení vnitřní teploty v pracovním prostoru. Vnitřní pracovní prostor je ochlazován při vyjmutí samotné formy, proto pracovní časy u tohoto odlévání budou delší, aby bylo dosaženo opětovné teploty vnitřního prostoru. Automatický provoz je možný u těch typů strojů, které jsou vybaveny tavící pecí. Tavící pec je následně spojena s vtokovým otvorem stroje, mechanismem se sklupným licím kelímkem, jenž je ovládán pneumatickým válcem. Kelímek je ponořen v roztaveném materiálu a v okamžiku odlévání je tento přesunut a o doraz vylit do vtokového otvoru stroje. Kelímek vlévá stále stejné množství materiálu, proto tyto stroje mají vtokový otvor uzpůsobený tak, že jsou schopny kompenzovat rozdílný objem dutin střídajících se forem. Automatické plnění je jen u strojů s více pracovními pozicemi. Stroje mají být vhodné pro výrobu dílců menších a malých rozměrů, rozměry a hmotnost dílců ovšem výrobce neudává. Výška odlitku se dá odvodit z výšky polotovarů pro výrobu forem.

Další dostupné informace jsou uváděny obecně pro všechny vyráběné typy strojů, z toho důvodu, že jsou pro stroje a jejich konstrukci společné. Dle dostupných informací je hlavní pohon pro rotaci formy zajištěn třífázovým asynchronním motorem, jehož otáčky jsou ovládány frekvenčním měničem, který je může plynule regulovat po nastavitelných rozběhových a brzdících rampách. Rotace otočného stolu u stroje s větším počtem pracovních pozic je zajištěna přesnou elektromechanickou indexovací hlavou. Formy jsou svírány dvojími pneumatickými válci a mohou být i chlazeny větráky. Horní pracovní talíř je pouze pasivní, spodní talíř je aktivní a na formu přenáší jak přítlačný tlak od pneumatických válců, tak i nastavené otáčky od hlavního pohonu stroje. Stroje jsou opatřeny bezpečnostními barierami zabráňujícími uniku odlévaného materiálu, otřepů nebo i formy mimo pracovní prostor stroje při poruše. U strojů s otočným stolem je tento opatřen ochranným rámem. Tavící pec, pokud je součástí stroje, je vybavena digitálními pyrometry, které kontrolují a udržují předvolenou teplotu. Stroje s integrovanou tavící pecí jsou vybaveny inspekčním otvorem. Rámy strojů jsou opracované svařence. Stroje jsou vybaveny ovládacím kontrolním panelem a jejich odlévací cyklus je ovládán pomocí PLC počítače. Je umožněno nastavení odstředivých otáček a času licího cyklu [33].



Obr. 23) Stroje firmy NICEM S.p.A. [33]

3.2 Stroje výrobce ATOS BESANA

Další italský výrobce s dlouholetou zkušeností a rozsáhlým výrobním programem. S výrobou strojů pro odstředivé odlévání se firma začala zabývat roku 1969. Nabízí rozsáhlý sortiment jak samotných strojů, tak i technologického příslušenství. Jde především o stroje pro odstředivé lití, silikonové gumy pro výrobu forem, vulkanizační rámy pro výrobu forem, stroje pro vulkanizaci forem, elektrické pece pro tavení odlévaného materiálu, vibrační stroje pro povrchovou úpravu odlitků, mycí a sušící stroje, chladicí stoly, stroje a příslušenství pro povrchovou úpravu odlitků. Rozsah dodávaného sortimentu není tak široký jako u výrobce NICEM S.p.A, nicméně firma dodává ucelený rozsah samotných strojů pro odstředivé odlévání včetně příslušenství k této technologii [24]. Provedení strojů je vidět na (obr. 24) a základní parametry uvedeny v (tab. 6) a (tab. 7).

Tab. 6)

Parametry stojů ATOS BESANA s jednou pracovní pozicí [24]

TYP STROJE	CNT 400/500 CE	CFRM 300 CE	C-ECO 350/400 CE
Max. teplota materiálu [°C]	500	300	500
Plnění formy	Manual	Manual	Manual
Počet pozic	1	1	1
Velikost odlitků	Malé Menší	-	Malé Velké
Takt [hod ⁻¹]	70-140	-	60-100
Průměr formy max. [mm/in]	400/500 16/20	300/12	350/400 14/16
Výška formy [mm]	120	5x30	120
Otáčky formy [min ⁻¹]	0-1000	0-1000	0-1000
Průměr stolu [mm]	-	-	-
Napětí [V]	230/400	230/400	230/400
Frekvence [Hz]	50	50/60	50/60
Hloubka [mm]	1100	1100	750
Šířka [mm]	720	730	710
Výška [mm]	1270	1010	1325
Hmotnost [kg]	330	210	231
Operační tlak [bar]	-	-	-
Příkon stroje [kW]	1,5	1,5	1,5

Tab. 7) Parametry stojů ATOS BESANA s více pracovními pozicemi [24]

TYP STROJE	TRF 2 350/400 CE	TRF 2 350 CE/F200	TRF 2 400 CE/F200	TRF 8 350 CE/F300	TRF 8 350 CE/F300 PLC
Max. teplota materiálu [°C]	500	500	500	500	500
Plnění formy	Manual	Automat	Automat	Automat	Automat
Počet pozic	2	2	2	8	8
Velikost odlitků	Malé Menší	Malé Menší	Malé Menší	Malé Velké	Malé Velké
Takt [hod ⁻¹]	80-190	130-200	130-200	140-220	150-250
Průměr formy max. [mm/in]	350/400 13,8/16	350/13,8	400/16	350/13,8	350/13,8
Výška formy [mm]	40	70	70	40	40
Otáčky [min ⁻¹]	0-1000	0-1000	0-1000	0-1000	0-1000
Napětí [V]	230/400	230/400	230/400	230/400	400
Frekvence [Hz]	50	50	50	50	50
Hloubka [mm]	930	1250	1250	1250	1420
Šířka [mm]	1100	930	930	1950	1950
Výška [mm]	1125	2050	2050	2250	2250
Hmotnost [kg]	355	785	795	1105	1100
Operační tlak [bar]	-	-	-	-	-
Příkon stroje [kW]	1,5	14,1	14,1	17,3	17,3



Obr. 24) Stroje firmy ATOS BESANA. [24]

Výrobce ve svém sortimentu nabízí i stroje označované jako „hobby“, a to jak samotné stroje pro odstředivé odlévání, vulkanizační lisy, tak i tavící pece. Jejich parametry a využití jsou omezené, proto nejsou do výběru zahrnuty. Jejich využití v průmyslových aplikacích není dost dobře možné a hodnoty vstupních parametrů by byly zkreslující.

3.3 Stroje výrobce TEKCAST INDUSTRIES

Americký výrobce s dlouholetou zkušeností. S výrobou strojů pro odstředivé odlévání se firma začala zabývat roku 1968. Nabízený sortiment strojů není tak široký jako u evropských výrobců. Firma je velmi orientovaná na zákazníka, a to jak technickou podporou, tak rychlostí dodávky. Velmi příznivé jsou i ceny jejich zařízení, a proto jsou tato zařízení významně rozšířena i mezi zákazníky, kteří s touto technologií neměli předchozí zkušenosti. Výrobce je schopen dodat kompletní technologické zařízení pro odstředivé odlévání.

Mezi nabízený sortiment a doplňkové zařízení patří stroje pro odstředivé lití, silikonové, ale i přírodní gumy pro výrobu forem, vulkanizační rámy pro výrobu forem, stroje pro vulkanizaci forem. Dále nabízí elektrické i plynové pece pro tavení odlévaného materiálu, vibrační stroje pro povrchovou úpravu odlitků, mycí a sušící stroje. Rozsah dodávaného sortimentu není zdaleka tak široký jako u jiných výrobců, ale jejich stroje a zařízení jsou velmi rozšířeny, proto jsou jejich stroje zahrnuty pro návrh parametrů a provedení stroje [27]. Provedení strojů je vidět na (obr. 25) a základní parametry uvedeny v (tab. 8).

Tab. 8) Parametry strojů TEKCAST INDUSTRIES [27]

TYP STROJE	100-D TEK CASTER 12	100-D TEK CASTER 20	TWINCAST ER 12
Max. teplota materiálu [°C]	538	538	538
Plnění formy	Manuální	Manuální	Manuální
Počet pozic	1	1	2
Velikost odlitků [mm]	127x102x 89	254x190x 89	254x190x 89
Průměr formy max. [mm/in]	300/12	500/20	500/20
Výška formy [mm]	102	102	102
Otáčky [min ⁻¹]	-	-	-
Napětí [V]	110/230	110/230	110/230
Hloubka [mm]	810	810	810
Šířka [mm]	610	610	1220
Výška [mm]	1295	1295	1295
Hmotnost [kg]	193	193	386
Operační tlak [bar]	-	-	-
Příkon stroje [kW]	-	-	-



Obr. 25) Stroje firmy TEKCAST INDUSTRIES [27]

Samotné stroje na první pohled působí velmi jednoduše, ze zpracované tabulky je názorně vidět, že některé parametry výrobce ve svých zdrojích neuvádí. Z toho důvodu nebudou natolik ovlivňovat parametry konstruovaného stroje. Nicméně rozšíření těchto strojů je natolik významné, že nemohou být opomenuty a minimálně v projekčním návrhu provedení stroje bude jejich provedení zohledněno.

3.4 Stroje dalších výrobců

Produkce dalších výrobců již není tak komplexní a více méně se jedná o dodávky jen jednotlivých strojů. Výrobci ke strojům nezveřejňují podrobnější informace a proto pro volbu parametrů nejsou takovým přínosem. Je ovšem přínosné prozkoumat stav trhu a provedení konstrukce strojů dalších výrobců.

3.4.1 Stroje firmy CONQUEST INDUSTRIES

Americký výrobce strojů a příslušenství pro různé obory strojírenství s velmi širokým polem působnosti. Mezi výrobky tohoto zaměření patří čtyři typy strojů pro odstředivé odlévání, stroje pro vulkanizaci forem, samotné polotovary pro výrobu silikonových gumových forem, vibrační stroje pro povrchovou úpravu odlitků, tavící pece a příslušenství. K samotným strojům nejsou dostupné detailnější informace, nicméně je zajímavé vidět provedení stroje. Výrobce pro všechny stroje uvádí, že jsou vybaveny dvojitým pneumatickým válcem, a balančním, vyrovnávacím systémem nevyvážených forem [28]. Provedení strojů je vidět na (obr. 26) a základní parametry uvedeny v (tab. 9).

Tab. 9) Parametry strojů CONQUEST INDUSTRIES [28]

TYP STROJE	TOP LOADING SPIN CASTING	SUP ER - MINI SPIN CASTING	FRONT LOADIN G SPIN CASTER	UNAX AUTOMA TIC SPIN CASTER
Způsob formy	Manuální	Manuální	Manuální	Automatic ký
Počet pozic	1	1	1	4
Průměr formy max. [mm/in]	228-457/9- 18	228-305/9- 12	228-305/9- 12	228-305/9- 12
Výška formy [mm]	-	102	-	-
Otáčky [min^{-1}]	0-1000	0-1000	0-1000	0-1000
Napětí [V]	110	110	110	110
Frekvence [Hz]	50/60	50/60	50/60	50/60
Příkon stroje [kW]	0,5	0,35	0,5	0,75



Obr. 26) Stroje firmy CONQUEST INDUSTRIES [28]

3.4.2 Stroje firmy SHENZHEN KAITE INDUSTRY CO.,LTD

Čínský výrobce vyrábějící velice rozsáhlé množství strojních zařízení. Výrobce nabízí šest druhů strojů pro odstředivé odlévání v dvaceti pěti provedeních. Tato provedení jsou odstupňována podle průměru silikonové gumové formy, kterou lze ve stroji upnout. Ke strojům pro odstředivé odlévání nabízí i několik strojů pro vulkanizaci forem, elektrické pece pro tavení odlévaného materiálu a omezený sortiment silikonových gum pro výrobu forem [29]. Provedení strojů je vidět na (obr. 27) a základní parametry uvedeny v (tab. 10).

Tab. 10) Parametry strojů SHENZHEN KAITE INDUSTRY [29]

TYP STROJE	SC 12– SC 25	VSC 12– VSC 25	STSC 12– VSC 14	ATSC 12
Způsob formy	Manual	Polo automat	Polo automat	Automat
Počet pozic	1	1	3	3
Průměr formy max. [mm/in]	300- 635/12-25	300- 635/12-25	300- 350/12-14	300/12
Víška formy [mm]	120	120	100	120
Otáčky [min^{-1}]	50-1400	50-1400	50-1400	50-1400
Operační tlak [bar]	7	7	7	7
Příkon stroje [kW]	0,75-3,0	1,5-3,0	1,5 + 0,75	1,5 + 0,75



Obr. 27) Stroje firmy SHENZHEN KAITE INDUSTRY CO.,LTD [29]

V nabídce se ještě objevují výrobky dalších výrobců, a to především z Číny a Indie. Tyto stroje pro odstředivé odlévání jsou nabízeny přes obchodní portály a ty neuvádějí žádné další užitečné informace a ani výrobce se nedaří dohledat. Není tedy možné do výčtu parametrů dostupných strojů parametry těchto strojů zařadit. Tyto stroje jsou až nápadně podobné strojům výše popsaným. Proto i parametry by se nemusely velice lišit od již zjištěných parametrů. Ze samotného provedení strojů není taktéž vidět jiné zásadně odlišné řešení konstrukční koncepce těchto strojů.

Následně je možné dohledat několik výrobců „hobby“ zařízení, strojů využívajících principů odstředivého odlévání, které spadají do mnou vymezeného analyzovaného spektra vycházejícího ze základního rozdělení odstředivého odlévání uvedených na začátku této kapitoly. Tyto „hobby“ zařízení nejsou analyzovány, protože jejich provedení a konstrukce je natolik zjednodušená, až elementární, že by těžko splňovali požadavky na snadnou obsluhu, častější produkci, dlouhodobější životnost, a tudíž by se pro komerční využití nehodily. V přehledu se taktéž neobjevují stroje, které se nabízejí pro šperkařské a laboratorní účely, jejich konstrukce, provedení a určení jsou již natolik specializované, že jejich využití je velice úzce ohraničené.

4 NAVRH PARAMETRŮ ODLÉVACÍHO STROJE

V návaznosti na předchozí kapitoly, z kterých se vychází, bude proveden návrh a zdůvodnění parametrů odstředivého odlévacího stroje. Výsledné vstupní parametry a zadání pro konstrukci budou vycházet z požadavků obsažených v (tab. 3) a z hodnot získaných z analýzy dostupných strojů.

Z uvedeného přehledu strojů a jejich provedení bude před samotným návrhem dalších parametrů zvážena celková koncepce stroje. Jak z provedeného průzkumu vyplývá, jedná se o široké spektrum strojů. Některé vypadají na první pohled poměrně jednoduše jiné zase jako složitější komplexní celky a některé se pohybují mezi nimi. Zákazník může být dvojího druhu a to ten, který se s technologií odstředivého odlévání teprve seznamuje a chtěl by ji začít používat. Nebo ten, který má s technologií již své zkušenosti a modernizuje či rozšiřuje svůj výrobní potenciál. Obecně se nedá říci, že zákazník bez zkušeností se bude orientovat na levnější, jednodušší stroje stejně tak, že zákazník s bohatými zkušenostmi si koupí stroj nejkomplexnější, plně automatizovaný s nejširšími užitnými vlastnosti a nejlepšími parametry. Jak je u výrobce NICEM S.p.A. vidět tento dodává velice široké spektrum odlévacích strojů různých typů, kde každý stroj má definované spektrum použití, což může být pro zákazníka problematické. Zatímco výrobce TEKCAST INDUSTRIES nabízí stroje jen tři s opět definovanými vlastnostmi, ale jeho provedení neumožňuje kupříkladu zvýšit produktivitu. Což opět může být dozajista pro zákazníka problematické. Tímto bylo nastíněno, že ani jeden z těchto výrobců a dalších nemusí mít pro konkrétního zákazníka ten potřebný stroj, který mu bude i v delším časovém horizontu vyhovovat. Je asi předvídatelné, že zákazník, který si bude kupovat první stroj, a bude se s technologií seznamovat, dozajista nebude riskovat nákup stroje, který následně plně nevyužije. A stejně tak bude pochybovat, když si koupí stroj, který nebude po určité době schopný dosáhnout jeho požadavků. Samozřejmě stejně předvídatelné je i to, že zákazník se zkušenostmi, bude vyžadovat stroj více méně provedený „na míru“ svým potřebám, jak je tomu v dnešní době zvykem. Výrobce a dodavatel by měl být i na tuto variantu určitým způsobem připraven předem.

Aby se dalo vyjít vstříc jak zákazníkům zkušeným, požadujícím stroje „na míru“, tak i těm, kteří požadují jednodušší stroj s jistou možností rozšíření a výrobce by byl schopen oslovit co nejširší spektrum zákazníků, tak je zapotřebí prvotní celková rozvaha nad provedením a koncepcí stroje.

Proto první požadavek na provedení stroje a na zadání jeho parametrů, které musí být jasně definované, je takový, že samotný základ stroje by měl umožnit co možná největší variabilitu provedení. Variability by bylo dosahováno dodáváním dalších periférií stroje, dle přání zákazníka. Stroj by byl poskládan z více samostatných strojních celků, periférií, které by si zákazník sám zvolil buď přímo při objednávání stroje, nebo v návaznosti na jeho aktuální potřeby, stav finančních prostředků, rozšiřování výroby či potřeby zvýšení produktivity. Stroj by byl sestaven jako jednoúčelový stroj z předem nabízeného spektra periférií. Zákazník si jednotlivé periferie zvolí při koupi nebo časem dokoupí od výrobce stroje. Při určité změně by zákazník nemusel kupovat jiný, další stroj, jen by svůj stávající přestavěl či dovybavil. Toto je provedení je do jisté míry možné, a stroj bude sestaven z montovaných konstrukčních skupin jako jednoúčelový stroj, který by se dal změnit vhodným přeskládáním, ale dozajista toto provedení nebude plně variabilní.

Druhý požadavek na provedení stroje a jednotlivé periferie, konstrukční uzly, z kterých by byl finálně stroj sestaven, by byly složeny z co největšího možného množství nakupovaných dílů, které je možné běžně pořídit a vyměnit. Tímto sice výrobce přichází o zisky z dodávek specifických náhradních dílů, ale provedení strojů jako i jejich konstrukce je na takové úrovni, že s opravou, výměnou si provozovatel stroje poradí pomocí své údržby či specializované místní firmy. Výrobce zařízení bude mít jen malé skladové zásoby a to jen nevyměnitelných dílů, které bude moci dodat obratem na vyžádání, čímž u zákazníka bude mít velkou míru důvěry. A sám tyto díly nebude mít čistě jako skladové, ale připravené pro montáž pro další stroje. Prostoje ze strany výrobce budou minimalizovány. Běžně nakupitelné díly si bude provozovatel schopen zajistit svým nákupem v dostupném okolí a případné prostoje si může eliminovat sám svým skladovým hospodářstvím. Tyto prvky budou od prověřených dodavatelů s širokým zastoupením. Následně unifikace těchto periférií sníží celkový počet použitých dílců a náhradních dílů.

Ze zpracovaného průzkumu dostupných strojů s uváděnými parametry a po prostudování jejich provedení, ale i rozvahy provedení stroje, vyplývají následující požadavky na parametry konstruovaného stroje.

4.1 Způsob plnění formy

Základní provedení stroje bude takové, že tavící pec odlévaného materiálu či nádoba s odlévaným materiálem bude umístěna vedle stroje a pomocí vhodného nástroje bude forma materiálem plněna manuálně. Toto provedení bude vhodné pro odlévání menších sérií, testování nových forem, zabíhání výroby, častější změnu odlévaného materiálu.

Plnění formy manuální.

Jako periferie by bylo možné dodat po přestavení stroje plnění předeřáté formy materiálem polo-automatické. I plnění formy plně automatické s pecí jako periferií upevněné na stroji i s mechanismem plnění formy by bylo možné po přestavení stroje možné realizovat.

4.2 Nejmenší počet vychystávacích pozic

Základní provedení stroje bude mít pět vychystávacích pozic, a to z více důvodů. Provedení stroje s jednou pozicí nemá tak plynulý chod stroje jaký by mohl být vyžadován. Po odlévání je třeba vzhledem k materiálu formy tuto nechat ochladit před dalším litím, aby nevzrůstala její teplota dalším následným použitím. Toto technologické ochlazení je nutné, aby nedocházelo k vypalování a degradaci materiálu formy, a aby byla životnost formy co nejdelší. Při použití jedné formy je i licí čas nejdelší pokud bude obsluha dodržovat technologickou kázeň a zakládat formu ochlazenou. Z tohoto důvodu, aby bylo využito času obsluhy hospodárně, bude zapotřebí při chodu stroje používat mnohem většího množství forem. Poměr času jednoho odlévacího cyklu k času potřebného na ochlazení formy bude udávat potřebný počet forem v pracovním cyklu. Provedení stroje se dvěma pozicemi jak je u některých strojů vidět, je již na obsluhu stroje dynamičtější. Samotná konstrukce využívající kývavého pohybu přináší svá úskalí při realizaci a provozu. Tato varianta se nezdá vhodnou, zejména v oblasti opotřebení, zatížení i mazání. Větší počet pozic je již nutné obsloužit pracovním stolem otočným. Samotný pracovní stůl již nebude vykonávat kývavý pohyb, ale pohyb rotační. Pět pozic vepsaných do kruhu rotačního stolu dovolí použít i formy s největším průměrem 400mm, ale i menších. Obsazení pozic bude moci být využito

následovně. Jedna pozice je odlévací ve stroji, další pozice je odlita již mimo stroj a může být využita pro chlazení a tudíž, pro krácení času opětovného využití formy a třetí je využita pro vychystávání nové formy obsluhou. Zbylé dvě mohou kompenzovat rozdílnost přípravných a pracovních časů. Rotační pohon pracovního stolu dovolí při použití menších průměrů forem i více pozic, a to až šesti. Zároveň tento rotační úhlový pohyb je možné nastavit a velice dobře realizovat i řídit. Počet pozic a průměr použitelných forem je ovlivněn jen průměrem pracovního stolu.

Jak ze zpracovaného průzkumu vyplývá níže, výrobci nejčastěji nabízí stroje pro průměr forem 300mm a 400mm, proto základním stolem bude stůl pro největší průměr formy 400mm, kterých se na uvažovaný pracovní stůl podaří zabudovat 5. Větší množství pozic by nepřiměřeně měnilo průměr stolu stroje.

Jako periferie bude nabízen i stůl pro 6 pozic, popřípadě redukovaný licí talíř pro použití forem menšího průměru a výšky než je uvažovaná forma o průměru 400mm s výškou maximálně 120mm.

Počet pozic 5 pro formy průměru 400mm výšky 120mm.

4.3 Průměr formy

Aby byl stroj konkurenceschopný, musí být schopen upnout, tedy sevřít a roztočit větší rozsah vyráběných forem. To musí zvládnout třeba jen na nejnižší možný počet pozic. Zároveň musí zvládnout i formy nejmenší. Nejčastěji využívané jsou formy o průměru 400mm.

Průměr největší formy, která půjde do stroje upnout bude 400mm výšky 120mm.

4.4 Výška formy

Největší udávanou výšku formy 120mm musí být stroj schopen upnout. Toho bude dosaženo konstrukcí stroje a to průchodem mezi horní přítlačnou deskou a stolem stroje. Pokud bude potřeba upínat formy průměru 400mm nižší jak 120mm, bude použita jiná sada licích talířů.

Výška forem, které půjdou do stroje upnout, bude maximálně 120mm.

4.5 Odstředivé otáčky

Odstředivých otáček bude dosaženo hlavním pohonem a tyto budou pro všechny stroje ve stejném rozsahu. A bude jich dosahováno po náběhových a brzdících rampách. Umístění pohonu bude takové, aby byl při poruše snadno vyměnitelný za jiný a pro servis snadno přístupný.

Z provedené analýzy vyplývá, že rozsah otáček bude 0-1460 min⁻¹.

4.6 Průměr pracovního stolu

Z navrženého rozsahu průměrů forem a z návrhu počtu vychystávacích pozic na pracovním stole vzešel z nákresu průměr stolu na zvolenou hodnotu, a to i s přihlédnutím na konstrukční provedení stolu.

Průměr pracovního stolu bude 1200mm.

4.7 Další parametry

4.7.1 Velikost odlitků

Tento parametr nebude do návrhových parametrů nezahrnut a to z důvodu, že velikost odlitků bude dána největší používanou formou.

4.7.2 Hloubka, šířka, výška stroje

Tyto parametry budou do návrhových parametrů zahrnuty, a to z důvodu, že velikost stroje bude vycházet z variantního návrhu stroje a konstrukčního provedení.

4.7.3 Příkon stroje

Tento parametr nebude do návrhových parametrů zahrnut, a to z důvodu, že příkon stroje bude vycházet z variantního návrhu stroje a následného výpočtu.

4.7.4 Pracovní tlak

Tento parametr je uváděn jako orientační a bude s ním počítáno pro návrh stroje i když jeho volba bude mít na provedení stroje významný dopad. Protože žádný výrobce neuvádí potřebnou sílu pro sevření, není možné stanovit potřebný tlak a dimenzování svíracího mechanismu proto volím tlak pro výpočet 4 [bar].

Parametry navrhovaného stroje jsou uvedeny v (tab. 11).

Tab. 11) Návrhové parametry pro konstrukci odlévacího stroje

Parametr	Hodnota
Poloha osa rotace	Vertikální
Metoda odlévání	Odstřed'ování
Materiál formy	Silikonová guma
Teplota odlévaného materiálu [°C]	500
Způsob plnění formy	Manuální
Počet vychystávacích pozic	5
Průměr formy [mm]	400
Výška formy [mm]	120
Rozsah otáček [min ⁻¹]	0-1500
Průměr pracovního stolu [mm]	1200
Pracovní tlak [bar]	4

Možný souhrn periferních a modulárních příslušenství, kterými by si zákazník mohl stroj dovybavit nebo rovnou zakoupit v libovolném možném provedení je uveden v (tab. 12).

Tab. 12) Možné variantní příslušenství a periferie

Variantní periferie stroje
Plnění poloautomatické pro plnění formy předehřáté
Plnění automatické s pecí jako periferií na stroji i s mechanismem plnění formy
Pracovní stůl pro 6 pozic pro menší průměr forem
Vychystávací a přípravný stůl ve stejné výšce jako pracovní stůl stroje
Chlazení formy v následném kroku po odlití
Různé lící talíře pro variantní výšky forem

5 NÁVRH VARIANT A TECHNICKO EKONOMICKÉ POSOUZENÍ

Ze vstupních návrhových parametrů a prvotních rozvah budou postupně získány další potřebné informace pro návrh stroje. Konstrukční celky jsou navrhovány v interakci k dalším skupinám, prvkům a konstrukčním celkům. Tyto celky, navazující skupiny a prvky se navzájem ovlivňují. Vhodný postup návrhu minimalizuje následný počet úprav a konstrukčních změn a nákladnost návrhu.

Při návrhu variant a posouzení navrhované konstrukce stroje je stroj rozčleněn do základních hlavních strojních uzlů. U těchto hlavních uzlů je provedeno posouzení jejich technické vhodnosti, ekonomické náročnosti pro realizaci a proveden výběr nejvhodnější varianty. Při tomto posouzení postupujeme od prvků známých z prvotních parametrů a rozvah až k těm, které budou vyplývat ze synergie dříve zpracovaných konstrukčních uzlů a dále navazovat. V zájmu volby optimálního řešení je proto třeba posoudit možné varianty prostřednictvím multikriteriální analýzy zahrnující veškeré podstatné vlivy. Váha parametru v této analýze je volena na stupnici od 0 do 20. Kde hodnotu 20 má nejzávažnější parametr, kritérium. A tyto parametry jsou následně hodnoceny stupnicí závažnosti kritéria od 1 do 5, kde hodnota 5 je uvažována za nejlepší variantní řešení. Technicko-ekonomické posouzení a zdůvodnění jako i výběr optimální varianty je provedeno na základě zkušeností.

5.1 Otočný pracovní stůl stroje, stolní deska

Otočný stůl, stolní deska stroje bude bezesporu největším strojním dílcem. Stůl bude konat rotační uhlový pohyb a přesouvat formy z vychystávacích pozic do pozice pro odlévání a následně je bude z této pozice přesouvat mimo toto místo k vychladnutí a vyjmutí formy ze stroje. Stůl nezachycuje žádné síly od procesu odlévání, unáší jen připravené formy na správnou pozici pro odlévání a nese jejich hmotnost i s odlitky. Jeho rozměr se odvíjí od požadavků na rozměry a počet forem, které chceme na stroji využívat. Proto jeho průměr byl navrhnout na 1200 mm. Samotný stůl v sobě ponese přišroubovaná hnízda pro dosedání nosných licích talířů forem, na kterých budou tyto formy centrovány.

Tato hnízda budou výměnná, aby v případě opotřebování nebylo nutné měnit tento velký dílec, ale jen dílec menší a levnější. Ve stolní desce samotné bude ještě středící otvor, hnízdo pro montáž této desky k otočnému prvku, který bude stolem pohybovat. Variantní provedení stolu se nabízí především ve volbě materiálu a jeho polotovaru. Rozsah obrábění bude u všech variant stejný, u odlitek budou větší přídavky než u dělených plechů. Stolní deska, může být z oceli, ocelolitiny, popřípadě ze slitiny hliníku. Polotovarem může být plech či odlitek. Multikriteriální technicko-ekonomická analýza variant provedení stolní desky je provedena v (tab. 13).

Tab. 13) Multikriteriální analýza variant provedení stolní desky

Parametr	Váha Parametru	Materiál: S355JR	Materiál: GS-45	Materiál: AlSi10Mg	Materiál: AlCu4Mg1
		Polotovar: PLECH	Polotovar: ODLIEK	Polotovar: ODLITEK	Polotovar: PLECH
Dostupnost polotovaru	20	5	3	3	1
Rychlost dodání polotovaru	20	5	3	3	1
Cena polotovaru	15	5	5	2	3
Náklady na obrábění	15	4	4	3	3
Technologická náročnost výroby	15	4	3	3	4
Výsledná hmotnost	10	1	1	5	5
Vyhodnocení:		405	310	290	240

Při hodnocení jednotlivých parametrů a alternativ bylo zohledněno následující.

U dostupnosti polotovaru jsou plechové polotovary obecně časově dostupnější jak polotovary odlité. U polotovaru z hliníkové slitiny toto platí také. Zajištění polotovaru by bylo problematické.

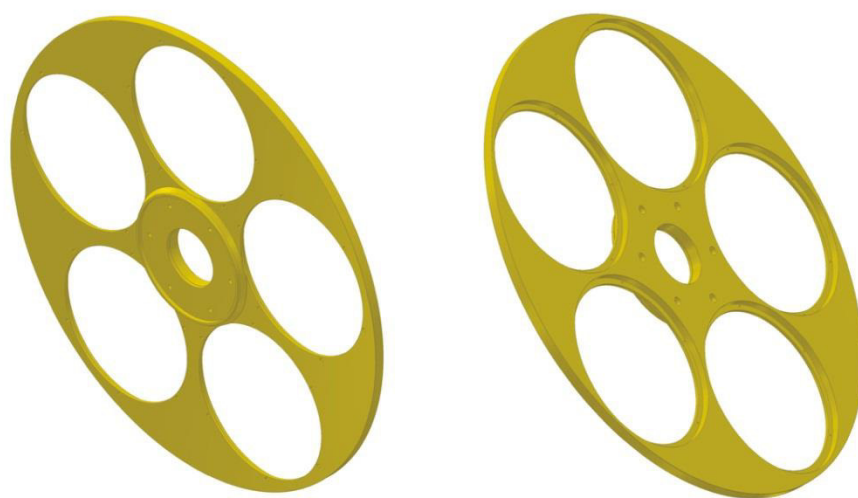
Rychlost dodání běžného ocelového plechu z materiálu S355JR je téměř okamžitá, jediná časová prodleva bude, pokud si objednáme u dodavatele přímo tvarově dělený polotovar s technologickými přídávky na obrábění. Tento termín dodání se prodlouží maximálně v řádech dnů po předání dokumentace pro dělení. Výhodou je velké množství dodavatelů a kapacit pro tvarové dělení. Polotovary z odlitků budou časově náročnější a termíny dodání budou v řádech několika týdnů od předání výrobní dokumentace.

Cena polotovarů zobecňuje rozdíl v kilogramových hmotnostech obecných ocelových plechů a plechů z hliníkových slitin. Kilogramová cena hliníkových polotovarů je zhruba 6 až 7 násobná od ceny polotovarů ocelových. Disproporce ceny je znatelná.

Náklady na obrábění z přesně kalkulovaných hodnot by vyžadovali podrobnější průzkum, výpočet a srovnání u konkrétních materiálů a polotovarů a návrh samotné technologie obrábění. Ohodnocení kritéria je tedy dáno tím, že na obrábění ocelových, litinových polotovarů je zavedeno větší množství firem s větším rozsahem strojního parku a vybavení pro obrábění větších dílců. Jejich náklady na obrábění budou příznivější z důvodu větší vzájemné konkurence. Pro obrábění hliníkových slitin u firem toto nabízejících na požadované úrovni, bude rozhodující strojní park, ten bývá orientovaný na menší vyráběné

dílce. Firem, které budou tento dílec schopny obrobít, bude tedy méně a bude tedy i tato cenu ovlivňovat. U tohoto parametru bylo přihlédnuto k tomu, že obrábění hliníku může přinášet značná úskalí.

Technologická náročnost výroby bude u polotovarů z odlitků dozajista horší než u obrábění polotovarů z plechu. Vliv na výslednou hmotnost je zcela jednoznačně ve prospěch hliníkového dílce, bude mít hmotnost skoro třetinovou než dílec ocelový. Jako nejvýhodnější varianta z multikriteriální analýzy byla vybrána ta, kde polotovar stolu bude tvarově dělený ocelový plech z materiálu S355JR. Toto řešení je nejvhodnější hlavně v rychlosti dodávky dílce, jeho dostupnosti a možnosti výroby. Pro další úsporu při obrábění, bude centrální úložná plocha ze stejného materiálu navařena, tato varianta je zobrazena na (obr. 28).



Obr. 28) Návrh stolní desky

5.2 Rám stroje

Rám stroje je hlavním konstrukčním prvkem stroje. Rám musí být navržen jako dostatečně tuhý, stabilní a odolný namáhání, a to tak, aby byla minimalizována nákladnost a náročnost výroby. Rám musí zajistit dostatečný prostor pro umístění všech navazujících celků, skupin a prvků. Rám nekoná žádný pohyb, přenáší silové působení od procesu odlévání, kde dochází k sevření a rotování formy, tak i nese hmotnost všech navazujících celků a skupin. Rám je skupinou zajišťující vzájemnou pozici všech navazujících dílců. S jeho provedením je spjatá náročnost výroby a cenová nákladnost. Rám se navrhuje jako poslední v návaznosti na pozici všech ostatních celků, skupin a prvků. Z možných konstrukčních řešení a návrhů rámu stroje, nosné konstrukce se dá vycházet jak z provedení rámu jednoúčelových strojů, tak i strojů konvenčních. S ohledem na velikost, určení, namáhání, tuhost, hmotnost, tlumení rámu a cenu výroby potažmo výrobku, je z používaných provedení rámu možné vyloučit rám odlitý z litiny, vyrobený z polymer betonu, betonu, kompozitních materiálů či keramik. Z možných provedení přichází v úvahu rám ocelový svařovaný nebo montovaný, popřípadě rám montovaný z hliníkových profilů. Multikriteriální technicko-ekonomická analýza variant provedení rámu stroje je provedena v (tab. 14).

Tab. 14) Multikriteriální analýza variant provedení rámu stroje

Parametr	Váha Parametru	Materiál: S355JR	Materiál: S355JR	Materiál: AlMgSi0
		Provedení: SVAŘENÝ	Provedení: MONTOVANÝ	Provedení: MONTOVANÝ
Náročnost konstrukce	15	5	3	3
Variabilita konstrukce	5	1	2	5
Vliv konstrukce na rozměry rámu	10	5	4	2
Dostupnost Polotovarů	20	5	5	4
Rychlost dodání polotovarů	20	5	5	4
Cena polotovarů	20	5	5	2
Náklady na obrábění	15	3	2	5
Technologická náročnost výroby	15	3	2	5
Nutnost tepelného zpracování	15	1	2	5
Schopnost rámu tlumit kmitání	20	2	3	3
Tuhost rámové konstrukce	20	5	3	3
Výsledná hmotnost	10	3	2	5
Vyhodnocení:		705	625	685

U parametru náročnost konstrukčního řešení bylo vzato v potaz to, že konstrukční provedení je pro jeden svařený rám méně složité jak pro rám montovaný, ten bude pro konstruktéra náročnější jak provedením samotných dílců, tak i časově. U obou těchto variant se může volit provedení konstrukčních prvků dle uvážení, znalostí, a to jak standartních hutních profilů, tak použitých tvarově dělených plechů.

U rámu z hliníkových profilů je sortiment sice široký, ale i tak omezený a problematické by bylo především navrhování připojení dalších navazujících celků, skupin a prvků. I když pro tento typ rámu jednoznačně hovoří lehká konstrukce, variabilita, možnost

dodatečných úprav, rychlá přestavitelnost, samotný sortiment profilů by byl přítěžujícím faktorem.

Variabilita konstrukce je u hliníkového profilového rámu dozajista nedostižitelná. Ale v tomto případě, kdy se v podstatě bude jednat o jeden z modulárních, periferních prvků, není až tak využitelná.

Vliv konstrukce na rozměry rámu budou jistě nejlepší u rámu ocelových, u kterých nejsme omezeni výrobním sortimentem a lze si dovolit libovolné tvarování jak standartních hutních profilů, tak použitých tvarově dělených plechů.

Dostupnost polotovarů bude u ocelových bezproblémová, u hliníkových profilů je sortiment sice široký, ale je odstupňovaný a tudíž omezený. Rychlost dodání polotovarů je výhodnější pro prvky ocelové konstrukce. Hliníkové polotovary pokud je firma drží skladem, jsou na stejné úrovni rychlosti dodání jako prvky pro ocelovou konstrukci. Ovšem problém může nastat, pokud pro konstrukci zvolíme profily mimo běžný rozsah, který dodavatelská firma nedejme skladem. Delší čas dodávky může vzniknout i u dalších spojovacích prvků jako spojek, úhlových propojení, tvarových matic, pokud opět nejsou ze standartního nejužívanějšího spektra dodávaných dílců, na které je dodavatel zvyklý.

Cena polotovarů zobecňuje rozdíl v kilogramových hmotnostech obecných ocelových profilů a profilů z hliníkových slitin. Kilogramová cena hliníkových polotovarů je několika násobná od ceny polotovarů ocelových.

Náklady na obrábění budou u hliníkových profilů minimální. Půjde jen o dělení požadovaného profilu na potřebné délky s dostatečnou kvalitou řezu. Problém může nastat u prvků, které bude potřeba obrobít v návaznosti na další navazující celky, skupiny a prvky. Obrábění ocelových konstrukcí bude náročnější u konstrukce montované, protože na sebe bude navazovat větší množství dílů. Toto obrábění bude jak časově, tak finančně náročnější oproti obrábění jednoho rámu i když na větším stroji. S tímto faktem se pojí i parametr technologické náročnosti výroby.

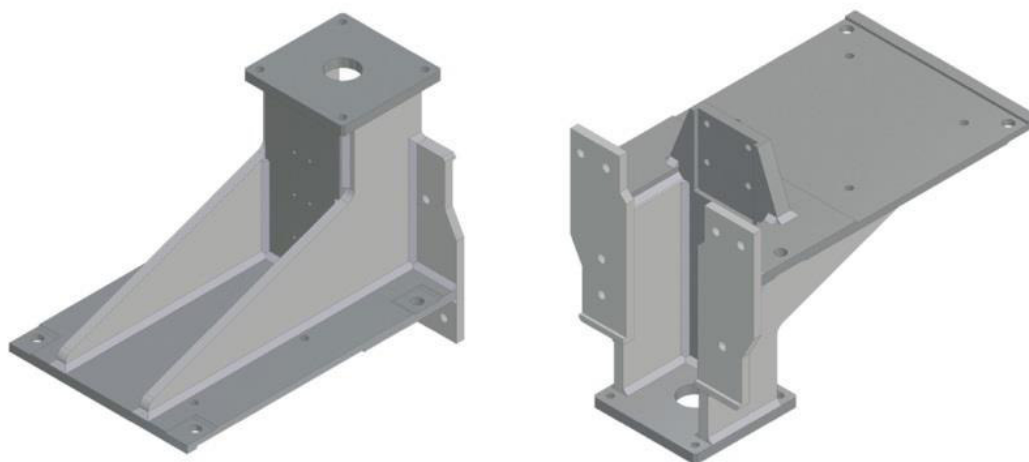
Tepelné zpracování u svařeného rámu musí proběhnout. U montované konstrukce by se dalo uvažovat u menších, méně složitých svařenců o vypuštění tepelného zpracování, ale teoreticky by mělo být hodnoceno stejně a tepelné zpracování by mělo být provedeno. U hliníkové konstrukce je tato nutnost bezpředmětná.

Tlumení kmitání bude u montovaných rámu účinnější, jak u rámu svařeného. Zato tuhost svařeného rámu bude podstatně lepší než u rámu montovaných. Tuhost ocelového montovaného rámu bude pravděpodobně vyšší než u rámu montovaného hliníkového, a to z důvodu způsobu spojování jednotlivých prvků. U hliníkových profilů se používají často vložené T matice do drážek profilu jako i pomocná žebra. U montovaného svařovaného rámu bude přece jen výhodnější spojování průchozími otvory, možnost využití spojení i pomocí kolíků a per.

Hmotnost bude u hliníkového rámu opět bezkonkurenční, následována hmotností svařeného ocelového rámu. Jako nejtěžší varianta vychází varianta svařovaná a montovaná.

Jako nejvýhodnější varianta z multikriteriální analýzy byla vybrána ta, kde rám stroje bude obrobený svařenec z hutních polotovarů a tvarově dělených ocelových plechů z materiálu S355JR. Toto řešení je nejvhodnější hlavně v možnosti rychlé výroby, tuhosti a ceny. Základní rám bude svařen z hutních polotovarů a bude sloužit k uchycení krytů, elektropříslušenství ovládacích prvků. Do něj bude vsazen hlavní svařovaný rám, který

ponese veškeré navazující celky, skupiny a prvky. Hlavní svařovaný rám je zobrazena na (obr. 28).



Obr. 29) Návrh hlavního svařovaného rámu

5.3 Hlavní pohon stroje

Hlavní pracovní pohyb, který stroj vykonává je pohyb rotační a technologie odstředivého odlévání je na něm závislá. Proto by pohon stroje měl být v co největší míře bezporuchový, univerzální, snadno nahraditelný nebo opravitelný při poruše. Dále by měl být schopný plynulé regulace svých otáček v rozsahu $0-1500\text{min}^{-1}$. Hlučnost pohonu by měla být na odpovídající úrovni. Výkon pohonu bude určen až v další kapitole, zde je zapotřebí rozhodnout jak bude realizovaný. Nabízí se tři možnosti pohonu a to elektromotorem, hydromotorem a pneumatickým motorem. Multikriteriální technicko-ekonomická analýza variant provedení hlavního pohonu stroje je provedena v (tab. 15).

Tab. 15) Multikriteriální analýza variant provedení hlavního pohonu stroje

Parametr	Váha Parametru	ELEKTRO MOTOR	ROTAČNÍ HYDRO MOTOR	ROTAČNÍ PNEUMATICKÝ MOTOR
Dostupnost energie	20	5	1	3
Náklady na pořízení energie	20	5	1	3
Vhodnost pohonu pro lící stroj	20	5	1	4
Rozsah výkonů, otáček, momentů	15	5	5	5
Dostupnost servisu	20	2	2	4

Snadná změna otáček	20	5	5	5
Rychlost dodání	15	5	3	4
Pořizovací cena	15	5	2	3
Spolehlivost	20	5	4	4
Zástavbové rozměry	10	2	5	3
Náklady na provoz	20	5	3	2
Vyhodnocení:		885	540	710

Features	Air motor	Hydraulic motor	Electric motor	Electric motor regulated	Electric motor regulated with feed back
Overload safe	***	***	*	**	***
Increased torque at higher loads	***	**	*	**	***
Easy to limit torque	***	***	*	*	***
Easy to vary speed	***	***	*	***	***
Easy to limit power	***	***	*	**	***
Reliability	***	***	***	***	***
Robustness	***	***	*	*	*
Installation cost	***	*	**	**	**
Ease of service	***	**	*	*	*
Safety in damp environments	***	***	*	*	*
Safety in explosive atmospheres	***	***	*	*	*
Safety risk with electrical installations	***	***	*	*	*
Risk of oil leak	***	*	***	***	***
Hydraulic system required	***	*	***	***	***
Weight	**	***	*	**	*
Power density	**	***	*	*	*
High torque for size	**	***	*	*	*
Noise level during operation	*	***	**	**	**
Total energy consumption	*	**	***	***	***
Service interval	*	**	***	***	***
Compressor capacity required	*	***	***	***	***
Purchase price	*	*	***	***	**
Accuracy, speed	*	**	*	**	***
Regulating dynamic	*	*	*	*	***
Communication	*	*	*	***	***

* = good, **=average, ***=excellent

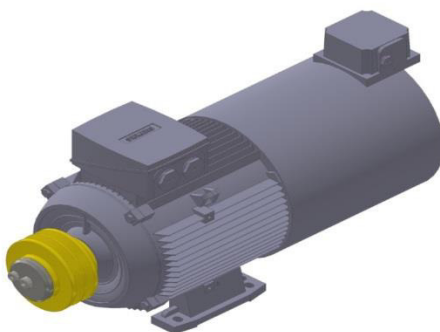
Obr. 30) Porovnání pohonů výrobcem PARKER [25]

Z provedené analýzy vyplývá jasná převaha vhodnosti provedení hlavního pohonu stroje elektromotorem. Pro rozvahu je dobré přihlédnout ke zkušenostem výrobce pohonné techniky (obr. 30). V parametru dostupnosti energie je zohledněna možnost užívání stroje i uživatelem, který nemusí mít natolik vybavený provoz, kde by měl uvažovaná energetická media dostupná. Je téměř jisté, že každý uživatel bude mít pracovní prostor vybavený elektrickým rozvodem. Málokterý už má pracovní prostor vybavený rozvodem stlačeného vzduchu nebo kompresorovou stanicí. Nicméně náklady na pořízení tlakového vzduchu nebudou tak markantní jako na pořízení hydraulického agregátu. Tento fakt popisuje parametr náklady na pořízení energie.

Vhodnost pohonu zohledňuje fakt, že stroj nepotřebuje vysoké hodnoty momentů či sil, aby bylo zapotřebí realizovat tyto pomocí výkonné hydrauliky. Hodnocení vhodnosti hydromotoru je natolik nízké z důvodu, že není moc vhodné do slévárenského prostoru ke stroji s manuálním plněním formy přivádět rozvod tlakového oleje. Možnost úniku tlakového oleje a možnost vzplanutí je hlavním důvodem tohoto hodnocení. Všechny tři varianty pohonu pro potřeby lícího stroje jsou schopny obsáhnout veškeré požadované parametry pohonu jako je výkon, otáčky, krouticí moment.

Parametr dostupnosti servisu zohledňuje možnosti opravy samotného pohonu. Oprava elektromotoru i hydromotoru je pravděpodobně náročnější a odbornější jak oprava pohonu pneumatického. Změna otáček je realizovatelná u všech variant na stejné úrovni, i když všechny varianty budou pro realizaci potřebovat další pomocné prvky. Pro snadné ovládání a nastavení je elektromotor oproti ostatním variantám příznivější. Rychlost dodání a pořizovací cena je pro výrobce velmi důležitá, ale ještě důležitější bude pro provozovatele v případě poruchy. Elektromotor v případě poruchy může provozovatel snadno v krátkém čase vyměnit vlastními silami a nemusí čekat na opravu nefunkčního kusu. Oprava pneumatického motoru bude již pro provozovatele náročnější a bude potřeba ji zajistit odborným servisem, výměna za nový zabere dozajista delší čas v řádech týdnů. S hydromotorem se provozovatel bez odborného servisu už neobejde, termín dodání nového bude opět určitě mnohem delší.

Pořizovací cena je u elektromotorů natolik výhodná, že ani pneumatický motor či hydromotor jí nemohou konkurovat. Spolehlivosti všech pohonů jsou na vysoké úrovni. Zástavbové rozměry má hydromotor nejlepší. Ale jelikož budeme rám stroje navrhovat až jako poslední, po rozmístění všech navazujících celků, skupin a prvků můžeme si dovolit zabudovat i pohon větších rozměrů. Náklady na provoz zohledňují jak náklady na servis a údržbu, tak cenu jednotlivých medií. Elektromotor bude použit s přidavnou ventilací, zesílenými ložisky, a brzdou od firmy Siemens. Hlavní pohon je zobrazen na (obr. 31).



Obr. 31) Hlavní navrhovaný pohon

5.4 Vedlejší pohon stroje, otáčení pracovního stolu

Vedlejší pracovní pohyb stroje je rotační. Otočný pracovní stůl stroje, stolní deska koná tento pohyb po předem navolených úhlových posunech. Úhel natočení pracovního stolu v jednotlivých krocích musí být nastavitelný, a to proto, že tyto kroky se mohou změnou pracovního stolu měnit. Tento pohon musí zajistit přesné najetí do pracovní polohy. Pro otáčení pracovního stolu nebude použito hydraulické rotační jednotky, protože hydraulické provedení pohonu bylo vyřazeno už v návrhu hlavního pohonu stroje. Hydraulické jednotky se dodávají jak s kývavým pohybem, který nám nevyhovuje, tak i rotační, ale s pevným úhlovým dělením často po 90° a většinou zvládnou v jednom směru jen 5 otáček. Po dosažení 1800° se musí změnit směr otáčení, což je pro tento stroj nepoužitelné. Jde v podstatě o rozšířený kývavý pohyb. Dosahují přesnosti najetí úhlové polohy do 2°. Použít by nešel ani pneumatický krokový motor, i když jeho přesnost najetí je mnohem lepší a to jen 18'. Parametry těchto pohonů jsou bohužel pod úrovní potřebnou pro tuto aplikaci. Pro rotaci a najetí pracovního stolu do pozice tedy zůstávají dvě varianty, a to realizovat pohon elektrickým motorem nebo přímo elektricky ovládanou polohovací jednotkou. Pokud by se volila varianta pohonu elektrickým motorem, přichází v úvahu pohon servomotorem, krokovým motorem. K variantě pohonu s motorem je nutné přičíst další konstrukční řešení a to především to, že stůl by se musel upevnit k rámu stroje pomocí vlastního uložení, následně by se řešilo uchycení motoru a vzájemné propojení těchto dvou uzlů a kontrola najeté pozice. Multikriteriální technicko-ekonomická analýza variant provedení vedlejšího pohonu stroje je provedena v (tab. 16).

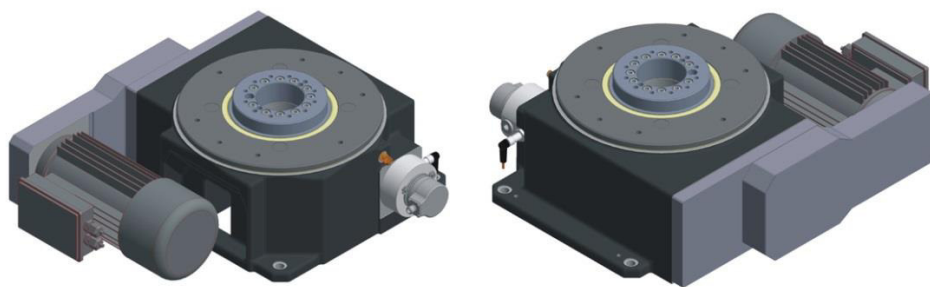
Tab. 16) Multikriteriální analýza variant provedení vedlejšího pohonu stroje

Parametr	Váha Parametru	ELEKTRO MOTOR	ROTAČNÍ POLOHOVACÍ JEDNOTKA
Náročnost konstrukčního řešení	15	1	5
Zástavbové rozměry	10	4	2
Rozsah výkonů, otáček, momentů	15	5	5
Přesnost polohování	20	4	5
Snadná změna otáček	20	5	5
Dostupnost prvků	20	5	4
Rychlost dodání	15	3	3
Spolehlivost	20	4	4
Pořizovací cena	20	3	5
Náklady na zabudování do stroje	15	3	5
Technologická náročnost výroby	15	2	5
Vliv na hmotnost stroje	10	5	2
Vyhodnocení:		720	845

Při hodnocení jednotlivých parametrů u obou variant řešení pohonu bylo zohledněno následující. Náročnost konstrukčního řešení pro použití elektromotoru bude spočívat v nutnosti navrhnout další uzly konstrukce, a to především rotační uchycení stolu, uchycení samotného elektromotoru. To bude mít vliv na konstrukci rámu stroje. Ta bude složitější, obrábění bude náročnější. Konstrukčně by se muselo řešit i následné propojení těchto dvou uzlů. Pro použití rotační polohovací jednotky bude stačit připravit v konstrukci rámu jen dostatečně přesně polohované upínací hnízdo. Zástavbové rozměry rotační polohovací jednotky jsou díky vlastní skříní a integrovanému pohonu mnohem větší jak při vlastní konstrukci pro provedení s elektromotorem. Rozsahy, výkonů otáček a momentů obou pohonů jsou na stejných úrovních, protože škála výrobků je dostatečně široká.

Přesnost polohování by měla být u obou variant obdobně stejná. U varianty s elektromotorem je menší, protože do přesnosti budou vstupovat i další prvky a proto není přesně jasné, jaká bude přesnost najetí. U rotační polohovací jednotky je přesnost jedním z parametrů jednotky a je známá už při jejím výběru. Snadná změna otáček je u obou provedení na stejné úrovni. Dostupnost prvků bude u jednotlivých komponent rozdílná, nicméně termíny dodání budou zhruba stejně dlouhé. Obě řešení budou pravděpodobně stejně spolehlivé. Pořizovací náklady budou pro rotační polohovací jednotky příznivější nebo na stejné úrovni jako u řešení provedení vlastní konstrukcí. Od toho se bude odvíjet i nákladnost zabudování do stroje. Technologická náročnost bude mnohem příznivější u rotační polohovací jednotky, u této bude stačit vytvořit dosedací plochu pro upnutí této jednotky a její zafixování v přesné pozici. Dopad na parametr hmotnosti stroje je hodnocen mírně a to proto, že není tak důležitý, rotační polohovací jednotka bude hmotnější díky svému provedení.

Z provedené analýzy vyplývá jasná převaha vhodnosti provedení vedlejšího pohonu stroje, otáčení pracovního stolu pomocí rotační polohovací jednotky. Navrhovaná rotační polohovací jednotka od firmy Weiss je zobrazena na (obr. 32).



Obr. 32) Navrhovaná rotační polohovací jednotka

5.5 Svírací mechanismus formy

Další důležitý pracovní pohyb je pohyb, který v odlévací pozici sevře připravenou silikonovou gumovou formu a přitiskne ji k hornímu pracovnímu stolu a k vtokovému otvoru. Tato síla musí být dobře nastavitelná a kontrolovatelná, a to velice precizně a snadně. Jemné nastavování přitlačné síly je nutné z důvodu materiálu forem. Tyto vykazují jistou poddajnost při působení tlaku na svůj povrch. Aby nedocházelo k deformaci formy potažmo vnitřní dutiny tedy i samotného odlitku, je potřeba nastavit tuto hodnotu tlaku na formu velice

pečlivě. Tlak na formu nemůže být zase příliš nízký nebo kolísající, aby nedošlo k úniku materiálu mimo prostor formy. Je nutno upozornit na fakt, že forma vysunutá do sevřené pozice musí být následně roztočena na požadované otáčky. Na základě již dříve provedených analýz a volbou jak hlavního, tak vedlejšího pohonu stroje, by bylo vhodné realizovat i tento pohon dalším elektro motorem. Provedení by dozajista bylo možné pomocí otáčení trapézového šroubu a posouvající se matice nebo pohonem pastorku jezdícího po ozubeném hřebenu. Nicméně jak bylo při průzkumu dodávaných strojů zjištěno, bývá toto sevření realizováno pomocí pneumatického válce, a to pravděpodobně z důvodu jednoduché regulovatelnosti přítlačné síly obsluhou stroje při seřizování stroje a testování nových forem. Varianty pro posouzení tedy budou dvě, a to svírání pneumatickým válcem a svírání za pomoci mechanického převodu posuvové síly vyvozené od elektromotoru. Multikriteriální technicko-ekonomická analýza variant svírání formy je provedena v (tab. 17).

Tab. 17) Multikriteriální analýza variant svírání formy

Parametr	Váha Parametru	ELEKTRO MOTOR MECHANICKÝ PŘEVODEM	PNEUMATICKÝ PŘÍMOČARÝ POHON
Dostupnost energie	20	5	3
Náklady na pořízení energie	20	5	3
Náročnost konstrukčního řešení	20	3	5
Náročnost připojení k rotující formě	15	3	5
Zástavbové rozměry	15	3	4
Plynulá regulace síly	20	3	5
Intuitivnost nastavení	20	2	5
Dostupnost prvků	20	3	5
Rychlost dodání	15	3	5
Spolehlivost	20	4	5
Pořizovací cena	20	2	5
Náklady na zabudování do stroje	15	2	5
Technologická náročnost výroby	15	2	5
Vliv na hmotnost stroje	10	3	4
Vyhodnocení:		765	1200

Z provedeného srovnání dvou navržených variant vychází lépe varianta s pneumatickým válcem. Opět je zhodnocena dostupnost potřebné energie, zde jednoznačně převládá varianta s elektro motorem. Konstrukční řešení s pneumatickým válcem bude jednodušší, půjde jen o navržení konstrukce rámu takovým způsobem, aby do ní šel válec bez problému připevnit. Následné použití propojovací spojky, která rozdělí rotační a posuvový pohyb, by muselo být použito u obou variant.

U provedení s pneumatickým válcem bude toto lépe realizovatelné a méně náročné. Zástavbové rozměry budou pro pneumatický válec příznivější, i když bude použito velkého průměru pístu a tudíž i válec bude robustní. Velkou výhodou pneumatického válce je jeho intuitivní nastavení přitlačné síly. K tomu stačí seřadit škrticí ventil, což je velmi jednoduchý zásah do regulace. Pro plynulé svírání a rozevírání bude určitě vhodné vybavit pneumatický válec i tlumením v koncových polohách. U dodávky pneumatického válce půjde jen o dodávku jednoho standartního dílce. U provedení s elektro motorem by bylo k zajištění tohoto pohybu potřeba více dílců. V případě poruchy výměna jednoho dílce je určitě příznivější pro provozovatele oproti výměně nebo demontáži více dílců. Pneumatický válec bude standartních rozměrů, proto i jeho případné nahrazení válcem jiného výrobce nebude tak problematické. Pořizovací náklady zde budou nesrovnatelně nižší při použití pneumatického válce, jako i spolehlivost konstrukce bude zaručeně na vyšší úrovni. Náklady pro zabudování do stroje, stejně tak i technologická náročnost výroby budou nižší, protože uchycení pneumatického válce je velmi jednoduché a levné. Pokud by bylo potřeba lze využít prvků uchycení z nabídky přímo výrobce válce. Bude tedy použito pneumatického válce firmy Festo pro svírání forem.

5.6 Uložení otočných mechanismů

Jelikož stroj vykonává hlavní pohyb rotační, je třeba se zmínit o uložení těchto rotujících dílců. Z možností uložení hřídelů, rotujících prvků u tohoto stroje můžeme volit mezi ložisky kluznými a valivými. U kluzných ložisek zůstaneme u varianty polosuchého ložiska. Jako druhá varianta se nabízí ložiska valivá. Výběr bude zredukován na konstatování, že budou použita ložiska valivá dle zástavbových rozměrů a kontrolních výpočtů. Pro uživatele je výměna tohoto ložiska otázkou demontáže a následné montáže v případě poruchy. Ložiska kluzná by se musela lícovat s protikusem a ne vždy by musela být snadno k dodání. Na ložiska též nebudou kladeny takové nároky, aby výhody kluzných ložisek převážily výhody ložisek valivých. Budou použity ložiska kuželíková a axiální.

6 KONSTRUKČNÍ VÝPOČTY

Pro návrh konstrukce stroje a strojních skupin je zapotřebí ze základních zvolených parametrů provést konkrétní výpočty a následnou kontrolu strojních prvků, které budou použity. Ve výpočtu a dalším návrhu stroje budou použity parametry již zvolené v dřívějších kapitolách vycházející z provedených analýz.

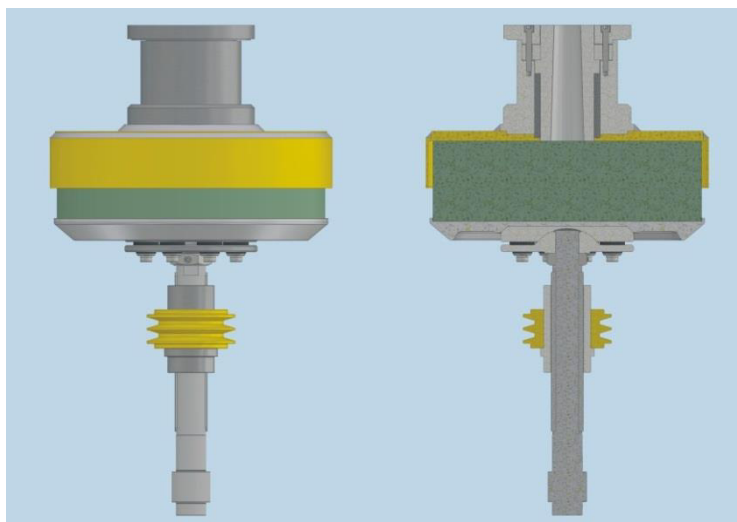
6.1 Výkon hlavního pohonu stroje

V předchozích kapitolách byly určeny potřebné otáčky elektromotoru pro pohon formy i rozměry samotné formy. Pro volbu a výpočet výkonu hlavního pohonu stroje je počítáno s následujícími parametry z (tab. 18). Přesné hodnoty některých parametrů jsme zjistili až následnou iterací výpočtu, jelikož na počátku výpočtu nebyly známy.

Tab. 18) Parametry pro výpočet pohonu

Parametr	Symbol	Hodnota	Jednotka
Otáčky motoru	n_m	1460	$[\text{min}^{-1}]$
Čas rozběhu	t_r	30	$[\text{s}]$
Moment setrvačnosti z 3D návrhu	I_{3D}	1,5456	$[\text{kg.m}^2]$
Moment setrvačnosti motoru	I_{mot}	0,017	$[\text{kg.m}^2]$
Síla pneumatického válce při 6 bar	F_{pn}	12064	$[\text{N}]$
Krouticí moment motoru	M_k	36	$[\text{N.m}]$
Roztečný průměr řemenic	d_p	0,125	$[\text{m}]$
Rameno reakční síly z 3D návrhu	a	0,039	$[\text{m}]$
Základní dynamická únosnost ložiska 32914	C_1	85800	$[\text{N}]$
Výpočtový součinitel ložiska 32914	Y_1	1,9	$[-]$
Základní dynamická únosnost ložiska 32309B	C_2	166000	$[\text{N}]$
Výpočtový součinitel ložiska 32309B	Y_2	1,1	$[-]$
Základní dynamická únosnost ložiska 32030X	C_3	456000	$[\text{N}]$
Výpočtový součinitel ložiska 32030X	Y_3	1,3	$[-]$

Pro výpočet dynamického krouticího momentu, části celkového potřebného momentu, který je potřebný k překonání dynamických odporů při rozběhu, musíme nejprve určit moment setrvačnosti redukovaný na hřídel pohonu. Z návrhové 3D sestavy vytvoříme sestavu všech poháněných komponent, ta je zobrazena na (obr. 33). Z této sestavy zjistíme moment setrvačnosti. Do redukovaného momentu setrvačnosti započítám i moment setrvačnosti uvažovaného motoru.



Obr. 33) Sestava poháněných komponent

6.1.1 Dynamický krouticí moment

Pro výpočet dynamického krouticího momentu bude použito výpočtu (4), (5), (6) [30].

Redukovaný moment setrvačnosti (4).

$$I_{red} = I_{3D} + I_{mot} = 1,5456 + 0,017 = 1,5626 \text{ kg.m}^2 \quad (4)$$

Kde:

I_{red}	[kg.m ²]	redukovaný moment setrvačnosti
I_{3D}	[kg.m ²]	moment setrvačnosti z 3D návrhové sestavy
I_{mot}	[kg.m ²]	moment setrvačnosti návrhového motoru

Úhlová rychlost hnacího motoru (5).

$$\omega_m = 2 \cdot \pi \cdot \frac{n_m}{60} = 2 \cdot \pi \cdot \frac{1460}{60} = 152,8908 \text{ s}^{-1} \quad (5)$$

Kde:

n_m	[min ⁻¹]	otáčky motoru
ω_m	[rad.s ⁻¹]	úhlová rychlost hřídele motoru

Krouticí moment pro překonání dynamických odporů (6).

$$M_{kdyn} = I_{red} \cdot \frac{\Delta\omega_m}{\Delta t_r} = 1,5626 \cdot \frac{152,8908}{30} = 7,9636 \text{ N.m} \quad (6)$$

Kde:

M_{kdyn}	[N.m]	krouticí moment pro překonání dynamických odporů
Δt_r	[s]	doba změny úhlové rychlosti hřídele motoru, doba rozběhu
$\Delta\omega_m$	[rad.s ⁻¹]	změna úhlové rychlosti hřídele motoru za čas t_r

Pro výpočet statického krouticího momentu, části celkového potřebného momentu, který je potřebný k překonání statických (pasivních) odporů, uvažujeme odpory valivé, které vzniknou v samotném uložení poháněných komponent. Uložení je realizováno pomocí kuželíkových ložisek a ložiska axiálního, proto musíme zjistit ztrátové momenty těchto ložisek.

6.1.2 Ztrátový statický moment ložisek spodního uložení

Spodní uložení slouží k uchycení hnané řemenice a k zachycení radiálních sil vzniklých od řemenového převodu, uložení je zobrazeno na (obr. 34). Radiálně a axiálně je toto uložení namáháno nutným minimálním radiálním zatížením – předepnutím a silami vyvolanými řemenovým převodem. Pro výpočet bude použito rovnic (7), (8), (9), (10) [31] a rovnic (11), (13) [32].

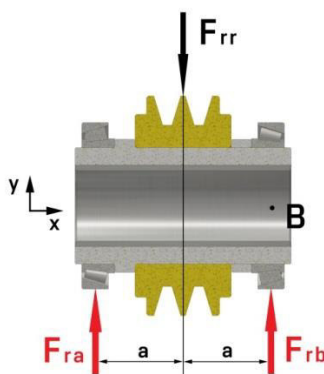
Radiální síla od řemenového převodu (7).

$$F_{rr} = \frac{2 \cdot M_k}{d_p} = \frac{2 \cdot 36}{0,125} = 576 \text{ N} \quad (7)$$

Kde:

M_k	[N.m]	krouticí moment motoru
F_{rr}	[N]	síla radiální od řemenového převodu
d_p	[m]	roztečný průměr řemenic

Reakce radiálních sil působící ve dvojici ložisek (8), (9), (10).



Obr. 34) Reakce radiálních sil

$$\sum M_b = 0: (2 \cdot a \cdot F_{ra}) - (F_{rr} \cdot a) = 0 \quad (8)$$

$$F_{ra} = \frac{F_{rr} \cdot a}{2 \cdot a} = \frac{576 \cdot 0,039}{2 \cdot 0,039} = 288 \text{ N}$$

$$\sum F_y = F_{ra} - F_{rr} + F_{rb} = 0 \quad (9)$$

$$F_{rb} = F_{rr} - F_{ra} = 576 - 288 = 288 \text{ N}$$

$$\sum F_x = 0:0 \quad (10)$$

Kde:

F_{ra}	[N]	radiální reakční síla v místě podpory a
F_{rb}	[N]	radiální reakční síla v místě podpory b
F_x	[N]	síly působící ve směru osy x
F_y	[N]	síly působící ve směru osy y
M_b	[N.m]	momenty reakcí v podpoře síly F_{rb}

Pro správnou funkci kuželíkového ložiska 32914 musí být toto předepnuto potřebnou minimální radiální silou (11).

$$F_{Rm1} = 0,02 \cdot C_1 = 0,02 \cdot 85800 = 1716 \text{ N} \quad (11)$$

Kde:

F_{Rm1}	[N]	minimální radiální zatížení
C_1	[N]	základní dynamická únosnost

Celková radiální síla působící na ložisko (12).

$$F_{RC1} = F_{Rm1} + F_{ra} = 1716 + 288 = 2004 \text{ N} \quad (12)$$

Kde:

F_{RC1}	[N]	celková radiální síla
-----------	-----	-----------------------

Axiální síla působící na kuželíkovém ložisku 32914 vzniklá od radiálního zatížení (13).

$$F_{A1} = \frac{0,5 \cdot F_{RC1}}{Y_1} = \frac{0,5 \cdot 2004}{1,9} = 576 \text{ N} \quad (13)$$

Kde:

F_{A1}	[N]	celková axiální síla
Y_1	[-]	výpočtový součinitel ložiska

Když známe zatížení kuželíkového ložiska 32914 axiální a radiální silou a otáčky ložiska, pak můžeme pomocí aplikace výrobce ložisek [33] zjistit celkový ztrátový moment konkrétního ložiska:

$$M_{S1} = 0,7064 \text{ N.m}$$

Kde:

M_{S1}	[N.m]	ztrátový moment ložiska
----------	-------	-------------------------

6.1.3 Ztrátový statický moment ložisek spojky

Spojkové uložení slouží k možnosti konat jak posuvný, tak i rotační pohyb a oba zdroje pohybu od sebe odděluje. Na ložiska působí axiální síla od pneumatického válce při stlačení formy. Radiální síly jsou zachyceny ve spodním uložení a zde je zachycuje jedno kuželíkové ložisko. Radiálně a axiálně je toto kuželíkové ložisko namáháno nutným minimálním radiálním zatížením – předepnutím. Hlavní axiální sílu přenáší ložisko axiální, pro výpočet bude použito rovnic (14), (16) [32].

Pro správnou funkci kuželíkového ložiska 32309B musí být toto předepnuto potřebnou minimální radiální silou (14).

$$F_{Rm2} = 0,02 \cdot C_2 = 0,02 \cdot 166000 = 3320 \text{ N} \quad (14)$$

Kde:

F_{Rm2} [N] minimální radiální zatížení
 C_2 [N] základní dynamická únosnost

Celková radiální síla v zatíženém ložisku 32309B je tedy jen síla od předepnutí (15).

$$F_{RC2} = F_{Rm2} = 3320 \text{ N} \quad (15)$$

Kde:

F_{RC2} [N] celková radiální síla

Axiální síla působící na nezatíženém kuželíkovém ložisku 32309B vzniklá od minimálního radiálního zatížení (16).

$$F_{A2} = \frac{0,5 \cdot F_{Rm2}}{Y_2} = \frac{0,5 \cdot 3,3320}{1,1} = 1509 \text{ N} \quad (16)$$

Kde:

F_{A2} [N] celková axiální síla
 Y_2 [-] výpočtový součinitel ložiska

Celková axiální síla v nezatíženém kuželíkovém ložisku 32309B je jen síla od předepnutí (17).

$$F_{AC2} = F_{A2} = 1509 \text{ N} \quad (17)$$

Kde:

F_{AC2} [N] celková axiální síla

Když známe zatížení kuželíkového ložiska 32309B axiální a radiální silou a otáčky ložiska, můžeme pomocí aplikace výrobce ložisek [33] zjistit celkový ztrátový moment ložiska:

$$M_{S2} = 0,9914 \text{ N.m}$$

Kde:

M_{S2} [N.m] ztrátový moment ložiska

Axiální síla působící na axiálním ložisku 51410 vzniklá od pneumatického válce při tlaku 4 bar (18).

$$F_{pn4} = \frac{4 \cdot F_{pn}}{6} = \frac{4 \cdot 12064}{6} = 8043 \text{ N} \quad (18)$$

Kde:

F_{pn} [N] síla od pneumatického válce při 6 bar

F_{pn4} [N] síla od pneumatického válce při 4 bar

Na axiální ložisko 51410 nesmí působit žádná radiální síla. Toho je v konstrukci docíleno jak spodním uložením, které zachycuje radiální sílu od pohonu, tak i v sestavě spojky vloženým, předepnutým kuželíkovým ložiskem 32309B.

Když známe zatížení axiálního ložiska 51410 axiální silou a otáčky ložiska, můžeme pomocí aplikace výrobce ložisek [33] zjistit celkový ztrátový moment ložiska:

$$M_{S3} = 0,4815 \text{ N.m}$$

Kde:

M_{S3} [N.m] ztrátový moment ložiska

6.1.4 Ztrátový statický moment ložisek horního uložení

Horní uložení slouží k upevnění horního pracovního stolu. Uložení je rozměrově větší z důvodu průchodu odlévaného materiálu uložením a nutností izolace ložisek. Na ložiska působí axiální síla od pneumatického válce po stlačení formy. Radiální síly jsou zachyceny ve spodním uložením. Radiálně a axiálně je toto uložení namáháno nutným minimálním radiálním zatížením – předepnutím. Pro výpočet bude použito rovnic (19), (20), (21) [32].

Pro správnou funkci kuželíkového ložiska musí být toto předepnuto potřebnou minimální radiální silou (19).

$$F_{Rm3} = 0,02 \cdot C_3 = 0,02 \cdot 456000 = 9120 \text{ N} \quad (19)$$

Kde:

F_{Rm3} [N] minimální radiální zatížení

C_3 [N] základní dynamická únosnost

Axiální síla působící na nezatíženém ložisku vzniklá od minimálního radiálního zatížení (20).

$$F_{A3} = \frac{0,5 \cdot F_{Rm3}}{Y_{32}} = \frac{0,5 \cdot 3,9120}{1,3} = 3507 \text{ N} \quad (20)$$

Kde:

F_{A3} [N] celková axiální síla

Y_3 [-] výpočtový součinitel ložiska

Radiální síla působící na zatížené ložisko vzniklá od síly pneumatického válce při 4 bar (21).

$$F_{R3} = \frac{Y_3 \cdot F_{A3}}{0,5} = \frac{1,3 \cdot 8043}{0,5} = 20912 \text{ N} \quad (21)$$

Kde:

F_{R3} [N] radiální síla

Celková radiální síla v zatíženém ložisku (22).

$$F_{RC3} = F_{Rm3} + F_{R3} = 9120 + 20912 = 30032 \text{ N} \quad (22)$$

Kde:

F_{RC3} [N] celková radiální síla

Celková axiální síla v zatíženém ložisku (23).

$$F_{AC3} = F_{pn4} + F_{A3} = 8043 + 3507 = 11550 \text{ N} \quad (23)$$

Kde:

F_{AC3} [N] celková axiální síla

Když známe zatížení ložiska axiální a radiální silou a otáčky ložiska, můžeme pomocí aplikace výrobce ložisek [33] zjistit celkový ztrátový moment jak axiálně zatíženého tak i nezatíženého ložiska:

$$M_{S4} = 12,5059 \text{ N.m}$$

$$M_{S5} = 4,6369 \text{ N.m}$$

Kde:

M_{S4} [N.m] ztrátový moment ložiska

M_{S5} [N.m] ztrátový moment ložiska

6.1.5 Ztrátový statický krouticí moment

$$M_{ksta} = (2 \cdot M_{S1}) + M_{S2} + M_{S3} + M_{S4} + M_{S5}$$

$$M_{ksta} = (2 \cdot 0,7064) + 0,9914 + 0,4815 + 12,5059 + 4,6369 = 20,0285 \text{ N.m} \quad (24)$$

Kde:

M_{ksta} [N.m] krouticí moment pro překonání statický odporů

6.1.6 Celkový krouticí moment a potřebný výkon elektromotoru

$$M_k = M_{kdyn} + M_{ksta} = 7,9636 + 20,0285 = 27,9921 \text{ N.m} \quad (25)$$

$$P = M_k \cdot \omega_m = 27,9921 \cdot 152,8908 = 4279,7345 \text{ W} \quad (26)$$

Kde:

P [W] výkon

Z výpočtu (24), (25), (26) [30] a z uvažovaného přenosu krouticího momentu z elektromotoru na stroj pomocí klínových řemenů volím dle dostupných hodnot motor od výrobce Siemens s výkonem 5500 W a krouticím momentem 36 N.m. Jako příslušenství motoru bude požadována teplotní ochrana vinutí termistory, nezávislá ventilační jednotka, elektromagnetická brzda a zesílená ložiska. Tento motor je použit v návrhu stroje.

6.2 Volba klínových řemenů

Pro přenos otáček a krouticího momentu použijeme klínové řemeny jejich rozměry a počet je nutné navrhnout a vypočítat. Ve výpočtu (27), (28), (29), (30), (31) postupujeme dle návodu výrobce [34]. Pro volbu a výpočet klínových řemenů počítáme s hodnotami následujících parametrů z (tab. 19). Tyto parametry jsme získaly předchozím výpočtem nebo volbou z návodu výrobce.

Tab. 19) Parametry pro výpočet řemenů

Parametr	Symbol	Hodnota	Jednotka
Otáčky motoru	n_m	1460	$[\text{min}^{-1}]$
Krouticí moment motoru	M_k	36	$[\text{N}\cdot\text{m}]$
Roztečný průměr řemenic	d_p	0,125	$[\text{m}]$
Výkon elektromotoru	P	5500	$[\text{W}]$
Provozní faktor náročnosti provozu	C_{o2}	1,1	$[-]$
Průřez řemenu v závislosti na otáčkách	-	A	$[-]$
Převodový poměr	i	1	$[-]$
Předběžná osová vzdálenost z 3D návrhu	C_{cp}	0,250	$[\text{m}]$
Základní jmenovitý výkon řemene	P_B	3520	$[\text{W}]$
Opravný součinitel délky řemenu	C_{o1}	0,87	$[-]$
Opravný součinitel úhlu opásání	C_{o3}	1	$[-]$

6.2.1 Navrhovaný výkon

$$P_d = P \cdot C_{o2} = 5500 \cdot 1,1 = 6050 \text{ W} \quad (27)$$

Kde:

P_d [W] navrhovaný výkon
 C_{o2} [-] provozní faktor náročnosti provozu

6.2.2 Vztažná délka řemenu

$$L_d = 2 \cdot C_{cp} + 1,57 \cdot (d_p + d_p) + \frac{(d_p - d_p)^2}{4 \cdot C_{cp}} \quad (28)$$

$$L_d = 2 \cdot 0,250 + 1,57 \cdot (0,125 + 0,125) + \frac{(0,125 - 0,125)^2}{4 \cdot 0,250} = 0,8925 \text{ m}$$

Kde:

L_d [m] vztažná délka řemenu
 C_{cp} [m] předběžná osová vzdálenost z 3D návrhu

Dle tabulek pro příslušný průřez řemenu A volím jeho délku 0,940m.

Zpětným výpočtem získám skutečnou osovou vzdálenost.

$$C_C = \frac{L_d - 1,57 \cdot (d_p + d_p)}{2} = \frac{0,940 - 1,57 \cdot (0,125 + 0,125)}{2} \quad (29)$$

$$C_C = 0,27375 \text{ m}$$

Kde:

C_C [m] osová vzdálenost řemenic

6.2.3 Jmenovitý výkon řemene

$$P_r = P_B \cdot C_{o1} \cdot C_{o3} = 3520 \cdot 0,87 \cdot 1 = 3062 \text{ W} \quad (30)$$

Kde:

P_B [W] základní jmenovitý výkon řemene

P_r [W] jmenovitý výkon řemene

C_{o1} [-] opravný součinitel délky řemenu

C_{o3} [-] opravný součinitel úhlu opásání

6.2.4 Počet řemenů

$$N = \frac{P_d}{P_r} = \frac{6050}{3062} = 1,975 \quad (31)$$

Kde:

N [-] počet řemenů

Z výpočtu volím počet potřebných řemenů pro přenos otáček a krouticího momentu 2.

6.3 Kontrola trvanlivosti navržených ložisek

Z určení stroje a jeho hlavních pohybů bylo uvažováno o způsobu uložení pohybujících se dílců a jejich namáhání. Z návrhové sestavy jsme získali základní představu o velikosti zástavbových rozměrů. Jelikož stroj vykonává rotační, ale i posuvný pohyb bylo vybráno do návrhu ložisko axiální a ložiska kuželíková od firmy SKF. Ve výpočtu (32), (33), (34), (35) postupujeme dle návodu výrobce [37]. Pro kontrolu trvanlivosti navržených ložisek počítáme s hodnotami následujících parametrů z (tab. 20). Tyto jsme získaly předchozím výpočtem, volbou z návodu výrobce. Dynamické ekvivalentní zatížení ložiska jsme získali po zadání axiálních a radiálních sil ve výpočtovém programu výrobce protože výpočtové parametry neuvádí [33].

Tab. 20) Parametry pro kontrolu ložisek

Parametr	Symbol	Hodnota	Jednotka
Otáčky motoru	n_m	1460	$[\text{min}^{-1}]$
Základní dynamická únosnost ložiska 32914	C_1	85800	[N]
Základní dynamická únosnost ložiska 32309B	C_2	166000	[N]
Základní dynamická únosnost ložiska 32030X	C_3	456000	[N]
Základní dynamická únosnost ložiska 51410	C_4	159000	[N]
Dynamické ekvivalentní zatížení ložiska 32914	P_1	2000	[N]
Dynamické ekvivalentní zatížení ložiska 32309B	P_2	3320	[N]
Dynamické ekvivalentní zatížení ložiska 32030X	P_3	30000	[N]
Dynamické ekvivalentní zatížení ložiska 51410	P_4	8040	[N]
Exponent rovnice pro ložiska s čárovým stykem	p	10/3	[-]

6.3.1 Základní trvanlivost kuželíkového ložiska 32914

$$L_{10h} = \left(\frac{C_1}{P_1}\right)^p \cdot \frac{10^6}{60 \cdot n_m} = \left(\frac{85800}{2000}\right)^{\frac{10}{3}} \cdot \frac{10^6}{60 \cdot 1460} = 3154756,0789 \text{ h} \quad (32)$$

Kde:

L_{10h}	[h]	základní trvanlivost
P_1	[N]	dynamické ekvivalentní zatížení ložiska 32914
p	[-]	exponent rovnice pro ložiska s čárovým stykem

6.3.2 Základní trvanlivost kuželíkového ložiska 32309B

$$L_{10h} = \left(\frac{C_2}{P_2}\right)^p \cdot \frac{10^6}{60 \cdot n_m} = \left(\frac{166000}{3320}\right)^{\frac{10}{3}} \cdot \frac{10^6}{60 \cdot 1460} = 5250043,6989 \text{ h} \quad (33)$$

Kde:

P_2	[N]	dynamické ekvivalentní zatížení ložiska 32309B
-------	-----	--

6.3.3 Základní trvanlivost kuželíkového ložiska 32030X

$$L_{10h} = \left(\frac{C_3}{P_3}\right)^p \cdot \frac{10^6}{60 \cdot n_m} = \left(\frac{456000}{30000}\right)^{\frac{10}{3}} \cdot \frac{10^6}{60 \cdot 1460} = 99296,7708 \text{ h} \quad (34)$$

Kde:

P_3	[N]	dynamické ekvivalentní zatížení ložiska 32030X
-------	-----	--

6.3.4 Základní trvanlivost axiálního ložiska 51410

$$L_{10h} = \left(\frac{C_4}{P_4}\right)^p \cdot \frac{10^6}{60 \cdot n_m} = \left(\frac{159000}{8040}\right)^{\frac{10}{3}} \cdot \frac{10^6}{60 \cdot 1460} = 238738,7639 \text{ h} \quad (35)$$

Kde:

P_4	[N]	dynamické ekvivalentní zatížení ložiska 51410
Zvolená ložiska svojí základní trvanlivostí vyhovují.		

7 ANALÝZA RIZIK A POSOUZENÍ BEZPEČNOSTI

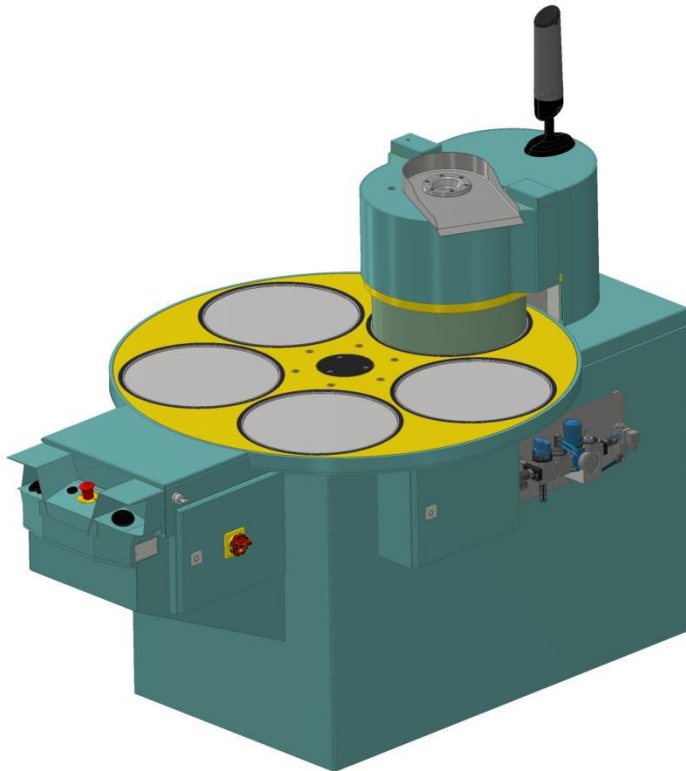
Aby navržená varianta stroje byla bezpečná a stroj mohl být uveden na trh, musí být výrobcem provedena analýza rizik a bezpečnosti [38]. Analýza rizik a bezpečnosti provedená po návrhu stroje, umožní rozpoznat nebezpečné části a funkce stroje tak, aby se tyto nebezpečí daly s nejmenšími náklady opravit. Pro významná nebezpečí lze navrhnout vhodná opatření k dosažení dostatečné bezpečnosti stroje. Nejprve jsou zde shrnuty výchozí informace o posuzovaném zařízení a proveden stručný rozbor příslušných norem. Další část je zaměřena na konkrétní analýzu rizik a celkové integrované bezpečnosti posuzovaného zařízení.

7.1 Použití strojního zařízení

Licí stroj je určen pro odstředivé odlévání slitin kovů s nízkou teplotou tavení nebo tekutého materiálu do silikonových gumových forem. Strojní zařízení pracuje převážně za tepla, v sériové a hromadné výrobě strojních součástí různých tvarů a velikostí.

7.2 Popis a konstrukce strojního zařízení

Popis strojního zařízení vychází z konstrukční varianty stroje, která vznikla na základě postupu řešení konstrukčního úkolu v předchozích kapitolách. Provedení stroje vychází z osvědčeného provedení strojů pro toto použití. Provedený návrh stroje je na (obr. 35).



Obr. 35) Navržená varianta stroje

Rám stroje je ocelový svařenec, na kterém jsou upevněny další konstrukční celky stroje. Krouticí moment je od motoru přenášen klínovými řemeny na hřídel s licím talířem. Na talíři je umístěna dvoudílná silikonová forma. Dvoudílná silikonová forma je složena do sebe a vzájemná poloha mezi oběma polovinami je nezaměnitelně aretována. Forma je umístěna na otočný stůl, který má více pozic pro formy. Jen jedna pozice je v pracovním prostoru stroje a to pozice licí. Pozice jsou vychystávací, licí, chladicí a odebírací. Po zavezení formy do pracovního prostoru stroje rotačním pohybem otočného stolu, je silikonová forma na pracovním stole polohovací jednotkou aretována v pozici pro lití. Je uzavřen kryt pracovního prostoru. Následně je forma pneumatickým válcem stlačena a upnuta k protilehlému hornímu stolu stroje. Hlavní pohon roztočí sevřenou formu a po dosažení nastavených otáček je do formy manuálně vlit odlévaný materiál v požadovaném množství, který ji vyplní. Po zachlazení materiálu a jeho ztuhnutí je tento rotační pohyb zpomalován až do zastavení hlavního pohonu. Následně je forma pneumatickým válcem uvolněna a sjede na otočný stůl. Stále zůstává uzavřena. Po zastavení je otevřen ochranný kryt. Otočným stolem je přesunuta do další pozice k jejímu vychlazení a zároveň je založena forma k dalšímu odlití. Následně mohou být vyjmuty hotové odlitky. Forma je opět po očištění složena pro další odlévání. Stroj pracuje v poloautomatickém režimu. Operátor spouští naprogramovaný cyklus.

7.3 Technické parametry stroje

Hlavní technické parametry strojního zařízení jsou uvedeny v (tab. 21).

Tab. 21) Základní parametry stroje

Základní parametry	Hodnota	Jednotka
Otáčky hlavního motoru	1460	[min ⁻¹]
Výkon hlavního motoru	5,5	[kW]
Maximální průměr formy	400	[mm]
Maximální výška formy	120	[mm]
Počet pracovních pozic	5	[-]
Průměr pracovního stolu	1200	[mm]
Délka stroje – zleva doprava	1222	[mm]
Šířka stroje – zepředu dozadu	1877	[mm]
Výška stroje	1680	[mm]
Výška pracovního stolu nad podlahou	908	[mm]
Hmotnost stroje	850	[kg]
Max. tlak vzduchu	4	[bar]

7.4 Analýza legislativních požadavků

Při analýze rizik a bezpečnosti vycházíme z následujících směrnic.

7.4.1 Směrnice strojní 2006/42/ES

Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2006/42/ES ze dne 17. května 2006 o strojních zařízeních a o změně směrnice 95/16/ES (přepracované znění).

Tato směrnice se vztahuje na i na tyto výrobky:

a) strojní zařízení,

Pro účely této směrnice definuje strojní zařízení jako:

- soubor, který je vybaven nebo má být vybaven poháněcím systémem, který nepoužívá přímo vynaloženou lidskou nebo zvířecí sílu, sestavený z částí nebo součástí, z nichž alespoň jedna je pohyblivá, vzájemně spojených za účelem přesně stanoveného použití,
- soubor uvedený v první odrážce, kterému chybí pouze ty součásti, které jej spojují s místem použití nebo se zdroji energie či pohybu,
- soubor uvedený v první nebo druhé odrážce, který je připraven k instalaci a je schopen fungovat až po namontování na dopravní prostředek nebo po instalaci v budově nebo na konstrukci,
- soubory strojních zařízení uvedené v první, druhé nebo třetí odrážce nebo neúplná strojní zařízení, které jsou za účelem dosažení stejného výsledku uspořádány a ovládány tak, aby pracovaly jako integrovaný celek,
- soubor spojených částí nebo součástí, z nichž alespoň jedna je pohyblivá, které jsou vzájemně spojeny za účelem zvedání břemen a jejichž jediným zdrojem energie je přímo vynaložená lidská síla [38].

Uvádění na trh a uvádění do provozu

Před uvedením strojního zařízení na trh nebo do provozu výrobce nebo jeho zplnomocněný zástupce:

- zajistí, aby splňovalo příslušné základní požadavky na ochranu zdraví a bezpečnost,
- zajistí, aby byla k dispozici technická dokumentace,
- poskytne zejména potřebné informace, např. návod k používání,
- provede příslušné postupy k posouzení shody,
- vypracuje ES prohlášení o shodě a zajistí, aby toto prohlášení bylo přiloženo ke strojnímu zařízení,
- připojí označení CE [38].

Technická dokumentace

Technická dokumentace musí prokázat, které požadavky této směrnice jsou použity a splněny. Musí zahrnovat návrh, výrobu a funkci strojního zařízení v rozsahu nezbytném pro posouzení shody s použitými základními požadavky na ochranu zdraví a bezpečnost [38].

Technická dokumentace zahrnuje konstrukční a výrobní dokumentaci obsahující:

- celkový popis strojního zařízení,
- celkový výkres strojního zařízení a schémata ovládacích obvodů,
- podrobné výkresy, případně doplněné výpočty, výsledky zkoušek, certifikáty atd., které jsou nezbytné pro kontrolu shody strojního zařízení s použitými základními požadavky na ochranu zdraví a bezpečnosti,
- dokumentaci o posouzení rizika s uvedením postupu, včetně [38].

Dokumentace o posouzení rizika s uvedením postupu obsahuje:

- seznamu použitých a splněných základních požadavků na ochranu zdraví a bezpečnosti,
- popisu ochranných opatření provedených k vyloučení zjištěného nebezpečí nebo ke snížení rizik a případně uvedení zbytkových rizik,
- použité normy a ostatní technické specifikace, s uvedením základních požadavků na ochranu zdraví a bezpečnosti, které jsou v těchto normách zahrnuty,
- výtisk návodu k používání strojního zařízení [38].

Návod k obsluze strojního zařízení

Ke každému strojnímu zařízení musí být přiložen návod k používání v úředním jazyku nebo jazycích Společenství členského státu, ve kterém je strojní zařízení uváděno na trh nebo do provozu [38].

Návod k používání přiložený ke strojnímu zařízení musí být buď „původním návodem k používání“ nebo „překladem původního návodu k používání“, přičemž k překladu musí být přiložen původní návod [38].

ES Prohlášení o shodě pro strojní zařízení

Pro vypracování tohoto prohlášení a jeho překladů platí stejné podmínky jako pro návody k používání a musí být vyhotoveny strojem nebo ručně tiskacími písmeny.

Toto prohlášení se vztahuje výlučně na strojní zařízení ve stavu, v jakém bylo uvedeno na trh, a nevztahuje se na součásti, které byly následně přidány konečným uživatelem, nebo následně provedené zásahy konečného uživatele.

ES Prohlášení o shodě musí obsahovat následující údaje:

- obchodní firmu a úplnou adresu výrobce a případně jeho zplnomocněného zástupce,
- jméno a adresu osoby pověřené sestavením technické dokumentace, přičemž tato osoba musí být usazena ve Společenství,
- popis a identifikaci strojního zařízení, včetně obecného označení, funkce, modelu, typu, výrobního čísla a obchodního názvu,
- větu, ve které se výslovně prohlašuje, že strojní zařízení splňuje všechna příslušná ustanovení této směrnice, a případně podobnou větu s prohlášením o shodě s jinými směrnicemi nebo příslušnými předpisy, kterým strojní zařízení odpovídá. Tyto odkazy musí odkazovat na texty zveřejněné v Úředním věstníku Evropské unie,
- případně jméno, adresu a identifikační číslo oznámeného subjektu, který provedl ES přezkoušení typu a číslo certifikátu ES přezkoušení typu,
- případně jméno, adresu a identifikační číslo oznámeného subjektu, který schválil systém komplexního zabezpečování jakosti,

- případně odkaz na použité harmonizované normy,
- případně odkaz na jiné použité technické normy a specifikace,
- místo a datum vydání prohlášení,
- údaje o totožnosti osoby oprávněné vypracovat prohlášení jménem výrobce nebo jeho oprávněného zástupce a její podpis [38].

V rámci směrnice byly zveřejněny mimo jiné odkazy na následující harmonizované normy:

- EN ISO 12100:2011 Bezpečnost strojních zařízení - Všeobecné zásady pro konstrukci – Posuzování rizika a snižování rizika
- EN 349:1993+A1:2008 Bezpečnost strojních zařízení - Nejmenší mezery k zamezení stlačení částí lidského těla
- EN 574:1996+A1:2008 Bezpečnost strojních zařízení - Dvouruční ovládací zařízení - Funkční hlediska - Zásady pro konstrukci
- EN 894-1:1997+A1:2008 Bezpečnost strojních zařízení - Ergonomické požadavky pro navrhování sdělovačů a ovládačů - Část 1: Všeobecné zásady interakcí člověka se sdělovači a ovládači.
- EN ISO 4414:2010 Pneumatika - Všeobecná pravidla a bezpečnostní požadavky na pneumatické systémy a jejich součásti
- EN 60204-1:2006 Bezpečnost strojních zařízení - Elektrická zařízení strojů - Část 1: Všeobecné požadavky.
- EN 61800-5-2:2007 Systémy elektrických výkonových pohonů s nastavitelnou rychlostí - Část 5- 2: Bezpečnostní požadavky – Funkční.
- EN 62061:2005 Bezpečnost strojních zařízení - Funkční bezpečnost elektrických, elektronických a programovatelných elektronických řídicích systému souvisejících s bezpečností.
- EN ISO 14118:2018 Bezpečnost strojních zařízení – Zamezení neočekávanému spuštění (ISO 14118:2017)
- EN ISO 14119:2013 Bezpečnost strojních zařízení - Blokovací zařízení spojená s ochrannými kryty - Zásady pro konstrukci a volbu
- a další

7.4.2 Směrnice o elektrických zařízeních 2014/35/EU

Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2014/35/EU ze dne 26. února 2014 o harmonizaci právních předpisů členských států týkajících se dodávání elektrických zařízení určených pro používání v určitých mezích napětí na trh.

Směrnice v příloze I blíže určuje základní prvky bezpečnostních zásad pro elektrická zařízení určená pro používání v určitých mezích napětí.

Obecné podmínky

- na elektrickém zařízení nebo, pokud to není možné, v příloženém dokladu musí být uvedeny základní údaje a pokyny, jejichž znalost a dodržování zajistí, aby elektrické zařízení bylo užíváno bezpečně a k účelu, pro který bylo vyrobeno
- elektrické zařízení a jeho součásti musí být provedeny tak, aby mohly být bezpečně a správně smontovány a připojeny
- elektrické zařízení musí být navrženo a vyrobeno tak, aby byla zajištěna ochrana před nebezpečími uvedenými v bodech 2 a 3, pokud bude používáno pro účely, ke kterým je určeno, a řádně udržováno [39].

Ochrana před nebezpečími, která mohou být způsobena elektrickým zařízením

V souladu s bodem 1 musí být technická opatření stanovena tak, aby:

- osoby a domácí zvířata byly přiměřeně chráněny před nebezpečím fyzického poranění nebo jiného poškození, které by mohlo být způsobeno přímým dotykem nebo nepřímo,
- nevznikaly teploty, elektrické oblouky nebo záření, které by mohly být nebezpečné,
- osoby, domácí zvířata a majetek byly přiměřeně chráněny před nebezpečími neelektrického charakteru, která by podle zkušenosti mohla být elektrickým zařízením způsobena,
- izolace odpovídala předvídatelným podmínkám [39].

Ochrana před nebezpečími, která mohou vznikat působením vnějších vlivů na elektrické zařízení

V souladu s bodem 1 musí být stanovena opatření technické povahy, která zajistí, aby elektrické zařízení:

- odpovídalo předpokládaným podmínkám mechanického namáhání tak, aby nedošlo k ohrožení osob, domácích zvířat a majetku,
- bylo za předpokládaných podmínek okolního prostředí odolné vůči působení jiných než mechanických vlivů tak, aby nedošlo k ohrožení osob, domácích zvířat a majetku,
- za předvídatelných podmínek přetížení neohrožovalo osoby, domácí zvířata a majetek.

Pro účely této směrnice se rozumí:

- „dodáním na trh“ dodání elektrického zařízení k distribuci, spotřebě nebo použití na trhu Unie v rámci obchodní činnosti, ať už za úplatu, nebo bezplatně,
- „uvedením na trh“ první dodání elektrického zařízení na trh Unie,
- „výrobcem“ fyzická nebo právnická osoba, která vyrábí elektrické zařízení nebo si nechává elektrické zařízení navrhnout nebo vyrobit a toto zařízení uvádí na trh pod svým jménem nebo ochrannou známkou.
- „posuzováním shody“ postup k prokázání, zda byly splněny bezpečnostní zásady uvedené v článku 3 a stanovené v příloze I týkající se elektrického zařízení.

Směrnice v článku 3 blíže určuje „Dodávání na trh a bezpečnostní zásady“:

- Elektrická zařízení mohou být dodávána na trh Unie pouze tehdy, pokud byla vyrobena v souladu se správnou technickou praxí týkající se bezpečnosti platnou v Unii a neohrožují zdraví a bezpečnost osob a domácí zvířata nebo majetek, jsou-li správně instalována a udržována a jsou-li užívána k účelu, pro který byla vyrobena [39].

Směrnice v článku 12 vymezuje „Předpoklad shody na základě harmonizovaných norem“:

- Předpokládá se, že elektrická zařízení, která jsou ve shodě s harmonizovanými normami nebo jejich částmi, na něž byly zveřejněny odkazy v Úředním věstníku

Evropské unie, jsou ve shodě s bezpečnostními zásadami uvedenými v článku 3 a stanovenými v příloze I, na které se tyto normy nebo jejich části vztahují.

Směrnice v článku 15 blíže vymezuje „EU prohlášení o shodě“:

- EU prohlášení o shodě potvrzuje, že bylo prokázáno splnění bezpečnostních zásad uvedených v článku 3 a stanovených v příloze I.
- EU prohlášení o shodě se vypracuje podle vzoru uvedeného v příloze IV, obsahuje prvky stanovené v modulu A uvedeném v příloze III a je průběžně aktualizováno. Přeloží se do jazyka nebo jazyků požadovaných členským státem, v němž se elektrické zařízení uvádí nebo dodává na trh.
- Vypracováním EU prohlášení o shodě přebírá výrobce odpovědnost za soulad elektrického zařízení s požadavky stanovenými v této směrnici.

Směrnice v příloze III blíže určuje „MODUL A – Interní řízení výroby“:

- Interní řízení výroby je postupem posuzování shody, kterým výrobce plní povinnosti stanovené v bodech 2, 3 a 4 a na vlastní odpovědnost zaručuje a prohlašuje, že daná elektrická zařízení splňují požadavky této směrnice, které se na ně vztahují [39].

Technická dokumentace

Výrobce vypracuje technickou dokumentaci. Dokumentace musí umožňovat posouzení shody elektrického zařízení s příslušnými požadavky a obsahuje odpovídající analýzu a posouzení rizik. Technická dokumentace musí uvádět příslušné požadavky a v míře nutné pro posouzení se musí vztahovat k návrhu, výrobě a fungování elektrického zařízení. Technická dokumentace musí obsahovat, je-li to relevantní, alespoň tyto prvky:

- celkový popis elektrického zařízení
- koncepční návrh a výrobní výkresy a schémata součástí, podsestav, obvodů atd.
- popisy a vysvětlivky potřebné pro pochopení uvedených výkresů, schémat a fungování elektrického zařízení
- seznam harmonizovaných norem, na které byly zveřejněny odkazy v Úředním věstníku Evropské unie a které byly použity v plném rozsahu nebo zčásti, nebo mezinárodních norem uvedených v článku 13 nebo vnitrostátních norem uvedených v článku 14 a popis řešení zvolených ke splnění bezpečnostních zásad této směrnice, pokud tyto harmonizované, mezinárodní nebo vnitrostátní normy použity nebyly, včetně seznamu jiných příslušných technických specifikací, které byly použity. V případě částečně použitých harmonizovaných norem nebo mezinárodních norem uvedených v článku 13 nebo vnitrostátních norem uvedených v článku 14 se v technické dokumentaci uvedou ty části, jež byly použity
- výsledky konstrukčních výpočtů, provedených přezkoušení atd.
- protokoly o zkouškách [39].

Výroba

Výrobce přijme veškerá nezbytná opatření, aby výrobní proces a jeho kontrola zajišťovaly shodu vyráběných elektrických zařízení s technickou dokumentací podle bodu 2a s požadavky této směrnice, které se na ně vztahují.

Označení CE a EU prohlášení o shodě

- Výrobce umístí označení CE na každé jednotlivé elektrické zařízení, které splňuje příslušné požadavky této směrnice.
- Výrobce vypracuje písemné EU prohlášení o shodě pro model výrobku a po dobu deseti let od uvedení elektrického zařízení na trh jej společně s technickou dokumentací uchovává pro potřebu vnitrostátních orgánů dozoru nad trhem. V EU prohlášení o shodě musí být uvedeno elektrické zařízení, pro něž bylo vypracováno[39].

V rámci směrnice byly zveřejněny mimo jiné odkazy na následující harmonizované normy:

- EN 50274:2002 Rozvaděče nízkého napětí - Ochrana před úrazem elektrickým proudem - Ochrana před neúmyslným přímým dotykem nebezpečných živých částí.
- EN 61439-1:2009 Rozvaděče nízkého napětí - Část 1: Všeobecná ustanovení.
- EN 61643-11:2002 Ochrany před přepětím nízkého napětí – Část 11: Přepět'ová ochranná zařízení zapojená v sítích nízkého napětí – Požadavky a zkoušky.
- EN 61800-5-1:2007 Systémy elektrických výkonových pohonů s nastavitelnou rychlostí - Část 5- 1:Bezpečnostní požadavky - Elektrické, tepelné a energetické.
- a další

7.4.3 Směrnice o elektromagnetické kompatibilitě 2014/30/EU

Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2014/30/EU ze dne 26. února 2014 o harmonizaci právních předpisů členských států týkajících se elektromagnetické kompatibility (přepracované znění)

Směrnice stanoví požadavky na elektromagnetickou kompatibilitu zařízení. Jejím cílem je zajistit fungování vnitřního trhu tím, že vyžaduje, aby zařízení byla v souladu s přiměřeným stupněm elektromagnetické kompatibility.

Pro účely této směrnice se rozumí:

- „zařízením“ přístroj nebo pevná instalace,
- „přístrojem“ hotový přístroj nebo sestava přístrojů dodávaná na trh jako samostatný funkční celek určený pro konečného uživatele, který může být zdrojem elektromagnetického rušení nebo na jehož provoz může mít elektromagnetické rušení vliv,
- „pevnou instalací“ určitá sestava několika druhů přístrojů, případně prostředků, jež jsou zkompleťovány, instalovány a určeny k trvalému používání na předem daném místě,
- „elektromagnetickým rušením“ elektromagnetický jev, který může zhoršit funkci zařízení; elektromagnetickým rušením může být elektromagnetický šum, nežádoucí signál nebo změna v samotném prostředí šíření;
- „odolností“ schopnost zařízení správně fungovat bez zhoršení kvality funkce za přítomnosti elektromagnetického rušení.

Směrnice v článku 4 blíže určuje „Dodávání na trh a uvádění do provozu“:

- Členské státy přijmou veškerá vhodná opatření, aby zařízení byla dodávána na trh a uváděna do provozu pouze tehdy, pokud jsou v souladu s touto směrnicí, jsou-li správně instalována a udržována a jsou-li používána k určenému účelu.

Směrnice v článku 6 blíže určuje „Základní požadavky“:

- Zařízení musí splňovat základní požadavky stanovené v příloze I [41].

Směrnice v článku 7 blíže určuje „Povinnosti výrobců“:

Povinnosti výrobců

- Při uvádění svých přístrojů na trh výrobci zajistí, aby tyto přístroje byly navrženy a vyrobeny v souladu se základními požadavky stanovenými v příloze I.
- Výrobci vypracují technickou dokumentaci uvedenou v příloze II nebo příloze III a provedou nebo nechají provést příslušný postup posuzování shody uvedený v článku 14.
- Byl-li soulad přístroje s příslušnými požadavky takovým postupem prokázán, vypracují výrobci EU prohlášení o shodě a umístí označení CE.
- Výrobci uchovávají technickou dokumentaci a EU prohlášení o shodě po dobu deseti let od uvedení přístroje na trh.

Směrnice v článku 13 blíže vymezuje „Předpoklad shody zařízení“:

- Předpokládá se, že zařízení, která jsou ve shodě s harmonizovanými normami nebo jejich částmi, na něž byly zveřejněny odkazy v Úředním věstníku Evropské unie, jsou ve shodě se základními požadavky stanovenými v příloze I, na které se tyto normy nebo jejich části vztahují.

Směrnice v článku 15 blíže vymezuje „EU prohlášení o shodě“:

- EU prohlášení o shodě potvrzuje, že bylo prokázáno splnění základních požadavků stanovených v příloze I.
- EU prohlášení o shodě se vypracuje podle vzoru uvedeného v příloze IV, musí obsahovat prvky stanovené v příslušných modulech uvedených v přílohách II a III a být průběžně aktualizováno. Přeloží se do jazyka nebo jazyků požadovaných členským státem, v němž se přístroj uvádí nebo dodává na trh.
- Pokud se na přístroj vztahuje více než jeden akt Unie vyžadující EU prohlášení o shodě, vypracuje se jediné EU prohlášení o shodě pro všechny tyto akty Unie. Dané akty Unie musí být v tomto prohlášení uvedeny včetně odkazů na jejich vyhlášení.
- Vypracováním EU prohlášení o shodě přebírá výrobce odpovědnost za soulad přístroje s požadavky stanovenými v této směrnici [41].

Směrnice v příloze I blíže určuje „Základní požadavky“:

Obecné požadavky

Zařízení musí být navržena a vyrobena tak, aby se s přihlédnutím k dosaženému stavu techniky zajistilo, že:

- elektromagnetické rušení, které způsobují, nepřesáhne úroveň, za níž rádiová a telekomunikační zařízení nebo jiná zařízení nejsou schopna fungovat v souladu s určeným použitím;
- dosahují úrovně odolnosti vůči elektromagnetickému rušení očekávanému při jejich provozu v souladu s určeným použitím, která jim umožňuje fungovat bez nepříjemného zhoršení provozu v souladu s určeným použitím [41].

Zvláštní požadavky na pevné instalace

Instalace a určené použití komponentů

- Pevná instalace musí být instalována s použitím správné technické praxe a s ohledem na údaje o určeném použití komponentů, aby byly splněny základní požadavky stanovené v bodě 1.

Směrnice v příloze II blíže určuje „MODUL A - Interní řízení výroby“:

Interní řízení výroby je postupem posuzování shody, kterým výrobce plní povinnosti stanovené v bodech 2, 3, 4 a 5 této přílohy a na vlastní odpovědnost zaručuje a prohlašuje, že dané přístroje splňují požadavky této směrnice, které se na ně vztahují [41].

Posouzení elektromagnetické kompatibility

Výrobce provede posouzení elektromagnetické kompatibility přístroje na základě příslušných jevů s cílem splnit základní požadavky stanovené v bodě 1 přílohy I.

Při posuzování elektromagnetické kompatibility se vezmou v úvahu všechny běžné provozní podmínky. Pokud může mít přístroj různé konfigurace, musí posouzení elektromagnetické kompatibility potvrdit, zda přístroj splňuje základní požadavky podle přílohy I bodu 1 ve všech možných konfiguracích, které výrobce označí za reprezentativní pro určené použití přístroje [41].

Technická dokumentace

Výrobce vypracuje technickou dokumentaci. Dokumentace musí umožňovat posouzení shody přístroje s příslušnými požadavky a obsahovat odpovídající analýzu a posouzení rizik.

Technická dokumentace musí uvádět příslušné požadavky a v míře nutné pro posouzení se musí vztahovat k návrhu, výrobě a fungování přístroje. Technická dokumentace musí obsahovat, je-li to relevantní, alespoň tyto prvky:

- celkový popis přístroje,
- koncepční návrh a výrobní výkresy a schémata součástí, podsestav, obvodů atp.,
- popisy a vysvětlivky potřebné pro pochopení těchto výkresů, schémat a fungování přístroje,
- seznam harmonizovaných norem, na které byly zveřejněny odkazy v Úředním věstníku Evropské unie a které byly použity v plném rozsahu nebo zčásti, a popis řešení zvolených ke splnění základních požadavků této směrnice, pokud tyto harmonizované normy použity nebyly, včetně seznamu jiných příslušných technických specifikací, které byly použity. V případě částečně použitých harmonizovaných norem se v technické dokumentaci uvedou ty části, jež byly použity,
- výsledky konstrukčních výpočtů, provedených přezkoušení atd.,
- protokoly o zkouškách [41].

Výrobce přijme veškerá nezbytná opatření, aby výrobní proces a jeho kontrola zajišťovaly shodu vyráběných přístrojů s technickou dokumentací podle bodu 3 této přílohy a se základními požadavky stanovenými v bodě 1 přílohy I [41].

Označení CE a EU prohlášení o shodě

Výrobce umístí označení CE na každý jednotlivý přístroj, který splňuje příslušné požadavky této směrnice.

Výrobce vypracuje písemné EU prohlášení o shodě pro model přístroje a po dobu deseti let od uvedení přístroje na trh je společně s technickou dokumentací uchovává pro potřebu vnitrostátních orgánů. V EU prohlášení o shodě musí být uveden přístroj, pro nějž bylo vypracováno [41].

V rámci směrnice byly zveřejněny mimo jiné odkazy na následující harmonizované normy:

- EN 60439-1:1999 Rozvaděče nízkého napětí - Část 1: Typově zkoušené a částečně typově zkoušené rozváděče.
- EN 61439-2:2009 Rozvaděče nízkého napětí - Část 2: Výkonové rozváděče.
- EN 60947-1:2007 Spínací a řídicí přístroje nízkého napětí - Část 1: Všeobecná ustanovení.
- EN 60947-2:2006 Spínací a řídicí přístroje nn - Část 2: Jističe.
- EN 60947-4-1:2010 Spínací a řídicí přístroje nn - Část 4-1: Stykače a spouštěče motorů - Elektromechanické stykače a spouštěče motorů.
- EN 61000-6-1:2007 Elektromagnetická kompatibilita (EMC) - Část 6-1: Kmenové normy - Odolnost - Prostředí obytné, obchodní a lehkého průmyslu.
- EN 61000-6-2:2005 Elektromagnetická kompatibilita (EMC) - Část 6-2: Kmenové normy - Odolnost pro průmyslové prostředí.
- EN 61000-6-4:2007 Elektromagnetická kompatibilita (EMC) - Část 6-4: Kmenové normy - Emise - Průmyslové prostředí.
- EN 61131-2:2007 Programovatelné řídicí jednotky – Část 2: Požadavky na zařízení a zkoušky.
- a další

7.4.4 Závěr analýzy legislativních požadavků

Na posuzované strojní zařízení se vztahují všechny tři výše uvedené směrnice Evropského parlamentu a Rady. Před uvedením tohoto strojního zařízení do provozu je tedy nezbytné splnit jak požadavky směrnic 2014/35/EU, 2014/30/EU a 2006/42/ES, tak i požadavky vyplývající z harmonizovaných směrnic, jejichž názvy byly uveřejněny v úředních věstnících vydaných k těmto směrnicím, a které se na toto strojní zařízení vztahují.

Před uvedením tohoto strojního zařízení na trh je nezbytné v souladu s požadavky strojní směrnice [38] vypracovat:

- příslušnou technickou dokumentaci,
- návod k používání,
- ES prohlášení o shodě.

Součástí technické dokumentace strojního zařízení je rovněž dokumentace o posouzení rizika.

7.5 Analýza požadavků na bezpečnost

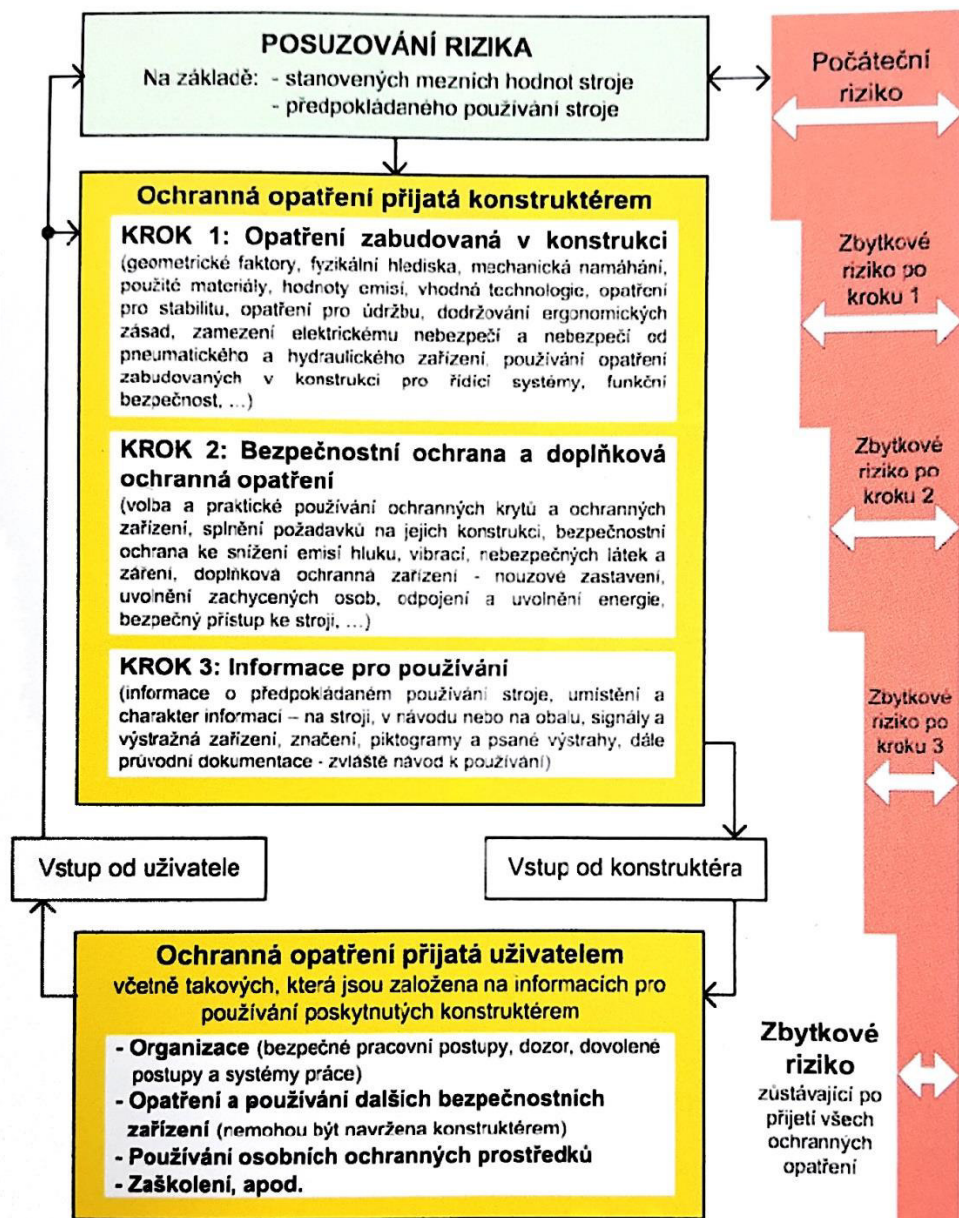
7.5.1 Požadavky na posouzení rizika

Základním dokumentem týkajícím se bezpečnosti strojních zařízení je Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2006/42/ES ze dne 17. května 2006, o strojních zařízeních a o změně směrnice 95/16/ES (přepřacované znění). V příloze č. 1 Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2006/42/ES jsou uvedeny základní požadavky na ochranu zdraví a na bezpečnost, vztahující se na návrh a výrobu strojních zařízení a bezpečnostních součástí. Zde je nutno upozornit na povinnost výrobce provádět u navrhovaného úplného i neúplného strojního zařízení analýzu nebezpečí a předmětný výrobek potom navrhovat a vyrábět s ohledem na výsledky této analýzy.

Základní požadavky směrnice 2006/42/ES podporuje ČSN EN ISO 12100:2011. Tato norma definuje základní terminologii (úraz, relevantní a významné nebezpečí, nebezpečná událost, nebezpečná situace, riziko, posouzení rizika, ...) a metodologii používanou k dosažení bezpečnosti strojního zařízení. V tabulce B.1 této normy je uveden výčet potenciálních nebezpečí, která je nutno vzít v úvahu při konstruování strojního zařízení. Mezi tato nebezpečí patří:

- mechanická nebezpečí,
- elektrická nebezpečí,
- tepelná nebezpečí,
- nebezpečí hluku,
- nebezpečí vibrací,
- nebezpečí záření,
- nebezpečí materiálů/láték,
- ergonomická nebezpečí,
- nebezpečí spojená s prostředím, ve kterém je stroj používán,
- kombinace nebezpečí .

Technické zásady, které pomáhají konstruktérům ve snaze docílit snížení rizika u významných nebezpečí jsou uvedeny v kapitole 6 této normy [42]. Proces snižování rizika z pohledu konstruktéra je graficky vyjádřen na (obr. 36).



Obr. 36) Proces snižování rizika z pohledu konstruktéra [43]

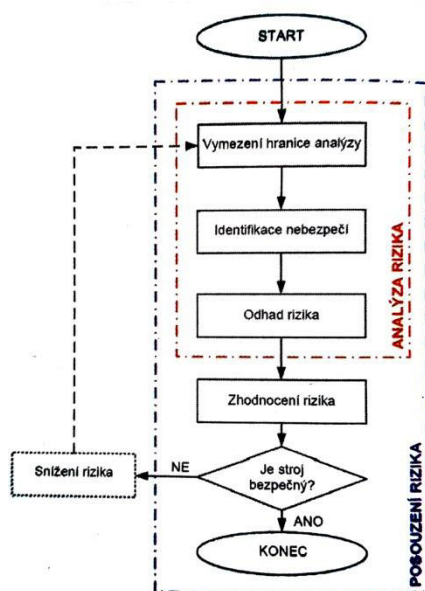
Při analýze nebezpečí je potřeba mít na zřeteli tu skutečnost, že strojní zařízení představují rozsáhlý soubor zdrojů nebezpečí, která mohou být příčinou škody na majetku nebo zranění či poškození zdraví jak u obsluhy, tak i u neúčastněné osoby. Analýzu nebezpečí je nutno provést pro celý životní cyklus sledovaného strojního zařízení, tj. pro etapy:

- doprava,
- montáž a instalace,
- uvedení do provozu,
- seřizování,
- učení, programování nebo změna procesu,
- provoz,
- čištění, údržba,
- vyhledávání závady/odstraňování závady,
- vyřazení z provozu a demontáž.

Zároveň je třeba vzít v úvahu všechny možné stavy strojního zařízení (funguje, nefunguje), nepředpokládané chování obsluhy včetně předvídatelného nesprávného použití strojního zařízení a předvídatelné selhání strojního zařízení [42].

Dle ČSN EN ISO 12100:2011 je pojem “riziko” definován jako “kombinace pravděpodobnosti výskytu úrazu a závažnosti tohoto úrazu“. Za úraz přitom považujeme fyzické zranění nebo poškození zdraví.

Norma uvádí v 5. kapitole všeobecné zásady postupu posouzení rizika ve všech fázích životnosti strojního zařízení (obr. 37).



Obr. 37) Opakovací postup ke snižování rizika [43]

Informace pro posouzení rizika a analýza rizik musí zahrnovat následující:

- určení mezních hodnot strojního zařízení (kapitola 5.3 v ČSN EN ISO 12100:2011),
- požadavky pro jednotlivé fáze životnosti strojního zařízení,
- výkresovou dokumentaci nebo ostatní prostředky popisující charakter strojního zařízení,
- informace o dodávce energie pro strojní zařízení,
- jakékoliv známé úrazy a vývoj úrazovosti týkající se strojního zařízení,
- jakékoliv známé informace o poškození zdraví.

Při stanovení prvků rizika je potřeba uvažovat tato hlediska:

- ohrožené osoby,
- druh, četnost a doba trvání ohrožení,
- vztah mezi ohrožením a účinky,
- ergonomii,
- spolehlivost bezpečnostních funkcí,
- možnost vyřazení nebo obejití bezpečnostních opatření,
- možnost udržení bezpečnostních opatření,
- informace pro používání.

Součástí posuzování rizik není proces snižování rizika a volby vhodných bezpečnostních opatření.

Bezpečnost strojních zařízení - Ochranné kryty - Všeobecné požadavky pro konstrukci a výrobu pevných a pohyblivých ochranných krytů (ČSN EN ISO 14120:2017)

Harmonizovaná norma ČSN EN ISO 14120 specifikuje všeobecné zásady pro konstrukci a výrobu pevných a pohyblivých ochranných krytů. V souladu s požadavky uvedenými v ČSN EN ISO 12100, musí konstruktér stroje identifikovat nebezpečí vznikající u stroje, provést posouzení rizika a snížit riziko konstrukcí stroje dříve, než použije, podle stavu techniky, bezpečnostní ochranu [44].

Bezpečnost strojních zařízení - Blokovací zařízení spojená s ochrannými kryty - Zásady pro konstrukci a volbu (ČSN EN ISO 14119:2014)

Tato harmonizovaná norma ČSN EN ISO 14119 stanovuje zásady pro konstrukci a výběr blokovacích zařízení spojených s ochrannými kryty a rovněž se zabývá částmi ochranných krytů, které ovládají blokovací zařízení [45].

13.5.4 Bezpečnost strojních zařízení - Nejmenší mezery k zamezení stlačení částí lidského těla (ČSN EN 349+A1:2008)

Tato harmonizovaná norma ČSN EN 349 umožňuje konstruktérům strojního zařízení vyhnout se rizikům vznikajících v prostorech možného stlačení. Norma určuje nejmenší mezery, vztahující se k částem lidského těla (prst, ruka, paže, hlava) a je použitelná tam, kde lze touto metodou dosáhnout odpovídající bezpečnosti. Tato evropská norma je použitelná pouze ke snížení nebezpečí plynoucích z rizik stlačení a není použitelná pro jiná možná rizika, např. riziko naražení, stříhu a vtažení. Pro rizika naražení, stříhu, vtažení musí být přijata dodatečná nebo jiná opatření. Norma dále informativně uvádí typické příklady prostorů s nebezpečím stlačení [46].

Bezpečnost strojních zařízení - Snižování ohrožení zdraví nebezpečnými látkami emitovanými strojním zařízením - Část 1: Zásady a specifikace pro výrobce strojních zařízení (ČSN EN ISO 14123-1:2017)

Harmonizovaná norma ČSN EN ISO 14123-1:2017 obsahuje zásady pro kontrolu rizik, ohrožujících zdraví nebezpečnými látkami, vznikajícími u strojních zařízení. Tato evropská norma nezahrnuje takové nebezpečné látky, které ohrožují zdraví výbuchem, plamenem, vysokou nebo nízkou teplotou, vysokým nebo nízkým tlakem nebo radioaktivními vlastnostmi [47].

Bezpečnost strojních zařízení - Ergonomické požadavky pro navrhování sdělovačů a ovládačů - Část 3: Ovládače (ČSN EN 894-3+A1:2009)

Harmonizovaná norma ČSN EN 894-3+A1 podává návod na výběr, konstrukci a umístění ovládačů tak, aby odpovídaly požadavkům uživatelů, byly vhodné pro příslušný úkol a braly v úvahu okolnosti jejich používání. Týká se ručních ovládačů používaných u zařízení pro profesionální i soukromé používání. Obzvláště důležité je dodržovat ta doporučení této evropské normy, která se týkají funkcí ovládačů, které by mohly vést k poškození zdraví buď přímo nebo v důsledku chyby lidského činitele [48].

Bezpečnost strojních zařízení - Požární prevence a požární ochrana (ČSN EN ISO 19353:2016)

Harmonizovaná norma ČSN EN ISO 19353 specifikuje metody identifikace požárního nebezpečí vznikajícího u strojního zařízení a provedení odpovídajícího posouzení rizika. Norma specifikuje základní pojmy a metodologii technických opatření pro požární prevenci a požární ochranu, která musí být dodržena při konstrukci a výrobě strojního zařízení.

Cílem této evropské normy je dosáhnout požadované bezpečnostní úrovně, podle předpokládaného používání strojního zařízení, použitím technických opatření pro strojní zařízení. Technická opatření jsou hlavně integrována do strojního zařízení a jsou přednostně realizována použitím bezpečnostních součástí, jak je definováno ve Směrnici 98/37/EC. [49].

Bezpečnost strojních zařízení - Hygienické požadavky pro konstrukci strojních zařízení (ČSN EN ISO 14159:2009)

Harmonizovaná norma ČSN EN ISO 14159 specifikuje hygienické požadavky na stroje a obsahuje informace pro předpokládané používání, které mají být poskytnuty výrobcem. Norma platí pro všechny typy strojů a přidružených zařízení, které jsou používány tam, kde se mohou vyskytnout hygienická rizika pro spotřebitele produktu. Tato mezinárodní norma neobsahuje požadavky, které se týkají nekontrolovaného vypouštění mikrobiologických látek (čínidel) ze stroje [50].

Bezpečnost strojních zařízení - Antropometrické požadavky na uspořádání pracovního místa u strojního zařízení (ČSN EN ISO 14738:2009)

Harmonizovaná norma ČSN EN ISO 14738 stanoví zásady pro odvozování rozměrů z antropometrických měření a jejich aplikace v uspořádání pracovních míst u stacionárních strojních zařízení. Je založena na současných ergonomických poznatcích a antropometrických měřeních. Specifikuje prostorové požadavky pro obsluhu zařízení při běžném provozu a pro polohy vsedě a vstoje [51].

7.5.2 Návrh formuláře pro odhad rizika

V (tab. 22) je zobrazen navrhovaný formulář pro posouzení rizika, který vychází z výše uvedené harmonizované normy ČSN EN ISO 12100:2011.

Tab. 22) Formulář pro odhad rizika

VUT v Brně, FSI UVSSR		FORMULÁŘ PRO ODHAD RIZIKA		Strojní zařízení:	
		Zpracoval:		Datum:	
Číslo nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100	Identif. číslo	Označení nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100:			
Životní etapa stroje:			Nebezpečný prostor:		
Ohrožené osoby:			Provozní stav stroje:		
Popis nebezpečné situace/události					
Počáteční riziko	Závažnost a možné škody na zdraví:				Velikost rizika
	Četnost a doba trvání ohrožení:				
	Možnost vyvarování se nebezpečí:				
	Prs. výskytu nebezpečné události:				
Krok 1		Opatření zabudovaná v konstrukci			
Popis opatření					
Snížené riziko po opatření	Závažnost a možné škody na zdraví:				Velikost rizika
	Četnost a doba trvání ohrožení:				
	Možnost vyvarování se nebezpečí:				
	Prs. výskytu nebezpečné události:				
Krok 2		Bezpečnostní ochrana a doplňková opatření			
Popis opatření					
Snížené riziko po opatření	Závažnost a možné škody na zdraví:				Velikost rizika
	Četnost a doba trvání ohrožení:				
	Možnost vyvarování se nebezpečí:				
	Prs. výskytu nebezpečné události:				
Krok 3		Informace pro používání			
Popis opatření					
Zbytkové riziko	Závažnost a možné škody na zdraví:				Velikost rizika
	Četnost a doba trvání ohrožení:				
	Možnost vyvarování se nebezpečí:				
	Prs. výskytu nebezpečné události:				
Validace:		Opatření jsou dostatečná:			Dne:

Jednotlivé kolonky formuláře znamenají:

- Stroj - název strojního zařízení, na kterém provádím posouzení rizik.
- Číslo nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100 - čísla nebezpečí uvedené v tabulce 3.
- Identifikační číslo - číslo, které určuje pořadí v "Seznamu závažných nebezpečí".
- Označení nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100 - označení dle nebezpečí uvedených v tabulce 3.
- Životní etapa stroje - příslušná etapa životního cyklu stroje dle ČSN EN ISO 12100:2011:
 - a) doprava,
 - b) montáž a instalace,
 - c) uvedení do provozu,

- d) seřizování,
- e) učení, programování nebo změna procesu,
- f) provoz,
- g) čištění, údržba,
- h) vyhledávání závady / odstraňování závady,
- i) vyřazení z provozu a demontáž.
- Nebezpečný prostor - jakýkoliv prostor uvnitř nebo kolem strojního zařízení, ve kterém může být osoba vystavena danému nebezpečí.
- Ohrožené osoby - výčet osob, které mohou být vystaveny danému nebezpečí:
 - a) dopravci,
 - b) seřizovač,
 - c) údržbář,
 - d) obsluha,
 - e) třetí osoba,
- Provozní stav stroje - stav stroje, při kterém se může dané nebezpečí vyskytnout:
 - a) normální provoz (stroj vykonává předpokládanou funkci) = režim 1 (automatický režim), režim 2 (seřizovací režim) nebo čištění a údržba stroje,
 - b) selhání stroje (stroj nevykonává předpokládanou funkci),
 - c) nepředpokládané chování obsluhy (únava, neopatrnost, ..),
 - d) neoprávněný zásah třetí osoby.
- Popis nebezpečné situace/události - popis okolnosti, při které je osoba vystavena nebezpečí, které může mít okamžitě, nebo při dlouhodobém působení, za následek škodu.
- Počáteční riziko - odhad rizika před použitím ochranného opatření (dle ČSN EN ISO 12100:2011).

Velikost rizika se určuje na základě grafu uvedeného na (obr. 38) v němž jednotlivé symboly reprezentují:

- Závažnost možné škody na zdraví:

S0 žádné nebezpečí,

S1 lehké poškození (přechodné následky),

S2 těžké zranění (trvalé následky),

S3 smrt.

- Četnost a doba trvání ohrožení:

A1 zřídka až častěji,

A2 často až trvale.

- Možnost rozpoznání a vyvarování se nebezpečí:

E1 možné,

E2 možné za určitých okolností,

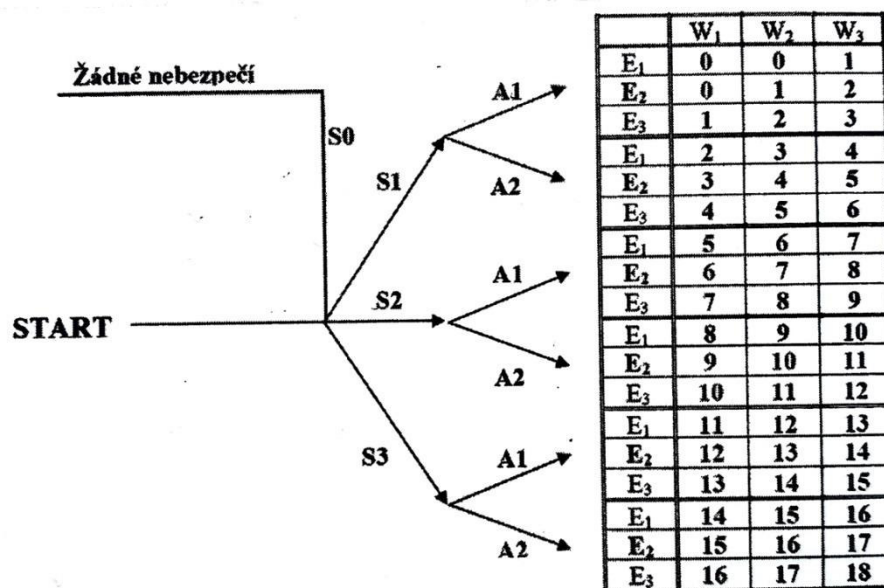
E3 sotva možné.

- Pravděpodobnost vzniku nebezpečné události:

W1 malá (nepravděpodobná),

W2 střední (je pravděpodobný vstup vícekrát za život jedince),

W3 velká (je častý vstup).



Obr. 38) Graf pro odhad rizika [43]

Za akceptovatelné riziko je přitom považováno takové riziko, které je spojeno převážně s lehkým poškozením.

Za riziko akceptovatelné po prověření je považováno takové riziko, které je spojeno s občasným výskytem těžkého zranění (zranění s trvalými následky), nebo s vyšší pravděpodobností výskytu lehkého poškození.

Za neakceptovatelné riziko je považováno riziko spojené převážně se smrtelným zraněním, nebo s vyšší pravděpodobností výskytu nebo nemožností odvrácení těžkého zranění.

7.5.3 Definice použitých pojmů

Pro účely analýzy a posouzení rizika jako:

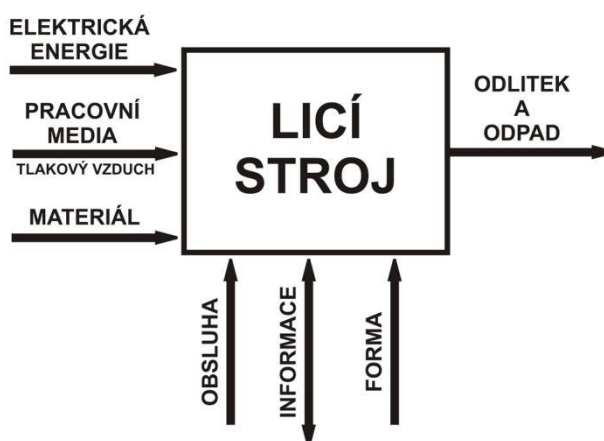
- bezpečnostní ochranou rozumí takové ochranné opatření používající bezpečnostní zařízení k ochraně osob před nebezpečími, která nemohou být dostatečně odstraněna nebo před riziky, která nemohou být dostatečně snížena opatřeními zabudovanými v konstrukci;
- důvodně předvídatelným nesprávným použitím rozumí použití strojního zařízení způsobem, který není uveden v návodu k používání, který však může vyplývat ze snadno předvídatelného lidského chování;
- horní pracovní stůl je hlavní část stroje, na který je přitlačena forma, následně vykonává rotační pohyb;
- nebezpečím rozumí možný zdroj poranění nebo poškození zdraví;
- nebezpečným prostorem rozumí každý prostor uvnitř nebo okolo strojního zařízení, ve kterém je osoba vystavena nebezpečí, které ohrožuje její zdraví nebo bezpečnost;
- nebezpečnou situací rozumí okolnosti, při kterých je osoba vystavena alespoň jednomu nebezpečí; vystavení může mít okamžitě, nebo při dlouhodobém působení, za následek škodu;
- ohrožením rozumí vystavení osoby nebezpečí, přičemž ještě nedojde ke škodě;

- ohroženou osobou rozumí osoba nacházející se zcela nebo zčásti v nebezpečném prostoru;
- ochranným krytem rozumí část strojního zařízení, které se používá výhradně k zajištění ochrany pomocí fyzické bariéry;
- ochranným krytem s blokováním a jištěním rozumí ochranný kryt spojený s blokovacím zařízením a jištěním ochranného krytu tak, že spolu s řídicím systémem stroje jsou plněny následující funkce:
 - a) stroj nemůže vykonávat nebezpečné funkce “chráněné” ochranným krytem, dokud tento ochranný kryt není uzavřen a zajištěn;
 - b) ochranný kryt zůstává uzavřen a zajištěn, dokud riziko způsobené nebezpečnými funkcemi stroje, “chráněné” ochranným krytem, nepomine;
 - c) je-li ochranný kryt uzavřen a zajištěn, může stroj vykonávat nebezpečné funkce “chráněné” ochranným krytem; uzavření a zajištění ochranného krytu nesmí samo o sobě způsobit spuštění nebezpečných funkcí stroje;
- ochranným opatřením rozumí takové opatření, které je určené k dosažení snížení rizika; ochranné opatření může být realizováno konstruktérem (opatření zabudovaná v konstrukci, bezpečnostní ochrana a doplňková ochranná opatření, informace pro používání) nebo uživatelem (např.: bezpečné pracovní postupy, kontrola, zaškolení, používání osobních ochranných prostředků a pod.);
- opatřením zabudovaným v konstrukci rozumí takové ochranné opatření, které buď vylučuje nebezpečí nebo snižuje rizika spojená s nebezpečími změnou konstrukce nebo provozních vlastností stroje, bez použití ochranných krytů;
- otočným stolem rozumí pracovní prostor stroje, kde je umístěno několik spodních pracovních desek, a na které se do předem daných pozic pokládá forma, stůl vykonává otočný pohyb po úhlové dráze;
- pevným ochranným krytem rozumí ochranný kryt připevněný takovým způsobem (např. šrouby, maticemi, přivařením), že může být otevřen nebo odstraněn pouze použitím nářadí nebo destrukcí připevňovacích prostředků;
- pohyblivým ochranným krytem rozumí takový ochranný kryt, který může být otevřen bez použití nářadí;
- předpokládaným použitím rozumí používání strojního zařízení v souladu s informacemi uvedenými v návodu k používání;
- relevantním nebezpečím rozumí takové nebezpečí, jehož přítomnost je identifikována nebo které je spojeno se strojem;
- rizikem rozumí kombinace pravděpodobnosti a závažnosti poranění nebo škody na zdraví, ke které může dojít v nebezpečné situaci;
- spodní pracovní deska je část stroje, na kterou je položena forma, následně vykonává posuvný pohyb a rotační pohyb;
- škodou rozumí fyzické zranění nebo poškození zdraví nebo majetku;
- významným nebezpečím rozumí takové nebezpečí, které bylo identifikováno jako relevantní a které vyžaduje specifickou činnost (opatření) konstruktéra k vyloučení nebo snížení rizika podle posouzení rizika;
- zbytkovým rizikem rozumí takové riziko, které zůstává i po použití ochranných opatření.

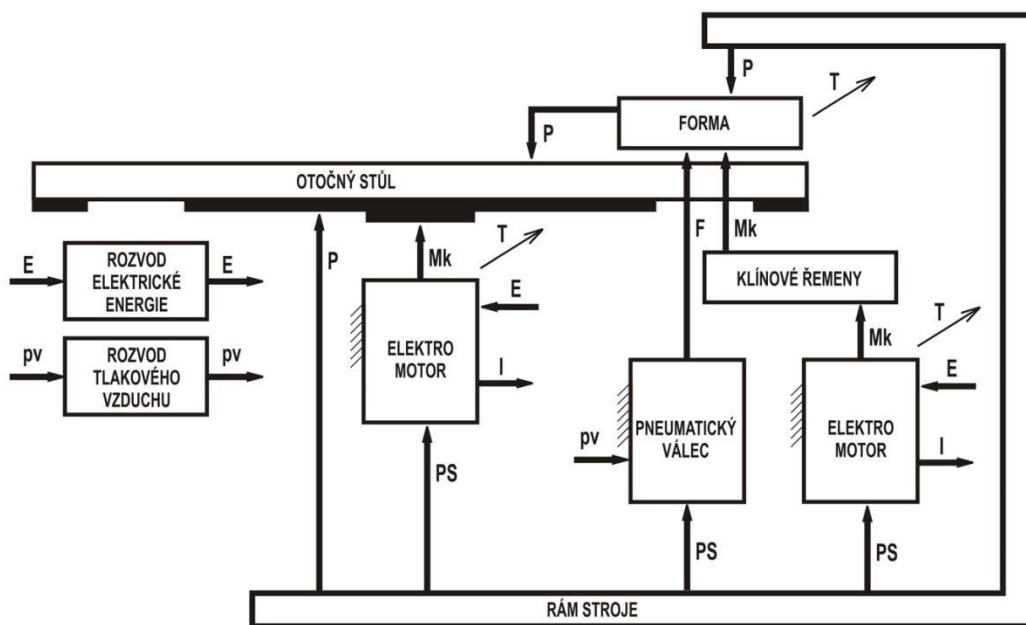
7.6 Proces posuzování rizik

7.6.1 Systémová analýza posuzovaného strojního zařízení

Systémová analýza strojního zařízení spočívá ve vytvoření jeho blokového diagramu na vhodné rozlišující úrovni, ve kterém jsou znázorněny všechny podstatné interakce jeho jednotlivých prvků. V druhém kroku se potom pomocí tohoto blokového diagramu a normy ČSN EN ISO 12100:2011 stanoví všechna relevantní nebezpečí spojená se strojním zařízením a vytipují se hlavní nebezpečné prostory sledovaného strojního zařízení. Na následujících obrázcích (obr. 39) a (obr. 40) jsou základní a detailní blokové diagramy posuzovaného zařízení.



Obr. 39) Blokový diagram stroje

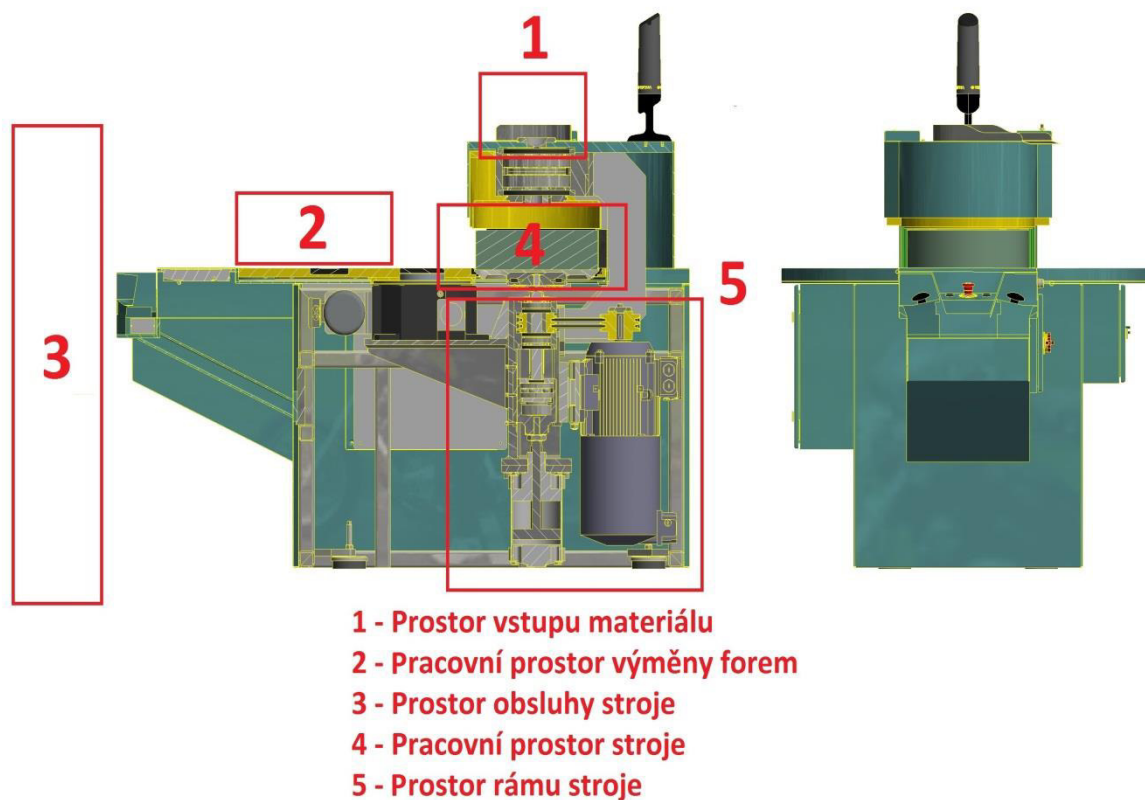


LEGENDA:

E - elektrická energie, F - síla, Mk - krouticí moment, pv - tlakový vzduch, P - polohová vazba, PS - pasivní polohová vazba, T - tepelná energie

Obr. 40) Základní blokový diagram posuzovaného strojního zařízení

U posuzovaného strojního zařízení jsou definovány následující nebezpečné prostory viz (obr. 41).



Obr. 41) Nebezpečné prostory strojního zařízení

7.6.2 Analýza nebezpečí

Na základě detailních blokových diagramů je vypracována tabulka analyzující zdroje relevantních nebezpečí spojené s jednotlivými komponenty posuzovaného strojního zařízení (tab. 23). Analýza rizik během daného životního cyklu stroje, je pro jednotlivé cykly zpracována v (tab. 24), (tab. 25), (tab. 26), (tab. 27).

Tab. 23) Identifikace zdrojů relevantních nebezpečí

Komponenta	Pozice komponenty	Typ nebezpečí	Id. číslo nebezpečí
Celé strojní zařízení	Všechny prostory	Mechanické	1.1-1, 1.5-1
		Nebezpečí způsobená ztrátou stability	1.9-1, 1.9-2, 1.9-3,
Vstupní materiál	Prostor vstupu materiálu	Tepelné	3.1-2
		Ergonomické	8.1-2
Rozvod elektrické energie	Všechny prostory	Elektrické	2.1-1, 2.2-1
Rozvod stlačeného vzduchu	Prostor rámu stroje	Obnovení dodávky energie po jejím přerušení	1.6-1
		Vymrštění předmětu nebo vystříknutím	1.8-3
		Vnější vlivy	9.1-1, 9.1-2
Ovládací panel	Prostor obsluhy stroje	Nevhodná poloha	8.1-1, 8.3-2, 8.4-1
Hlavní pohon elektromotor	Prostor rámu stroje	Mechanické	1.4-1
		Elektrické	2.1-1, 2.2-1
		Tepelné	3.1-1
		Obnovení dodávky energie po jejím přerušení	1.6-1
		Vnější vlivy	9.1-1, 9.1-2
Pomocný pohon elektromotor	Prostor rámu stroje	Mechanické	1.4-1
		Elektrické	2.1-1, 2.2-1
		Tepelné	3.1-1
		Obnovení dodávky energie po jejím přerušení	1.6-1
		Vnější vlivy	9.1-1, 9.1-2
Klínové řemeny	Prostor rámu stroje	Mechanické	1.3-1, 1.4-1
		Obnovení dodávky energie po jejím přerušení	1.6-1
		Hlukem	4-1
		Vnější vlivy	9.1-1, 9.1-2
Otočný stůl	Pracovní prostor výměny forem	Mechanické	1.4-1
		Obnovení dodávky energie po jejím přerušení	1.6-1
		Vnější vlivy	9.1-1, 9.1-2
Pracovní stůl	Pracovní prostor stroje	Mechanické	1.4-1
		Obnovení dodávky energie po jejím přerušení	1.6-1
		Hlukem	4-1
		Vnější vlivy	9.1-1, 9.1-2
Válec posuvu	Prostor rámu stroje	Mechanické	1.4-1
		Hlukem	4-1
		Vymrštění předmětu	1.8-3
		Obnovení dodávky energie po jejím přerušení	1.6-1

		Vnější vlivy	9.1-1, 9.1-2
Válec krytu	Pracovní prostor stroje	Mechanické	1.4-1
		Hlukem	4-1
		Vymrštění předmětu	1.8-3
		Obnovení dodávky energie po jejím přerušení	1.6-1
		Vnější vlivy	9.1-1, 9.1-2
Nástroj forma	Pracovní prostor výměny forem , Pracovní prostor stroje	Tepelné	3.1-2
		Ergonomické	8.1-2
Odlitek	Pracovní prostor výměny forem	Tepelné	3.1-2
		Mechanické	1.3-2
Posuvné krytování	Pracovní prostor stroje	Mechanické	1.1-3, 1.2-1, 1.5-2,
		Obnovení dodávky energie po jejím přerušení	1.6-1

Tab. 24) Analýza významných nebezpečí během přepravy, montáže a instalace

ANALÝZA RIZIK BĚHEM DANÉHO ŽIVOTNÍHO CYKLU STROJE				
I. PŘEPRAVA, MONTÁŽ A INSTALACE		Zpracoval:		Strojní zařízen:
		Bc. Miroslav Kokavec		Licí stroj
Datum:		3.5.2019		
Poř. číslo	Úkony během daného životního cyklu	Nebezpečí	Id. číslo	Popis nebezpečné události:
I.1	Zvedání strojního zařízení, Nakládání strojního zařízení, Vykládka strojního zařízení	Přimáčknutí, naražení, pád, stabilita	1.1-1, 1.5-1, 1.9-1, 1.9-2, 1.9-3	Při zvedání strojního zařízení hrozí při neznalosti nebo nerespektování polohy jeho těžiště a hmotnosti nebezpečí pádu či převržení.
I.2	Přemísťování strojního zařízení	Přimáčknutí, naražení	1.1-1, 1.5-1, 1.9-1, 1.9-2, 1.9-3	Při manipulaci se strojním zařízením nebo jeho částmi hrozí nebezpečí stlačení.
I.3	Usazování strojního zařízení	Stlačení	1.1-1	Při manipulaci se strojním zařízením nebo jeho částmi hrozí nebezpečí stlačení.

Tab. 25) Analýza významných nebezpečí během uvádění do provozu

ANALÝZA RIZIK BĚHEM DANÉHO ŽIVOTNÍHO CYKLU STROJE				
II. UVÁDĚNÍ DO PROVOZU		Zpracoval:		Strojní zařízení:
		Bc. Miroslav Kokavec		Licí stroj
				Datum:
				3.5.2019
Poř. číslo	Úkony během daného životního cyklu	Nebezpečí	Id. číslo	Popis nebezpečné události:
II.1	Seřízení strojního zařízení	Stlačení, vtažení nebo zachycení, náraz	1.1-2, 1.4-1, 1.5-2	Při seřizování strojního zařízení hrozí zranění v důsledku stlačení, zachycení a nárazu části těla včetně hlavy mezi pevnou částí stroje a pohybující se částí strojního zařízení.
II.2	Volba seřizovacího režimu	Chybné jednání člověka, neočekávané spuštění	8.3-1, 8.3-2, 9.1-1	V důsledku chybného jednání člověka může dojít k neočekávanému spuštění stroje a ohrožení osoby pohyblivými částmi stroje.
II.3	Montáž komponentů	Chybná montáž	1.7-1, 1.9-1, 1.9-2, 1.9-3	V důsledku chybné montáže může dojít k nesprávné funkci zařízení a ke zranění.

Tab. 26) Analýza významných nebezpečí během provozu

ANALÝZA RIZIK BĚHEM DANÉHO ŽIVOTNÍHO CYKLU STROJE				
III. SEŘIZOVACÍ A BĚŽNÝ PROVOZ		Zpracoval:		Strojní zařízení:
		Bc. Miroslav Kokavec		Licí stroj
				Datum:
				3.5.2019
Poř. číslo	Úkony během daného životního cyklu	Nebezpečí	Id. číslo	Popis nebezpečné události:
III.1	Provoz strojního zařízení	Stlačení, střih, pořezání, vtažení nebo zachycení, naražení, vymrštění předmětu, hluk, požár nebo výbuch, zanedbání ergonomických zásad, porucha	1.1-2, 1.2-1, 1.3-2, 1.4-1, 1.5-2, 1.6-1, 1.8-1, 1.8-2, 1.8-3,	Během provozu strojního zařízení hrozí nebezpečí pohmoždění, rozdrcení, střih, pořezání částí rukou od pohybujících se částí stroje. Dále vážné zranění při zachycení a nebo vymrštění fragmentů materiálu, nástrojů, nebo jiných těles z pracovního prostoru stroje. Dále hrozí ztráta sluchu při nadměrném hluku, případně ztráta rovnováhy nebo vědomí s následným zraněním.

		dodávky energie, roztržení během provozu, vymrštění předmětů	4-1, 7.2-1, 8.1-1, 8.4-1	Při kontaktu se škodlivými látkami nebo při jejich inhalaci hrozí vznik alergických reakcí. Při zanedbání ergonomických zásad potom překročení fyzických a psychických schopností obsluhy.
III.2	Manipulace s materiálem (vstupní a odlitek)	Stlačení, popálení, nedostatky s ohledem na anatomii rukou, nepoužívání osobních ochranných prostředků, chybné jednání	1.1-2, 1.3-2, 3.1-2, 8.1-2	Při manipulaci s materiálem a odlitkem hrozí pohmoždění, pořezání nebo popálení prstů nebo částí rukou.
III.3	Čištění pracovního prostoru stroje	vymrštění předmětů nebo vystříknutí, popálení	1.8-3, 3.1-2, 7.2-1	Při čištění pracovního prostoru stroje hrozí nebezpečí vymrštění drobných fragmentů, popálení.
III.4	Údržba komponentů a rozvodů elektrické energie	Dotyk osob s živými částmi, záření	2.1-1, 2.2-1	Při seřizování elektrotechnických komponent hrozí nebezpečí dotyku s živými částmi. Přímý i nepřímý dotyk.
III.5	Volba pracovního režimu stroje	Chybné jednání člověka, neočekávané spuštění	8.3-1, 8.3-2	V důsledku chybného jednání člověka může dojít k neočekávanému spuštění stroje a ohrožení osoby pohyblivými částmi stroje.
III.6	Samovolné navolení režimu činnosti stroje	Neočekávané spuštění	1.8-1, 1.8-2, 1.8-3, 9.1-1, 9.1-2	V důsledku poruchy ovládacího systému nebo při chybné funkci může dojít k neočekávanému spuštění stroje a ohrožení osoby pohyblivými či vymrštěnými částmi stroje.
III.7	Montáž komponentů	Chybná montáž	1.1-3, 1.7-1, 1.9-1, 1.9-2, 1.9-3	V důsledku chybné montáže může dojít k nesprávné funkci strojního zařízení a případně k zranění.
III.8	Údržba stroje	Požár	7.2-1	Při zvolení nevhodných čisticích prostředků nebo materiálů může dojít k nahromadění a vznícení hořlavého materiálu nebo plynu.

Tab. 27) Analýza významných nebezpečí během vyřazení provozu

ANALÝZA RIZIK BĚHEM DANÉHO ŽIVOTNÍHO CYKLU STROJE				
IV. VYŘAZENÍ Z PROVOZU		Zpracoval:		Strojní zařízení:
		Bc. Miroslav Kokavec		Licí stroj
Poř. číslo	Úkony během daného životního cyklu	Nebezpečí	Id. číslo	Popis nebezpečné události:
IV.1	Demontáž strojního zařízení	Vymrštění částí, elektrická nebezpečí, nevhodné polohy, nadměrná námaha, ztráta stability	1.8-3, 1.9-1, 1.9-2, 1.9-3, 2.1-1, 2.2-1, 9.1-1	Při demontáži strojního zařízení hrozí zranění v důsledku kontaktu se živými částmi pod napětím. Při nevhodné konstrukci rovněž nadměrná námaha, nevhodné polohy při demontáži a ztráta stability demontovaných částí.
IV.2	Zvedání strojního zařízení, Nakládání strojního zařízení, Vykládka strojního zařízení	Přímáčknutí, naražení, pád, stabilita	1.1-1, 1.5-1, 1.9-1, 1.9-2, 1.9-3	Při zvedání strojního zařízení hrozí při neznalosti nebo nerespektování polohy jeho těžiště a hmotnosti nebezpečí pádu či převržení.
IV.3	Přemísťování strojního zařízení	Přímáčknutí, naražení	1.1-1, 1.5-1, 1.9-1, 1.9-2, 1.9-3	Při manipulaci se strojním zařízením nebo jeho částmi hrozí nebezpečí stlačení.
IV.4	Likvidace náplní (olejové náplně, elektronické komponenty)	Nebezpečí vytvářená materiály a látkami	7.1-1	Při likvidaci provozních kapalin a elektronických komponentů hrozí nebezpečí poškození životního prostředí při neodborné likvidaci. Při kontaktu s provozními kapalinami hrozí vznik alergických reakcí.

7.6.3 Přehled identifikovaných nebezpečí

V následující tabulce (tab. 27). je uveden přehled všech identifikovaných nebezpečí. Konkrétní hodnoty jednotlivých faktorů a velikost počátečního rizika se stanoví na základě konkrétní analýzy rizik.

Tab. 28) Přehled identifikovaných nebezpečí

PŘEHLED IDENTIFIKOVANÝCH RIZIK NA DANÉM ZAŘÍZENÍ						
Ident. č.	Popis nebezpečí (dle ČSN EN ISO 12100:2011)	Prvky rizika				Velikost poč. rizika
		S	A	E	W	
1. MECHANICKÁ NEBEZPEČÍ						
1.1 NEBEZPEČÍ STLAČENÍ						
1.1-1	Nebezpečí stlačení při manipulaci se strojním zařízením nebo jeho částmi.	3	1	3	2	14
1.1-2	Nebezpečí stlačení mezi pohyblivými a pevnými částmi strojního zařízení.	2	1	3	2	8
1.1-3	Nebezpečí stlačení od dílů stroje v průběhu montáže	3	2	3	2	17
1.2 NEBEZPEČÍ STŘIHU						
1.2-1	Nebezpečí střihu mezi pevnou a pohybující se částí strojního zařízení.	2	1	3	2	8
1.3 NEBEZPEČÍ ŘÍZNUTÍ NEBO UŘÍZNUTÍ						
1.3-1	Nebezpečí pořezání od pohybujícího se řemene.	2	2	3	3	12
1.3-2	Nebezpečí pořezání při manipulaci s odlitky.	1	2	2	3	5
1.4 NEBEZPEČÍ VTAŽENÍ NEBO CHYCENÍ						
1.4-1	Nebezpečí vtažení nebo zachycení pohyblivými částmi strojního zařízení.	3	2	3	3	18
1.5 NEBEZPEČÍ NÁRAZU						
1.5-1	Nebezpečí naražení při manipulaci se strojním zařízením nebo jeho částmi.	2	1	3	2	8
1.5-2	Nebezpečí naražení od pohybujících se částí strojního zařízení.	2	1	3	2	8
1.6 NEBEZPEČÍ PŘI OBNOVENÍ DODÁVKY ENERGIE PO JEJÍM PŘERUŠENÍ						
1.6-1	Nebezpečí způsobené neočekávaným spuštěním a rozběhem stroje při obnovení dodávky energie po jejím přerušení při provozu, seřizování a údržbě.	3	2	3	3	18
1.7 NEBEZPEČÍ PŘI CHYBNÉM PŘIPOJENÍ						
1.7-1	Nebezpečí nesprávně prováděné funkce stroje způsobené chybným připojením součásti demontovatelné uživatelem za účelem seřizování a údržby.	3	2	3	3	18
1.8 NEBEZPEČÍ VYMRŠTĚNÍ PŘEDMĚTU NEBO VYSTRÍKNUTÍM						
1.8-1	Nebezpečí vymrštění předmětů do místa obsluhy.	3	2	3	3	18
1.8-2	Nebezpečí roztržení klínového řemene a jeho vymrštění.	3	1	3	3	15

1.8-3	Nebezpečí vymrštění tlakových hadic pneumatického systému.	2	2	3	3	12
1.9 NEBEZPEČÍ ZPŮSOBENÁ ZTRÁTOU STABILITY						
1.9-1	Pád manipulované části strojního zařízení v důsledku neznalosti nebo uvedení chybné hmotnosti.	3	2	3	3	18
1.9-2	Pád manipulované části strojního zařízení v důsledku poddimenzování prvku určeného k manipulaci.	3	1	3	3	15
1.9-3	Nebezpečí ztráty stability strojního zařízení nebo jeho části při neznalosti polohy jeho těžiště.	3	2	3	3	18
2. ELEKTRICKÁ NEBEZPEČÍ						
2.1 DOTYKEM OSOB ŽIVÝCH ČÁSTÍ – PŘÍMÝ DOTYK						
2.1-1	Elektrické nebezpečí vyvolané přímým dotykem osob s elektrickou částí v průběhu údržby.	3	1	3	3	15
2.2 DOTYKEM OSOB ČÁSTÍ, KTERÉ SE STALY ŽIVÝMI V DŮSLEDKU ZÁVADY – NEPŘÍMÝ DOTYK						
2.2-1	Elektrické nebezpečí vyvolané dotykem osob částí, které se staly živými v důsledku závady při provozu, seřizování a údržbě.	3	1	3	3	15
3. TEPELNÁ NEBEZPEČÍ						
3.1 ZPŮSOBENÁ MOŽNÝM DOTYKEM OSOB NEBO PŘEDMĚTŮ S VYSOKOU NEBO NÍZKOU TEPLOTOU, KONTAKTEM S PLAMENY, VÝBUchem A TAKÉ VYZAŘOVÁNÍM TEPELNÝCH ZDROJŮ.						
3.1-1	Nebezpečí popálení při kontaktu osob s rozehrátým elektromotorem.	2	1	3	3	9
3.1-2	Nebezpečí popálení při kontaktu osob s rozehrátým nástrojem, vstupním materiálem nebo odlitkem, strojním zařízením.	2	2	3	3	12
4. NEBEZPEČÍ HLUKU						
4-1	Nebezpečí způsobená hlukem – ztráta sluchu, ztráta rovnováhy, ztráta vědomí.	2	2	3	3	12
7. NEBEZPEČÍ MATERIÁLU / LÁTEK						
7.1 VDECHOVÁNÍ ŠKODLIVÝCH PLYNŮ, VÝPARŮ, KOUŘE A PRACHU						
7.1-1	Nebezpečí styku se škodlivými plyny.	1	2	3	3	6
7.2 OHEŇ NEBO VÝBUCH						
7.2-1	Nebezpečí požáru nebo výbuchu při provozu strojního zařízení.	3	2	3	3	18
8. ERGONOMICKÁ NEBEZPEČÍ						
8.1 NEVHODNÁ POLOHA NEBO NADMĚRNÁ NÁMAHA						
8.1-1	Nebezpečí způsobená nevhodnými polohami a nadměrnou námahou u ovládacích zařízení.	2	2	3	2	11

8.1-2	Nebezpečí způsobená nevhodnými polohami a nadměrnou námahou při manipulaci se vstupním materiálem nebo odlitky.	2	1	3	2	8
8.2 NEVHODNÉ NÁROKY NA ANATOMII LIDSKÉ PAŽE						
8.2-1	Nebezpečí způsobené nepřiměřenými nároky na anatomii lidské paže při výměně forem.	2	1	3	2	8
8.3 LIDSKÉ CHYBY A CHOVÁNÍ						
8.3-1	Nebezpečí způsobená chybným jednáním člověka při nevhodně nebo neúplně zpracovaných informací pro používání strojního zařízení.	3	2	3	3	18
8.3-2	Nebezpečí způsobená chybným jednáním člověka při volbě režimu stroje.	2	2	3	3	12
8.4 NESPRÁVNÉ UMÍSTNĚNÍ RUČNÍCH OVLADAČŮ						
8.4-1	Nebezpečí způsobená nevhodným umístěním ovládacích zařízení.	2	2	3	3	12
9. NEBEZPEČÍ SPOJENÁ S PROSTŘEDÍM, VE KTERÉM JE STROJ POUŽÍVÁN						
9.1 VNĚJŠÍ VLIVY						
9.1-1	Nebezpečí způsobené vnějšími vlivy (teplota, vlhkost) na elektrickém zařízení (neočekávaným spuštěním nebo rozběhem).	3	2	3	3	18
9.1-2	Nebezpečí způsobené vnějšími vlivy (zásah jiné osoby) při seřizování, údržbě (neočekávaným spuštěním nebo rozběhem).	3	2	3	3	18

7.6.4 Odhad rizika

U posuzovaného stroje bylo identifikováno 32 nebezpečí jak je vidět v (tab. 28). Odhad velikosti rizik je proveden pomocí formuláře pro odhad rizik (tab. 22), a to pro všechna nebezpečí zapsaná v „Identifikace zdrojů relevantních nebezpečí“ (tab. 28). Odhad velikosti rizika pro zdroje relevantních nebezpečí je zpracován v (tab. 29) až (tab. 60).

Tab. 29) Odhad rizika pro nebezpečí č.1.1-1

VUT v Brně, FSI UVSSR		FORMULÁŘ PRO ODHAD RIZIKA Zpracoval: Bc. Miroslav Kokavec		Strojní zařízení: Lící stroj Datum: 3.5.2019	
Číslo nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100	Identif. číslo	Označení nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100: 1. Mechanická nebezpečí			
1.1	1	Nebezpečí stlačení			
Životní etapa stroje: přeprava, montáž a instalace			Nebezpečný prostor: nejbližší okolí		
Ohrožené osoby: dopravci, třetí osoba			Provozní stav stroje: mimo provoz		
Popis nebezpečné situace/události	Nebezpečí stlačení při manipulaci se strojním zařízením nebo jeho částmi.				
Počáteční riziko	Závažnost a možné škody na zdraví:		S3 – smrt		Velikost rizika 14
	Četnost a doba trvání ohrožení:		A1 – zřídka až častěji		
	Možnost vyvarování se nebezpečí:		E3 – sotva možné		
	Prs. výskytu nebezpečné události:		W2 - střední		
Krok 1	Opatření zabudovaná v konstrukci				
Popis opatření	Strojní zařízení je vybaveno příslušenstvím, které umožňuje jeho připojení ke standardním manipulačním prostředkům.				
Snížené riziko po opatření	Závažnost a možné škody na zdraví:		S3 – smrt		Velikost rizika 13
	Četnost a doba trvání ohrožení:		A1 – zřídka až častěji		
	Možnost vyvarování se nebezpečí:		E3 – sotva možné		
	Prs. výskytu nebezpečné události:		W1 - malá		
Krok 2	Bezpečnostní ochrana a doplňková opatření				
Popis opatření	Nelze aplikovat				
Krok 3	Informace pro používání				
Popis opatření	Strojní zařízení je opatřeno bezpečnostním sdělením (štítkem), na kterém je uvedena hmotnost strojního zařízení.				
	Upozornění v návodu k použití:				
	“Při manipulaci se strojním zařízením nebo jeho částmi, si počínejte tak, aby nedošlo k úrazu (stlačení, rozdrcení, naražení) těla nebo jeho částí, způsobenému vlastní hmotností strojního zařízení nebo jeho částí!“				
	“Pokud jsou používány manipulační prostředky, musí být vhodné pro dané činnosti a použití, jejich technické parametry musí odpovídat hmotnosti strojního zařízení nebo jeho částí. Obsluha musí být prokazatelně vyškolená pro práci s daným typem manipulačního prostředku!“				
	“Manipulační prostředky pro manipulaci se strojním zařízením nebo s jeho částmi musí být používány, udržovány a kontrolovány v souladu s požadavky všech příslušných předpisů!“				
Zbytkové riziko	“Při transportu strojního zařízení nebo jeho části se nezdržujte v prostoru pod manipulovaným objektem ani v jeho bezprostředním okolí. Udržujte bezpečnou vzdálenost zabraňující úrazu v případě pádu manipulovaného objektu.”				
	Závažnost a možné škody na zdraví:		S2 – těžké zranění		Velikost rizika 6
	Četnost a doba trvání ohrožení:		A1 – zřídka až častěji		
	Možnost vyvarování se nebezpečí:		E2 – možné za určitých okolností		
	Prs. výskytu nebezpečné události:		W1 - malá		
Validace:	Opatření jsou dostatečná:				Dne:3.5.2019

Tab. 30) Odhad rizika pro nebezpečí č.1.1-2

VUT v Brně, FSI UVSSR		FORMULÁŘ PRO ODHAD RIZIKA Zpracoval: Bc. Miroslav Kokavec		Strojní zařízení: Licí stroj Datum: 3.5.2019	
Číslo nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100	Identif. číslo	Označení nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100: 1. Mechanická nebezpečí			
1.1	2	Nebezpečí stlačení			
Životní etapa stroje: provoz			Nebezpečný prostor: pracovní		
Ohrožené osoby: obsluha stroje, seřizovač			Provozní stav stroje: pracovní režim		
Popis nebezpečné situace/události		Nebezpečí stlačení mezi pohyblivými a pevnými částmi strojního zařízení.			
Počáteční riziko	Závažnost a možné škody na zdraví:		S2 – těžké zranění		Velikost rizika 8
	Četnost a doba trvání ohrožení:		A1 – zřídka až častěji		
	Možnost vyvarování se nebezpečí:		E3 – sotva možné		
	Prs. výskytu nebezpečné události:		W2 - střední		
Krok 1	Opatření zabudovaná v konstrukci				
Popis opatření	Nelze aplikovat				
Krok 2	Bezpečnostní ochrana a doplňková opatření				
Popis opatření	Místo obsluhy dvouručního spouštění a obslužný panel jsou umístěny od nejbližšího nebezpečného místa v bezpečné vzdálenosti. Každé místo obsluhy je vybaveno zařízením pro nouzové zastavení stroje.				
Snížené riziko po opatření	Závažnost a možné škody na zdraví:		S1 – lehké poškození		Velikost rizika 1
	Četnost a doba trvání ohrožení:		A1 – zřídka až častěji		
	Možnost vyvarování se nebezpečí:		E2 – možné za určitých okolností		
	Prs. výskytu nebezpečné události:		W2 - střední		
Krok 3	Informace pro používání				
Popis opatření	Upozornění v návodu k použití: “Strojní zařízení nesmí být spuštěno ani provozováno, pokud veškerá bezpečnostní a ochranná zařízení nejsou na místě a funkční!” „Obsluha strojního zařízení musí zajistit, aby na strojním zařízení nepracovaly osoby, které k tomu nebyly zmocněny!“				
Zbytkové riziko	Závažnost a možné škody na zdraví:		S1 – lehké poškození		Velikost rizika 0
	Četnost a doba trvání ohrožení:		A1 – zřídka až častěji		
	Možnost vyvarování se nebezpečí:		E2 – možné za určitých okolností		
	Prs. výskytu nebezpečné události:		W1 - malá		
Validace:	Opatření jsou dostatečná:				Dne:3.5.2019

Tab. 31) Odhad rizika pro nebezpečí č.1.1-3

VUT v Brně, FSI UVSSR		FORMULÁŘ PRO ODHAD RIZIKA Zpracoval: Bc. Miroslav Kokavec		Strojní zařízení: Lící stroj Datum: 3.5.2019	
Číslo nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100	Identif. číslo	Označení nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100: 1. Mechanická nebezpečí			
1.1	3	Nebezpečí stlačení			
Životní etapa stroje: provoz			Nebezpečný prostor: nejbližší okolí		
Ohrožené osoby: obsluha stroje, seřizovač			Provozní stav stroje: mimo provoz		
Popis nebezpečné situace/události		Nebezpečí stlačení od dílů stroje v průběhu montáže			
Počáteční riziko	Závažnost a možné škody na zdraví:		S3 – smrt		Velikost rizika 17
	Četnost a doba trvání ohrožení:		A2 – často až trvale		
	Možnost vyvarování se nebezpečí:		E3 – sotva možné		
	Prs. výskytu nebezpečné události:		W2 - střední		
Krok 1		Opatření zabudovaná v konstrukci			
Popis opatření		Nelze aplikovat			
Krok 2		Bezpečnostní ochrana a doplňková opatření			
Popis opatření		Předpis používání osobních ochranných prostředků			
Snížené riziko po opatření	Závažnost a možné škody na zdraví:		S2 – těžké zranění		Velikost rizika 7
	Četnost a doba trvání ohrožení:		A1 – zřídka až častěji		
	Možnost vyvarování se nebezpečí:		E2 – možné za určitých okolností		
	Prs. výskytu nebezpečné události:		W2 - střední		
Krok 3		Informace pro používání			
Popis opatření		Upozornění v návodu k použití: “V průběhu montáže nevstupujte pod visící nezajištěné předměty. “			
Zbytkové riziko	Závažnost a možné škody na zdraví:		S1 – lehké poškození		Velikost rizika 1
	Četnost a doba trvání ohrožení:		A1 – zřídka až častěji		
	Možnost vyvarování se nebezpečí:		E2 – možné za určitých okolností		
	Prs. výskytu nebezpečné události:		W2 - střední		
Validace:		Opatření jsou dostatečná:			Dne:3.5.2019

Tab. 32) Odhad rizika pro nebezpečí č.1.2-1

VUT v Brně, FSI UVSSR		FORMULÁŘ PRO ODHAD RIZIKA Zpracoval: Bc. Miroslav Kokavec		Strojní zařízení: Licí stroj Datum: 3.5.2019	
Číslo nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100		Identif. číslo	Označení nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100: 1. Mechanická nebezpečí		
1.2		1	Nebezpečí stříhu		
Životní etapa stroje: provoz			Nebezpečný prostor: pracovní		
Ohrožené osoby: obsluha stroje, seřizovač			Provozní stav stroje: pracovní režim		
Popis nebezpečné situace/události		Nebezpečí stříhu mezi pevnou a pohybující se částí strojního zařízení.			
Počáteční riziko		Závažnost a možné škody na zdraví:	S2 – těžké zranění		Velikost rizika 8
		Četnost a doba trvání ohrožení:	A1 – zřídka až častěji		
		Možnost vyvarování se nebezpečí:	E3 – sotva možné		
		Prs. výskytu nebezpečné události:	W2 - střední		
Krok 1		Opatření zabudovaná v konstrukci			
Popis opatření		Nelze aplikovat			
Krok 2		Bezpečnostní ochrana a doplňková opatření			
Popis opatření		Místo obsluhy dvouručního spouštění a obslužný panel jsou umístěny od nejbližšího nebezpečného místa v bezpečné vzdálenosti. Každé místo obsluhy je vybaveno zařízením pro nouzové zastavení stroje.			
Snížené riziko po opatření		Závažnost a možné škody na zdraví:	S1 – lehké poškození		Velikost rizika 1
		Četnost a doba trvání ohrožení:	A1 – zřídka až častěji		
		Možnost vyvarování se nebezpečí:	E2 – možné za určitých okolností		
		Prs. výskytu nebezpečné události:	W2 - střední		
Krok 3		Informace pro používání			
Popis opatření		Upozornění v návodu k použití: “Strojní zařízení nesmí být spuštěno ani provozováno, pokud veškerá bezpečnostní a ochranná zařízení nejsou na místě a funkční!” „Obsluha strojního zařízení musí zajistit, aby na strojním zařízení nepracovaly osoby, které k tomu nebyly zmocněny!“			
Zbytkové riziko		Závažnost a možné škody na zdraví:	S1 – lehké poškození		Velikost rizika 0
		Četnost a doba trvání ohrožení:	A1 – zřídka až častěji		
		Možnost vyvarování se nebezpečí:	E2 – možné za určitých okolností		
		Prs. výskytu nebezpečné události:	W1 - malá		
Validace:		Opatření jsou dostatečná:			Dne:3.5.2019

Tab. 33) Odhad rizika pro nebezpečí č.1.3-1

VUT v Brně, FSI UVSSR	FORMULÁŘ PRO ODHAD RIZIKA Zpracoval: Bc. Miroslav Kokavec		Strojní zařízení: Lící stroj Datum: 3.5.2019
Číslo nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100 1.3	Identif. číslo 1	Označení nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100: 1. Mechanická nebezpečí Nebezpečí říznutí nebo uříznutí	
Životní etapa stroje: provoz		Nebezpečný prostor: rámu stroje	
Ohrožené osoby: obsluha stroje, seřizovač		Provozní stav stroje: všechny stavy	
Popis nebezpečné situace/události	Nebezpečí pořezání od pohybujícího se řemene. Hrozí pořezání prstů nebo částí rukou obsluhy.		
Počáteční riziko	Závažnost a možné škody na zdraví:	S2 – těžké zranění	Velikost rizika 12
	Četnost a doba trvání ohrožení:	A2 – často až trvale	
	Možnost vyvarování se nebezpečí:	E3 – sotva možné	
	Prs. výskytu nebezpečné události:	W3 - velká	
Krok 1	Opatření zabudovaná v konstrukci		
Popis opatření	Nelze aplikovat		
Krok 2	Bezpečnostní ochrana a doplňková opatření		
Popis opatření	Pevný přišroubovaný kryt.		
Snížené riziko po opatření	Závažnost a možné škody na zdraví:	S1 – lehké poškození	Velikost rizika 1
	Četnost a doba trvání ohrožení:	A1 – zřídka až častěji	
	Možnost vyvarování se nebezpečí:	E2 – možné za určitých okolností	
	Prs. výskytu nebezpečné události:	W2 - střední	
Krok 3	Informace pro používání		
Popis opatření	Upozornění v návodu k použití: “Strojní zařízení nesmí být spuštěno ani provozováno, pokud veškerá bezpečnostní a ochranná zařízení nejsou na místě a funkční!”		
Zbytkové riziko	Závažnost a možné škody na zdraví:	S1 – lehké poškození	Velikost rizika 0
	Četnost a doba trvání ohrožení:	A1 – zřídka až častěji	
	Možnost vyvarování se nebezpečí:	E2 – možné za určitých okolností	
	Prs. výskytu nebezpečné události:	W1 - malá	
Validace:	Opatření jsou dostatečná:		Dne:3.5.2019

Tab. 34) Odhad rizika pro nebezpečí č.1.3-2

VUT v Brně, FSI UVSSR		FORMULÁŘ PRO ODHAD RIZIKA Zpracoval: Bc. Miroslav Kokavec		Strojní zařízení: Licí stroj	
				Datum: 3.5.2019	
Číslo nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100		Identif. číslo	Označení nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100: 1. Mechanická nebezpečí		
1.3		2	Nebezpečí říznutí nebo uříznutí		
Životní etapa stroje: provoz			Nebezpečný prostor: pracovní prostor stroje, pracovní prostor výměny forem		
Ohrožené osoby: obsluha stroje, seřizovač			Provozní stav stroje: všechny stavy		
Popis nebezpečné situace/události		Nebezpečí pořezání při manipulaci s odlitky.			
Počáteční riziko		Závažnost a možné škody na zdraví:		S1 – lehké poškození	Velikost rizika 5
		Četnost a doba trvání ohrožení:		A2 – často až trvale	
		Možnost vyvarování se nebezpečí:		E2 – možné za určitých okolností	
		Prs. výskytu nebezpečné události:		W3 - velká	
Krok 1		Opatření zabudovaná v konstrukci			
Popis opatření		Nelze aplikovat			
Krok 2		Bezpečnostní ochrana a doplňková opatření			
Popis opatření		Předpis používání osobních ochranných prostředků			
Snížené riziko po opatření		Závažnost a možné škody na zdraví:		S1 – lehké poškození	Velikost rizika 1
		Četnost a doba trvání ohrožení:		A1 – zřídka až častěji	
		Možnost vyvarování se nebezpečí:		E2 – možné za určitých okolností	
		Prs. výskytu nebezpečné události:		W2 - střední	
Krok 3		Informace pro používání			
Popis opatření		Upozornění v návodu k použití: “Při manipulaci s odlitky používejte ochranné pracovní rukavice na ochranu prstů a rukou před poraněním ostrými hranami a na ochranu před popálením od předmětů s vysokou povrchovou teplotou!” “Čištění, údržba a opravy strojního zařízení se musí provádět při vypnutém a zajištěném hlavním vypínači strojního zařízení!”			
Zbytkové riziko		Závažnost a možné škody na zdraví:		S1 – lehké poškození	Velikost rizika 0
		Četnost a doba trvání ohrožení:		A1 – zřídka až častěji	
		Možnost vyvarování se nebezpečí:		E2 – možné za určitých okolností	
		Prs. výskytu nebezpečné události:		W1 - malá	
Validace:		Opatření jsou dostatečná:			Dne:3.5.2019

Tab. 35) Odhad rizika pro nebezpečí č.1.4-1

VUT v Brně, FSI UVSSR		FORMULÁŘ PRO ODHAD RIZIKA Zpracoval: Bc. Miroslav Kokavec		Strojní zařízení: Lící stroj	
				Datum: 3.5.2019	
Číslo nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100	Identif. číslo	Označení nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100: 1. Mechanická nebezpečí			
1.4	1	Nebezpečí vtažení nebo chycení			
Životní etapa stroje: provoz			Nebezpečný prostor: pracovní prostor stroje, pracovní prostor výměny forem		
Ohrožené osoby: obsluha stroje, seřizovač			Provozní stav stroje: pracovní režim		
Popis nebezpečné situace/události	Nebezpečí vtažení nebo zachycení pohyblivými částmi strojního zařízení. Hrozí zranění obsluhy s možnými trvalými následky.				
Počáteční riziko	Závažnost a možné škody na zdraví:		S3 – smrt		Velikost rizika 18
	Četnost a doba trvání ohrožení:		A2 – často až trvale		
	Možnost vyvarování se nebezpečí:		E3 – sotva možné		
	Prs. výskytu nebezpečné události:		W3 - velká		
Krok 1	Opatření zabudovaná v konstrukci				
Popis opatření	Nelze aplikovat				
Krok 2	Bezpečnostní ochrana a doplňková opatření				
Popis opatření	Místo obsluhy dvouručního spuštění a obslužný panel jsou umístěny od nejbližšího nebezpečného místa v bezpečné vzdálenosti. Každé místo obsluhy je vybaveno zařízením pro nouzové zastavení stroje.				
Snížené riziko po opatření	Závažnost a možné škody na zdraví:		S1 – lehké poškození		Velikost rizika 1
	Četnost a doba trvání ohrožení:		A1 – zřídka až častěji		
	Možnost vyvarování se nebezpečí:		E2 – možné za určitých okolností		
	Prs. výskytu nebezpečné události:		W2 - střední		
Krok 3	Informace pro používání				
Popis opatření	Upozornění v návodu k použití: “Strojní zařízení nesmí být spuštěno ani provozováno, pokud veškerá bezpečnostní a ochranná zařízení nejsou na místě a funkční!” „Obsluha strojního zařízení musí zajistit, aby na strojním zařízení nepracovaly osoby, které k tomu nebyly zmocněny!“				
Zbytkové riziko	Závažnost a možné škody na zdraví:		S1 – lehké poškození		Velikost rizika 0
	Četnost a doba trvání ohrožení:		A1 – zřídka až častěji		
	Možnost vyvarování se nebezpečí:		E2 – možné za určitých okolností		
	Prs. výskytu nebezpečné události:		W1 - malá		
Validace:	Opatření jsou dostatečná:				Dne:3.5.2019

Tab. 36) Odhad rizika pro nebezpečí č.1.5-1

VUT v Brně, FSI UVSSR		FORMULÁŘ PRO ODHAD RIZIKA Zpracoval: Bc. Miroslav Kokavec		Strojní zařízení: Licí stroj Datum: 3.5.2019	
Číslo nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100		Identif. číslo	Označení nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100: 1. Mechanická nebezpečí		
1.5		1	Nebezpečí nárazu		
Životní etapa stroje: přeprava, montáž a instalace			Nebezpečný prostor: nejbližší okolí		
Ohrožené osoby: dopravci, třetí osoba			Provozní stav stroje: mimo provoz		
Popis nebezpečné situace/události		Nebezpečí naražení při manipulaci se strojním zařízením nebo jeho částmi. Hrozí poškození těla obsluhy nebo jeho částí, včetně hlavy.			
Počáteční riziko		Závažnost a možné škody na zdraví:	S2 – těžké zranění		Velikost rizika 8
		Četnost a doba trvání ohrožení:	A1 – zřídka až častěji		
		Možnost vyvarování se nebezpečí:	E3 – sotva možné		
		Prs. výskytu nebezpečné události:	W2 - střední		
Krok 1		Opatření zabudovaná v konstrukci			
Popis opatření		Nelze aplikovat			
Krok 2		Bezpečnostní ochrana a doplňková opatření			
Popis opatření		Předpis používání osobních ochranných prostředků			
Snížené riziko po opatření		Závažnost a možné škody na zdraví:	S2 – těžké zranění		Velikost rizika 7
		Četnost a doba trvání ohrožení:	A1 – zřídka až častěji		
		Možnost vyvarování se nebezpečí:	E2 – možné za určitých okolností		
		Prs. výskytu nebezpečné události:	W2 - střední		
Krok 3		Informace pro používání			
Popis opatření		Upozornění v návodu k použití:			
		“Při manipulaci se strojním zařízením nebo jeho částmi, si počínejte tak, aby nedošlo k úrazu (stlačení, rozdrcení, naražení) těla nebo jeho částí, způsobenému vlastní hmotností strojního zařízení nebo jeho částí!“			
		“Pokud jsou používány manipulační prostředky, musí být vhodné pro dané činnosti a použití, jejich technické parametry musí odpovídat hmotnosti strojního zařízení nebo jeho částí. Obsluha musí být prokazatelně vyškolená pro práci s daným typem manipulačního prostředku!“			
		“Manipulační prostředky pro manipulaci se strojním zařízením nebo s jeho částmi musí být používány, udržovány a kontrolovány v souladu s požadavky všech příslušných předpisů!“			
		“Na ochranu hlavy před poraněním používejte ochrannou pracovní přilbu!“			
		“Na ochranu nohou před poraněním padajícími předměty používejte pracovní obuv s vyztuženou špičkou!“			
Zbytkové riziko		Závažnost a možné škody na zdraví:	S2 – těžké zranění		Velikost rizika 6
		Četnost a doba trvání ohrožení:	A1 – zřídka až častěji		
		Možnost vyvarování se nebezpečí:	E2 – možné za určitých okolností		
		Prs. výskytu nebezpečné události:	W1 - malá		
Validace:		Opatření jsou dostatečná:			Dne:3.5.2019

Tab. 37) Odhad rizika pro nebezpečí č.1.5-2

VUT v Brně, FSI UVSSR		FORMULÁŘ PRO ODHAD RIZIKA Zpracoval: Bc. Miroslav Kokavec		Strojní zařízení: Licí stroj	
				Datum: 3.5.2019	
Číslo nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100	Identif. číslo	Označení nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100:			
1.5	2	1. Mechanická nebezpečí			
		Nebezpečí nárazu			
Životní etapa stroje: provoz			Nebezpečný prostor: nejbližší okolí, pracovní prostor výměny forem		
Ohrožené osoby: obsluha stroje, seřizovač			Provozní stav stroje: pracovní režim		
Popis nebezpečné situace/události	Nebezpečí naražení od pohybujících se částí strojního zařízení. Hrozí pohmoždění prstů nebo částí končetin či trupu.				
Počáteční riziko	Závažnost a možné škody na zdraví:		S2 – těžké zranění		Velikost rizika 8
	Četnost a doba trvání ohrožení:		A1 – zřídka až častěji		
	Možnost vyvarování se nebezpečí:		E3 – sotva možné		
	Prs. výskytu nebezpečné události:		W2 - střední		
Krok 1	Opatření zabudovaná v konstrukci				
Popis opatření	Nelze aplikovat				
Krok 2	Bezpečnostní ochrana a doplňková opatření				
Popis opatření	Místo obsluhy dvouručního spouštění a obslužný panel jsou umístěny od nejbližšího nebezpečného místa v bezpečné vzdálenosti. Každé místo obsluhy je vybaveno zařízením pro nouzové zastavení stroje.				
Snížené riziko po opatření	Závažnost a možné škody na zdraví:		S1 – lehké poškození		Velikost rizika 1
	Četnost a doba trvání ohrožení:		A1 – zřídka až častěji		
	Možnost vyvarování se nebezpečí:		E2 – možné za určitých okolností		
	Prs. výskytu nebezpečné události:		W2 - střední		
Krok 3	Informace pro používání				
Popis opatření	Upozornění v návodu k použití: “Strojní zařízení nesmí být spuštěno ani provozováno, pokud veškerá bezpečnostní a ochranná zařízení nejsou na místě a funkční!” „Obsluha strojního zařízení musí zajistit, aby na strojním zařízení nepracovaly osoby, které k tomu nebyly zmocněny!“				
Zbytkové riziko	Závažnost a možné škody na zdraví:		S1 – lehké poškození		Velikost rizika 0
	Četnost a doba trvání ohrožení:		A1 – zřídka až častěji		
	Možnost vyvarování se nebezpečí:		E2 – možné za určitých okolností		
	Prs. výskytu nebezpečné události:		W1 - malá		
Validace:	Opatření jsou dostatečná:				Dne:3.5.2019

Tab. 38) Odhad rizika pro nebezpečí č.1.6-1

VUT v Brně, FSI UVSSR		FORMULÁŘ PRO ODHAD RIZIKA Zpracoval: Bc. Miroslav Kokavec		Strojní zařízení: Licí stroj Datum: 3.5.2019	
Číslo nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100		Identif. číslo	Označení nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100: 1. Mechanická nebezpečí		
1.6		1	Obnovení dodávky energie po jejím přerušení		
Životní etapa stroje: provoz			Nebezpečný prostor: celý stroj, nejbližší okolí		
Ohrožené osoby: obsluha stroje, seřizovač			Provozní stav stroje: všechny režimy		
Popis nebezpečné situace/události		Nebezpečí způsobené neočekávaným spuštěním a rozběhem stroje při obnovení dodávky energie po jejím přerušení při obrábění, seřizování a údržbě. Hrozí pohmoždění prstů nebo částí končetin či trupu.			
Počáteční riziko		Závažnost a možné škody na zdraví:	S3 – smrt	Velikost rizika 18	
		Četnost a doba trvání ohrožení:	A2 – často až trvale		
		Možnost vyvarování se nebezpečí:	E3 – sotva možné		
		Prs. výskytu nebezpečné události:	W3 - velká		
Krok 1		Opatření zabudovaná v konstrukci			
Popis opatření		Nelze aplikovat			
Krok 2		Bezpečnostní ochrana a doplňková opatření			
Popis opatření		Výpadek energie aktivuje funkci nouzového zastavení (stroj se uvede do bezpečného stavu). Obnovení dodávky energie nemá za následek opětovné spuštění stroje.			
Snížené riziko po opatření		Závažnost a možné škody na zdraví:	S2 – těžké zranění	Velikost rizika 7	
		Četnost a doba trvání ohrožení:	A1 – zřídka až častěji		
		Možnost vyvarování se nebezpečí:	E2 – možné za určitých okolností		
		Prs. výskytu nebezpečné události:	W2 - střední		
Krok 3		Informace pro používání			
Popis opatření		Upozornění v návodu k použití: “Tento stroj se pohybuje poloautomaticky. Nepřibližujte se a nedotýkejte se pohyblivých částí!”			
Zbytkové riziko		Závažnost a možné škody na zdraví:	S1 – lehké poškození	Velikost rizika 0	
		Četnost a doba trvání ohrožení:	A1 – zřídka až častěji		
		Možnost vyvarování se nebezpečí:	E2 – možné za určitých okolností		
		Prs. výskytu nebezpečné události:	W1 - malá		
Validace:		Opatření jsou dostatečná:			Dne:3.5.2019

Tab. 39) Odhad rizika pro nebezpečí č.1.7-1

VUT v Brně, FSI UVSSR		FORMULÁŘ PRO ODHAD RIZIKA Zpracoval: Bc. Miroslav Kokavec		Strojní zařízení: Lící stroj Datum: 3.5.2019	
Číslo nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100	Identif. číslo	Označení nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100: 1. Mechanická nebezpečí			
1.7	1	Chybné připojení			
Životní etapa stroje: provoz			Nebezpečný prostor: všechny		
Ohrožené osoby: dopravci, třetí osoba			Provozní stav stroje: všechny režimy		
Popis nebezpečné situace/události		Nebezpečí nesprávně prováděné funkce stroje způsobené chybným připojením součásti demontovatelné uživatelem za účelem seřizování a údržby. Hrozí smrtelné zranění obsluhy/seřizovače.			
Počáteční riziko	Závažnost a možné škody na zdraví:		S3 – smrt		Velikost rizika 18
	Četnost a doba trvání ohrožení:		A2 – často až trvale		
	Možnost vyvarování se nebezpečí:		E3 – sotva možné		
	Prs. výskytu nebezpečné události:		W3 - velká		
Krok 1		Opatření zabudovaná v konstrukci			
Popis opatření		Každá část, demontovatelná uživatelem pro účely seřízení nebo údržby má opatření pro zabránění chybě připojení (kolíky, nesymetrické provedení, kódované konektory).			
Snížené riziko po opatření	Závažnost a možné škody na zdraví:		S2 – těžké zranění		Velikost rizika 7
	Četnost a doba trvání ohrožení:		A1 – zřídka až častěji		
	Možnost vyvarování se nebezpečí:		E2 – možné za určitých okolností		
	Prs. výskytu nebezpečné události:		W2 - střední		
Krok 2		Bezpečnostní ochrana a doplňková opatření			
Popis opatření		Nelze aplikovat			
Krok 3		Informace pro používání			
Popis opatření		Upozornění v návodu k použití: “Strojní zařízení nesmí být spuštěno ani provozováno, pokud veškerá bezpečnostní a ochranná zařízení nejsou na místě a funkční!“			
Zbytkové riziko	Závažnost a možné škody na zdraví:		S1 – lehké poškození		Velikost rizika 0
	Četnost a doba trvání ohrožení:		A1 – zřídka až častěji		
	Možnost vyvarování se nebezpečí:		E2 – možné za určitých okolností		
	Prs. výskytu nebezpečné události:		W1 - malá		
Validace:		Opatření jsou dostatečná:			Dne:3.5.2019

Tab. 40) Odhad rizika pro nebezpečí č.1.8-1

VUT v Brně, FSI UVSSR		FORMULÁŘ PRO ODHAD RIZIKA Zpracoval: Bc. Miroslav Kokavec		Strojní zařízení: Licí stroj Datum: 3.5.2019	
Číslo nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100	Identif. číslo	Označení nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100: 1. Mechanická nebezpečí			
1.8	1	Vymrštění předmětu nebo vystříknutím			
Životní etapa stroje: provoz			Nebezpečný prostor: pracovní prostor výměny forem		
Ohrožené osoby: obsluha stroje, seřizovač			Provozní stav stroje: všechny režimy		
Popis nebezpečné situace/události		Nebezpečí vymrštění předmětů do místa obsluhy. Hrozí zasažení části těla obsluhy, včetně obličeje a očí.			
Počáteční riziko	Závažnost a možné škody na zdraví:		S3 – smrt		Velikost rizika 18
	Četnost a doba trvání ohrožení:		A2 – často až trvale		
	Možnost vyvarování se nebezpečí:		E3 – sotva možné		
	Prs. výskytu nebezpečné události:		W3 - velká		
Krok 1	Opatření zabudovaná v konstrukci				
Popis opatření	Pevné ochranné kryty strojního zařízení splňují odolnost dle ČSN EN 953+A1:2009. Místo obsluhy dvouručního spouštění a obslužný panel jsou umístěny od nejbližšího nebezpečného místa v bezpečné vzdálenosti.				
Snížené riziko po opatření	Závažnost a možné škody na zdraví:		S1 – lehké poškození		Velikost rizika 1
	Četnost a doba trvání ohrožení:		A1 – zřídka až častěji		
	Možnost vyvarování se nebezpečí:		E2 – možné za určitých okolností		
	Prs. výskytu nebezpečné události:		W2 - střední		
Krok 2	Bezpečnostní ochrana a doplňková opatření				
Popis opatření	Nelze aplikovat				
Krok 3	Informace pro používání				
Popis opatření	Pro každou část, demontovatelnou uživatelem pro účely seřízení nebo údržby je v návodu k zabudování uveden správný postup montáže/demontáže. Elektrické konektory a svorkovnice jsou označeny v souladu s elektrickým schématem.				
Zbytkové riziko	Závažnost a možné škody na zdraví:		S1 – lehké poškození		Velikost rizika 0
	Četnost a doba trvání ohrožení:		A1 – zřídka až častěji		
	Možnost vyvarování se nebezpečí:		E2 – možné za určitých okolností		
	Prs. výskytu nebezpečné události:		W1 - malá		
Validace:	Opatření jsou dostatečná:				Dne:3.5.2019

Tab. 41) Odhad rizika pro nebezpečí č.1.8-2

VUT v Brně, FSI UVSSR	FORMULÁŘ PRO ODHAD RIZIKA Zpracoval: Bc. Miroslav Kokavec		Strojní zařízení: Lící stroj Datum: 3.5.2019
Číslo nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100 1.8	Identif. číslo 2	Označení nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100: 1. Mechanická nebezpečí Vymrštění předmětu nebo vystříknutím	
Životní etapa stroje: provoz		Nebezpečný prostor: rámu stroje	
Ohrožené osoby: obsluha stroje, seřizovač		Provozní stav stroje: pracovní režim	
Popis nebezpečné situace/události	Nebezpečí roztržení klínového řemene a jeho vymrštění. Hrozí zasažení části těla obsluhy, včetně obličeje a očí.		
Počáteční riziko	Závažnost a možné škody na zdraví:	S3 – smrt	Velikost rizika 15
	Četnost a doba trvání ohrožení:	A1 – zřídka až častěji	
	Možnost vyvarování se nebezpečí:	E3 – sotva možné	
	Prs. výskytu nebezpečné události:	W3 - velká	
Krok 1	Opatření zabudovaná v konstrukci		
Popis opatření	Nelze aplikovat		
Krok 2	Bezpečnostní ochrana a doplňková opatření		
Popis opatření	Pevný přišroubovaný kryt.		
Snížené riziko po opatření	Závažnost a možné škody na zdraví:	S1 – lehké poškození	Velikost rizika 1
	Četnost a doba trvání ohrožení:	A1 – zřídka až častěji	
	Možnost vyvarování se nebezpečí:	E2 – možné za určitých okolností	
	Prs. výskytu nebezpečné události:	W2 - střední	
Krok 3	Informace pro používání		
Popis opatření	Upozornění v návodu k použití: “Strojní zařízení nesmí být spuštěno ani provozováno, pokud veškerá bezpečnostní a ochranná zařízení nejsou na místě a funkční!”		
Zbytkové riziko	Závažnost a možné škody na zdraví:	S1 – lehké poškození	Velikost rizika 0
	Četnost a doba trvání ohrožení:	A1 – zřídka až častěji	
	Možnost vyvarování se nebezpečí:	E2 – možné za určitých okolností	
	Prs. výskytu nebezpečné události:	W1 - malá	
Validace:	Opatření jsou dostatečná:		Dne:3.5.2019

Tab. 42) Odhad rizika pro nebezpečí č.1.8-3

VUT v Brně, FSI UVSSR		FORMULÁŘ PRO ODHAD RIZIKA Zpracoval: Bc. Miroslav Kokavec		Strojní zařízení: Licí stroj Datum: 3.5.2019	
Číslo nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100		Identif. číslo	Označení nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100: 1. Mechanická nebezpečí		
1.8		3	Vymrštění předmětu nebo vystříknutím		
Životní etapa stroje: provoz			Nebezpečný prostor: všechny		
Ohrožené osoby: obsluha stroje, seřizovač			Provozní stav stroje: pracovní režim		
Popis nebezpečné situace/události		Nebezpečí vymrštění tlakových hadic hydraulického a pneumatického systému. Hrozí zasažení části těla obsluhy, včetně obličeje a očí.			
Počáteční riziko		Závažnost a možné škody na zdraví:	S2 – těžké zranění		Velikost rizika 12
		Četnost a doba trvání ohrožení:	A2 – často až trvale		
		Možnost vyvarování se nebezpečí:	E3 – sotva možné		
		Prs. výskytu nebezpečné události:	W3 - velká		
Krok 1		Opatření zabudovaná v konstrukci			
Popis opatření		Tlakové hadice jsou dostatečně předimenzované.			
Snížené riziko po opatření		Závažnost a možné škody na zdraví:	S1 – lehké poškození		Velikost rizika 5
		Četnost a doba trvání ohrožení:	A2 – často až trvale		
		Možnost vyvarování se nebezpečí:	E2 – možné za určitých okolností		
		Prs. výskytu nebezpečné události:	W3 - velká		
Krok 2		Bezpečnostní ochrana a doplňková opatření			
Popis opatření		Předepsání pravidelných kontrol a výměny.			
Snížené riziko po opatření		Závažnost a možné škody na zdraví:	S1 – lehké poškození		Velikost rizika 4
		Četnost a doba trvání ohrožení:	A2 – často až trvale		
		Možnost vyvarování se nebezpečí:	E2 – možné za určitých okolností		
		Prs. výskytu nebezpečné události:	W2 - střední		
Krok 3		Informace pro používání			
Popis opatření		Upozornění v návodu k použití: “Strojní zařízení nesmí být spuštěno ani provozováno, pokud veškerá bezpečnostní a ochranná zařízení nejsou na místě a funkční!“			
Zbytkové riziko		Závažnost a možné škody na zdraví:	S1 – lehké poškození		Velikost rizika 3
		Četnost a doba trvání ohrožení:	A2 – často až trvale		
		Možnost vyvarování se nebezpečí:	E2 – možné za určitých okolností		
		Prs. výskytu nebezpečné události:	W1 - malá		
Validace:		Opatření jsou dostatečná:			Dne:3.5.2019

Tab. 43) Odhad rizika pro nebezpečí č.1.9-1

VUT v Brně, FSI UVSSR		FORMULÁŘ PRO ODHAD RIZIKA Zpracoval: Bc. Miroslav Kokavec		Strojní zařízení: Lící stroj Datum: 3.5.2019	
Číslo nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100	Identif. číslo	Označení nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100: 1. Mechanická nebezpečí			
1.9	1	Nebezpečí způsobená ztrátou stability			
Životní etapa stroje: přeprava, montáž, demontáž			Nebezpečný prostor: nejbližší okolí		
Ohrožené osoby: dopravci, třetí osoba			Provozní stav stroje: uvádění do provozu		
Popis nebezpečné situace/události		Pád manipulované části strojního zařízení v důsledku neznalosti nebo uvedení chybné hmotnosti. Hrozí smrtelné zranění.			
Počáteční riziko	Závažnost a možné škody na zdraví:		S3 – smrt		Velikost rizika 18
	Četnost a doba trvání ohrožení:		A2 – často až trvale		
	Možnost vyvarování se nebezpečí:		E3 – sotva možné		
	Prs. výskytu nebezpečné události:		W3 - velká		
Krok 1		Opatření zabudovaná v konstrukci			
Popis opatření		Nelze aplikovat			
Krok 2		Bezpečnostní ochrana a doplňková opatření			
Popis opatření		Strojní zařízení je vybaveno příslušenstvím, které umožňuje jeho připojení ke standardním manipulačním prostředkům.			
Snížené riziko po opatření	Závažnost a možné škody na zdraví:		S3 – smrt		Velikost rizika 8
	Četnost a doba trvání ohrožení:		A1 – zřídka až častěji		
	Možnost vyvarování se nebezpečí:		E3 – sotva možné		
	Prs. výskytu nebezpečné události:		W2 - střední		
Krok 3		Informace pro používání			
Popis opatření	Upozornění v návodu k použití:				
	“Při manipulaci se strojním zařízením nebo jeho částmi si počínejte tak, aby nedošlo k úrazu (stlačení, rozdrcení, naražení) těla nebo jeho částí, způsobenému vlastní hmotností strojního zařízení nebo jeho částí!“				
	“Pokud jsou používány manipulační prostředky, musí být vhodné pro dané činnosti a použití, jejich technické parametry musí odpovídat hmotnosti strojního zařízení nebo jeho částí. Obsluha musí být prokazatelně vyškolená pro práci s daným typem manipulačního prostředku!“				
	“Manipulační prostředky pro manipulaci se strojním zařízením nebo s jeho částmi musí být používány, udržovány a kontrolovány v souladu s požadavky všech příslušných předpisů!“				
	“Na ochranu hlavy před poraněním používejte ochrannou pracovní přilbu!“				
Zbytkové riziko	Závažnost a možné škody na zdraví:		S2 – těžké zranění		Velikost rizika 6
	Četnost a doba trvání ohrožení:		A1 – zřídka až častěji		
	Možnost vyvarování se nebezpečí:		E2 – možné za určitých okolností		
	Prs. výskytu nebezpečné události:		W1 - malá		
Validace:		Opatření jsou dostatečná:			Dne:3.5.2019

Tab. 44) Odhad rizika pro nebezpečí č.1.9-2

VUT v Brně, FSI UVSSR		FORMULÁŘ PRO ODHAD RIZIKA Zpracoval: Bc. Miroslav Kokavec		Strojní zařízení: Licí stroj Datum: 3.5.2019	
Číslo nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100	Identif. číslo	Označení nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100: 1. Mechanická nebezpečí			
1.9	2	Nebezpečí způsobená ztrátou stability			
Životní etapa stroje: přeprava, montáž, demontáž			Nebezpečný prostor: nejbližší okolí		
Ohrožené osoby: dopravci, třetí osoba			Provozní stav stroje: uvádění do provozu		
Popis nebezpečné situace/události		Pád manipulované části strojního zařízení v důsledku poddimenzování prvku určeného k manipulaci. Hrozí smrtelné zranění.			
Počáteční riziko	Závažnost a možné škody na zdraví:		S3 – smrt		Velikost rizika 15
	Četnost a doba trvání ohrožení:		A1 – zřídka až častěji		
	Možnost vyvarování se nebezpečí:		E3 – sotva možné		
	Prs. výskytu nebezpečné události:		W3 - velká		
Krok 1	Opatření zabudovaná v konstrukci				
Popis opatření	Samostatně manipulovatelné části stroje jsou konstrukčně uzpůsobeny pro montáž příslušenství, které umožňuje jeho připojení ke standardním manipulačním prostředkům. Prvky určené pro manipulaci s jednotlivými částmi strojního zařízení jsou zabudované do jeho konstrukce a podložené konstrukčním výpočtem.				
Snížené riziko po opatření	Závažnost a možné škody na zdraví:		S1 – lehké poškození		Velikost rizika 1
	Četnost a doba trvání ohrožení:		A1 – zřídka až častěji		
	Možnost vyvarování se nebezpečí:		E2 – možné za určitých okolností		
	Prs. výskytu nebezpečné události:		W2 - střední		
Krok 2	Bezpečnostní ochrana a doplňková opatření				
Popis opatření	Nelze aplikovat				
Krok 3	Informace pro používání				
Popis opatření	Upozornění v návodu k použití: “Pokud jsou používány manipulační prostředky, musí být vhodné pro dané činnosti a použití, jejich technické parametry musí odpovídat hmotnosti strojního zařízení nebo jeho částí. Obsluha musí být prokazatelně vyškolená pro práci s daným typem manipulačního prostředku!” „Strojní zařízení je možno zvedat a přemísťovat pouze v souladu s postupem uvedeným v návodu k používání strojního zařízení.”				
	Závažnost a možné škody na zdraví:		S1 – lehké poškození		Velikost rizika 0
Zbytkové riziko	Četnost a doba trvání ohrožení:		A1 – zřídka až častěji		
	Možnost vyvarování se nebezpečí:		E2 – možné za určitých okolností		
	Prs. výskytu nebezpečné události:		W1 - malá		
	Validace:	Opatření jsou dostatečná:			

Tab. 45) Odhad rizika pro nebezpečí č.1.9-3

VUT v Brně, FSI UVSSR		FORMULÁŘ PRO ODHAD RIZIKA Zpracoval: Bc. Miroslav Kokavec		Strojní zařízení: Lící stroj Datum: 3.5.2019	
Číslo nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100	Identif. číslo	Označení nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100: 1. Mechanická nebezpečí			
1.9	3	Nebezpečí způsobená ztrátou stability			
Životní etapa stroje: přeprava, montáž, demontáž			Nebezpečný prostor: nejbližší okolí		
Ohrožené osoby: dopravci, třetí osoba			Provozní stav stroje: uvádění do provozu		
Popis nebezpečné situace/události		Nebezpečí ztráty stability strojního zařízení nebo jeho části při neznalosti polohy jeho těžiště Hrozí smrtelné zranění.			
Počáteční riziko	Závažnost a možné škody na zdraví:		S3 – smrt		Velikost rizika 18
	Četnost a doba trvání ohrožení:		A2 – často až trvale		
	Možnost vyvarování se nebezpečí:		E3 – sotva možné		
	Prs. výskytu nebezpečné události:		W3 - velká		
Krok 1		Opatření zabudovaná v konstrukci			
Popis opatření		Do konstrukce samostatně manipulovatelných částí strojního zařízení jsou zahrnuty místa pro uchycení standardního manipulačního zařízení, jejich rozmístění a počet odpovídá poloze těžiště manipulované části.			
Snížené riziko po opatření	Závažnost a možné škody na zdraví:		S1 – lehké poškození		Velikost rizika 2
	Četnost a doba trvání ohrožení:		A1 – zřídka až častěji		
	Možnost vyvarování se nebezpečí:		E3 – sotva možné		
	Prs. výskytu nebezpečné události:		W2 - střední		
Krok 2		Bezpečnostní ochrana a doplňková opatření			
Popis opatření		Strojní zařízení je vybaveno příslušenstvím, které umožňuje jeho připojení ke standardním manipulačním prostředkům.			
Snížené riziko po opatření	Závažnost a možné škody na zdraví:		S1 – lehké poškození		Velikost rizika 1
	Četnost a doba trvání ohrožení:		A1 – zřídka až častěji		
	Možnost vyvarování se nebezpečí:		E2 – možné za určitých okolností		
	Prs. výskytu nebezpečné události:		W2 - střední		
Krok 3		Informace pro používání			
Popis opatření		Upozornění v návodu k použití: “Pokud jsou používány manipulační prostředky, musí být vhodné pro dané činnosti a použití, jejich technické parametry musí odpovídat hmotnosti strojního zařízení nebo jeho částí. Obsluha musí být prokazatelně vyškolená pro práci s daným typem manipulačního prostředku!“ „Strojní zařízení je možno zvedat a přemisťovat pouze v souladu s postupem uvedeným v návodu k používání strojního zařízení.”			
Zbytkové riziko	Závažnost a možné škody na zdraví:		S1 – lehké poškození		Velikost rizika 0
	Četnost a doba trvání ohrožení:		A1 – zřídka až častěji		
	Možnost vyvarování se nebezpečí:		E2 – možné za určitých okolností		
	Prs. výskytu nebezpečné události:		W1 - malá		
Validace:		Opatření jsou dostatečná:			Dne:3.5.2019

Tab. 46) Odhad rizika pro nebezpečí č.2.1-1

VUT v Brně, FSI UVSSR		FORMULÁŘ PRO ODHAD RIZIKA Zpracoval: Bc. Miroslav Kokavec		Strojní zařízení: Licí stroj Datum: 3.5.2019	
Číslo nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100	Identif. číslo	Označení nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100: 2. Elektrická nebezpečí			
2.1	1	Dotykem osob živých částí – přímý dotyk			
Životní etapa stroje: provoz			Nebezpečný prostor: všechny, tam kde je vedení elektřiny		
Ohrožené osoby: obsluha stroje, seřizovač			Provozní stav stroje: všechny režimy		
Popis nebezpečné situace/události		Elektrické nebezpečí vyvolané přímým dotykem osob s elektrickou částí v průběhu údržby. Hrozí smrtelné zranění.			
Počáteční riziko	Závažnost a možné škody na zdraví:		S3 – smrt		Velikost rizika 15
	Četnost a doba trvání ohrožení:		A1 – zřídka až častěji		
	Možnost vyvarování se nebezpečí:		E3 – sotva možné		
	Prs. výskytu nebezpečné události:		W3 - velká		
Krok 1		Opatření zabudovaná v konstrukci			
Popis opatření		Přístroje s krytím IP 20.			
Snížené riziko po opatření	Závažnost a možné škody na zdraví:		S1 – lehké poškození		Velikost rizika 3
	Četnost a doba trvání ohrožení:		A1 – zřídka až častěji		
	Možnost vyvarování se nebezpečí:		E3 – sotva možné		
	Prs. výskytu nebezpečné události:		W3 - velká		
Krok 2		Bezpečnostní ochrana a doplňková opatření			
Popis opatření		Pevný přišroubovaný kryt prostoru rámu stroje.			
Snížené riziko po opatření	Závažnost a možné škody na zdraví:		S1 – lehké poškození		Velikost rizika 2
	Četnost a doba trvání ohrožení:		A1 – zřídka až častěji		
	Možnost vyvarování se nebezpečí:		E2 – možné za určitých okolností		
	Prs. výskytu nebezpečné události:		W3 - velká		
Krok 3		Informace pro používání			
Popis opatření	Bezpečnostní sdělení na stroji: Výstražný piktogram upozorňující na elektrické nebezpečí.				
	Upozornění v návodu k použití: “Strojní zařízení nesmí být spuštěno ani provozováno, pokud veškerá bezpečnostní a ochranná zařízení nejsou na místě a funkční!”				
	“Čištění, údržba a opravy strojního zařízení se musí provádět při vypnutém a zajištěném hlavním vypínači strojního zařízení!”				
	“Při opravách elektrického zařízení stroje musí být vypnut hlavní vypínač stroje a uzamčen ve vypnuté poloze.”				
	“Opravy a údržbu elektrického zařízení stroje smí provádět pouze osoba s odpovídající elektrotechnickou kvalifikací tj. minimálně pracovník znalý dle ČSN EN 50110-1 ed.2:2005, a to za předpokladu dodržování všeobecně platných bezpečnostních opatření.”				
Zbytkové riziko	Závažnost a možné škody na zdraví:		S1 – lehké poškození		Velikost rizika 1
	Četnost a doba trvání ohrožení:		A1 – zřídka až častěji		
	Možnost vyvarování se nebezpečí:		E2 – možné za určitých okolností		
	Prs. výskytu nebezpečné události:		W2 - střední		
Validace:		Opatření jsou dostatečná:			Dne:3.5.2019

Tab. 47) Odhad rizika pro nebezpečí č.2.2-1

VUT v Brně, FSI UVSSR		FORMULÁŘ PRO ODHAD RIZIKA Zpracoval: Bc. Miroslav Kokavec		Strojní zařízení: Lící stroj Datum: 3.5.2019	
Číslo nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100	Identif. číslo	Označení nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100: 2. Elektrická nebezpečí			
2.2	1	Dotykem osob částí, které se staly živými v důsledku závady – nepřímý dotyk			
Životní etapa stroje: provoz			Nebezpečný prostor: všechny		
Ohrožené osoby: obsluha stroje, seřizovač			Provozní stav stroje: všechny režimy		
Popis nebezpečné situace/události		Elektrické nebezpečí vyvolané dotykem osob částí, které se staly živými v důsledku závady při provozu, seřizování a údržbě. Hrozí smrtelné zranění.			
Počáteční riziko	Závažnost a možné škody na zdraví:		S3 – smrt	Velikost rizika 15	
	Četnost a doba trvání ohrožení:		A1 – zřídka až častěji		
	Možnost vyvarování se nebezpečí:		E3 – sotva možné		
	Prs. výskytu nebezpečné události:		W3 - velká		
Krok 1	Opatření zabudovaná v konstrukci				
Popis opatření	Příprava pro ochranu pospojováním dle normy ČSN EN 60204-1 ed.2:2007.				
Snížené riziko po opatření	Závažnost a možné škody na zdraví:		S1 – lehké poškození	Velikost rizika 3	
	Četnost a doba trvání ohrožení:		A1 – zřídka až častěji		
	Možnost vyvarování se nebezpečí:		E3 – sotva možné		
	Prs. výskytu nebezpečné události:		W3 - velká		
Krok 2	Bezpečnostní ochrana a doplňková opatření				
Popis opatření	Ochrana pospojováním dle ČSN EN 60204-1. Elektrické kabely jsou uloženy v chrániče zabráňující jejich poškození.				
Snížené riziko po opatření	Závažnost a možné škody na zdraví:		S1 – lehké poškození	Velikost rizika 2	
	Četnost a doba trvání ohrožení:		A1 – zřídka až častěji		
	Možnost vyvarování se nebezpečí:		E2 – možné za určitých okolností		
	Prs. výskytu nebezpečné události:		W3 - velká		
Krok 3	Informace pro používání				
Popis opatření	Bezpečnostní sdělení na stroji: Výstražný piktogram upozorňující na elektrické nebezpečí.				
	Upozornění v návodu k použití: “Strojní zařízení nesmí být spuštěno ani provozováno, pokud veškerá bezpečnostní a ochranná zařízení nejsou na místě a funkční!”				
	“Čištění, údržba a opravy strojního zařízení se musí provádět při vypnutém a zajištěném hlavním vypínači strojního zařízení!”				
	“Při opravách elektrického zařízení stroje musí být vypnut hlavní vypínač stroje a uzamčen ve vypnuté poloze.”				
	“Opravy a údržbu elektrického zařízení stroje smí provádět pouze osoba s odpovídající elektrotechnickou kvalifikací tj. minimálně pracovník znalý dle ČSN EN 50110-1 ed.2:2005 a to za předpokladu dodržování všeobecně platných bezpečnostních opatření.”				
Zbytkové riziko	Závažnost a možné škody na zdraví:		S1 – lehké poškození	Velikost rizika 1	
	Četnost a doba trvání ohrožení:		A1 – zřídka až častěji		
	Možnost vyvarování se nebezpečí:		E2 – možné za určitých okolností		
	Prs. výskytu nebezpečné události:		W2 - střední		
Validace:	Opatření jsou dostatečná:				Dne:3.5.2019

Tab. 48) Odhad rizika pro nebezpečí č.3.1-1

VUT v Brně, FSI UVSSR		FORMULÁŘ PRO ODHAD RIZIKA Zpracoval: Bc. Miroslav Kokavec		Strojní zařízení: Licí stroj	
				Datum: 3.5.2019	
Číslo nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100		Identif. číslo	Označení nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100: 3. Tepelná nebezpečí		
3.1		1	Způsobená možným dotykem osob nebo předmětů s vysokou nebo nízkou teplotou, kontaktem s plameny, výbuchem a také vyzařováním tepelných zdrojů.		
Životní etapa stroje: provoz			Nebezpečný prostor: všechny		
Ohrožené osoby: obsluha stroje, seřizovač			Provozní stav stroje: všechny režimy		
Popis nebezpečné situace/události		Nebezpečí popálení při kontaktu osob s rozehřátým elektromotorem.			
Počáteční riziko		Závažnost a možné škody na zdraví:		S2 – těžké zranění	Velikost rizika 9
		Četnost a doba trvání ohrožení:		A1 – zřídka až častěji	
		Možnost vyvarování se nebezpečí:		E3 – sotva možné	
		Prs. výskytu nebezpečné události:		W3 - velká	
Krok 1		Opatření zabudovaná v konstrukci			
Popis opatření		Motor dimenzovat tak, aby nebyl v trvale přetěžovaném režimu.			
Snížené riziko po opatření		Závažnost a možné škody na zdraví:		S1 – lehké poškození	Velikost rizika 2
		Četnost a doba trvání ohrožení:		A1 – zřídka až častěji	
		Možnost vyvarování se nebezpečí:		E2 – sotva možné	
		Prs. výskytu nebezpečné události:		W3 - velká	
Krok 2		Bezpečnostní ochrana a doplňková opatření			
Popis opatření		Předpis používání osobních ochranných prostředků – ochranné rukavice			
Snížené riziko po opatření		Závažnost a možné škody na zdraví:		S1 – lehké poškození	Velikost rizika 1
		Četnost a doba trvání ohrožení:		A1 – zřídka až častěji	
		Možnost vyvarování se nebezpečí:		E2 – možné za určitých okolností	
		Prs. výskytu nebezpečné události:		W2 - střední	
Krok 3		Informace pro používání			
Popis opatření		Bezpečnostní sdělení na stroji: Výstražný piktogram upozorňující na tepelné nebezpečí. Umístěn viditelně na nebezpečné části. Upozornění v návodu k použití: “Při manipulaci v nejbližším okolí strojního zařízení si počínejte tak, aby nedošlo k popálení prstů nebo částí rukou o horké části motoru.“			
Zbytkové riziko		Závažnost a možné škody na zdraví:		S1 – lehké poškození	Velikost rizika 0
		Četnost a doba trvání ohrožení:		A1 – zřídka až častěji	
		Možnost vyvarování se nebezpečí:		E2 – možné za určitých okolností	
		Prs. výskytu nebezpečné události:		W1 - malá	
Validace:		Opatření jsou dostatečná:			Dne:3.5.2019

Tab. 49) Odhad rizika pro nebezpečí č.3.1-2

VUT v Brně, FSI UVSSR		FORMULÁŘ PRO ODHAD RIZIKA Zpracoval: Bc. Miroslav Kokavec		Strojní zařízení: Lící stroj	
				Datum: 3.5.2019	
Číslo nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100	Identif. číslo	Označení nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100: 3. Tepelná nebezpečí			
3.1	2	Způsobená možným dotykem osob nebo předmětů s vysokou nebo nízkou teplotou, kontaktem s plameny, výbuchem a také vyzařováním tepelných zdrojů.			
Životní etapa stroje: provoz			Nebezpečný prostor: pracovní prostor stroje, pracovní prostor výměny forem		
Ohrožené osoby: obsluha stroje, seřizovač			Provozní stav stroje: všechny režimy		
Popis nebezpečné situace/události	Nebezpečí popálení při kontaktu osob s rozehřátým nástrojem, vstupním materiálem nebo odlitkem, strojním zařízením				
Počáteční riziko	Závažnost a možné škody na zdraví:		S2 – těžké zranění		Velikost rizika 12
	Četnost a doba trvání ohrožení:		A2 – často až trvale		
	Možnost vyvarování se nebezpečí:		E3 – sotva možné		
	Prs. výskytu nebezpečné události:		W3 - velká		
Krok 1	Opatření zabudovaná v konstrukci				
Popis opatření	Nelze aplikovat				
Krok 2	Bezpečnostní ochrana a doplňková opatření				
Popis opatření	Předpis používání osobních ochranných prostředků – ochranné rukavice				
Snížené riziko po opatření	Závažnost a možné škody na zdraví:		S1 – lehké poškození		Velikost rizika 6
	Četnost a doba trvání ohrožení:		A2 – často až trvale		
	Možnost vyvarování se nebezpečí:		E3 – sotva možné		
	Prs. výskytu nebezpečné události:		W3 - velká		
Krok 3	Informace pro používání				
Popis opatření	Bezpečnostní sdělení na stroji: Výstražný piktogram upozorňující na tepelné nebezpečí. Umístěn viditelně na nebezpečné části. Upozornění v návodu k použití: “Při manipulaci v nejbližším okolí strojního zařízení si počínejte tak, aby nedošlo k popálení prstů nebo částí rukou o horké části strojního zařízení, vstupní materiál nebo odlitek.”				
Zbytkové riziko	Závažnost a možné škody na zdraví:		S1 – lehké poškození		Velikost rizika 3
	Četnost a doba trvání ohrožení:		A1 – zřídka až častěji		
	Možnost vyvarování se nebezpečí:		E3 – sotva možné		
	Prs. výskytu nebezpečné události:		W3 - velká		
Validace:	Opatření jsou dostatečná:				Dne:3.5.2019

Tab. 50) Odhad rizika pro nebezpečí č.4-1

VUT v Brně, FSI UVSSR		FORMULÁŘ PRO ODHAD RIZIKA Zpracoval: Bc. Miroslav Kokavec		Strojní zařízení: Licí stroj Datum: 3.5.2019	
Číslo nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100		Identif. číslo	Označení nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100: 4. Nebezpečí hluku		
4		1	Nebezpečí způsobená ztrátou stability		
Životní etapa stroje: provoz			Nebezpečný prostor: pracovní prostor výměny forem		
Ohrožené osoby: obsluha stroje, seřizovač			Provozní stav stroje: všechny režimy		
Popis nebezpečné situace/události		Nebezpečí způsobená hlukem – ztráta sluchu, ztráta rovnováhy, ztráta vědomí. Hrozí ztráta sluchu a druhotné zranění při ztrátě rovnováhy nebo vědomí.			
Počáteční riziko		Závažnost a možné škody na zdraví:	S2 – těžké zranění		Velikost rizika 12
		Četnost a doba trvání ohrožení:	A2 – často až trvale		
		Možnost vyvarování se nebezpečí:	E3 – sotva možné		
		Prs. výskytu nebezpečné události:	W3 - velká		
Krok 1		Opatření zabudovaná v konstrukci			
Popis opatření		Začleněna technická opatření pro snížení hluku zdrojů dle ČSN EN ISO 11688-1.			
Snížené riziko po opatření		Závažnost a možné škody na zdraví:	S2 – těžké zranění		Velikost rizika 11
		Četnost a doba trvání ohrožení:	A2 – často až trvale		
		Možnost vyvarování se nebezpečí:	E2 – možné za určitých okolností		
		Prs. výskytu nebezpečné události:	W3 - velká		
Krok 2		Bezpečnostní ochrana a doplňková opatření			
Popis opatření		Nelze aplikovat			
Krok 3		Informace pro používání			
Popis opatření		Upozornění v návodu k použití: “Splnění požadovaných emisních hladin hluku v místě obsluhy nelze považovat za dostatečnou informaci k rozhodnutí, zda jsou zapotřebí další opatření (např. OOPP). Faktory, které ovlivňují skutečnou hladinu expozice pracovníků zahrnují vlastnosti pracovní místnosti, další zdroje hluku atd., to znamená více strojů, jiné sousední procesy a dobu, po kterou je obsluha hluku vystavena.“			
		Závažnost a možné škody na zdraví:	S1 – lehké poškození		Velikost rizika 3
		Četnost a doba trvání ohrožení:	A2 – často až trvale		
		Možnost vyvarování se nebezpečí:	E2 – možné za určitých okolností		
		Prs. výskytu nebezpečné události:	W1 - malá		
Validace:		Opatření jsou dostatečná:			Dne:3.5.2019

Tab. 51) Odhad rizika pro nebezpečí č.7.1-1

VUT v Brně, FSI UVSSR		FORMULÁŘ PRO ODHAD RIZIKA Zpracoval: Bc. Miroslav Kokavec		Strojní zařízení: Lící stroj Datum: 3.5.2019	
Číslo nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100	Identif. číslo	Označení nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100: 7. Nebezpečí materiálu/látek			
7.1	1	Vdechování škodlivých plynů, výparů, kouře a prachu			
Životní etapa stroje: provoz			Nebezpečný prostor: pracovní prostor výměny forem, nejbližší okolí		
Ohrožené osoby: obsluha stroje, seřizovač			Provozní stav stroje: pracovní režim		
Popis nebezpečné situace/události		Nebezpečí styku se škodlivými plyny.			
Počáteční riziko	Závažnost a možné škody na zdraví:		S1 – lehké poškození		Velikost rizika 6
	Četnost a doba trvání ohrožení:		A2 – často až trvale		
	Možnost vyvarování se nebezpečí:		E3 – sotva možné		
	Prs. výskytu nebezpečné události:		W3 - velká		
Krok 1		Opatření zabudovaná v konstrukci			
Popis opatření		Nelze aplikovat			
Krok 2		Bezpečnostní ochrana a doplňková opatření			
Popis opatření		Předpis používání osobních ochranných prostředků – ochranné polomasky, respirátory, místní odsávání s filtrací.			
Snížené riziko po opatření	Závažnost a možné škody na zdraví:		S1 – lehké poškození		Velikost rizika 2
	Četnost a doba trvání ohrožení:		A1 – zřídka až častěji		
	Možnost vyvarování se nebezpečí:		E2 – možné za určitých okolností		
	Prs. výskytu nebezpečné události:		W3 - velká		
Krok 3		Informace pro používání			
Popis opatření		Upozornění v návodu k použití: “K ochraně obličeje a očí používejte ochranný obličejový štít a respirátory!”			
Zbytkové riziko	Závažnost a možné škody na zdraví:		S1 – lehké poškození		Velikost rizika 1
	Četnost a doba trvání ohrožení:		A1 – zřídka až častěji		
	Možnost vyvarování se nebezpečí:		E2 – možné za určitých okolností		
	Prs. výskytu nebezpečné události:		W2 - střední		
Validace:		Opatření jsou dostatečná:			Dne:3.5.2019

Tab. 52) Odhad rizika pro nebezpečí č.7.2-1

VUT v Brně, FSI UVSSR		FORMULÁŘ PRO ODHAD RIZIKA Zpracoval: Bc. Miroslav Kokavec		Strojní zařízení: Licí stroj	
				Datum: 3.5.2019	
Číslo nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100	Identif. číslo	Označení nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100: 7. Nebezpečí materiálu/láték			
7.2	1	Oheň nebo výbuch			
Životní etapa stroje: provoz			Nebezpečný prostor: pracovní prostor výměny forem, nejbližší okolí		
Ohrožené osoby: obsluha stroje, seřizovač			Provozní stav stroje: pracovní režim		
Popis nebezpečné situace/události		Nebezpečí požáru při provozu strojního zařízení..			
Počáteční riziko	Závažnost a možné škody na zdraví:		S3 – smrt		Velikost rizika 18
	Četnost a doba trvání ohrožení:		A2 – často až trvale		
	Možnost vyvarování se nebezpečí:		E3 – sotva možné		
	Prs. výskytu nebezpečné události:		W3 - velká		
Krok 1	Opatření zabudovaná v konstrukci				
Popis opatření	Nelze aplikovat				
Krok 2	Bezpečnostní ochrana a doplňková opatření				
Popis opatření	Nelze aplikovat				
Krok 3	Informace pro používání				
Popis opatření	Upozornění v návodu k použití: “V okolí stroje neponechávejte hořlavé materiály.” “Při práci s čisticími prostředky je potřeba používat ochranné prostředky dle doporučení jejich výrobce.” „Zajistěte přístup a umístění hasicích zařízení.“				
Zbytkové riziko	Závažnost a možné škody na zdraví:		S2 – těžké zranění		Velikost rizika 6
	Četnost a doba trvání ohrožení:		A1 – zřídka až častěji		
	Možnost vyvarování se nebezpečí:		E2 – možné za určitých okolností		
	Prs. výskytu nebezpečné události:		W1 - malá		
Validace:	Opatření jsou dostatečná:				Dne:3.5.2019

Tab. 53) Odhad rizika pro nebezpečí č.8.1-1

VUT v Brně, FSI UVSSR		FORMULÁŘ PRO ODHAD RIZIKA Zpracoval: Bc. Miroslav Kokavec		Strojní zařízení: Lící stroj Datum: 3.5.2019	
Číslo nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100	Identif. číslo	Označení nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100: 8. Ergonomická nebezpečí			
8.1	1	Nevhodná poloha nebo nadměrná námaha			
Životní etapa stroje: provoz			Nebezpečný prostor: pracovní prostor výměny forem		
Ohrožené osoby: obsluha stroje, seřizovač			Provozní stav stroje: všechny režimy		
Popis nebezpečné situace/události	Nebezpečí způsobená nevhodnými polohami a nadměrnou námahou u ovládacích zařízení.				
Počáteční riziko	Závažnost a možné škody na zdraví:		S2 – těžké zranění		Velikost rizika 11
	Četnost a doba trvání ohrožení:		A2 – často až trvale		
	Možnost vyvarování se nebezpečí:		E3 – sotva možné		
	Prs. výskytu nebezpečné události:		W2 - střední		
Krok 1	Opatření zabudovaná v konstrukci				
Popis opatření	Všechny ovládací prvky na ovládacím panelu strojního zařízení odpovídají ČSN EN 8941+A1:2009, ČSN EN 894-2+A1:2009, ČSN EN 894-3+A1:2009; ČSN EN 894-4:2011 a ČSN EN 60204-1 ed.2:2007 včetně změny A1:2009 a opravy 1:2011.				
Snížené riziko po opatření	Závažnost a možné škody na zdraví:		S1 – lehké poškození		Velikost rizika 0
	Četnost a doba trvání ohrožení:		A1 – zřídka až častěji		
	Možnost vyvarování se nebezpečí:		E2 – možné za určitých okolností		
	Prs. výskytu nebezpečné události:		W1 - malá		
Krok 2	Bezpečnostní ochrana a doplňková opatření				
Popis opatření	Nelze aplikovat				
Krok 3	Informace pro používání				
Popis opatření	Nelze aplikovat				
Zbytkové riziko	Závažnost a možné škody na zdraví:				Velikost rizika 0
	Četnost a doba trvání ohrožení:				
	Možnost vyvarování se nebezpečí:				
	Prs. výskytu nebezpečné události:				
Validace:	Opatření jsou dostatečná:				Dne:3.5.2019

Tab. 54) Odhad rizika pro nebezpečí č.8.1-2

VUT v Brně, FSI UVSSR		FORMULÁŘ PRO ODHAD RIZIKA Zpracoval: Bc. Miroslav Kokavec		Strojní zařízení: Licí stroj Datum: 3.5.2019	
Číslo nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100	Identif. číslo	Označení nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100: 8. Ergonomická nebezpečí			
8.1	2	Nevhodná poloha nebo nadměrná námaha			
Životní etapa stroje: provoz			Nebezpečný prostor: pracovní prostor výměny forem, pracovní prostor stroje		
Ohrožené osoby: obsluha stroje, seřizovač			Provozní stav stroje: všechny režimy		
Popis nebezpečné situace/události		Nebezpečí způsobená nevhodnými polohami a nadměrnou námahou při manipulaci se vstupním materiálem nebo odlitky.			
Počáteční riziko		Závažnost a možné škody na zdraví:	S2 – těžké zranění	Velikost rizika 8	
		Četnost a doba trvání ohrožení:	A1 – zřídka až častěji		
		Možnost vyvarování se nebezpečí:	E3 – sotva možné		
		Prs. výskytu nebezpečné události:	W2 - střední		
Krok 1		Opatření zabudovaná v konstrukci			
Popis opatření		Strojní zařízení je vybaveno příslušenstvím, které umožňuje použití standardních manipulačních prostředků při manipulaci s materiálem a odlitky.			
Snížené riziko po opatření		Závažnost a možné škody na zdraví:	S2 – těžké zranění	Velikost rizika 7	
		Četnost a doba trvání ohrožení:	A1 – zřídka až častěji		
		Možnost vyvarování se nebezpečí:	E2 – možné za určitých okolností		
		Prs. výskytu nebezpečné události:	W2 - střední		
Krok 2		Bezpečnostní ochrana a doplňková opatření			
Popis opatření		Nelze aplikovat			
Krok 3		Informace pro používání			
Popis opatření		Upozornění v návodu k použití: “Při manipulaci s materiálem i odlitky a nástroji si počínejte tak, aby nedošlo k úrazu (stlačení nebo rozdrcení, popřípadě naražení, těla nebo jeho částí) způsobenému vlastní hmotností!” “Pokud jsou používány manipulační prostředky, musí být vhodné pro dané činnosti a použití, jejich technické parametry musí odpovídat hmotnosti materiálu nebo odlitku a obsluha musí být prokazatelně vyškolená a vycvičená pro práci s daným typem manipulačního prostředku! Manipulační prostředky pro manipulaci s materiálem nebo odlitkem, musí být používány, udržovány a kontrolovány v souladu s požadavky a ustanoveními všech příslušných předpisů!”			
		Závažnost a možné škody na zdraví:	S1 – lehké poškození	Velikost rizika 1	
		Četnost a doba trvání ohrožení:	A1 – zřídka až častěji		
		Možnost vyvarování se nebezpečí:	E2 – možné za určitých okolností		
		Prs. výskytu nebezpečné události:	W2 - střední		
Validace:		Opatření jsou dostatečná:		Dne:3.5.2019	

Tab. 55) Odhad rizika pro nebezpečí č.8.2-1

VUT v Brně, FSI UVSSR		FORMULÁŘ PRO ODHAD RIZIKA Zpracoval: Bc. Miroslav Kokavec		Strojní zařízení: Lící stroj Datum: 3.5.2019	
Číslo nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100		Identif. číslo	Označení nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100: 8. Ergonomická nebezpečí		
8.2		1	Nevhodná poloha nebo nadměrná námaha		
Životní etapa stroje: provoz			Nebezpečný prostor: pracovní prostor výměny forem		
Ohrožené osoby: obsluha stroje			Provozní stav stroje: pracovní režim		
Popis nebezpečné situace/události		Nebezpečí způsobené nepřiměřenými nároky na anatomii lidské paže při výměně odlitků a forem.			
Počáteční riziko		Závažnost a možné škody na zdraví:		S2 – těžké zranění	Velikost rizika 8
		Četnost a doba trvání ohrožení:		A1 – zřídka až častěji	
		Možnost vyvarování se nebezpečí:		E3 – sotva možné	
		Prs. výskytu nebezpečné události:		W2 - střední	
Krok 1		Opatření zabudovaná v konstrukci			
Popis opatření		Všechny ovládací prvky odpovídají ČSN EN 894-1+A1:2009, ČSN EN 894-2+A1:2009, ČSN EN 894-3+A1:2009 a ČSN EN 60204-1 ed.2:2007. Ovládací zařízení nouzového zastavení je umístěno na ovládacím panelu. Stroj je konstruován v souladu s ergonomickými principy.			
Snížené riziko po opatření		Závažnost a možné škody na zdraví:		S2 – těžké zranění	Velikost rizika 7
		Četnost a doba trvání ohrožení:		A1 – zřídka až častěji	
		Možnost vyvarování se nebezpečí:		E2 – možné za určitých okolností	
		Prs. výskytu nebezpečné události:		W2 - střední	
Krok 2		Bezpečnostní ochrana a doplňková opatření			
Popis opatření		Nelze aplikovat			
Krok 3		Informace pro používání			
Popis opatření		Upozornění v návodu k použití: “Pro manipulaci s těžkými odlitky a formami používejte vhodné zdvhací zařízení.” “Při manipulaci s těžkými odlitky a formami si počínejte opatrně.” “Používejte vhodné ochranné pomůcky.”			
Zbytkové riziko		Závažnost a možné škody na zdraví:		S1 – lehké poškození	Velikost rizika 1
		Četnost a doba trvání ohrožení:		A1 – zřídka až častěji	
		Možnost vyvarování se nebezpečí:		E2 – možné za určitých okolností	
		Prs. výskytu nebezpečné události:		W2 - střední	
Validace:		Opatření jsou dostatečná:			Dne:3.5.2019

Tab. 56) Odhad rizika pro nebezpečí č.8.3-1

VUT v Brně, FSI UVSSR	FORMULÁŘ PRO ODHAD RIZIKA Zpracoval: Bc. Miroslav Kokavec		Strojní zařízení: Licí stroj Datum: 3.5.2019
Číslo nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100	Identif. číslo	Označení nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100: 8. Ergonomická nebezpečí	
8.3	1	Lidské chyby a chování	
Životní etapa stroje: provoz		Nebezpečný prostor: všechny	
Ohrožené osoby: obsluha stroje, seřizovač		Provozní stav stroje: všechny režimy	
Popis nebezpečné situace/události	Nebezpečí způsobená chybným jednáním člověka při nevhodně nebo neúplně zpracovaných informacích pro používání strojního zařízení.		
Počáteční riziko	Závažnost a možné škody na zdraví:	S3 – smrt	Velikost rizika 18
	Četnost a doba trvání ohrožení:	A2 – často až trvale	
	Možnost vyvarování se nebezpečí:	E3 – sotva možné	
	Prs. výskytu nebezpečné události:	W3 - velká	
Krok 1	Opatření zabudovaná v konstrukci		
Popis opatření	Nelze aplikovat		
Krok 2	Bezpečnostní ochrana a doplňková opatření		
Popis opatření	Nelze aplikovat		
Krok 3	Informace pro používání		
Popis opatření	Se strojem bude dodán návod k strojnímu zařízení, který je v souladu s požadavky 6.5 v ČSN EN ISO 12100:2011. Bude obsahovat: a) informace týkající se přepravy, manipulace a uskladnění strojního zařízení (podmínky uskladnění, rozměry, hmotnost, polohu těžiště/těžišť, označení pro manipulaci) b) informace týkající se instalace a uvedení strojního zařízení do provozu (požadavky na upevnění/ukotvení, tlumení vibrací, podmínky montáže a sestavení, prostor potřebný pro používání a údržbu, přípustné podmínky prostředí, instrukce pro připojení stroje ke zdroji energie, pokyny o odstraňování/likvidaci odpadu) c) informace týkající se vlastního strojního zařízení (detailní popis stroje, jeho příslušenství, úplný rozsah použití - včetně zakázaného používání, diagramy - schématické znázornění bezpečnostních funkcí, údaje o hluku, vibracích, záření, plynech, výparech..) d) informace týkající se používání stroje (předpokládané používání, popis ručního ovládání - ovládačů, seřizování, nastavování, režimy stroje, prostředky zastavování,..) e) informace pro údržbu (povaha a četnost prohlídek pro bezpečnostní funkce, instrukce týkající se činnosti při údržbě, nákresy a diagramy vhodné pro vyhledávání závad,..) f) informace týkající se vyřazení z provozu, demontáže a likvidace g) informace pro nouzové situace (typ protipožárního zařízení, varování před možnou emisí nebo únikem škodlivé látky,..) h) instrukce pro údržbu pro odborně způsobilé osoby a pro ostatní osoby		
Zbytkové riziko	Závažnost a možné škody na zdraví:	S1 – lehké poškození	Velikost rizika 1
	Četnost a doba trvání ohrožení:	A1 – zřídka až častěji	
	Možnost vyvarování se nebezpečí:	E2 – možné za určitých okolností	
	Prs. výskytu nebezpečné události:	W2 - střední	
Validace:	Opatření jsou dostatečná:		Dne:3.5.2019

Tab. 57) Odhad rizika pro nebezpečí č.8.3-2

VUT v Brně, FSI UVSSR		FORMULÁŘ PRO ODHAD RIZIKA Zpracoval: Bc. Miroslav Kokavec		Strojní zařízení: Lící stroj Datum: 3.5.2019	
Číslo nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100	Identif. číslo	Označení nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100: 8. Ergonomická nebezpečí			
8.3	2	Lidské chyby a chování			
Životní etapa stroje: provoz			Nebezpečný prostor: všechny		
Ohrožené osoby: obsluha stroje, seřizovač			Provozní stav stroje: všechny režimy		
Popis nebezpečné situace/události	Nebezpečí způsobená chybným jednáním člověka při volbě režimu stroje.				
Počáteční riziko	Závažnost a možné škody na zdraví:		S2 – těžké zranění		Velikost rizika 12
	Četnost a doba trvání ohrožení:		A2 – často až trvale		
	Možnost vyvarování se nebezpečí:		E3 – sotva možné		
	Prs. výskytu nebezpečné události:		W3 - velká		
Krok 1	Opatření zabudovaná v konstrukci				
Popis opatření	Uzamykatelný přístup k programovatelným funkcím stroje pomocí hesla nebo spínače ovládaného klíčkem. Vybavení stroje uzamykatelným přepínačem volby režimu. Správná volba režimu činnosti stroje je zajištěna řídicím systémem splňující požadavky na úroveň vlastností PL dle ČSN EN ISO 13849-1:2008 a je umožněna pouze při bezpečném stavu stroje.				
Snížené riziko po opatření	Závažnost a možné škody na zdraví:		S1 – lehké poškození		Velikost rizika 3
	Četnost a doba trvání ohrožení:		A2 – často až trvale		
	Možnost vyvarování se nebezpečí:		E2 – možné za určitých okolností		
	Prs. výskytu nebezpečné události:		W1 - malá		
Krok 2	Bezpečnostní ochrana a doplňková opatření				
Popis opatření	Nelze aplikovat				
Krok 3	Informace pro používání				
Popis opatření	Bezpečnostní sdělení na stroji: “Na tomto stroji může pracovat jen obsluha, která prokazatelně prostudovala návod k obsluze a rozumí jeho obsahu!” “Před vlastním spuštěním stroje musí být všechny kryty, zámky a zabezpečovací zařízení na svém místě a funkční!”				
Zbytkové riziko	Závažnost a možné škody na zdraví:		S1 – lehké poškození		Velikost rizika 1
	Četnost a doba trvání ohrožení:		A1 – zřídka až častěji		
	Možnost vyvarování se nebezpečí:		E2 – možné za určitých okolností		
	Prs. výskytu nebezpečné události:		W2 - střední		
Validace:	Opatření jsou dostatečná:				Dne:3.5.2019

Tab. 58) Odhad rizika pro nebezpečí č.8.4-1

VUT v Brně, FSI UVSSR		FORMULÁŘ PRO ODHAD RIZIKA Zpracoval: Bc. Miroslav Kokavec		Strojní zařízení: Licí stroj Datum: 3.5.2019	
Číslo nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100		Identif. číslo	Označení nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100: 8. Ergonomická nebezpečí		
8.4		1	Nesprávné umístění ručních ovladačů		
Životní etapa stroje: provoz			Nebezpečný prostor: všechny		
Ohrožené osoby: obsluha stroje, seřizovač			Provozní stav stroje: všechny režimy		
Popis nebezpečné situace/události		Nebezpečí způsobená nevhodným umístěním ovládacích zařízení.			
Počáteční riziko		Závažnost a možné škody na zdraví:	S2 – těžké zranění		Velikost rizika 12
		Četnost a doba trvání ohrožení:	A2 – často až trvale		
		Možnost vyvarování se nebezpečí:	E3 – sotva možné		
		Prs. výskytu nebezpečné události:	W3 - velká		
Krok 1		Opatření zabudovaná v konstrukci			
Popis opatření		Všechny ovládací prvky na ovládacím panelu strojního zařízení odpovídají ČSN EN 8941+A1:2009, ČSN EN 894-2+A1:2009, ČSN EN 894-3+A1:2009; ČSN EN 894-4:2011 a ČSN EN 60204-1 ed.2:2007 včetně změny A1:2009 a opravy 1:2011.			
Snížené riziko po opatření		Závažnost a možné škody na zdraví:	S1 – lehké poškození		Velikost rizika 0
		Četnost a doba trvání ohrožení:	A1 – zřídka až častěji		
		Možnost vyvarování se nebezpečí:	E2 – možné za určitých okolností		
		Prs. výskytu nebezpečné události:	W1 - malá		
Krok 2		Bezpečnostní ochrana a doplňková opatření			
Popis opatření		Nelze aplikovat			
Krok 3		Informace pro používání			
Popis opatření		Nelze aplikovat			
Zbytkové riziko		Závažnost a možné škody na zdraví:			Velikost rizika 0
		Četnost a doba trvání ohrožení:			
		Možnost vyvarování se nebezpečí:			
		Prs. výskytu nebezpečné události:			
Validace:		Opatření jsou dostatečná:			Dne:3.5.2019

Tab. 59) Odhad rizika pro nebezpečí č.9.1-1

VUT v Brně, FSI UVSSR		FORMULÁŘ PRO ODHAD RIZIKA Zpracoval: Bc. Miroslav Kokavec		Strojní zařízení: Lící stroj Datum: 3.5.2019	
Číslo nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100	Identif. číslo	Označení nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100: 9. Nebezpečí spojená s prostředím ve kterém je stroj používán			
9.1	1	Vnější vlivy			
Životní etapa stroje: provoz			Nebezpečný prostor: všechny, nejbližší okolí		
Ohrožené osoby: obsluha stroje, seřizovač			Provozní stav stroje: všechny režimy		
Popis nebezpečné situace/události	Nebezpečí způsobené vnějšími vlivy (teplota, vlhkost) na elektrickém zařízení (neočekávaným spuštěním nebo rozběhem).				
Počáteční riziko	Závažnost a možné škody na zdraví:		S3 – smrt		Velikost rizika 18
	Četnost a doba trvání ohrožení:		A2 – často až trvale		
	Možnost vyvarování se nebezpečí:		E3 – sotva možné		
	Prs. výskytu nebezpečné události:		W3 - velká		
Krok 1	Opatření zabudovaná v konstrukci				
Popis opatření	Konstrukce řídicího systému odpovídá požadavkům normy ČSN EN 60204-1 ed.2:2007. Strojní zařízení je navrženo tak, aby vnější vlivy neměli vliv na jeho činnost.				
Snížené riziko po opatření	Závažnost a možné škody na zdraví:		S1 – lehké poškození		Velikost rizika 1
	Četnost a doba trvání ohrožení:		A1 – zřídka až častěji		
	Možnost vyvarování se nebezpečí:		E2 – možné za určitých okolností		
	Prs. výskytu nebezpečné události:		W1 - malá		
Krok 2	Bezpečnostní ochrana a doplňková opatření				
Popis opatření	Nelze aplikovat				
Krok 3	Informace pro používání				
Popis opatření	Upozornění v návodu k použití: “Stroj je určen do mírného klimatického prostředí pro mechanické dílny kovoprůmyslu, umístěné v uzavřených objektech s přirozeným větráním, s běžnou průmyslovou atmosférou, s nízkou prašností a bez přítomnosti agresivních par nebo plynů a prachových částic, zejména elektricky vodivého prachu. Teplota okolního prostředí musí být v rozsahu 10-35°C. Maximální relativní vlhkost vzduchu může být 80%, maximální absolutní vlhkost vzduchu 15 g/m3.” “Tento stroj se pohybuje poloautomaticky. Nepřibližujte se a nedotýkejte se pohyblivých částí!”				
Zbytkové riziko	Závažnost a možné škody na zdraví:		S1 – lehké poškození		Velikost rizika 0
	Četnost a doba trvání ohrožení:		A1 – zřídka až častěji		
	Možnost vyvarování se nebezpečí:		E2 – možné za určitých okolností		
	Prs. výskytu nebezpečné události:		W2 - střední		
Validace:	Opatření jsou dostatečná:				Dne:3.5.2019

Tab. 60) Odhad rizika pro nebezpečí č.9.1-2

VUT v Brně, FSI UVSSR		FORMULÁŘ PRO ODHAD RIZIKA Zpracoval: Bc. Miroslav Kokavec		Strojní zařízení: Licí stroj Datum: 3.5.2019	
Číslo nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100	Identif. číslo	Označení nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100: 9. Nebezpečí spojená s prostředím, ve kterém je stroj používán			
9.1	2	Vnější vlivy			
Životní etapa stroje: provoz			Nebezpečný prostor: všechny, nejbližší okolí		
Ohrožené osoby: obsluha stroje, seřizovač			Provozní stav stroje: všechny režimy		
Popis nebezpečné situace/události		Nebezpečí způsobené vnějšími vlivy (zásah jiné osoby) při seřizování, údržbě (neočekávaným spuštěním nebo rozběhem).			
Počáteční riziko	Závažnost a možné škody na zdraví:		S3 – smrt		Velikost rizika 18
	Četnost a doba trvání ohrožení:		A2 – často až trvale		
	Možnost vyvarování se nebezpečí:		E3 – sotva možné		
	Prs. výskytu nebezpečné události:		W3 - velká		
Krok 1	Opatření zabudovaná v konstrukci				
Popis opatření		Vybavení stroje uzamykatelným přepínačem volby režimu. Vybavení stroje uzamykatelným hlavním vypínačem (bezpečné vypnutí stroje).			
Snížené riziko po opatření	Závažnost a možné škody na zdraví:		S1 – lehké poškození		Velikost rizika 4
	Četnost a doba trvání ohrožení:		A2 – často až trvale		
	Možnost vyvarování se nebezpečí:		E2 – sotva možné		
	Prs. výskytu nebezpečné události:		W2 - střední		
Krok 2	Bezpečnostní ochrana a doplňková opatření				
Popis opatření		Funkce spouštění a opětovného spouštění stroje odpovídá kategorii 1 dle ČSN EN 954-1:1996.			
Snížené riziko po opatření	Závažnost a možné škody na zdraví:		S1 – lehké poškození		Velikost rizika 3
	Četnost a doba trvání ohrožení:		A2 – často až trvale		
	Možnost vyvarování se nebezpečí:		E2 – možné za určitých okolností		
	Prs. výskytu nebezpečné události:		W1 - malá		
Krok 3	Informace pro používání				
Popis opatření	Bezpečnostní sdělení na stroji: “Tento stroj se pohybuje poloautomaticky. Nepřibližujte se a nedotýkejte se pohyblivých částí!” Upozornění v návodu k použití: “Stroj musí být obsluhován vždy pouze jedním pracovníkem. Obsluha si musí být jistá, že na stroji nepracuje žádná neautorizovaná osoba.” “Obsluha je povinna ihned nahlásit změněné stavy na stroji, které ovlivňují bezpečnost.” “Čištění, údržba a opravy strojního zařízení se musí provádět při vypnutém a zajištěném hlavním vypínači strojního zařízení!” “Veškerý personál udržujte v bezpečné vzdálenosti od stroje během údržby, aby se předešlo nebezpečí při spuštění stroje.”				
	Závažnost a možné škody na zdraví:		S1 – lehké poškození		Velikost rizika 0
	Četnost a doba trvání ohrožení:		A1 – zřídka až častěji		
	Možnost vyvarování se nebezpečí:		E2 – možné za určitých okolností		
	Prs. výskytu nebezpečné události:		W1 - malá		
	Validace:	Opatření jsou dostatečná:			

7.6.5 Soupis opatření zabudovaných v konstrukci stroje

Přehled přijatých opatření zabudovaných v konstrukci stroje je shrnut v (tab. 61) “Soupisu opatření zabudovaných v konstrukci stroje”.

Tab. 61) Soupisu opatření zabudovaných v konstrukci stroje

Opatření zabudované v konstrukci stroje
Strojní zařízení je vybaveno příslušenstvím, které umožňuje jeho připojení ke standardním manipulačním prostředkům.
Každá část, demontovatelná uživatelem pro účely seřízení nebo údržby, obsahuje opatření pro zabránění chybného připojení (kolíky, nesymetrické provedení, kódované konektory).
Pevné ochranné kryty strojního zařízení splňují odolnost dle ČSN EN 953+A1:2009. Místo obsluhy dvouručního spouštění a obslužný panel jsou umístěny od nejbližšího nebezpečného místa v bezpečné vzdálenosti.
Tlakové hadice jsou dostatečně předimenzované.
Samostatně manipulovatelné části stroje jsou konstrukčně uzpůsobeny pro montáž příslušenství, které umožňuje jeho připojení ke standardním manipulačním prostředkům. Prvky určené pro manipulaci s jednotlivými částmi strojního zařízení jsou zabudované do jeho konstrukce a podložené konstrukčním výpočtem.
Do konstrukce samostatně manipulovatelných částí strojního zařízení jsou zahrnuty místa pro uchycení standardního manipulačního zařízení, jejich rozmístění a počet odpovídá poloze těžiště manipulované části.
Přístroje s krytím IP 20.
Příprava pro ochranu pospojováním dle normy ČSN EN 60204-1 ed.2:2007.
Motor dimenzovat tak, aby nebyl v trvale přetěžovaném režimu.
Začleněna technická opatření pro snížení hluku zdrojů dle ČSN EN ISO 11688-1.
Všechny ovládací prvky na ovládacím panelu strojního zařízení odpovídají ČSN EN 8941+A1:2009, ČSN EN 894-2+A1:2009, ČSN EN 894-3+A1:2009; ČSN EN 894-4:2011 a ČSN EN 60204-1 ed.2:2007 včetně změny A1:2009 a opravy 1:2011.
Strojní zařízení je vybaveno příslušenstvím, které umožňuje použití standardních manipulačních prostředků při manipulaci s materiálem a odlitky.
Všechny ovládací prvky odpovídají ČSN EN 894-1+A1:2009, ČSN EN 894-2+A1:2009, ČSN EN 894-3+A1:2009 a ČSN EN 60204-1 ed.2:2007. Ovládací zařízení nouzového zastavení je umístěno na ovládacím panelu. Stroj je konstruován v souladu s ergonomickými principy.
Uzamykatelný přístup k programovatelným funkcím stroje pomocí hesla nebo spínače ovládaného klíčkem. Vybavení stroje uzamykatelným přepínačem volby režimu. Správná volba režimu činnosti stroje je zajištěna řídicím systémem splňující požadavky na úroveň vlastností PL dle ČSN EN ISO 13849-1:2008 a je umožněna pouze při bezpečném stavu stroje.
Konstrukce řídicího systému odpovídá požadavkům normy ČSN EN 60204-1 ed.2:2007. Strojní zařízení je navrženo tak, aby vnější vlivy neměli vliv na jeho činnost.
Vybavení stroje uzamykatelným přepínačem volby režimu. Vybavení stroje uzamykatelným hlavním vypínačem (zajištěno bezpečné vypnutí stroje).

7.6.6 Soupis použité bezpečnostní ochrany a doplňkových ochranných opatření

Přehled použité bezpečnostní ochrany a doplňkových ochranných opatření je shrnut v (tab. 62) “Soupisu použité bezpečnostní ochrany a doplňkových ochranných opatření”.

Tab. 62) Soupisu použité bezpečnostní ochrany a doplňkových ochranných opatření

Typ bezpečnostní ochrany nebo doplňkového bezpečnostních opatření
Místo obsluhy dvouručního spouštění a obslužný panel jsou umístěny od nejbližšího nebezpečného místa v bezpečné vzdálenosti. Každé místo obsluhy je vybaveno zařízením pro nouzové zastavení stroje.
Předpis používání osobních ochranných prostředků
Pevný přišroubovaný kryt.
Výpadek energie aktivuje funkci nouzového zastavení (stroj se uvede do bezpečného stavu). Obnovení dodávky energie nemá za následek opětovné spuštění stroje.
Předepsání pravidelných kontrol a výměny.
Strojní zařízení je vybaveno příslušenstvím, které umožňuje jeho připojení ke standardním manipulačním prostředkům.
Pevný přišroubovaný kryt prostoru rámu stroje.
Ochrana pospojováním dle ČSN EN 60204-1. Elektrické kabely jsou uloženy v chrániče zabráňující jejich poškození.
Předpis používání osobních ochranných prostředků – ochranné rukavice
Předpis používání osobních ochranných prostředků – ochranné polomasky, respirátory, místní odsávání s filtrací.
Funkce spouštění a opětovného spouštění stroje odpovídá kategorii 1 dle ČSN EN 954-1:1996.

7.6.7 Soupis bezpečnostních sdělení na strojním zařízení

Přehled bezpečnostních sdělení je shrnut v (tab. 63) “Soupisu bezpečnostních sdělení na strojním zařízení”.

Tab. 63) Soupisu bezpečnostních sdělení na strojním zařízení

Bezpečnostní sdělení na stroji
Strojní zařízení je opatřeno bezpečnostním sdělením (štítkem), na kterém je uvedena hmotnost strojního zařízení.
Výstražný piktogram upozorňující na elektrické nebezpečí.
Výstražný piktogram upozorňující na tepelné nebezpečí. Umístěn viditelně na nebezpečné části.
Na tomto stroji může pracovat jen obsluha, která prokazatelně prostudovala návod k obsluze a rozumí jeho obsahu!
Před vlastním spuštěním stroje musí být všechny kryty, zámky a zabezpečovací zařízení na svém místě a funkční!
Tento stroj se pohybuje poloautomaticky. Nepřibližujte se a nedotýkejte se pohyblivých částí!

7.6.8 Soupis upozornění v návodu k použití

Přehled upozornění uvedených v návodu k použití je shrnut v (tab. 64) “Soupisu upozornění v návodu k použití”.

Tab. 64) Soupis upozornění v návodu k použití

Formulace upozornění
“Při manipulaci se strojním zařízením nebo jeho částmi, si počínejte tak, aby nedošlo k úrazu (stlačení, rozdrčení, naražení) těla nebo jeho částí, způsobenému vlastní hmotností strojního zařízení nebo jeho částí!”
“Pokud jsou používány manipulační prostředky, musí být vhodné pro dané činnosti a použití, jejich technické parametry musí odpovídat hmotnosti strojního zařízení nebo jeho částí. Obsluha musí být prokazatelně vyškolená pro práci s daným typem manipulačního prostředku!”
“Manipulační prostředky pro manipulaci se strojním zařízením nebo s jeho částmi musí být používány, udržovány a kontrolovány v souladu s požadavky všech příslušných předpisů!”
“Při transportu strojního zařízení nebo jeho částí se nezdržujte v prostoru pod manipulovaným objektem ani v jeho bezprostředním okolí. Udržujte bezpečnou vzdálenost zabraňující úrazu v případě pádu manipulovaného objektu.”
“Strojní zařízení nesmí být spuštěno ani provozováno, pokud veškerá bezpečnostní a ochranná zařízení nejsou na místě a funkční!”
„Obsluha strojního zařízení musí zajistit, aby na strojním zařízení nepracovaly osoby, které k tomu nebyly zmocněny!“
“V průběhu montáže nevstupujte pod visící nezajištěné předměty. “
“Při manipulaci s odlitky používejte ochranné pracovní rukavice na ochranu prstů a rukou před poraněním ostrými hranami a na ochranu před popálením od předmětů s vysokou povrchovou teplotou!”
“Čištění, údržba a opravy strojního zařízení se musí provádět při vypnutém a zajištěném hlavním vypínači strojního zařízení!”
“Na ochranu hlavy před poraněním používejte ochrannou pracovní přilbu!”
“Na ochranu nohou před poraněním padajícími předměty používejte pracovní obuv s vyztuženou špičkou!”
“Tento stroj se pohybuje poloautomaticky. Nepřibližujte se a nedotýkejte se pohyblivých částí!”
„Strojní zařízení je možno zvedat a přemísťovat pouze v souladu s postupem uvedeným v návodu k používání strojního zařízení.”
“Při opravách elektrického zařízení stroje musí být vypnut hlavní vypínač stroje a uzamčen ve vypnuté poloze.“
“Opravy a údržbu elektrického zařízení stroje smí provádět pouze osoba s odpovídající elektrotechnickou kvalifikací tj. minimálně pracovník znalý dle ČSN EN 50110-1 ed.2:2005 a to za předpokladu dodržování všeobecně platných bezpečnostních opatření.“
“Při manipulaci v nejbližším okolí strojního zařízení si počínejte tak, aby nedošlo k popálení prstů nebo částí rukou o horké části motoru.“
“Při manipulaci v nejbližším okolí strojního zařízení si počínejte tak, aby nedošlo k popálení prstů nebo částí rukou o horké části strojního zařízení, vstupní materiál nebo odlitek.“
“Splnění požadovaných emisních hladin hluku v místě obsluhy nelze považovat za

dostatečnou informaci k rozhodnutí, zda jsou zapotřebí další opatření (např. OOPP). Faktory, které ovlivňují skutečnou hladinu expozice pracovníků zahrnují vlastnosti pracovní místnosti, další zdroje hluku atd., to znamená více strojů, jiné sousední procesy a dobu, po kterou je obsluha hluku vystavena.“
“K ochraně obličeje a očí používejte ochranný obličejový štít a respirátory!“
“V okolí stroje neponechávejte hořlavé materiály.“
“Při práci s čisticími prostředky je potřeba používat ochranné prostředky dle doporučení jejich výrobce.“
„Zajistěte přístup a umístění hasicích zařízení.“
“Při manipulaci s materiálem i odlitky a nástroji, si počínejte tak, aby nedošlo k úrazu (stlačení nebo rozdrcení, popřípadě naražení, těla nebo jeho částí) způsobenému vlastní hmotností!“
“Pokud jsou používány manipulační prostředky, musí být vhodné pro dané činnosti a použití, jejich technické parametry musí odpovídat hmotnosti materiálu nebo odlitku a obsluha musí být prokazatelně vyškolená a vycvičena pro práci s daným typem manipulačního prostředku! Manipulační prostředky pro manipulaci s materiálem nebo odlitkem, musí být používány, udržovány a kontrolovány v souladu s požadavky a ustanoveními všech příslušných předpisů!“
“Pro manipulaci s těžkými odlitky a formami používejte vhodné zdvihací zařízení.”
Při manipulaci s těžkými odlitky a formami si počínejte opatrně.”
“Používejte vhodné ochranné pomůcky.”
“Na tomto stroji může pracovat jen obsluha, která prokazatelně prostudovala návod k obsluze a rozumí jeho obsahu!”
“Před vlastním spuštěním stroje musí být všechny kryty, zámky a zabezpečovací zařízení na svém místě a funkční!“
“Stroj je určen do mírného klimatického prostředí pro mechanické dílny kovoprůmyslu, umístěné v uzavřených objektech s přirozeným větráním, s běžnou průmyslovou atmosférou, s nízkou prašností a bez přítomnosti agresivních par nebo plynů a prachových částic, zejména elektricky vodivého prachu. Teplota okolního prostředí musí být v rozsahu 10-35°C. Maximální relativní vlhkost vzduchu může být 80%, maximální absolutní vlhkost vzduchu 15 g/m ³ .”
“Tento stroj se pohybuje poloautomaticky. Nepřibližujte se a nedotýkejte se pohyblivých částí!”
“Stroj musí být obsluhován vždy pouze jedním pracovníkem. Obsluha si musí být jistá, že na stroji nepracuje žádná neautorizovaná osoba.“
“Obsluha je povinna ihned nahlásit změněné stavy na stroji, které ovlivňují bezpečnost.“
Čištění, údržba a opravy strojního zařízení se musí provádět při vypnutém a zajištěném hlavním vypínači strojního zařízení!“
“Držte veškerý personál ve vzdálenosti od stroje během údržby či mazání, aby se předešlo nebezpečí při spuštění stroje.”
“Uvádění stroje do provozu, seřizování stroje a vyhledávání závad musí být prováděno výhradně při navoleném seřizovacím režimu stroje!“

7.6.9 Soupis dalších přijatých opatření

Přehled dalších přijatých opatření je shrnut v (tab. 65) “ Soupis dalších přijatých opatření ”.

Tab. 65) Soupis dalších přijatých opatření

Soupis dalších přijatých opatření
Pro každou část, demontovatelnou uživatelem pro účely seřízení nebo údržby, je v návodu k zabudování uveden správný postup montáže/demontáže. Elektrické konektory a svorkovnice jsou označeny v souladu s elektrickým schématem.
Se strojem bude dodán návod k zabudování strojního zařízení, který je v souladu s požadavky 6.5 v ČSN EN ISO 12100:2011.

7.6.10 Soupis a informace o zbytkových rizicích

Zbytková rizika jsou taková nebezpečí, u nichž je konstrukční snížení rizika a bezpečnostní ochrana neúčinná nebo málo účinná. Proto je velice důležité varovat uživatele před těmito zbytkovými riziky. Instrukce a varování musí předepisovat postupy a provozní režimy, určené k překonání příslušných zbytkových nebezpečí.

Přehled zbytkových rizik je shrnut v (tab. 66) “ Zbytková rizika strojního zařízení”

Tab. 66) Zbytková rizika strojního zařízení

Nebezpečí	Zbytkové riziko
1.1-1 Nebezpečí stlačení při manipulaci se strojním zařízením nebo jeho částmi.	6
1.1-3 Nebezpečí stlačení od dílů stroje v průběhu montáže.	1
1.5-1 Nebezpečí naražení při manipulaci se strojním zařízením nebo jeho částmi.	6
1.8-3 Nebezpečí vymrštění tlakových hadic pneumatického systému.	3
1.9-1 Pád manipulované části strojního zařízení v důsledku neznalosti nebo uvedení chybné hmotnosti.	6
2.1-1 Elektrické nebezpečí vyvolané přímým dotykem osob s elektrickou částí v průběhu údržby.	1
2.2-1 Elektrické nebezpečí vyvolané dotykem osob částí, které se staly živými v důsledku závady při provozu, seřizování a údržbě.	1
3.1-2 Nebezpečí popálení při kontaktu osob s rozehřátým nástrojem, vstupním materiálem nebo odlitkem, strojním zařízením.	3
4-1 Nebezpečí způsobená hlukem – ztráta sluchu, ztráta rovnováhy, ztráta vědomí.	3
7.1-1 Nebezpečí styku se škodlivými plyny	1
7.2-1 Nebezpečí požáru nebo výbuchu při provozu strojního zařízení.	6
8.1-2 Nebezpečí způsobená nevhodnými polohami a nadměrnou námahou při manipulaci se vstupním materiálem nebo odlitky.	1
8.2-1 Nebezpečí způsobené nepřiměřenými nároky na anatomii lidské paže při výměně forem.	1
8.3-1 Nebezpečí způsobená chybným jednáním člověka při nevhodně nebo neúplně zpracovaných informacích pro používání strojního zařízení.	1
8.3-2 Nebezpečí způsobená chybným jednáním člověka při volbě režimu stroje.	1

Na stroji bylo identifikováno a ohodnoceno celkem 32 významných nebezpečí. Pro tato nebezpečí byla odhadnuta míra rizika a navržena ochranná opatření v následujícím prioritním pořadí:

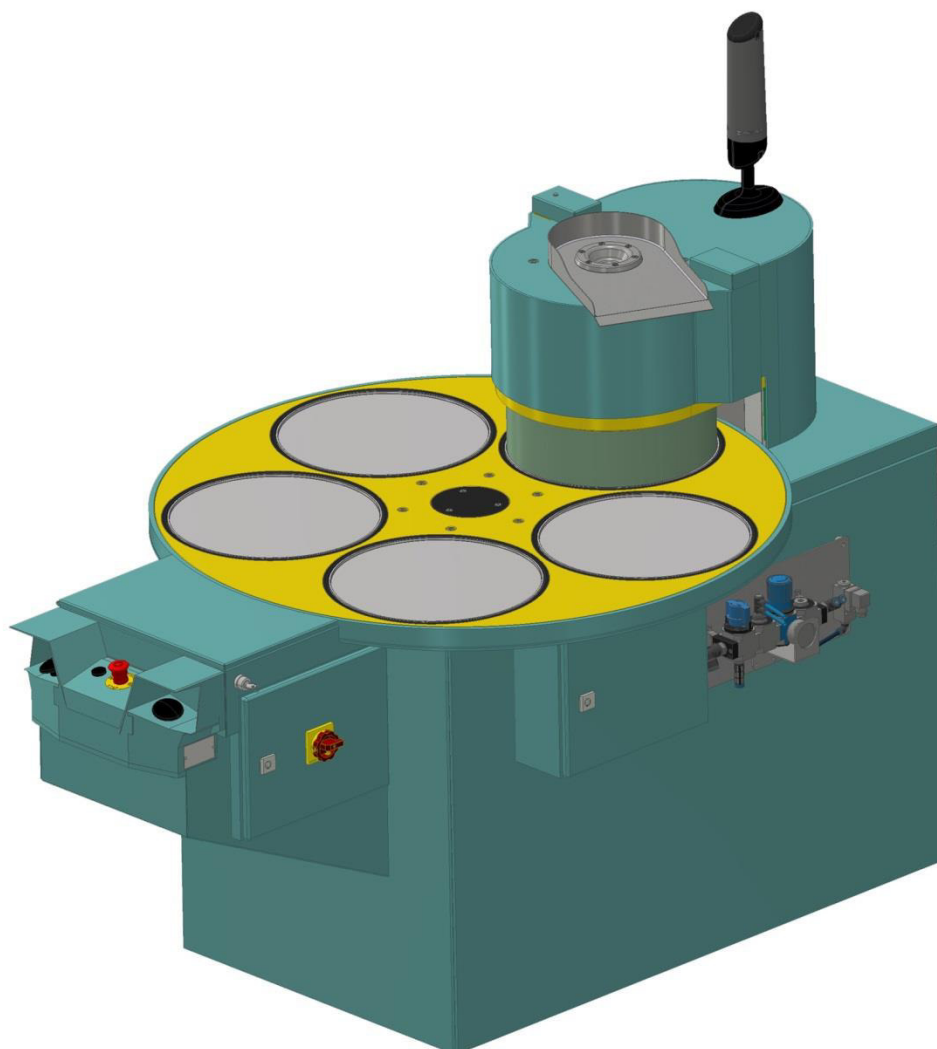
- konstrukční opatření;
- bezpečnostní opatření (tj. bezpečnostní ochrana a doplňková ochranná opatření);
- informace pro používání (sdělení na stroji a upozornění v návodu k používání).

Vzhledem k tomu, že posuzování rizika je vždy subjektivní a jeho výsledek závisí jak na teoretických znalostech, tak i zkušenostech z praxe hodnotitele, bylo by vhodné dosažené výsledky konzultovat. Po realizaci navržených ochranných opatření bylo dosaženo u všech závažných nebezpečí hodnoty zbytkového rizika menší nebo rovno 6. Po přijetí a realizování navržených preventivních opatření můžeme prohlásit, že u analyzovaného strojního zařízení nevznikají žádná závažná zbytková rizika. Vyskytující se významná rizika byla pomocí navržených ochranných opatření odstraněna nebo alespoň minimalizována tak, aby odpovídala relevantním normám. Analyzované strojní zařízení je vzhledem k požadavkům plynoucím ze Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2006/42/ES, zákona č. 22/1997 Sb., ve znění pozdějších předpisů, nařízení vlády č. 176/2008 Sb. a uvedených harmonizovaných norem může být považováno v takovém případě za bezpečné.

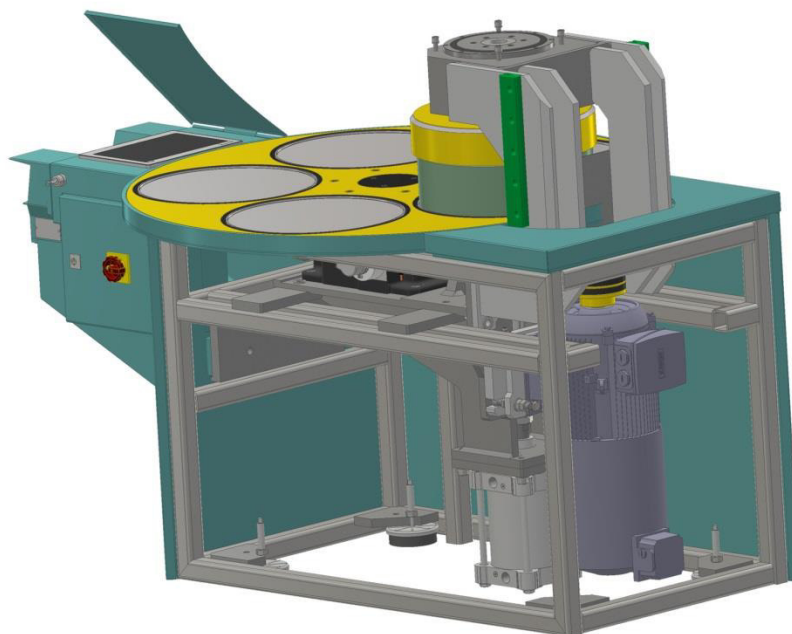
8 VIZUALIZACE A VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE NAVRŽENÉHO ZAŘÍZENÍ

8.1 3D model a vizualizace

Tvorba 3D modelu (obr. 38) a (obr. 39) byla provedena v programu Autodesk Inventor Professional 2016. Několik dílů použitých v konstrukci stroje bylo získáno od výrobců nebo prodejců, kteří je nabízejí volně ke stažení. Další dílce byly získány z knihoven programu, a to především spojovací materiál a normálie. Ostatní dílce byly vytvořeny s ohledem na předešlé analýzy, volby a výpočty, tak aby plnily svoji funkci. Dílce byly navrhovány tak, aby byly vyrobitelné, a to pokud možno v nejkratším čase, s nejmenšími náklady za pomoci běžných výrobních operací a postupů.



Obr. 42) Navržený stroj



Obr. 43) Navržený stroj bez krytování

8.2 Výkresová dokumentace

Tvorba výkresové dokumentace je jeden ze závěrečných konstrukčních kroků při realizaci strojního zařízení. Po provedených předešlých analýzách, volbách, návrzích a výpočtech, jakož i po analýze rizik a posouzení bezpečnosti dosavadního návrhu, se začne zpracovávat výkresová dokumentace. V případě, že je strojní zařízení v samotném návrhu zpracováváno digitálně jako 3D model je ve všech předchozích krocích návrhu snadná jeho případná úprava a modifikace. V okamžiku dopracování návrhu do konečné podoby je následná tvorba výkresové dokumentace snadno a rychle proveditelnou konstrukční prací. Jako hlavní výkresový dokument je celková sestava zařízení se základními rozměry. Tato obsahuje pozice základních skupin stroje, a to z důvodu přehlednosti, návaznosti a intuitivnosti montáže a představy z jakých skupin se strojní zařízení skládá. K této sestavě je dodán i kusovník s výpisem jednotlivých pozic základních skupin stroje. Následně je vypracována, pro objasnění hierarchie včleňování skupin a podsestav do celkové sestavy, sestava naklápěcí hlavy i s kusovníkem. Z další vypracované dokumentace se jedná o výkres nosného rámu jako představitele hlavního svařovaného a obráběného prvku. Jako představitele rotačních obráběných součástí byly vybrány: vložený hřídel a řemenice. Výkresová dokumentace je provedena dle platných norem a dle zvyku konstruktéra. Kusovníky nejsou součástí výkresů, ale jsou samostatnými dokumenty, a to z důvodu zpracovávání různými odděleními při výrobě. Provedení kusovníku je dle zvyku konstruktéra. V každé výrobní firmě jsou zavedeni na jiné uspořádání a provedení těchto konstrukčních podkladů.

9 ZÁVĚR

Cílem práce bylo provést důkladnou analýzu problematiky v oblasti odstředivého lití. Problematiku oblasti odstředivého lití podrobit systémovému rozboru, navrhnout účel a provedení strojního zařízení, vymezit jeho určení. Po této analýze navrhnout několik variant řešení s jejich technicko-ekonomickým zhodnocením a vytvořit konstrukční návrh vybrané varianty formou 3D modelu, který by měl být doplněn o výpočtovou zprávu a výkresovou dokumentaci. U navržené varianty strojního zařízení analyzovat nebezpečí a posoudit bezpečnost.

V této práci byla nejdříve provedena analýza odstředivého lití od jejího vývoje, přes samotný proces výroby a použité metody. Bylo pojednáno o variantách materiálu forem pro odstředivé lití, odlévaných materiálech, vadách odlitků. Je doloženo srovnání s dalšími technologiemi odlévání. Toto bylo zpracováno tak, aby bylo možné vyhodnotit konkrétní provedení návrhu z široké škály možností a provedení strojů pro odstředivé lití. Z této prvotní analýzy bylo provedeno užší specifikování parametrů a provedení stroje pro odstředivé lití. Pro důkladnou analýzu problematiky byla následně provedena rešerše několika strojů vybraných výrobců a u těchto strojů uvedeny jejich základní parametry, popis provedení, vlastnosti. V práci pak následovalo technicko-ekonomické posouzení variant stroje. Toto bylo dáno posouzením hlavních konstrukčních prvků stroje pomocí multikriteriální analýzy. Výsledkem posouzení byl projekční návrh, který zohlednil nejlepší varianty z technicko-ekonomického hlediska. Následoval další a nejdůležitější krok práce, a to samotný konstrukční návrh podpořený výpočtovou částí práce. Zde byl určen potřebný výkon stroje a z něj vyplývající požadavky na uložení pohyblivých dílců i prvků pro přenos otáček a krouticího momentu. Paralelně s tímto návrhem probíhal návrh nosné konstrukce a dalších částí stroje, kde byla snaha použít co největší množství cenově a skladově snadno dostupných dílů. U vyráběných součástí bylo postupováno s ohledem na možnosti výroby, dostupnost výrobních technologií a náročnost výroby. Pro nosnou konstrukci a další skupiny stroje byly vybrány polotovary v podobě ocelových silnostěnných plechů a uzavřených silnostěnných profilů tak, aby se dosáhlo malého množství druhů polotovarů, a to s ohledem na co nejmenší potřebu následného opracování. Po dokončeném návrhu strojního zařízení následovala analýza rizik a posouzení bezpečnosti navrhované varianty. Na základě předešlých kroků byl vytvořen 3D model, který doplňuje výkresová dokumentace vybraných dílců a kusovník.

10 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] BEELEY, Peter R. *Investment Casting*. London: The Institute of Materials, 1995, 486 s. ISBN 09-017-1666-9.
- [2] HŘEBÍČEK, Lukáš. *Ověřování původních technologií pro výrobu uměleckých odlitků*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008, 65s., 2 příloh. doc. Ing. Milan Horáček, CSc.
- [3] JANOŠTÁK, Jan. *Technologie výroby uměleckých odlitků*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2012, 33s., Ing. Vít Mikulka
- [4] TÜRKELI, Altan. *Centrifugal casting* [online]. Istanbul: Marmara Üniversitesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü: 2011 [cit. 2019-15-04]. Dostupné z: http://mimoza.marmara.edu.tr/~altan.turkeli/files/cpt-9-centrifugal_casting.pdf
- [5] CAMMEN, Leon. *Transactions of the American Society of Mechanical Engineers: CENTRIFUGAL CASTING*, 1922. [online]. New York City: The Society. ISBN 0097-6822. ISSN 0097-6822. 2019 [cit. 2019-15-04] Dostupné také z: <http://cybra.p.lodz.pl/Content/5929/CentrifugalCasting.pdf>
- [6] JANCO, Nathan. *Centrifugal casting*. Des Plaines: American Foundrymen's Society, 1992, 96 s. ISBN 08-743-3110-2.
- [7] VIRGL, Vítězslav. *Výroba odlitků ze slitin železných a neželezných kovů odstředivým litím*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2015. 36s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Petr Cupák, Ph.D.
- [8] KRATOCHVÍL, Ctirad, SLAVÍK, Jaromír. *Mechanika těles – dynamika*. Brno: CERM, 2007, 227s. ISBN 978-80-214-3446-2.
- [9] HALLIDAY, David, RESNICK, Robert, WALKER, Jearl. *Fyzika: vysokoškolská učebnice obecné fyziky*. Brno: VUTIUM, 2000, ISBN 80-214-1868-0.
- [10] ŠOB, František. *Hydromechanika*. Brno: CERM, 2008, 238s. ISBN 978-80-214-3578-0.
- [11] MINÁŘ, Martin. *Technologie výroby odlitků odstředivým litím*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2014. 31 s. Vedoucí práce Ing. Petr Cupák, Ph.D.
- [12] WEI, Sufei, *ASM Handbook: Casting. Centrifugal casting* [online]. 2008, roč. 2008, č. 15, s. 667-673 [cit. 2019-15-04].. Dostupné z: <http://cctm-usa.com/news/Centrifugal%20Casting%20by%20Sufei%20Wei.pdf>
- [13] SLEVARNAZINKU.CZ, *TekCast spin-casting technology*, [online]. 2019 [cit. 2019-15-04]. Dostupné z: <https://www.slevarnazinku.cz/en/tekcast-spin-casting-technology/>
- [14] SLOVÁK, Stanislav, RUSÍN, Karel. *Teorie slévání*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1990, 231s., ISBN 80-03-00400-4.
- [15] STEELTUBE.CO, *Centrifugal casting machine* [online]. 2014 [cit. 2019-15-04]. Dostupné z: <http://steeltube.co/centrifugal-casting-machine-2/>
- [16] SEYBERTCASTING.COM, *Spincasting* [online]. 2013 [cit. 2019-15-04]. Dostupné z: http://www.seybertcastings.com/spincasting_page.htm
- [17] SWEB.CZ, *Lití slévarenských slitin* [online]. 2014 [cit. 2019-15-04]. Dostupné z: volny.a2.sweb.cz/u%C4%8Divo/Druhy%20lit%C3%AD%20str.%2042-47.doc

- [18] MILLERCENTRIFUGAL.COM, *Bimetal* [online]. 2019 [cit. 2019-15-04]. Dostupné z: <http://www.millercentrifugal.com/bimetal.php>
- [19] SLIDESHARE.NET, *C10-centrifugal casting* [online]. 2017 [cit. 2019-15-04]. Dostupné z: <https://www.slideshare.net/cpandiv/c-10-centrifugal-casting>
- [20] VELLANO.COM, *Corporation* [online]. 2014 [cit. 2019-15-04]. Dostupné z: <http://www.vellano.com/Corporation/news.php?id=15>
- [21] THE LIBRARY OF MANUFACTURING CASTING.COM, *Centriguge casting* [online]. 2019 [cit. 2019-15-04]. Dostupné z: <http://thelibraryofmanufacturing.com>
- [22] BARTOŠ, F. *Technologie zhotovení odlitku "na hotovo"*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2010. 30 s. Vedoucí bakalářské práce prof. Ing. Milan Horáček, CSc.
- [23] NICEM.IT, *Silicone rubbers* [online]. 2019 [cit. 2019-15-04]. Dostupné z: <http://www.nicem.it/nicem-gomme-siliconiche/>
- [24] ATOS BESANA.IT, *centrifugal-casting-equipments* [online]. 2019 [cit. 2019-15-04]. Dostupné z: <http://atosbesana.it/categoria/centrifugal-casting-equipments/>
- [25] SEALL.CZ, *Produkty/10-62-64/rotacni-pohony*. [online]. 2015 [cit. 2019-15-04]. Dostupné z: <http://www.seall.cz/uploads/files/pneumaticke-rotacni-lamelove-motory-serie-plv-s/parker-pneumatic-plv-s-vane-air-motor-stainless-steel-series-catalogue-pde2554tcuk-pdf.pdf>
- [26] OPI.ZCU.CZ, *Download* [online]. 2015 [cit. 2019-15-04]. Dostupné z: https://www.opi.zcu.cz/download/nezelezne_slitiny_2012.pdf
- [27] TEKCAST.COM, *Casting machines* [online]. 2019 [cit. 2019-15-04]. Dostupné z: https://www.tekcast.com/Casting-Machines_c_1.html
- [28] CONQUESTIND.COM, *Spin-casting* [online]. 2019 [cit. 2019-15-04]. Dostupné z: <http://www.conquestind.com/category/spin-casting>
- [29] KAITEINDUSTRY.CN, *Centrifugal casting machines*, [online]. 2016 [cit. 2019-15-04]. Dostupné z: <http://www.kaiteindustry.cn/Centrifugal%20casting%20machines.html>
- [30] KAŠPAREK, Jaroslav, *Dopravní a manipulační zařízení*. Brno: Ústav dopravní techniky, 126s.
- [31] JANÍČEK, Přemysl, ONDRÁČEK, Emanuel, VRBKA Jan, BURŠA Jiří. *Mechanika Těles - Pružnost a pevnost I*. Brno: CERM, 2004, 287s. ISBN 80-214-2592-X.
- [32] TRIOLOZISKA.CZ, *Kuželikova ložiska*, [online]. 2019 [cit. 2019-15-04]. Dostupné z: <http://www.trioloziska.cz/fotky29559/6000-Kuzelikova-loziska.pdf>
- [33] SKF.COM, *Skf bearing calculator*, [online]. 2019 [cit. 2019-15-04]. Dostupné z: <http://webtools3.skf.com/BearingCalc/selectProduct.action>
- [34] SKF.COM, *Řemeny Skf*, [online]. 2019 [cit. 2019-15-04]. Dostupné z: <https://www.skf.com/binary/151-159705/0901d19680333f62-Remeny-SKF-pro-prenos-vykonu.pdf>
- [35] NICEM.IT, *Spin casting* [online]. 2019 [cit. 2019-15-04]. Dostupné z: <http://www.nicem.it/documentazione/>
- [36] TEKCAST.COM, *Compare Processes* [online]. 2019 [cit. 2019-15-04]. Dostupné z: https://www.tekcast.com/Compare-Processes_c_91.html
- [37] SKF.COM, *Trvanlivost ložiska*, [online]. 2019 [cit. 2019-15-04]. Dostupné z: <https://www.skf.com/cz/products/bearings-units-housings/principles/bearing-selection-process/bearing-size/size-selection-based-on-rating-life/bearing-rating-life/index.html>

- [38] Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2006/42/ES o strojních zařízeních a o změně směrnice 95/16/ES. In: *Úřední věstník Evropské unie*. [online]. 2006 [cit. 2019-05-05] Dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32006L0042&rid=1>
- [39] Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2014/35/EU o harmonizaci právních předpisů členských států týkajících se dodávání elektrických zařízení určených pro používání v určitých mezích napětí na trh. In: *Úřední věstník Evropské unie*. [online]. 2014 [cit. 2019-05-05] Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?qid=1558615278181&uri=CELEX:32014L0035>
- [40] TEKCAST.COM, *Vulcanizers* [online]. 2019 [cit. 2019-15-04]. Dostupné z: https://www.tekcast.com/TEKCAST-3-Post-Digital-Vulcanizer-_c_19.html
- [41] Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2014/30/EU o harmonizaci právních předpisů členských států týkajících se elektromagnetické kompatibility. In: *Úřední věstník Evropské unie*. [online] 2014. [cit. 2019-05-05] Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?qid=1558616053942&uri=CELEX:32014L0030>
- [42] ČSN EN ISO 12100. *Bezpečnost strojních zařízení – Všeobecné zásady pro konstrukci – Posouzení rizika a snižování rizika*. Praha: Český normalizační institut, 2011.
- [43] MM Průmyslové spektrum. Praha: SEND Předplatné s r. o, září 2009, Speciální vydání. ISSN 1212-2572
- [44] ČSN EN ISO 14120. *Bezpečnost strojních zařízení – Ochranné kryty – Všeobecné požadavky pro konstrukci a výrobu pevných a pohyblivých ochranných krytů*. Praha: Český normalizační institut, 2017.
- [45] ČSN EN ISO 14119. *Bezpečnost strojních zařízení – Blokovací zařízení spojená s ochrannými kryty – Zásady pro konstrukci a volbu*. Praha: Český normalizační institut, 2014.
- [46] ČSN EN 349+A1. *Bezpečnost strojních zařízení - Nejmenší mezery k zamezení stlačení částí lidského těla*. Praha: Český normalizační institut, 2008.
- [47] ČSN EN ISO 14123-1. *Bezpečnost strojních zařízení - Snižování ohrožení zdraví nebezpečnými látkami emitovanými strojním zařízením - Část 1: Zásady a specifikace pro výrobce strojních zařízení*. Praha: Český normalizační institut, 2017.
- [48] ČSN EN 894-3+A1. *Bezpečnost strojních zařízení - Ergonomické požadavky pro navrhování sdělovačů a ovládačů - Část 3: Ovládače*. Praha: Český normalizační institut, 2009.
- [49] ČSN EN ISO 19353. *Bezpečnost strojních zařízení - Požární prevence a požární ochrana*. Praha: Český normalizační institut, 2016.
- [50] ČSN EN ISO 1415. *Bezpečnost strojních zařízení - Hygienické požadavky pro konstrukci strojních zařízení*. Praha: Český normalizační institut, 2009.
- [51] ČSN EN ISO 14738. *Bezpečnost strojních zařízení - Antropometrické požadavky na uspořádání pracovního místa u strojního zařízení*. Praha: Český normalizační institut, 2009.

11 SEZNAM ZKRATEK, SYMBOLŮ, OBRÁZKŮ A TABULEK

11.1 Seznam tabulek

TAB. 1) PŘÍKLADY KOMBINACÍ DVOUVRSTVÝCH ODLITKŮ [6].....	36
TAB. 2) POROVNÁNÍ ODSŤŘEDIVĚ LITÝCH ODLITKŮ S GRAVITAČNÍMI [11]	39
TAB. 3) PARAMETRY PRO ANALÝZU DOSTUPNÝCH STROJŮ	43
TAB. 4) PARAMETRY STOJŮ NICEM S.P.A. S JEDNOU PRACOVNÍ POZICÍ [33]	44
TAB. 5) PARAMETRY STOJŮ NICEM S.P.A. S VÍCE PRACOVNÍMI POZICEMI [33].....	45
TAB. 6) PARAMETRY STOJŮ ATOS BESANA S JEDNOU PRACOVNÍ POZICÍ [24]	48
TAB. 7) PARAMETRY STOJŮ ATOS BESANA S VÍCE PRACOVNÍMI POZICEMI [24].....	49
TAB. 8) PARAMETRY STOJŮ TEKCAST INDUSTRIES [27]	51
TAB. 9) PARAMETRY STOJŮ CONQUEST INDUSTRIES [28].....	52
TAB. 10)PARAMETRY STOJŮ SHENZHEN KAITE INDUSTRY [29].....	53
TAB. 11)NÁVRHOVÉ PARAMETRY PRO KONSTRUKCI ODLÉVACÍHO STROJE	58
TAB. 12)MOŽNÉ VARIANTNÍ PŘÍSLUŠENSTVÍ A PERIFERIE.....	58
TAB. 13)MULTIKRITERIÁLNÍ ANALÝZA VARIANT PROVEDENÍ STOLNÍ DESKY	60
TAB. 14)MULTIKRITERIÁLNÍ ANALÝZA VARIANT PROVEDENÍ RÁMU STROJE	62
TAB. 15)MULTIKRITERIÁLNÍ ANALÝZA VARIANT PROVEDENÍ HLAVNÍHO POHONU STROJE.....	64
TAB. 16)MULTIKRITERIÁLNÍ ANALÝZA VARIANT PROVEDENÍ VEDLEJŠÍHO POHONU STROJE	67
TAB. 17)MULTIKRITERIÁLNÍ ANALÝZA VARIANT SVÍRÁNÍ FORMY	69
TAB. 18)PARAMETRY PRO VÝPOČET POHONU.....	71
TAB. 19)PARAMETRY PRO VÝPOČET ŘEMENŮ	78
TAB. 20)PARAMETRY PRO KONTROLU LOŽISEK	80
TAB. 21)ZÁKLADNÍ PARAMETRY STROJE	82
TAB. 22)FORMULÁŘ PRO ODHAD RIZIKA.....	97
TAB. 23)IDENTIFIKACE ZDROJŮ RELEVANTNÍCH NEBEZPEČÍ	103

TAB. 24) ANALÝZA VÝZNAMNÝCH NEBEZPEČÍ BĚHEM PŘEPRAVY, MONTÁŽE A INSTALACE.....	104
TAB. 25) ANALÝZA VÝZNAMNÝCH NEBEZPEČÍ BĚHEM UVÁDĚNÍ DO PROVOZU.....	105
TAB. 26) ANALÝZA VÝZNAMNÝCH NEBEZPEČÍ BĚHEM PROVOZU	105
TAB. 27) ANALÝZA VÝZNAMNÝCH NEBEZPEČÍ BĚHEM VYŘAZENÍ PROVOZU.....	107
TAB. 28) PŘEHLED IDENTIFIKOVANÝCH NEBEZPEČÍ	108
TAB. 29) ODHAD RIZIKA PRO NEBEZPEČÍ Č.1.1-1.....	111
TAB. 30) ODHAD RIZIKA PRO NEBEZPEČÍ Č.1.1-2.....	112
TAB. 31) ODHAD RIZIKA PRO NEBEZPEČÍ Č.1.1-3.....	113
TAB. 32) ODHAD RIZIKA PRO NEBEZPEČÍ Č.1.2-1.....	114
TAB. 33) ODHAD RIZIKA PRO NEBEZPEČÍ Č.1.3-1.....	115
TAB. 34) ODHAD RIZIKA PRO NEBEZPEČÍ Č.1.3-2.....	116
TAB. 35) ODHAD RIZIKA PRO NEBEZPEČÍ Č.1.4-1.....	117
TAB. 36) ODHAD RIZIKA PRO NEBEZPEČÍ Č.1.5-1.....	118
TAB. 37) ODHAD RIZIKA PRO NEBEZPEČÍ Č.1.5-2.....	119
TAB. 38) ODHAD RIZIKA PRO NEBEZPEČÍ Č.1.6-1.....	120
TAB. 39) ODHAD RIZIKA PRO NEBEZPEČÍ Č.1.7-1.....	121
TAB. 40) ODHAD RIZIKA PRO NEBEZPEČÍ Č.1.8-1.....	122
TAB. 41) ODHAD RIZIKA PRO NEBEZPEČÍ Č.1.8-2.....	123
TAB. 42) ODHAD RIZIKA PRO NEBEZPEČÍ Č.1.8-3.....	124
TAB. 43) ODHAD RIZIKA PRO NEBEZPEČÍ Č.1.9-1.....	125
TAB. 44) ODHAD RIZIKA PRO NEBEZPEČÍ Č.1.9-2.....	126
TAB. 45) ODHAD RIZIKA PRO NEBEZPEČÍ Č.1.9-3.....	127
TAB. 46) ODHAD RIZIKA PRO NEBEZPEČÍ Č.2.1-1.....	128
TAB. 47) ODHAD RIZIKA PRO NEBEZPEČÍ Č.2.2-1.....	129
TAB. 48) ODHAD RIZIKA PRO NEBEZPEČÍ Č.3.1-1.....	130
TAB. 49) ODHAD RIZIKA PRO NEBEZPEČÍ Č.3.1-2.....	131
TAB. 50) ODHAD RIZIKA PRO NEBEZPEČÍ Č.4-1.....	132
TAB. 51) ODHAD RIZIKA PRO NEBEZPEČÍ Č.7.1-1.....	133
TAB. 52) ODHAD RIZIKA PRO NEBEZPEČÍ Č.7.2-1.....	134
TAB. 53) ODHAD RIZIKA PRO NEBEZPEČÍ Č.8.1-1.....	135
TAB. 54) ODHAD RIZIKA PRO NEBEZPEČÍ Č.8.1-2.....	136
TAB. 55) ODHAD RIZIKA PRO NEBEZPEČÍ Č.8.2-1.....	137
TAB. 56) ODHAD RIZIKA PRO NEBEZPEČÍ Č.8.3-1.....	138

TAB. 57) ODHAD RIZIKA PRO NEBEZPEČÍ Č.8.3-2	139
TAB. 58) ODHAD RIZIKA PRO NEBEZPEČÍ Č.8.4-1	140
TAB. 59) ODHAD RIZIKA PRO NEBEZPEČÍ Č.9.1-1	141
TAB. 60) ODHAD RIZIKA PRO NEBEZPEČÍ Č.9.1-2	142
TAB. 61) SOUPISU OPATŘENÍ ZABUDOVANÝCH V KONSTRUKCI STROJE.....	143
TAB. 62) SOUPISU POUŽITÉ BEZPEČNOSTNÍ OCHRANY A DOPLŇKOVÝCH OCHRANNÝCH OPATŘENÍ	144
TAB. 63) SOUPISU BEZPEČNOSTNÍCH SDĚLENÍ NA STROJNÍM ZAŘÍZENÍ	144
TAB. 64) SOUPIS UPOZORNĚNÍ V NÁVODU K POUŽITÍ	145
TAB. 65) SOUPIS DALŠÍCH PŘIJATÝCH OPATŘENÍ	147
TAB. 66) ZBYTKOVÁ RIZIKA STROJNÍHO ZAŘÍZENÍ	147

11.2 Seznam obrázků

OBR. 1) ODSŘEDIVÉ ODLÉVÁNÍ TRUBEK VE FIRMĚ UNITED STATES CAST IRON PIPE AND FOUNDRY COMPANY KOLEM ROKU 1921 [17]20	
OBR. 2) SCHÉMA NÁDRŽE S KAPALINOU ROTUJÍCÍ KOLEM SVISLÉ OSY [10].....	22
OBR. 3) HORIZONTÁLNÍ ODSŘEDIVÉ ODLÉVÁNÍ [18].....	25
OBR. 4) VERTIKÁLNÍ ODSŘEDIVÉ ODLÉVÁNÍ [18]	25
OBR. 5) ODSŘEDIVÉ ODLÉVÁNÍ S NAKLONĚNOU OSOU ROTACE [12].	26
OBR. 6) ODSŘEDOVÁNÍ [12]	26
OBR. 7) ODSŘEDOVÁNÍ DO SILIKONOVÉ GUMOVÉ FORMY [13].....	27
OBR. 8) POLO ODSŘEDIVÉ LITÍ [4]	27
OBR. 9) OCELOVÁ FORMA [15]	28
OBR. 10) SILIKONOVÁ GUMOVÁ FORMA [16]	30
OBR. 11) DRUHY SILIKONOVÝCH SMĚSÍ VÝROBCE NICEM [23]	31
OBR. 12) VULKANIZAČNÍ ZAŘÍZENÍ TEKCAST INDUSTRIES [34].....	32
OBR. 13) POSTUP VÝROBY FORMY PRO STROJE NICEM [23]	33
OBR. 14) NEREZOVÁ OCEL A) ODSŘEDIVÉ LITÍ, B) GRAVITAČNÍ LITÍ [6].....	34
OBR. 15) MĚKKÁ OCEL A) ODSŘEDIVÉ LITÍ, B) GRAVITAČNÍ LITÍ [6] ..	34
OBR. 16) DVOUVRSTVÝ ODLITEK [18]	36
OBR. 17) NEČISTOTY VYLOUČENÉ NA VNITŘNÍ POVRCH ODLITKU [21]	38
OBR. 18) NEČISTOTY VYLOUČENÉ NA VNITŘNÍ POVRCH ODLITKU [7]..	38
OBR. 19) PARAMETRY ODLITKŮ PODLE METODY LITÍ [22]	40

OBR. 20) CHARAKTERISTIKA SLÉVÁRENSKÝCH METOD [22].....	40
OBR. 21) SROVNÁNÍ METOD ODLÉVÁNÍ OD FIRMY TEKCAST INDUSTRIES [34].....	41
OBR. 22) SROVNÁNÍ METOD ODLÉVÁNÍ OD FIRMY TEKCAST INDUSTRIES [34].....	42
OBR. 23) STROJE FIRMY NICEM S.P.A. [33]	47
OBR. 24) STROJE FIRMY ATOS BESANA. [24]	50
OBR. 25) STROJE FIRMY TEKCAST INDUSTRIES [27]	51
OBR. 26) STROJE FIRMY CONQUEST INDUSTRIES [28].....	53
OBR. 27) STROJE FIRMY SHENZHEN KAITE INDUSTRY CO.,LTD [29]	54
OBR. 28) NÁVRH STOLNÍ DESKY	61
OBR. 29) NÁVRH HLAVNÍHO SVAŘOVANÉHO RÁMU	64
OBR. 30) POROVNÁNÍ POHONŮ VÝROBCEM PARKER [25].....	65
OBR. 31) HLAVNÍ NAVRHOVANÝ POHON	66
OBR. 32) NAVRHOVANÁ ROTAČNÍ POLOHOVACÍ JEDNOTKA	68
OBR. 33) SESTAVA POHÁNĚNÝCH KOMPONENT	72
OBR. 34) REAKCE RADIÁLNÍCH SIL.....	73
OBR. 35) NAVRŽENÁ VARIANTA STROJE.....	81
OBR. 36) PROCES SNIŽOVÁNÍ RIZIKA Z POHLEDU KONSTRUKTÉRA [43]	93
OBR. 37) OPAKOVACÍ POSTUP KE SNIŽOVÁNÍ RIZIKA [43].....	94
OBR. 38) GRAF PRO ODHAD RIZIKA [43]	99
OBR. 39) BLOKOVÝ DIAGRAM STROJE	101
OBR. 40) ZÁKLADNÍ BLOKOVÝ DIAGRAM POSUZOVANÉHO STROJNÍHO ZAŘÍZENÍ.....	101
OBR. 41) NEBEZPEČNÉ PROSTORY STROJNÍHO ZAŘÍZENÍ.....	102
OBR. 42) NAVRŽENÝ STROJ.....	149
OBR. 43) NAVRŽENÝ STROJ BEZ KRYTOVÁNÍ.....	150

11.3 Seznam symbolů

a_c	$[m.s^{-2}]$	Coriolisovo zrychlení
a_d	$[m.s^{-2}]$	dostředivé zrychlení
a_o	$[m.s^{-2}]$	odstředivé zrychlení
d_p	$[m]$	roztečný průměr řemenic
g	$[m.s^{-2}]$	gravitační zrychlení
h_0	$[mm]$	výška vrcholu paraboloidu
m	$[kg]$	hmotnost materiálu

n_m	[min ⁻¹]	otáčky motoru
p	[-]	exponent rovnice pro ložiska s čárovým stykem
r	[mm]	poloměr rotace
v	[m.s ⁻¹]	okamžitá rychlost otáčení formy
B	[mm]	výška nádoby
$C_{1,2,3}$	[N]	základní dynamická únosnost
C_C	[m]	osová vzdálenost řemenic
C_{Cp}	[m]	předběžná osová vzdálenost z 3D návrhu
C_{o1}	[-]	opravný součinitel délky řemenu
C_{o2}	[-]	provozní faktor náročnosti provozu
C_{o3}	[-]	opravný součinitel úhlu opásání
$F_{A1,2,3}$	[N]	celková axiální síla
$F_{AC2,3}$	[N]	celková axiální síla
F_C	[N]	Coriolisova síla
F_d	[N]	dostředivá síla
F_O	[N]	odstředivá síla
F_{pn}	[N]	síla od pneumatického válce při 6 bar
F_{pn4}	[N]	síla od pneumatického válce při 4 bar
F_{ra}	[N]	radiální reakční síla v místě podpory a
F_{rb}	[N]	radiální reakční síla v místě podpory b
$F_{RC1,2,3}$	[N]	celková radiální síla
F_{R3}	[N]	radiální síla
F_{rr}	[N]	síla radiální od řemenového převodu
$F_{Rm1,2}$	[N]	minimální radiální zatížení
F_x	[N]	síly působící ve směru osy x
F_y	[N]	síly působící ve směru osy y
H	[mm]	výška rotačního paraboloidu
H_0	[mm]	výška hladiny nad dnem za klidu
I_{3D}	[kg.m ²]	moment setrvačnosti z 3D návrhové sestavy
I_{mot}	[kg.m ²]	moment setrvačnosti návrhového motoru
I_{red}	[kg.m ²]	redukovaný moment setrvačnosti
L_{10h}	[h]	základní trvanlivost
L_d	[m]	vztažná délka řemenu
M_b	[N.m]	momenty reakcí v podpoře síly F_{rb}
M_k	[N.m]	krouticí moment motoru
M_{kdyn}	[N.m]	krouticí moment pro překonání dynamických odporů

M_{ksta}	[N.m]	krouticí moment pro překonání statický odporů
$M_{S1,2,3,4,5}$	[N.m]	ztrátový moment ložiska
N	[-]	počet řemenů
P	[W]	výkon
P_B	[W]	základní jmenovitý výkon řemene
P_d	[W]	navrhovaný výkon
P_r	[W]	jmenovitý výkon řemene
P_1	[N]	dynamické ekvivalentní zatížení ložiska 32914
P_2	[N]	dynamické ekvivalentní zatížení ložiska 32309B
P_3	[N]	dynamické ekvivalentní zatížení ložiska 32030X
P_4	[N]	dynamické ekvivalentní zatížení ložiska 51410
R	[mm]	poloměr válcové nádrže
$Y_{1,2,3}$	[-]	výpočtový součinitel ložiska
Δt_r	[s]	doba změny úhlové rychlosti hřídele motoru, doba rozběhu
$\Delta \omega_m$	[rad.s ⁻¹]	změna úhlové rychlosti hřídele motoru za čas t_r
ω	[rad.s ⁻¹]	úhlová rychlost formy
ω_m	[rad.s ⁻¹]	úhlová rychlost hřídele motoru

11.4 Seznam zkratk

3D	trojrozměrný
CE	Označení shody
CO.,LTD	Společnost s ručením omezeným
ČSN	Česká státní norma
E	Elektrická energie
F	Síla
EMC	Elektromagnetická kompatibilita
EN	Evropská norma
ES	Evropské společenství
EU	Evropská unie
I	Informační tok
IP	Stupeň krytí
ISO	Mezinárodní organizace pro normalizaci
Mk	Krouticí moment
MV	Mechanická vazba
OOPP	Osobní ochranné pracovní prostředky
P	Polohová vazba
PL	Úroveň vlastností
PLC	Programovatelný logický automat
Prs.	Pravděpodobnost
PS	Pasivní polohová vazba
Pv	tlakový vzduch
S.p.A S	Akciová společnost
T	Teplo

12 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1	E1_370_0192_LICI_STROJ	formát A1
Příloha 2	E1_550_0224_NOSNY_RAM	formát A1
Příloha 3	E2_850_0236_HRIDEL	formát A2
Příloha 4	E3_226_0780_HNANA_REMENICE	formát A3
Příloha 5	E3_796_0348_NAKLAPECI_HLAVA	formát A3
Příloha 6	K370_0192_LICI_STROJ	formát A4
Příloha 7	K3700224_NOSNY_RAM	formát A4
Příloha 8	K7960348_NAKLAPĚCI_HLAVA	formát A4

CD

Elektronická verze diplomové práce		formát .pdf
3D model liciho stroje		format .stp
Příloha 1	E1_370_0192_LICI_STROJ	formát .pdf
Příloha 2	E1_550_0224_NOSNY_RAM	formát .pdf
Příloha 3	E2_850_0236_HRIDEL	formát .pdf
Příloha 4	E3_226_0780_HNANA_REMENICE	formát .pdf
Příloha 5	E3_796_0348_NAKLAPECI_HLAVA	formát .pdf
Příloha 6	K370_0192_LICI_STROJ	formát .pdf
Příloha 7	K3700224_NOSNY_RAM	formát .pdf
Příloha 8	K7960348_NAKLAPĚCI_HLAVA	formát .pdf

PŘÍLOH