

Hodnocení rizik implementace nového technologického zařízení do procesu výroby

Bc. Gabriela Holčapková

Diplomová práce
2024



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta logistiky a krizového řízení

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta logistiky a krizového řízení
Ústav krizového řízení

Akademický rok: 2023/2024

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	Bc. Gabriela Holčápková
Osobní číslo:	L22488
Studijní program:	N1032A020002 Bezpečnost společnosti
Specializace:	Rizikové inženýrství
Forma studia:	Kombinovaná
Téma práce:	Hodnocení rizik implementace nového technologického zařízení do procesu výroby

Zásady pro vypracování

1. Zpracujte literární rešerši vztahující se k problematice diplomové práce.
2. Charakterizujte současný stav vybraného procesu výroby na daném pracovišti.
3. Vyhodnotte rizika implementace nového zařízení do procesu výroby s využitím odpovídajících metod.
4. Zpracujte metodickou příručku pro snížení identifikovaných rizik implementace nového zařízení do procesu výroby.

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

1. KŘIVÁNEK, Mirko. *Dynamické vedení a řízení projektů: Systémovým myšlením k úspěšným projektům*. Praha: Grada Publishing, 2019. ISBN 978-80-271-0408-6.
2. PATERMANN, Jiří. *Lean dílenské řízení: Je čas změnit vaši dílnu. Začneme teď!* Praha: Grada Publishing, 2022. ISBN 978-80-271-3534-9.
3. WEBSTER, Tamsen. *Find Your Red Thread: Make Your Big Ideas Irresistible*. Kanada: Page Two Books, 2021. ISBN 978-80-271-3558-5.

Další odborná literatura dle doporučení vedoucího diplomové práce.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Petr Veselík, Ph.D.**
Ústav krizového řízení

Datum zadání diplomové práce: **1. prosince 2023**
Termín odevzdání diplomové práce: **26. dubna 2024**

L.S.

doc. Ing. Zuzana Tučková, Ph.D.
děkanka

Ing. et Ing. Jiří Konečný, Ph.D.
ředitel ústavu

V Uherském Hradišti dne 4. prosince 2023

PROHLÁŠENÍ AUTORA DIPLOMOVÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

- diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem diplomové práce jakýkoliv softwarový produkt, považuji se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

V Uherském Hradišti, dne: **26.4.2024**

Jméno a příjmení studenta: Bc. Gabriela Holčapková

.....

podpis studenta

ABSTRAKT

Diplomová práce zpracovává problematiku implementace technologického zařízení do procesu výroby. V diplomové práci jsou vyhodnocena rizika instalace nového zařízení s unikátní technologií robotizovaného řízeného tuhnutí odlitků s využitím metody Check list, navazující metody What If a výsledné matice rizik. Na specializovaném pracovišti odlévání odlitků je zpracována analýza možného výskytu a vlivu vad pomocí analytické metody FMEA, s cílem odhalení nedostatků a možného selhání procesu před spuštěním nového zařízení do sériové výroby. Přínosem diplomové práce je souhrnné definování vybraných parametrů hodnotících výsledky pozorování, monitorování a měření. Výstupem diplomové práce je vypracovaná metodická příručka, určená k bezpečnému ovládní zařízení v praxi.

Klíčová slova: metodická příručka, posouzení rizik, proces odlévání, robotizované pracoviště, řízené tuhnutí odlitků

ABSTRACT

The diploma thesis deals with the issue of implementing technological equipment into the production process. The diploma thesis evaluates the risks of installing new equipment with the unique technology of robotic controlled solidification of castings using the Checklist method, the follow-up What If method and the resulting risk matrix. The FMEA analytical method evaluates the analysis of the possible occurrence of defects and the effect of defects at a specialized casting workplace. The diploma thesis aims to reveal shortcomings and possible failures before launching a new device into serial production. The benefit of the diploma thesis is the summary definition of selected parameters evaluating the results of observation, monitoring and measurement. The output of the work is a methodological manual, which is specific for the safe operation of the device in practice.

Keywords: casting process, controlled solidification of castings, methodological manual, risk assessment, robotic workplace

Motto Tomáše Bati: „*Naučte se cítit vděčnost sami k sobě, ke svým hodnotám, k životu, zdraví, rodině a přátelům, práci i ke společnosti.*“

Prohlašuji, že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Děkuji za podporu, pomoc, cenné připomínky a spolupráci při zpracování diplomové práce panu Ing. Petru Veselíkovi, Ph.D. Děkuji své rodině za podporu během studia.

OBSAH

ÚVOD.....	9
CÍL DIPLOMOVÉ PRÁCE A POUŽITÉ METODY.....	11
I TEORETICKÁ ČÁST.....	12
1 TEMATICKÝ RÁMEC MANAGEMENTU RIZIK.....	13
1.1 RIZIKOLOGIE	13
1.2 ŘÍZENÍ RIZIK.....	14
1.3 EKONOMICKÁ RIZIKA	15
1.4 EKOLOGICKÁ RIZIKA	16
1.5 TECHNOLOGICKÁ RIZIKA.....	20
1.6 BEZPEČNOSTNÍ RIZIKA	25
2 MANAGEMENT RIZIK.....	30
2.1 ČSN ISO 31000 MANAGEMENT RIZIK – SMĚRNICE.....	30
2.2 MANAGEMENT RIZIK – ČSN ISO 31010.....	32
2.3 CHECK LIST – METODA KONTROLNÍM SEZNAMEM	33
2.4 WEBOVÁ PLATFORMA OIRA.....	33
2.5 ANALÝZA WHAT IF	34
2.6 MATICE RIZIK.....	35
2.7 METODA FMEA.....	35
3 OD NÁPADU K REALIZACI	36
3.1 PROJEKTOVÉ ŘÍZENÍ	37
3.2 INOVACE	39
3.3 METODY ŠTÍHLÉ VÝROBY	41
4 METALURGICKÉ PROCESY	43
4.1 HLINÍK	43
4.2 ŘÍZENÉ TUHnutí ODLITKŮ	46
5 ZÁVĚREČNÁ KAPITOLA TEORETICKÉ ČÁSTI	50
II PRAKTICKÁ ČÁST.....	51
6 PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI.....	52
7 VYHODNOCENÍ RIZIK V PRAXI.....	57
7.1 VÝVOJOVÝ DIAGRAM	58
7.2 CHECK LIST	62
7.3 ANALÝZA RIZIK METODOU WHAT IF – SWIFT.....	66
7.4 MATICE RIZIK.....	70

7.5	FMEA PROCESU ODLÉVÁNÍ.....	72
7.6	CELKOVÉ VYHODNOCENÍ RIZIK	75
8	PROJEKT IMPLEMENTACE NOVÉHO ZAŘÍZENÍ	77
8.1	PROJEKT IMPLEMENTACE	77
8.2	METODICKÁ PŘÍRUČKA NA POUŽÍVÁNÍ NOVÉHO ZAŘÍZENÍ	78
9	POROVNÁVÁNÍ VÝSLEDKŮ PŘED A PO IMPLEMENTACI.....	89
9.1	POZOROVÁNÍ MIKROSTRUKTURY	89
9.2	VYUŽITÍ SIMULAČNÍHO PROGRAMU MAGMASOFT	91
9.3	VYHODNOCENÍ VAD RENTGENOVOU ZKOUŠKOU	93
9.4	MECHANICKÉ VLASTNOSTI.....	96
9.5	VYHODNOCENÍ NÁKLADŮ	97
	ZÁVĚR	99
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	101
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	106
	SEZNAM OBRÁZKŮ	108
	SEZNAM TABULEK.....	110
	SEZNAM PŘÍLOH.....	111

ÚVOD

Diplomová práce na téma: „*Hodnocení rizik implementace nového technologického zařízení do procesu výroby*“ je zpracována na základě osobní spoluúčasti na implementaci nového zařízení do procesu výroby ve vybrané společnosti. Téma diplomové práce vyplývá z příležitosti kombinace studia Rizikového inženýrství a využití praktických zkušeností povolání technologa slévárny. Propojení teorie a praxe je zúročením pochopení vazeb, které je poskytováno studiem Procesního inženýrství a navazujícího studia Rizikového inženýrství. Teoretické znalosti získané během studia jsou motivem pro zlepšení praktické pracovní činnosti. Odborné praktické znalosti adekvátně doplňují teoretické znalosti v oblasti managementu rizik. Diplomová práce je souhrnným popisem a zmapováním procesu implementace nového zařízení do výroby. Implementace zařízení plynule navazuje na předchozí provedený výzkum ve vybrané společnosti. Výzkumné činnosti, jež jsou základem diplomové práce, se zaměřují na vývoj nového pracoviště s využitím robotizovaného mechanismu ponoru odlitků do chladicí lázně. Výsledkem vývoje a výzkumu je zprovoznění nového robotizovaného pracoviště řízeného tuhnutí hliníkových odlitků. Vyvrcholením úspěšné implementace je zápis nového technologického zařízení Úřadem patentového vlastnictví v Praze jako uznaný Užitený vzor.

Diplomová práce zpracovává jednotlivé kroky projektu implementace nového technologického zařízení do výroby od původního nápadu, až po úspěšnou realizaci a zprovoznění plánovaného technologického zařízení. Přínosem implementace je zefektivnění procesu výroby díky snížení zmetkovitosti, jež výrazně přispívá k celkovému zvýšení efektivity a produktivity. Dílčím cílem je vyhodnocení rizik, která je třeba posoudit již v průběhu přípravy a plánování nového zařízení. Je třeba posoudit, zda zamýšlená implementace je z ekonomického hlediska pro danou firmu vhodná, zda lze využít dostupné dotační projekty. Nelze zapomenout na ekologické dopady, negativní ovlivnění životního prostředí používáním nových chemických prostředků. Je třeba dobře zvážit používání chemických látek z pohledu ekologického a bezpečnostního. Při přípravě nového pracoviště je nutné správně posoudit technické možnosti, prostorové uspořádání, ergometrické prvky, překážky na daném pracovišti. Je nezbytné zaměřit se na technologické aspekty zamýšleného projektu, připravit projektovou dokumentaci pro vhodné napojení rozvodů vody, elektřiny, vzduchotechniky. Především je však důležité připravit nové pracoviště z hlediska bezpečnosti a ochrany zdraví při práci. Zabezpečit nové pracoviště bezpečnostními prvky, zamezit volnému vstupu do prostoru pohybujícího robota, zamezit

styku s horkým kovem a horkou skořepinovou formou, zajistit správnou a účinnou ventilaci pro odsávání zplodin. Zajistit, aby automatické bezpečnostní systémy byly funkční a účinné v každém okamžiku výrobního procesu.

Očekávaným přínosem celé implementace nového technologického zařízení je zkvalitnění a zefektivnění práce v procesu odlévání hliníkových odlitků. Zlepšení kvality výrobků, snížení vnitřních vad odlitků, zvýšení mechanických vlastností, vylepšení vnitřní struktury odlitků, která je monitorována na rentgenovém přístroji a vyhodnocena mikrografickým rozborem na metalografického mikroskopu. Výsledkem implementace je získání nových možností, příležitostí, získání nových zákazníků, se kterými do firmy vstupují nové výrobky a výrobní zakázky s vysokou přidanou hodnotou, jenž společnost mohou pozitivně posunout správným směrem.

CÍL DIPLOMOVÉ PRÁCE A POUŽITÉ METODY

Hlavním cílem diplomové práce je posouzení rizik implementace nového technologického zařízení do procesu výroby a vypracování metodické příručky pro ovládání nového technologického zařízení v praxi. Dílčím cílem diplomové práce je porovnání výsledné vnitřní struktury odlitků, mechanických vlastností a zmetkovitosti před a po implementaci nového zařízení.

Pro dosažení hlavního cíle diplomové práce jsou v analyticko-empirické části práce aplikovány čtyři metody rizikového inženýrství. Pro identifikování rizik, kontrolu správnosti a úplnosti výrobního procesu na pracovišti slévárny je použita technika Check list, metoda kontrolním seznamem. Pomocí webové platformy OiRA je vytvořen Check list pro oblast slévárenství. Význam webové platformy OiRA je podrobněji vysvětlen v teoretické části, v kapitole 2, Management rizik. V analyticko-empirické části, v kapitole 7, jsou aplikovány metody vyhodnocení rizik, kde je zpracována analytická metoda What If, která odhaluje příčiny a následky rizik na pracovišti odlévání, které by mohly mít negativní vliv na provoz nového zařízení, na bezpečnost provozu, možnost ohrožení zdraví a na kvalitu vyráběných odlitků. Tato metoda je využita k návrhu opatření minimalizaci rizik. Pro celkové vyhodnocení a přehledné zobrazení rizik je zpracována matice následků a pravděpodobností, zobrazená pomocí tepelné mapy. Včasnou identifikaci chyb, poruch, vad, které mohou negativně ovlivnit funkce systému a výslednou kvalitu výrobků zobrazuje systematická metoda FMEA. Metoda FMEA je zpracována pro proces odlévání odlitků metodou vytavitelného vosku.

V aplikační části diplomové práce je zpracována metodická příručka pro bezpečné ovládání nového zařízení v praxi. Na základě pozorování a porovnávání výsledků zkoušek je vytvořen přehled zkoumané vnitřní struktury odlitků, výsledků mechanických vlastností před implementací nového zařízení a po jeho implementaci. K tomuto vyhodnocení je využito podnikové dokumentace, sběru dat, rozboru mikrografie, vyhodnocení výsledků tahových zkoušek a simulačního programu Magmasoft.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 TEMATICKÝ RÁMEC MANAGEMENTU RIZIK

Riziko a nejistota jsou významnými atributy lidské aktivity. Výzkum, vývoj nových produktů, zavádění nových technologií do výroby jsou aktivity, jejichž výsledky mohou být nejisté a mohou být odlišné od plánovaných a předpokládaných výsledků. Nové projekty jsou vždy neoddělitelně spojeny s kvalitou přípravy. Míra kvalitní přípravy ovlivňuje průběh realizace zamýšleného projektu. Čím lépe je provedena příprava zamýšlené akce, tím kvalitnější výsledky a průběh realizace je očekáván. Avšak vždy existuje neovlivnitelné riziko a nejistota, které mohou výrazně ovlivnit budoucí výsledky. Při přípravě nových projektů je proto nutné zvažovat možná rizika a integrovat je do hodnocení v přípravné fázi projektu. Je třeba identifikovat rizika, která ovlivňují budoucí výsledky, stanovit dopady těchto rizik a navrhnout možná opatření ke zmenšení rizika pro dosažení nejlepších výsledků. Pro dosažení těchto cílů je využívána analýza rizik (Fotr a Hnilica, 2014).

1.1 Rizikologie

Nauka o riziku se nazývá rizikologie. Rizikologie se zabývá uvědomělým a řízeným konáním směřující k optimalizaci řešené problematiky. Rizikologie proniká do mnoha různých oborů lidské činnosti. Může být rozdělena na dvě základní provázané disciplíny. První disciplínou je rizikové inženýrství, ve kterém převládají technické aspekty, prvky matematického modelování, pravděpodobnostní analýzy. Rizikové inženýrství se zabývá technickými stránkami problémů rizik a jejich hodnocením. Cílem je předkládání podkladů pro rozhodování o riziku, vytvoření analýzy rizik. Druhou disciplínou je management rizik, v němž figurují prvky ekonomické. Cílem je ovládnutí rizika a rozhodování o riziku na základě podkladů analýzy rizik vytvořené rizikovým inženýrstvím (Fotr a Hnilica, 2014).

Základní pojmy spojené s rizikologií dle Neugebauera (2018) jsou:

Riziko – definice rizika je složitá a nejednotná. Existuje mnoho definic a většinou je pojem rizika spojen s určitou problematikou, či oborem. Riziko může být definováno jako nejistota vztahující se k újmě, zdroj nebezpečí, pravděpodobnost vzniku dané újmy, pravděpodobnost ztráty, odchylka od očekávaných ztrát, možnost vzniku ztráty, nejistá událost, situace. Rizikem může být kombinace pravděpodobnosti výskytu úrazu a závažnosti úrazu.

Analýza rizik – je definovaná jako souhrn činností směřující k odhalení rizika. Proces pochopení povahy rizika a stanovení úrovně rizika.

Čisté riziko – riziko, jehož realizace je vždy nepříznivá.

Hodnocení rizik – souhrnný proces posouzení velikosti rizika a jeho přijatelnosti.

Nebezpečí – zdroj potenciálního poškození nebo újmy. Situace, činnost, činitel, zdroj.

Nebezpečný činitel – stroj, zařízení, systém práce, technologie, chemická látka, pracovní činnost, pracovní prostor, pracoviště, objekt, člověk, zvíře.

Posuzování rizika – celkový proces identifikace rizik, analýzy rizik a hodnocení rizik.

Riziková situace – souhrn skutečností, které vyvolávají nebezpečí, možný scénář nebezpečí.

Řízení rizika – přijetí odpovídajících opatření k odstranění rizika a snížení míry na akceptovatelnou úroveň.

Škoda – je definovaná újma vzniklá realizací nebezpečí. Újma, kterou trpí poškozená osoba na majetku, na zdraví, na penězích, na pověsti. Poškození, ztráta.

Újma – souhrnný výraz pro hmotné, fyzické, majetkové, zdravotní, či jiné poškození.

Zbytkové riziko – zbývající riziko i po ošetření rizika, po použití ochranných opatření.

Zdroj rizika – nebezpečná vlastnost nebezpečného činitele. Antropogenní nebo naturogenní činitel, který je původcem nebezpečí.

Zranitelnost – nepříznivá vlastnost aktiva, jeho slabina, či nedostatek, která může být zneužita hrozbou (Neugebauer, 2018).

1.2 Řízení rizik

Problematika řízení rizik je velmi široká. Řízení rizik je odlišné vzhledem k základní oblasti řešené problematiky. Základní oblastí, kde je nutné zpracovávat analýzu rizik, jsou především problematika přírodních katastrof a havárií, rizika ochrany životního prostředí, finanční rizika, projektová rizika, obchodní rizika, technologická rizika, technická rizika, politická rizika, bezpečnostní rizika. Rizikem se všeobecně rozumí nebezpečí vzniku škody, poškození, ztráty, zničení, rovněž riziko nezdaru, neúspěchu při podnikání, neúspěšné zvládnutí zpracovávaného projektu (Smejkal a Rais, 2013).

Riziková analýza je podstatnou součástí přípravy nového projektu. Jedná se o předjímání všech možných rizik, která se na projektu mohou objevit. Jedná se o přípravu, jak rizikům předcházet, jak rizika minimalizovat, jak snižovat jejich dopad, pokud nastanou. Prvotním krokem je připravit seznam možných rizik a ohodnotit je z hlediska pravděpodobnosti vzniku a míry dopadu na úspěch projektu. Prioritně je nutné se zabývat riziky, jejichž

pravděpodobnost vzniku je nejvyšší a míra dopadu má nejvíce negativních vlastností (Křivánek, 2019).

Součástí každé připravované analýzy není pouze analýza výrobní části. Komplexní analýza musí zahrnovat všechny procesy celého výrobního řetězce. Náklady, se kterými je nutné počítat, vznikají již v první fázi, na počátku přípravné fáze a předběžného plánování. Náklady nejsou pouze ve výrobní části, ale náklady vznikají v rámci celého podniku. Významným trendem současného moderního účetnictví a řízení nákladů se stává měření výkonnosti. Výkonnost lze charakterizovat jako způsob chování organizace, která vykonává svoji činnost na základě podobnosti nejlepšího referenčního způsobu. Snahou organizace je dosažení nejlepšího způsobu provedené činnosti. Důležitým faktem je, že čím přesnější a detailnější kalkulační metoda je použita, tím přesnější je připravovaný rozpočet a finální vyjádření finančních nákladů celého projektu (Popesko a Papadaki, 2016).

1.3 Ekonomická rizika

Dnešní doba nabízí silné konkurenční prostředí pro zdravě fungující firmy. Pokud má společnost dokonale zvládnutou obchodní strategii podnikatelské činnosti a silnou stabilní finanční stránku, stává se významným a kvalitním konkurentem pro ostatní společnosti. Cílem každé podnikatelské činnosti je zvyšování jmění majitelů a zachování dlouhodobé platební schopnosti. Z pohledu ekonomického je nezbytné mít ve firmě dobře vedené účetnictví na jehož základě jsou připravovány různé analytické podklady. Pro finanční zdraví firmy je nezbytné sledovat ukazatele finanční analýzy, jež jsou součástí celkového hodnocení fungování firmy. Finanční analýza nejsou jenom výsledná čísla, ale schopnost porozumět těmto výsledkům a tím tak ovlivnit další směřování a chod celé společnosti (Růčková, 2021).

Ekonomická rizika jsou rozčleněna do několika dílčích kategorií. Kategorie investičního rizika, inflace a vývoje měnových kurzů, nesolventnost zákazníka, pojišťovací a zajišťovací riziko, vývoj světové a národní ekonomiky. S ekonomickými riziky souvisejí rizika obchodní, kde je nutné připravit podrobné analýzy z pohledu marketingu, strategické riziko, riziko managementu, rozpočtové riziko (Smejkal a Rais, 2013).

Úspěšná firma se při kontrole svého hospodaření bez rozboru finanční analýzy neobejde. Finanční analýza zahrnuje firemní minulost, současnost a předpovídá budoucnost z pohledu finančních podmínek a příležitostí. Je nezbytné pečlivě připravit podklady pro rozhodování a fungování firmy. Výsledky se stávají základním kritériem ekonomických rozhodnutí, jsou

významným ukazatelem pro strategické řízení firmy. Schopnost vytvářet zisk, zajišťovat přírůstek majetku a zhodnocovat vložený kapitál, se stávají nejdůležitějšími, základními kritérii, neboť vystihují podstatu samotného podnikání. Druhotně je nezbytné zajistit platební schopnost podniku. Platební schopnost podniku se dostává do popředí zájmu především v době ekonomické krize, kdy je třeba udržet podnik na trhu bez ohledu na přechodnou klesající rentabilitu (Popesko a Papadaki, 2016).

Základními nástroji finanční analýzy jsou finanční ukazatele. Přinášejí odpovědi na rozličné otázky související s finančním zdravím firmy. Všechny odpovědi na pokládané otázky se ukrývají v používaných finančních ukazatelích. Mezi základní finanční ukazatele se řadí především ziskovost, kapitálové výnosy, tržní ukazatele, likvidita, zadluženost, provozní analýza. Finanční ukazatele zobrazují hospodářské procesy. Jsou vyjádřeny číselnou charakteristikou ekonomické činnosti podniku, mohou být vyjádřeny v peněžních jednotkách, jednotkách času, v procentech. Každá zpracovávaná analýza vyžaduje čas, kvalifikovanou práci, rozsah, hloubku, aby spolehlivě odpovídala ohodnocení rizik spojených s rozhodováním. Čím spolehlivější jsou vstupní informace, tím spolehlivější výsledky plynou z analýzy (Růčková, 2021).

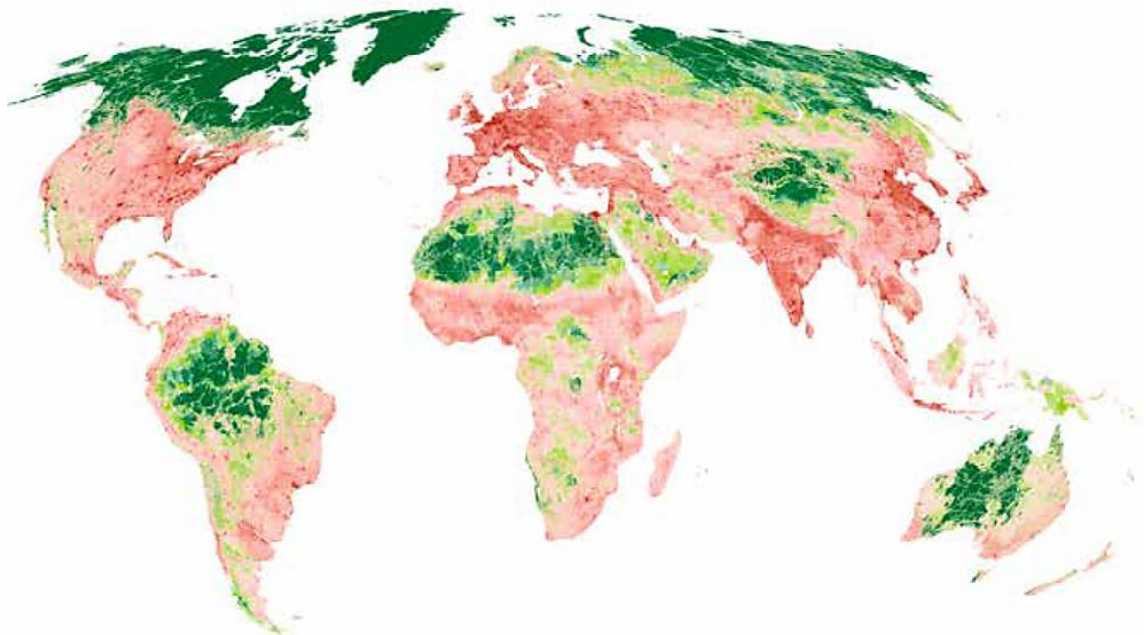
Nezbytnou součástí rozhodovacích procesů je analýza vnějších a vnitřních podmínek. Prognóza podmínek, hodnocení rizik či nejistot spojených s budoucími aktivitami. Budoucími aktivitami se rozumí především proces plánování, jenž bezprostředně navazuje na zpracované analýzy, bez nichž by nebylo možné zpracovávat podnikatelský plán. Bylo by téměř nerealizovatelné formulovat cíle a způsoby, jak splnit dílčí úkoly a naplnit strategické cíle společnosti (Růčková, 2021).

1.4 Ekologická rizika

Ekologická rizika jsou neoddelitelnou součástí managementu rizik. Stejně jako v ostatních oblastech řízení rizik, je i v oblasti ekologických rizik nutné řízení zaměřující se na analýzu, snížení rizika pomocí různých metod a technik prevence rizik, jež ovlivňují faktory zvyšující riziko. Faktory, jež jsou řešeny v ekologických analýzách a studiích, jsou témata týkající se změn klimatu, zvyšování průměrných teplot, zmenšování sněhové pokrývky, zvyšující se teplota oceánů, hladina moří, znečištění vody, půdy a ovzduší, úniky nebezpečných látek, působení ozónové díry, zvyšování množství skleníkových plynů, snižování biodiverzity, vše ve spojení s dopady na lidské zdraví (Komplexní studie dopadů, 2015).

Studiem a analýzou vztahů mezi organismy a jejich prostředím se zabývá ekologie. Ekologie je pevně spojena s evoluční biologií, se zdravím, ekonomikou, urbanismem měst, zemědělstvím, lesnictvím. Je nedílnou součástí geologie, geografie, fyziky, chemie, medicíny, či práva. Je funkční soustavou živých a neživých složek životního prostředí, jež jsou navzájem spojeny výměnou látek, tokem energie, předáváním informací, které se vzájemně ovlivňují a vyvíjejí v určitém prostoru a čase. Na základě studií, které jsou celosvětově zpracovávány pro hodnocení stavu životního prostředí jsou predikovány stavy a situace, jak se bude vyvíjet život na naší planetě, jak bude ovlivněna ekonomika, zdraví, zemědělství, lesnictví, biodiverzita, ekosystémové služby, cestovní ruch, jaká bude efektivita nákladů na adaptační opatření. (Komplexní studie dopadů, 2015).

Na obrázku 1 je zobrazena mapa světa, která barevně rozlišuje jednotlivé oblasti zeměkoule. Zeleně zobrazené plochy představují oblasti s divokou, nedotčenou přírodou. Červeně zvýrazněné plochy jsou místa, jež jsou lidským zásahem značně ovlivněna, až po tmavě červené plochy, které zobrazují člověkem zdevastované plochy (Almond at al, © 2020).



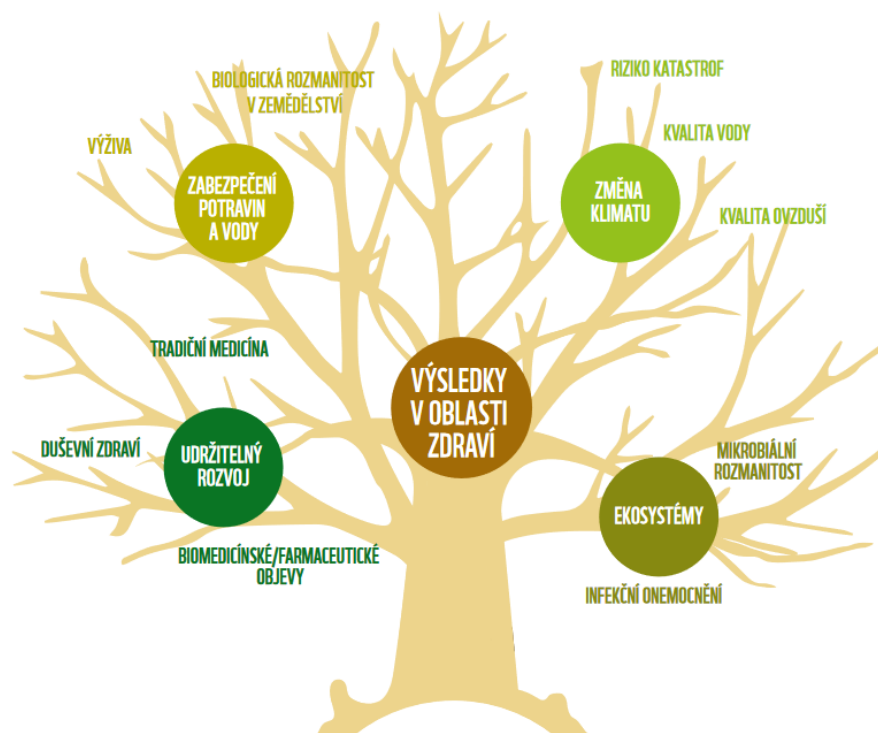
Obrázek 1 Mapa světa (Almond at al, © 2020)

Světový fond na ochranu přírody, označovaný anglickou zkratkou WWF, je jednou z největších a nejzkušenějších nezávislých organizací na ochranu přírody na světě. Jeho posláním je zastavit zhoršování stavu přírodního prostředí planety a vybudovat budoucnost, v níž by lidé mohli žít v harmonii s přírodou, a to prostřednictvím zachování světové

biologické rozmanitosti, biodiverzity, se zajištěním udržitelného využívání obnovitelných zdrojů a podporou snižování znečištění a nadměrné spotřeby (Almond at al, © 2020).

Biologická rozmanitost je popsána jako bohatství života na Zemi, miliony rostlin, živočichů, mikroorganismů včetně genů, které obsahují. Jsou to složité ekosystémy, které vytvářejí životní prostředí. Biodiverzitu chápeme jako rozmanitost života ve všech jeho formách, úrovních, kombinacích. Nejedná se jen o pouhý součet všech genů, druhů, ekosystémů, ale spíše o variabilitu uvnitř a mezi nimi. Příznivý stav biologické rozmanitosti je základním předpokladem pro to, aby mohla poskytovat nezbytné přínosy lidské společnosti. Mezi tyto, většinou nenahraditelné přínosy, patří nejen přírodní zdroje, které využíváme jako potraviny, energii či léčiva, ale také přírodní procesy, které regulují klima, zajišťují kvalitu ovzduší, vody a půdy. Proto je nutné chápat ochranu a udržitelné využívání biodiverzity jako jeden z klíčových pilířů udržitelného rozvoje (Úmluva o biologické rozmanitosti, © 2023).

Současná situace ukazuje, že příroda je pro lidskou existenci a dobrou kvalitu života zásadní. Propojování globálních priorit, jež jsou zobrazeny na obrázku 2, představuje strom života, kterým je charakterizováno propojení ekosystému se změnami klimatu, související s udržitelným rozvojem, kvalitou vody, ovzduším, zabezpečením potravin, výživou, duševním zdravím, mikrobiální rozmanitostí, biomedicínskými a farmaceutickými objevy, biologickou rozmanitostí a jejími vlivy na lidské zdraví (Almond at al, © 2020).



Obrázek 2 Propojení globálních priorit (Almond at al, © 2020)

„*Neexistuje žádný osud kromě toho, který si vytvoříme sami.*“ Tuto větu vyslovil Arnold Schwarzenegger ve filmu Terminátor. Klimatické změny představují reálné a aktuální nebezpečí pro lidskou civilizaci na Zemi. Avšak na Zemi žijí lidé, jenž tvoří spolky, organizace a uskupení, které nabízejí různá pozitivní řešení pro ozdravení celé naší planety. Cílem všech studií, nápadů, myšlenek, jak uzdravit planetu, je především snížit emise skleníkových plynů. Výzkum a vývoj se zabývá různými technologiemi, jenž nabízejí řešení jak pro domácnosti, tak pro firmy. Využití síly větru, tepelné energie ze slunce, jaderné energie, plovoucích solárních panelů. Další výzkumy se zabývají užitečným vodíkem, který by měl v brzké budoucnosti nahradit fosilní paliva. Často se mluví o tom, že by měla těžká silniční doprava přejít na vodíkový pohon. Výroba vodíku s využitím sluneční a větrné energie bude mít klíčovou roli při ukládání energie z obnovitelných zdrojů. Jednoznačným očekávaným cílem, který si stanovují jednotlivé země napříč celou zeměkoulí je snížení emisí skleníkových plynů. Mezinárodní agentury pro energii si stanovily cíl do roku 2050, kdy každá z nich se snaží nějakým nápadem, snížit množství skleníkových plynů (Heap, 2022).

David Attenborough, britský přírodovědec, dokumentarista a scénárista v předmluvě knihy *Naše planeta* popisuje stav planety Země: *“Země je naše planeta, ale my, lidé, jsme propadli šílenství. Vybijíme vše živé a ničíme životadárné ekosystémy. Ale i špatné zprávy v sobě mívají něco pozitivního. Protože když si konečně uvědomíme, k jaké katastrofě směřujeme, máme naději, že změníme vlastní myšlení a začneme s dalekosáhlou obnovou naší planety. Dobrá zpráva je, že tuto možnost stále ještě máme. Musíme se probrat a neprodleně začít o svou planetu pečovat, sestavit seznam potřebných akcí a pustit se do toho.*“ Ocitli jsme se v bodu zlomu. Nastala chvíle, kdy bychom si měli konečně uvědomit neblahý stav našeho světa (Scholey a Fothergill, 2019).

V uplynulém století vinou špatného plánování, lidské chybovosti, ničivé nedbalosti nastaly změny na celé zeměkouli. Dopady se nedají změřit jediným přístrojem. Bylo provedeno mnoho nezávislých výzkumů, které se navzájem doplňují a potvrzují nedbalý stav naší planety. Je potvrzeno, že výrazně poklesla různorodost života na naší planetě. Aby mohl život na této planetě vzkvétat, je zapotřebí pestrosti života. Po desítkách let agresivního odlesňování a nelegálního vypalování Amazonie, má amazonský deštný prales rozlohu zmenšenou téměř o 25 procent. Může nastat bod zlomu, kdy se spustí jev odumírání lesů. Prořídle stromoví nedokáže udržet dostatek vlhkosti, aby uživilo dešťové mraky.

Z Amazonie se stane sezonní suchý les, který se později stane otevřenou savanou (Attenborough a Hughes, © 2021).

V tabulce 1 je zobrazeno souhrnné svědectví o změnách v počtu obyvatel na naší planetě, v porovnání s uhlíkovou stopou v atmosféře a rozlohou zbývající divočiny na Zemi k vybraným letopočtům dvacátého a jednadvacátého století.

Tabulka 1 Souhrnné svědectví o stavu planety (Attenborough a Hughes, © 2021)

Letopočet	Počet obyvatel světové populace	Procentuální podíl oxidu uhličitého v atmosféře	Procentuální vyjádření zbývající divoké přírody
1937	2 300 000 000	280 ppm	66 %
1954	2 700 000 000	310 ppm	64 %
1968	3 500 000 000	323 ppm	59 %
1978	4 300 000 000	335 ppm	55 %
1989	5 100 000 000	353 ppm	49 %
1997	5 900 000 000	360 ppm	46 %
2011	7 000 000 000	391 ppm	39 %
2020	7 800 000 000	415 ppm	35 %

David Attenborough komentuje vztah lidstva ke stavu planety: „Žijeme si své pohodlné životy ve stínu budoucí katastrofy. Ještě stále máme čas vše změnit a zvolit vhodnou alternativu pro záchranu naší společné planety“ (Attenborough a Hughes, © 2021).

1.5 Technologická rizika

Technologická rizika jsou spojena s chybnou koncepcí vývoje a výzkumu, spojení se špatnou volbou technického řešení nového produktu, rizika svázána s kvalitou, spolehlivostí, poruchovostí, kapacitou, modernizací. Mezi technologická rizika jsou zařazeny technologické aspekty, kdy se nepodaří plně zvládnout a ovládnout spolehlivě nové technologické zařízení. Rizikem jsou technické parametry, které nedosahují požadovaných hodnot, kdy nové zařízení neplní svoji funkci, nebo ji plní pouze částečně. Technologické riziko je pevně napojeno na riziko bezpečnostní, kdy hrozí riziko vážné poruchy až následné

havárie s možným ohrožením životů a zdraví zaměstnanců. Mohou být způsobena použitím nových, nevyzkoušených technologií, nových technologických zařízení. Tato rizika souvisejí s neustálým rozvojem, inovacemi, rozšiřováním technického zázemí firmy. Jsou pevně spojena s rozvojem společnosti, s možností výroby nových produktů a služeb. Do technologického rizika je začleněno i riziko technické, které charakterizuje především technické aspekty, konstrukční parametry, konstrukční chyby, nevhodnost použitých materiálů, nevhodné stavebně konstrukční parametry (Smejkal a Rais, 2013).

Chybné konstrukční chyby jsou legislativně ošetřeny normou ISO ČSN EN 12100. Tato norma je souhrnným systémem pro konstruktéry, která poskytuje návody pro rozhodování při vývoji nových strojních zařízení. Norma je koncipována jako návod, jenž umožňuje připravit konstrukci strojů bezpečně a spolehlivě. Bezpečností strojního zařízení se bere v úvahu schopnost stroje vykonávat jeho předpokládané funkce během životnosti stroje, při odpovídajícím snížení rizika. Tato norma zahrnuje jednotlivá bezpečnostní hlediska z pohledu bezpečné vzdálenosti, teploty, hluku, blokovacího zařízení, ochranných krytů. Norma je koncipována jako metodologie pro dosažení bezpečnosti při konstrukci strojního zařízení. Samotná norma je však neodmyslitelně spojena se znalostmi, zkušenostmi konstruktérů, ale taky s praktickým využitím a poznatky z různých nehod, úrazů a schopností identifikovat a posuzovat rizika (Úřad pro technickou normalizaci, 2011).

Technická problematika souvisí s konstrukcí, použitými materiály, technologií, organizací výroby, diagnostikou a strategií údržby. Mezi základní principy související s technickou problematikou, kvalitou a plněním požadavků zákazníků patří bezpečnost a spolehlivost. Základní terminologii teorie spolehlivosti popisuje Valenčík a Stejskal (2015) následovně:

Spolehlivost lze charakterizovat jako obecnou vlastnost výrobku splňovat po určité době, za určitých podmínek danou funkci. Organizace výrobního procesu i technologie výroby souvisejí s technickými otázkami spolehlivosti. Spolehlivost je souhrnný termín používaný pro popis pohotovosti technického zařízení a činitelů, které ji ovlivňují. Pohotovost charakterizují bezporuchovost, udržitelnost, zajištění údržby.

Bezpečnost je definována jako vlastnost výrobku neohrožovat lidské zdraví nebo životní prostředí při plnění předepsané funkce po stanovenou dobu a za stanovených podmínek.

Bezporuchovost znamená způsobilost výrobku plnit bez poruchy požadované funkce po stanovenou dobu a za stanovených podmínek.

Opravitelnost je vlastnost výrobku spočívající v možnosti odhalení poruchy, zajištění její příčiny a odstranění opravou.

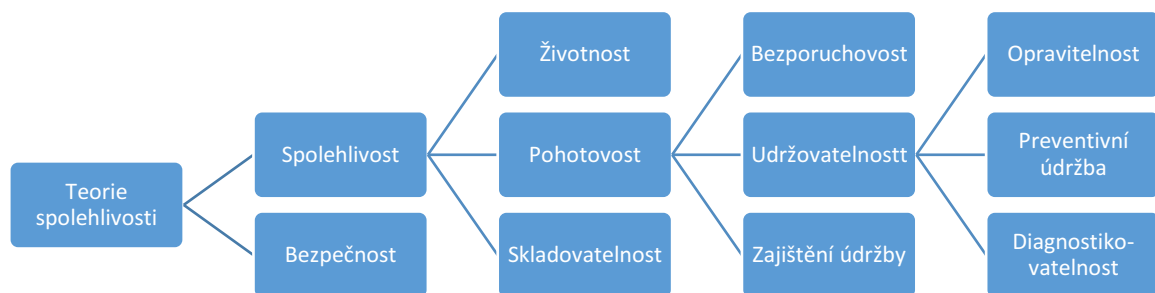
Pohotovost je schopnost výrobku v daném okamžiku vyhovovat technickým podmínkám.

Skladovatelnost je schopnost výrobku zachovávat nepřetržitě bezvadný stav po dobu skladování a přepravy při dodržení předepsaných podmínek.

Udržovatelnost je vlastnost výrobku spočívající ve způsobilosti k předcházení poruch předepsanou údržbou.

Životnost je způsobilost výrobku plnit požadované funkce do mezního stavu stanoveného technickými podmínkami.

Základní terminologie teorie spolehlivosti a přehledný graf je znázorněn na obrázku 3 (Valenčík a Stejskal, 2015).



Obrázek 3 Teorie spolehlivosti (Valenčík a Stejskal, 2015)

Se zajištěním údržby je spojen pojem totálně produktivní údržba. Anglickým názvem Total Productive Maintenance, označováno zkratkou TPM. Hlavní idejí je zapojení obsluhy do údržby vlastního zařízení a důraz na proaktivní a preventivní údržbu. Je základem pro zlepšení výroby s cílem snížení poruch, odstávek závad. Usiluje o dosažení dokonalé výroby bez poruch, bez odstávek, pomalého chodu výroby, bez závad a současně dosažení bezpečného prostředí bez nehod. Zavedením programu TPM se vytváří sdílená odpovědnost za zařízení, podporuje se větší zapojení pracovníků v provozu. Při správném nastavení TPM by měla být i účinně zvyšována produktivita (Blackmore, 2024).

Tradiční model TPM se skládá ze základu 5S a osmi pilířů. Cílem 5S je připravit čisté, přehledné, bezpečné a udržované pracoviště.

Pět prvků 5S definují tyto pojmy:

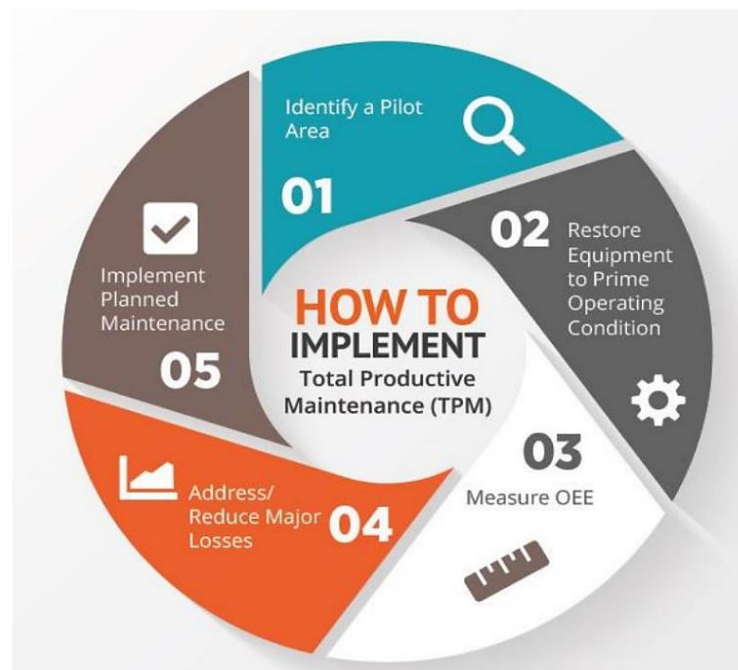
1. **Třídit.** Vyřadit z pracoviště vše, do není potřebné pro pracovní činnost.
2. **Uspořádat.** Urovnat pracovní pomůcky.
3. **Vyčistit.** Zkontrolovat pracovní prostor.
4. **Standardizovat.** Vytvořit standardy pro běžné používání těchto činností.
5. **Udržovat.** Zajistit pravidelné uplatňování těchto standardů (Blackmore, 2024).

Totálně produktivní údržbu tvoří osm pilířů:

1. **Autonomní údržba.** Zajištění běžné údržby obsluhou stroje. Čištění, mazání, kontrola.
2. **Zaměřené zlepšování.** Vychází z japonského výrazu kaizen, což charakterizuje neustálé zlepšování funkcí a procesů.
3. **Plánovaná údržba.** Plánování úkolů údržby na základě četnosti poruch.
4. **Kvalita údržby.** Pilíř kvalitní údržby se zaměřuje na odhalování a prevenci konstrukčních chyb do výrobního procesu.
5. **Včasná správa zařízení.** Využívá znalostí a porozumění výrobního zařízení. Umožňuje dodavatelům zlepšit udržovatelnost a způsob fungování.
6. **Školení a vzdělávání.** Školení a vzdělávání se týká obsluhy i pracovníků údržby.
7. **Bezpečnost, zdraví a životní prostředí.** Udržování bezpečného pracovního prostředí snižuje zdravotní rizika, souvisí se zefektivněním výroby.
8. **TPM v administrativě.** Cílem je zefektivnění administrativních funkcí, bez plýtvání (Blackmore, 2024).

Zavádění procesu Totálně produktivní údržby, zobrazeno na obrázku 4, se obvykle provádí v pěti krocích:

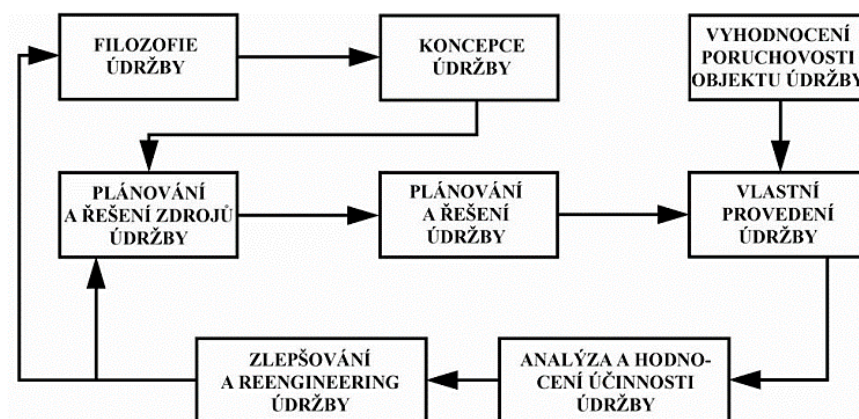
- Identifikace pilotní oblasti.
- Obnovení zařízení do základního provozního stavu.
- Měření OEE – celkové efektivity zařízení.
- Řešení, snížení hlavních ztrát.
- Zavedení plánované údržby (Blackmore, 2024).



Obrázek 4 Zavedení TPM v pěti krocích (Blackmore, 2024)

Po zavedení totálně produktivní údržby do procesu, je nutné získávat zpětnou vazbu pro optimalizaci nastavených programů a udržet systém neustálého zlepšování v dlouhodobém horizontu (Blackmore, 2024).

Každá moderní výrobní společnost, pokud chce zvýšit svoji výkonnost a produktivitu, musí umět implementovat nové metody provozní spolehlivosti výrobních strojů. Je třeba přijmout fakt, že plánovaná údržba je neoddelitelnou součástí zisku společnosti, která rovněž pomáhá zajišťovat konkurenceschopnost podniku. Je třeba chápat údržbu jako systémovou, procesně technickou činnost, která přirozeně vstupuje do výrobního procesu. Údržba je nutným hodnotovým tokem, který je zobrazen na obrázku 5 (Helebrant a kolektiv, 2013).



Obrázek 5 Hodnotový tok údržby (Helebrant a kolektiv, 2013)

Komplexní údržba je bezpodmínečně nutným krokem pro každý výrobní proces. Pokud je požadováno dosažení provozní spolehlivosti, je třeba přijmout tři hlavní zásady. Preventivnost, proaktivnost a produktivnost. Je nutné si uvědomit, že provozní spolehlivost je cílem údržby i výroby, nikoliv ztráta práce pro údržbáře (Helebrant a kolektiv, 2013).

S problémem technologických rizik je spojen současný trend Průmyslu 4.0. Průmysl 4.0 je označením pro inovace, změny výrobních procesů, využití internetu, digitalizace, automatizace, robotizace ve všech výrobních procesech. Průmysl 4.0 umožňuje společnostem nastavit předvýrobní procesy. S využitím digitalizace umožní firmám chod automatické výrobní linky, rychleji a efektivněji dokáže plnit požadovanou kvalitu výrobku, lépe dokáže zabezpečit potřeby zákazníka. Vhodné využití metod a nástrojů digitalizace vede k úsporám času a peněz. Je však třeba zmínit, že tyto změny ovlivní i lidskou práci, ovlivní trh práce. Je nezbytně nutné počítat s vyššími požadavky na zaměstnance, s vyšší kvalifikací pro kvalifikovanější pozice. Na tento trend je nutné připravit a vzdělávat současný i budoucí management. Je třeba vzít v úvahu prudký vzestup služeb zákazníkům, časový tlak, globalizaci průmyslu, organizační integrace (Jurová a kolektiv, 2016).

Technologický pokrok, vysokorychlostní komunikace, internet, síla osobních počítačů vytváří nové tržní prostředí. V tomto prostředí operují tři klíčové skupiny. Lidé, podniky, stát. Lidé jsou součástí sociální struktury. Vytvářejí vazby, uskupení a společenství. Lidé své znalosti vytvářejí, uchovávají a využívají k podnikatelským aktivitám. Podniky využívají znalostí k dosažení podnikových cílů, ke komunikaci se zákazníky, partnery i konkurenty. Podniky shromažďují znalosti pro zlepšování podnikových procesů, ke zlepšování efektivity a konkurenceschopnosti. Stát definuje a legislativně určuje pravidla v ekonomickém prostředí a vytváří podmínky pro naplnění očekávání obou skupin, přičemž zajišťuje stabilitu prostředí (Jurová a kolektiv, 2016).

1.6 Bezpečnostní rizika

Snahou a zároveň povinností všech zaměstnavatelů je neustálé vyhledávání pracovních rizik a vytváření bezpečného prostředí pro zaměstnance. Hlavním cílem pro zajišťování bezpečnosti a ochrany zdraví při práci, dále v diplomové práci označováno zkratkou BOZP, je identifikace rizik, omezování a snižování rizik, která jsou spojena s pracovní činností a pracovním prostředím. Základní definici BOZP lze popsat jako právní regulaci chování osob při práci. Cílem BOZP je ochrana pracujících zaměstnanců před pracovními úrazy, nemocemi z povolání a jiným poškozením zdraví. Právní regulace představuje pravidla

chování pracovníků, technická, technologická, organizační, zdravotnická, hygienická a výchovná opatření. Pracovněprávní vztah upravuje zákoník práce zákonem č. 262/2006 Sb. (Janáková, © 2013).

Bezpečností práce se rozumí stav pracovních podmínek, které zabraňují působení nebezpečných činitelů pracovního procesu na zaměstnance. Bezpečnost práce je zajišťována dodržováním bezpečnostních požadavků na pracovišti, uspořádání, vybavení, vhodnou organizací práce, vhodnými technologickými postupy a pracovními předpisy. Pracovní předpisy obsahují seznam zakázaných prací, požadavky na odbornou a zdravotní způsobilost zaměstnanců. Při přípravě pracovních předpisů pro zajištění bezpečnosti práce se vychází z evropských předpisů o bezpečnosti a ochraně zdraví při práci a platné české legislativy. Platnou legislativu zastupuje především zákoník práce, zákon č.262/2006 Sb., zákon č. 309/2006 Sb., o zajištění dalších podmínek bezpečnosti a ochrany zdraví při práci. Další platnou legislativu reprezentují zákony, nařízení vlády a vyhlášky. Zákon č.258/2000 Sb. o ochraně veřejného zdraví, nařízení vlády č.361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci, nařízení vlády č. 378/2001 Sb., kterým se stanoví bližší požadavky na bezpečný provoz a používání strojů, technických zařízení, přístrojů a náradí, nařízení vlády č.375/2017 Sb. o vzhledu, umístění a provedení bezpečnostních značek a značení a zavedení signálů a další platná legislativa (Janáková, 2018).

Nedílnou součástí bezpečnosti a ochrany zdraví při práci je poskytování a používání osobních ochranných pracovních prostředků. Nařízení vlády č.495/2001 Sb. definuje ochranné prostředky pro ochranu jednotlivých částí těla, členění práce a činností, které vyžadují poskytování ochranných prostředků. Nařízení rovněž představuje tabulku pro vyhodnocení rizik a použití ochranných prostředků pro rizika fyzikální, chemická, biologická ve vztahu k jednotlivým částem těla. Toto nařízení vlády definuje rozsah a bližší podmínky pro poskytování osobních ochranných pracovních prostředků následovně:

1) Ochranné prostředky musí

- a) být po dobu používání účinné proti vyskytujícím se rizikům a jejich používání nesmí představovat další riziko,*
- b) odpovídat podmínkám na pracovišti,*
- c) být přizpůsobeny fyzickým předpokladům jednotlivých zaměstnanců,*
- d) respektovat ergonomické požadavky a zdravotní stav zaměstnanců.*

(2) *Tam, kde přítomnost více než jednoho rizika vyžaduje, aby zaměstnanci používali současně více ochranných prostředků, musí být tyto ochranné prostředky vzájemně slučitelné.*

(3) *Zaměstnanci musí být s používáním ochranných prostředků seznámeni. Používání ochranných prostředků více zaměstnanci je možné pouze v případě, že byla učiněna opatření, která zamezí ohrožení přenosnými chorobami.*

(4) *Způsob, podmínky a dobu používání ochranných prostředků stanoví zaměstnavatel na základě četnosti a závažnosti vyskytujících se rizik, charakteru a druhu práce a pracoviště a s přihlédnutím k vlastnostem těchto ochranných prostředků (Bezpečnost a ochrana zdraví při práci, 2020).*

Česká republika, jakožto člen Evropské unie, je i členem různých mezinárodních agentur, komisí, společenství. Česká republika přebírá legislativní podklady předepsané Evropskou unií do platné české legislativy. V rámci mezinárodních projektů jsou zakládány různé agentury, které se věnují zajímavým, společným a užitečným tématům. Současná moderní doba přináší digitalizace do všech oborů. Nevyhýbá se žádným oborům ani tématům užitečným v legislativě a v podpoře sociálním a zdravotním službám. Digitalizace je trendem na trhu práce, je součástí nových obchodních technik. Na stejném principu byla založena i Evropská agentura pro bezpečnost a ochranu zdraví při práci, označena zkratkou EU-OSHA. Tato agentura se věnuje tématům bezpečnosti a ochrany zdraví při práci. Sbírá různé podklady týkající se zdraví, bezpečnosti, prevenci, pracovních úrazů, které jsou zpracovávány a ukládány pomocí Digitální platformy. Tato Digitální platforma je podporována Evropskou komisí. Hlavním principem fungování této platformy je především poskytování přehledu rizik, řízení rizik, předcházení rizik v oblasti BOZP. Poskytování důkazů a důsledků v oblasti zdraví a bezpečnosti (Lenaerts at al, 2021).

Celkový pohled na úroveň BOZP ve společnosti je rovněž ovlivněn firemní kulturou. Firemní kulturou je myšlen souhrn postojů, myšlenek, norem, hodnot v dané společnosti. Jedná se o soubor vnitřního vnímání a postojů zaměstnanců, které se dotýkají chodu firmy, reprezentace, preferencí, pracovní morálky, vztahů k obchodním partnerům. Pevnou součástí firemní kultury tvoří zvyky, rituály, psaná i nepsaná pravidla, etický kodex, vybavení pracovišť, oblečení zaměstnanců. Všechny tyto faktory velmi významně ovlivňují celkovou zajištěnost bezpečnosti a ochrany zdraví při práci. Zajištění BOZP v každé společnosti musí být nedílnou součástí jejího vrcholového managementu. K zajištění bezpečnosti a ochrany

zdraví při práci musí být přistupováno systémově, nikoliv pouze operativně, podle aktuálních potřeb. Ve firmě musí být vytvořen funkční mechanismus, který je zaveden do praxe napříč celou společností a musí být trvale udržován. Jenom funkčnost tohoto správně nastaveného systému může efektivně zajišťovat BOZP. Velmi účinným nástrojem ke zvýšení úrovně BOZP ve firmě je certifikace systému managementu BOZP podle normy ČSN ISO 45001 (Neugebauer, 2016).

Norma ČSN ISO 45001 je velmi významným dokumentem v oblasti BOZP. Specifikuje požadavky na systém managementu bezpečnosti a ochrany zdraví. Tato norma může být návodem, jenž má umožnit organizacím zajišťovat bezpečná a zdravá pracoviště. Je určena všem podnikům a organizacím, bez ohledu na jejich velikost, všem společnostem, které se snaží systémem neustálého zlepšování minimalizovat rizika a odstraňovat možná nebezpečí v oblasti bezpečnosti a ochrany zdraví. Každá organizace má povinnost vyhledávat rizika v oblasti BOZP a připravit pro své zaměstnance bezpečné pracovní prostředí. Zavedení systému managementu BOZP je jedním ze způsobů, jak zabezpečit bezpečná a zdravá pracoviště, jak předcházet nemocem z povolání a zlepšovat aktivní prevenci a ochranná opatření proti úrazům na pracovištích. Zavedením systému managementu BOZP jsou rizika řízena včasněji, efektivněji a účinněji (Becková, 2019).

Bezpečnost práce ve slévárenství

Práce ve slévárenství patří mezi činnosti se zvýšenými riziky. Především je to práce s roztaveným kovem, přímé ovlivnění negativními účinky sálavého tepla, zvýšeným hlukem, zvýšenou prašností, prací s chemikáliemi, zvýšeným množstvím zplodin na pracovišti tavení a odlévání, zvýšenou hrozbou popálení. Přestože se slévárny snaží modernizovat technické vybavení svých pracovišť používáním moderních tavicích pecí, kvalitní vzduchotechnikou, přesto práce ve slévárně patří mezi rizikovější. Je nezbytně nutné opakovaně informovat pracovníky slévárny o rizicích, která jsou přímo spojená s jejich pracovní činností. Význam trvalého a neustálého vzdělávání v oblasti bezpečnosti je nutností. Stejně tak je nezbytně nutné opakovat povinnost nosit přidělené osobní ochranné pracovní pomůcky. Je nezbytně nutné připomínat kolektivní zodpovědnost taviče za zdraví své a svých spolupracovníků. Manuální práce, šikovnost, zručnost, souhra spolupracovníků je další bezpodmínečnou nutností pro zvýšení bezpečnosti na pracovišti tavení a odlévání odlitků. Management má povinnost pravidelně vzdělávat v oblasti bezpečnosti a prevenci úrazů zaměstnance, pravidelně aktualizovat a školit podle platných pracovních předpisů,

připomínat základní pravidlo, kdy je zakázán jakýkoliv kontakt roztaveného kovu a vody, byť ve vlhkém materiálu, nářadí, či vzdušné vlhkosti. Součástí prevence je rovněž pravidelná údržba zařízení a stálá zvýšená pozornost ke všem aspektům bezpečnosti (Aceso, © 2023).

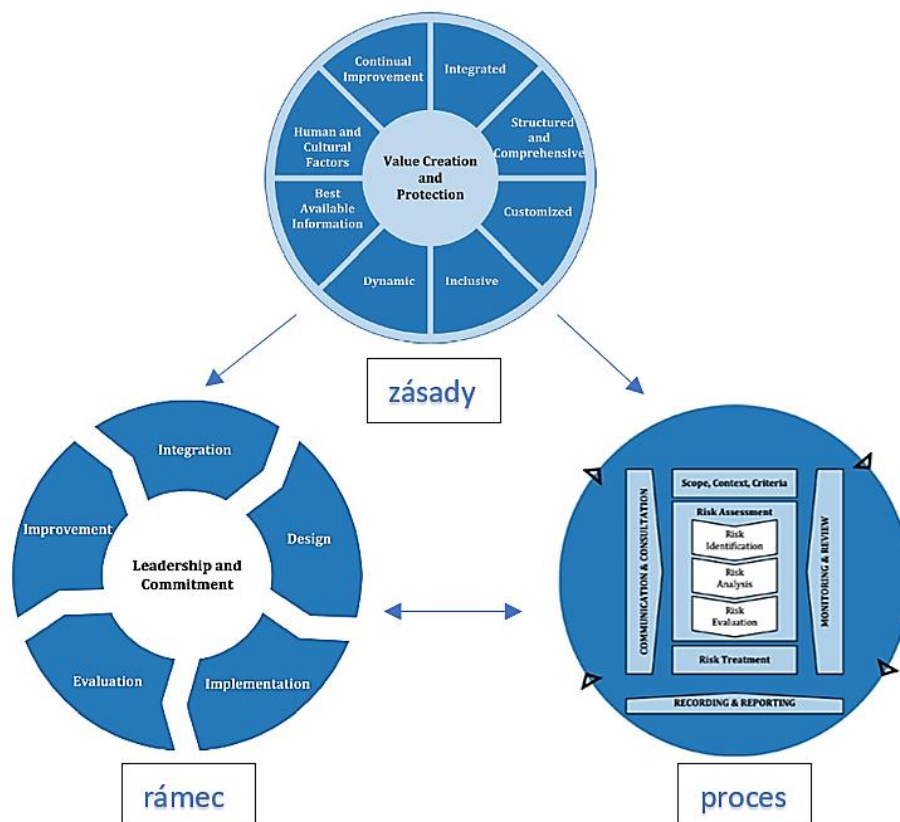
Nedílnou součástí BOZP je ergonomie, dříve podceňovaná a zatracovaná disciplína. Dlouhá léta nebyla věnována dostatečná pozornost péči o zaměstnance v této oblasti. Problematice bolesti zad, jednostranné svalové zátěže, zvedání těžkých břemen, přemísťování těžkých výrobků ve výrobě, na skladě, bylo druhotnou až přehlíženou problematikou. Tato problematika měla za následek velké přetížení, které vedlo k pracovním úrazům a vznikům nemocí z povolání. Na tuto problematiku reaguje i platná česká legislativa, která pomocí vyhlášek a nařízení zpřísňuje požadavky ergometrických prvků pro zlepšení BOZP. Pracovní úrazy a opakované nemoci z povolání jsou i podnětem pro přezkoumání kontrolních úřadů, kdy jsou zaměstnavatelé kontrolováni, zda pracují s platnou legislativou a zda se věnují prevenci (Křížová, © 2024).

2 MANAGEMENT RIZIK

Management je jedním z výrazných fenoménů dnešní doby. Jeho vývoj je spojen s vývojem industriální společnosti. Management rizik je soustavná činnost, která je nápomocná k dosahování cílů společnosti. Je neoddělitelnou součástí činností, které se v daných organizacích nacházejí (Blažek, 2014).

2.1 ČSN ISO 31000 Management rizik – směrnice

Dokumentem, který je návodem a vhodnou metodikou, jak řídit systematicky, transparentně a spolehlivým způsobem formy rizik ve firmě je norma ČSN ISO 31000. Tento dokument je určen pro jakoukoliv organizaci, jakoukoliv činnost, typ rizika a může se využívat po celou dobu existence organizace. Aby řízení rizik bylo účinné, jednotné, přispívalo ke zlepšování systému managementu, je nutné, aby byly splněny tři základní součásti tohoto dokumentu. A to zásady, rámec a proces. Provázanost těchto tří součástí je zobrazena na obrázku 6 (Česká agentura pro standardizaci, 2018).



Obrázek 6 Zásady, rámec, proces (Česká agentura pro standardizaci, 2018)

Zásady poskytují návod pro vytváření hodnot a ochrany. Jsou základem pro řízení rizik, kdy je nutné dodržet základy integrace, kompletnosti, dynamičnosti, struktury, přizpůsobení, informovanosti, za přispění lidských a kulturních faktorů, v principu trvalého zlepšování. Účelem rámce řízení rizik je integrování managementu rizik do významných činností a funkcí. Významnou roli představuje především vrcholové vedení společnosti, jehož hlavními úkoly jsou integrace, návrh, implementace, hodnocení a zlepšování. V rámci trvalého zlepšování organizace uplatňuje cyklus PDCA, znázorněný na obrázku 7, kdy do jednotlivých částí PDCA cyklu přirozeně vstupují analýzy, které musí organizace připravit a uplatňovat, pokud chce dobře řídit rizika ve firmě. Organizace musí připravovat analýzy typu SWOT, Ishikawa, FMEA, Akční plány, které organizace periodicky přezkoumává a uplatňuje při řízení rizik (Česká agentura pro standardizaci, 2018).



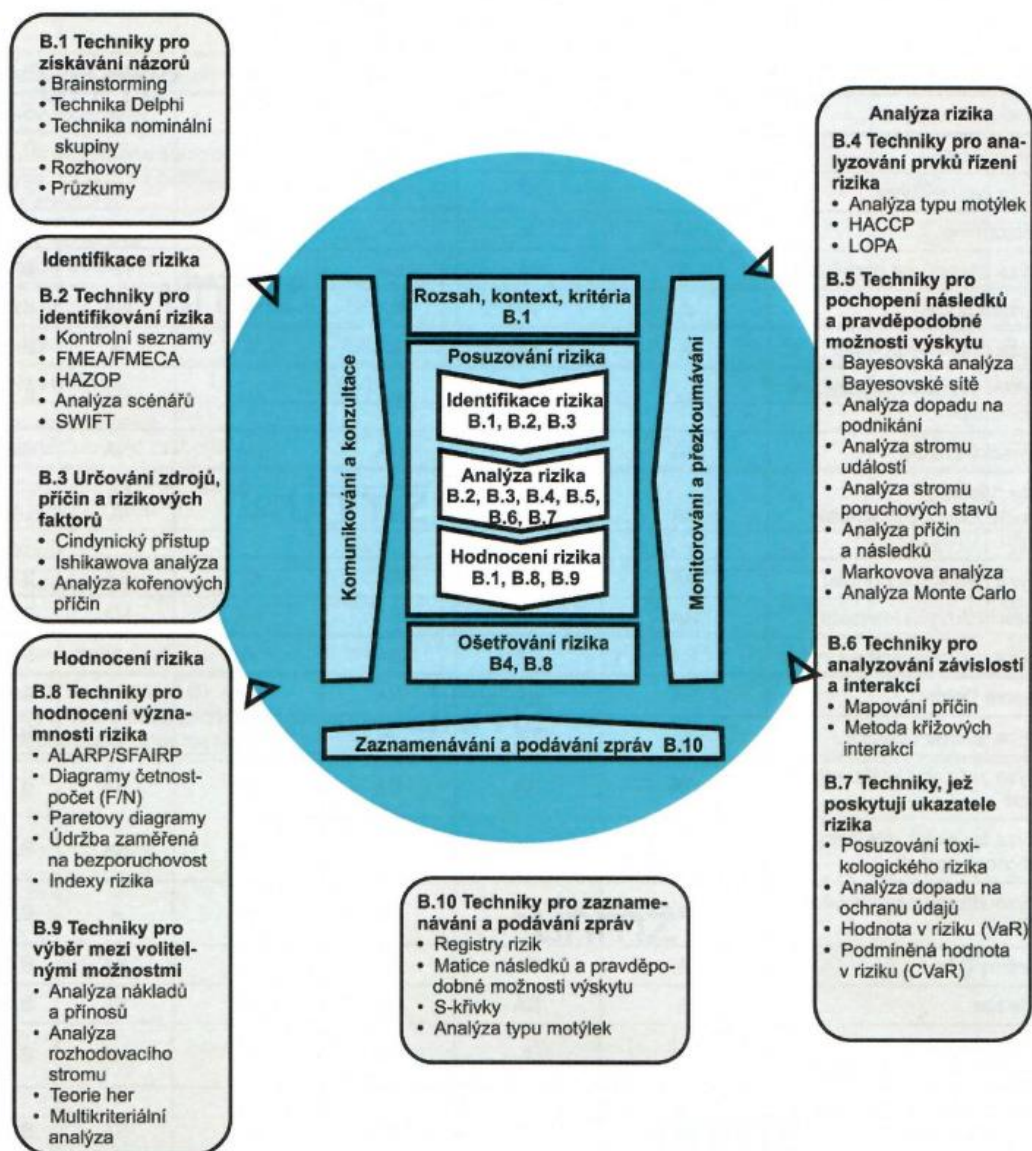
Obrázek 7 PDCA cyklus (Česká agentura pro standardizaci, 2018)

PDCA cyklus —cyklus trvalého zlepšování, jenž je neoddelitelnou součástí dynamického a opakujícího se procesu managementu rizik (Česká agentura pro standardizaci, 2018).

Třetí částí managementu rizik je proces. Proces charakterizuje uplatnění postupů, praktik v oblasti komunikace a konzultace, vytváření kontextu a kritérií, posuzování rizik, ošetřování rizik, zaznamenání a hlášení za trvalého monitorování a přezkoumávání (Česká agentura pro standardizaci, 2018).

2.2 Management rizik – ČSN ISO 31010

Česká technická norma – Management rizik – Techniky posuzování rizik, ČSN EN IEC 31010, je dokument, který plynule navazuje na normu ČSN ISO 31000, jenž poskytuje návod pro volbu a aplikaci různých technik pro identifikaci, analýzu, hodnocení a ošetření rizik. Techniky lze využít k poskytování strukturovaných informací, které jsou podkladem pro proces rozhodování. Pro pomoc při sestavování strategických a operativních cílů, pro rozpoznání rizika a pochopení rizika. Techniky sloužící pro sestavení efektivních a účinných zásahů ošetření rizika, k rozpoznání a využití příležitostí, k poučení se z poruch a úspěchů, k analýze scénářů, analýze bezporuchové činnosti člověka a mnoha dalších. Přehled technik je zobrazen na obrázku 8 (Česká agentura pro standardizaci, 2020).



Obrázek 8 Techniky posuzování rizik (Česká agentura pro standardizaci, 2020)

V diplomové práci jsou zpracovány následující techniky. Check list, What If, matice rizik, FMEA.

2.3 Check list – metoda kontrolním seznamem

Metoda Check list, metoda kontrolním seznamem, slouží pro posuzování rizik, pomáhá pochopit kontext, identifikovat rizika. Jedná se o seznam položek, kroků či úkolů sloužících k ověření správnosti či úplnosti postupu. Tato metoda je založena na průběžné kontrole plnění stanovených podmínek a opatření. Lze ji aplikovat na jakoukoli činnost nebo systém a lze ji použít v libovolné fázi života procesu. Kontrolní seznamy mohou být založeny na základě zkušeností z předchozího řešeného problému, mohou vycházet jak z úspěchu, tak i neúspěchu. Kontrolní seznam může připravovat jednotlivec, nebo skupina pracovníků. Vstupem jsou data nebo modely, ze kterých se tvoří platné kontrolní seznamy. Výstupem pak kontrolní seznamy, výzvy, kategorie, schémata klasifikace. Kontrolní seznam se tvoří na základě pokládaných otázek v kontrolované oblasti. Otázky jsou pokládány tak, že lze na ně odpovědět pouze ANO, nebo NE. Silnými stránkami této metody je společné porozumění riziku mezi zainteresovanými stranami. Při dobrém zpracování přinášejí široký rozsah odborných znalostí. Nedostatkem této metody je její obecnost, omezené působení v nových situacích, zaměřující se na to, co už je známo. Pro tvorbu kontrolního seznamu je vhodné využít webovou platformu OiRA, která vhodně podporuje zpracování kontrolního seznamu pro danou oblast. V diplomové práci je zpracován kontrolní seznam pro oblast slévárenství (Česká agentura pro standardizaci, 2020).

2.4 Webová platforma OiRA

Evropská agentura pro bezpečnost a ochranu zdraví při práci, EU-OSHA, vyvíjí a zajišťuje webovou platformu OiRA, což je on-line interaktivní hodnocení rizik. Tato platforma umožňuje snadno a rychle vytvářet nástroje pro hodnocení rizik. Cílem webové platformy je nabídnout podnikům nástroje pro vyhledávání, hodnocení a řízení rizik v pracovním prostředí. Snahou je snížení počtu pracovních úrazů a nemocí z povolání. Přispět ke zvýšení konkurenceschopnosti, snížení nákladů vzniklých v důsledku pracovních úrazů, snížení nákladů na čerpání nemocenské. Cílem je sjednotit proces hodnocení pracovních rizik napříč všemi členskými státy Evropské unie. Logo webové platformy OiRA je zobrazeno na obrázku 9 (EU-OSHA, © 2024).



Obrázek 9 Logo platformy OiRA (EU-OSHA, © 2024)

Webová platforma OiRA nabízí bezplatně nástroje pro posuzování pracovních rizik jednotlivých odvětví. Vytváří nástroje pro hodnocení rizik tak, aby informace byly pro uživatele srozumitelné a snadno pochopitelné. Výstupem on-line vyhodnocení rizik je dokument, který usnadní nastavení opatření proti možným negativním vlivům. Poskytuje pokyny a praktická řešení v dané problematice. Pomáhá společnostem splňovat právní požadavky (EU-OSHA, © 2024).

2.5 Analýza WHAT IF

Analýza What If neboli analýza SWIFT, Structured What If Technique, navazuje na předcházející analýzu Check list. Negativní odpovědi na pokládané otázky v kontrolním seznamu se stávají vstupem možných rizik, na které je během diskuze v týmu pokládána otázka: „Co se stane, když...? Tyto příčiny rizik by se mohly vyskytnout v praxi a mohly by ohrozit zdraví, majetek, životní prostředí. Výstupem je seznam rizik, jenž může být používán jako základ pro plánování ošetření rizik. Na zpracování analýzy What If je využívána tabulková metoda, kdy jsou vkládány údaje o příčině, následku daného rizika a návrhu na nápravné opatření. Vhodnou metodou jsou doplněny číselné hodnoty daného rizika. Následně, jednoduchým součinem přidělených hodnot se získá výsledná míra rizika, jenž slouží k vytvoření matice rizik. Silnou stránkou analýzy What If je fakt, že je široce použitelná pro různé situace a okolnosti. Je zpracovávána v týmu, pouze s malou přípravou. Je relativně rychlá. Může být použita i k identifikaci příležitostí a ke zlepšování procesů. Slabou stránkou může být pouze obecné doporučení, kdy metoda neposkytne vhodnou a plnou podporu. Některá rizika nemusejí být identifikována, složitější a podrobnější příčiny nemusejí být odhaleny (Česká agentura pro standardizaci, 2020).

2.6 Matice rizik

Matice následků a pravděpodobností výskytu rizik je výsledným zobrazením navazující na hodnocení What IF analýzy. Matice následků a pravděpodobné možnosti výskytu se používá k hodnocení velikosti rizika. Pro vytvoření výsledné matice rizik je nutné připravit pomocné tabulky, které charakterizují bodové hodnocení a zároveň slovní hodnocení pro jednotlivé kategorie. Je nutné připravit tabulku Kategorie pravděpodobnosti, tabulku Kategorie závažnosti a Kategorie přijatelnosti rizika, jejichž propojením je následně vytvořena výsledná analýza matice rizik. Je vhodné, aby Kategorie přijatelnosti rizika byla kromě slovního hodnocení zobrazena i barevnou škálou dle výsledného propojení závažnosti dopadu a pravděpodobnosti výskytu rizika. Silnou stránkou této metody je její snadné použití. Poskytuje rychlou klasifikaci rizik. Poskytuje jasné vizuální zobrazení významnosti rizika podle následku, výskytu nebo úrovně rizika. Slabou stránkou je nutnost odborné přípravy a odborné znalosti dané problematiky. Stanovení stupnic pro zvážení následků a pravděpodobností může být obtížné stanovit jednoznačně. Používání této metody je velmi subjektivní. Členové hodnotícího týmu nemusí hodnotit jednotně, proto může být ponechán prostor pro manipulaci. Každá klasifikace je přímo závislá na způsobu popisu rizika a na dané úrovni podrobností (Česká agentura pro standarizaci, 2020).

2.7 Metoda FMEA

Metoda FMEA, Fault mode and effect analysis, analýza způsobů a důsledků poruch. FMEA je induktivní kvalitativní metoda analýzy spolehlivosti. Analýzu FMEA lze aplikovat během návrhu, výroby, provozu fyzického systému. Analýzu FMEA lze použít na jednotlivé procesy a postupy. Je vhodná ke studiu vzniku možných poruchových stavů objektu. FMEA je preventivní nástroj pro nalezení a řešení potenciálních závad na produktu nebo ve výrobním procesu, a to již ve fázi navrhování produktu a navrhování výrobního procesu. Analýzu FMEA připravuje multifunkční tým, tvořený odborníky z různých oblastí výroby, kde na základě brainstormingu, odborně vedené skupinové diskuze, sestavuje výslednou analýzu z různých myšlenek a nápadů členů týmu. Vstupem pro analýzu jsou pracovní listy, způsoby poruch, důsledky, příčiny. Silnou stránkou této metody je její široké využití pro lidské i technické způsoby poruch systémů. Identifikuje způsoby poruch, jejich příčiny, důsledky. Poskytuje vstupy pro program údržby. Slabou stránkou je omezení, kdy lze identifikovat a hodnotit jednotlivé způsoby poruch, ale nelze kombinovat více způsobů poruch. Analýza FMEA je časově náročná metoda (Česká agentura pro standarizaci, 2020).

3 OD NÁPADU K REALIZACI

Pro implementaci nového technologického zařízení do výroby je prvotním a velmi důležitým úkolem pečlivá příprava a promyšlení jednotlivých kroků, dílčích úkolů, které je třeba náležitě zvážit. Je nezbytně nutné zpracovat podrobnou analýzu rizik, která se mohou vyskytnout v souvislosti s novým technologickým zařízením ve výrobě. Rizik, která mohou negativně ovlivnit zamýšlenou implementaci, je velké množství a jsou z různých oblastí, rozličných oborů.

Cesta od prvotního nápadu, pohrávání si s myšlenkou pořízení nové technologie, přes sbírání teoretických podkladů, dokumentů, až po úspěšnou montáž a spuštění nového zařízení do výroby je velmi dlouhá. Je nezbytné prostudovat pečlivě dokumenty, normy, platné vyhlášky, je vhodné prohlédnout si podobné projekty, pečlivě připravit teoretickou i praktickou část, zamýšlený projekt prokonzultovat s odborníky. Je vhodné nechat odborníky zpracovat patentovou rešerši a tím se vyhnout následným pochybením v možném kopírování jednotlivých komponent. Nezapomenout při původním nadšení na ekonomickou stránku a úspěšnost podniku, na možnosti pořízení a financování nového zařízení, promyslet stavební úpravy, obslužnost v sériové výrobě, promyslet, kteří zaměstnanci mohou nové zařízení obsluhovat, nezapomenout na bezpečnost a ochranu zdraví při práci a také na ekologické zatížení.

Spisovatelka Gabriela Končítíková sepsala ve své knize, „Inspirace Baťa“, v roce 2021 celoživotní motto a velmi inspirující myšlenky Tomáše Bati, které nejenom inspirují, ale podporují, obohacují a pomáhají zvládnout zamýšlená rozhodnutí: *„Pokud se pro cokoli sami rozhodnete, znáte nejlépe vnitřní pohnutky, které vás k danému rozhodnutí přivedly. Musíte být také tím, kdo pro dosažení cíle bude vyvíjet nejvyšší úsilí. Člověk, který je zdrojem inspirace a tvůrcem myšlenky, by měl být také ochoten pro její realizaci vyvinout nejvyšší úsilí.“*

Toto silné motto Tomáše Bati vystihuje přesně tu myšlenku a náš nápad realizovat nové robotizované pracoviště řízeného tuhnutí s unikátní technologií. Využívání řízeného tuhnutí je ve světě i v Evropě používáno ve slévárenství, je však vždy pečlivě ošetřeno celosvětovým patentem, pro širokou veřejnost nedostupným. Projekt implementace řízeného tuhnutí ovládaného robotem, je tak zatím evropským ojedinělým unikátem.

V současném moderním světě jsou kladeny vysoké nároky na plynulost a přízřůsobivost procesů. Výrobní procesy jsou orientovány především na efektivitu, kvalitu výrobků, které

jsou určeny pro následné zpracování. Zákazníci očekávají svoje objednané výrobky ve vysoké kvalitě a stále častěji v kratší době, než tomu bylo v minulosti. Proto je velmi důležité, aby výrobní podnik neustále rozvíjel svoji produkci, zvyšoval produktivitu výroby, nabízel nové produktové portfolio. Jenom tak může konkurovat ostatním firmám, ba dokonce se může, nebo by se mohl prezentovat novinkou, která je ojedinělá, či dokonce unikátní. Každé váhání nad novým projektem ubírá prostor nad konkurenční výhodou. Každý nový projekt zvyšuje tržní ekonomiku podniku. Může se však stát, že jeho neúspěšné zvládnutí, či promarnění, může ohrozit tržní ekonomiku firmy. Velkou roli zde hraje také způsob, jak celý projekt předložíme, zorganizujeme, zrealizujeme a předvedeme našim hodnotitelům a parterům (Svozilová, 2016).

Skvělé nápady se nehledají, ale budují. Krůček po krůčku, kousek po kousku se skládají jednotlivé komponenty, až se prvotní myšlenka promění ve skutečnou realitu a původní nápad už není pouhou teorií, ale skutečností, která pomáhá vylepšovat, zrychlovat, zefektivňovat sériovou výrobu. Pokud prvotní myšlenka získá konkrétní podobu a využití, je to přesně ten okamžik, který zažil Archimédes při koupeli, či Isaac Newton pod jabloní. Proto bychom měli své myšlenky rozvíjet, abychom se dočkali pozitivního hodnocení od svých hodnotitelů, abychom ve finále mohli slyšet větu: „Projekt je zdárně dokončen, děkujeme“ (Webster, © 2021).

3.1 Projektové řízení

Projekt pochází z latinského slova *projectum*, které je přeloženo jako návrh, rozvrh, plán. Projektem se něco mění, vylepšuje, přidává. Klasickým projektem se rozumí posloupnost činností, které převádějí vstupy na výstupy až k očekávanému výsledku. Projekt může být charakterizován jako dobře definovaná práce, která by měla být vykonána v definovaném čase. Projektové řízení není moderní disciplínou. Každé velké lidské dílo je považováno za projekt. Ať už jsou to pyramidy v Gize, Velká čínská zeď, stavba velkých lodí, přehrad, tunelů, stavby, které jsou zařazeny mezi Sedm divů světa. Projektové řízení je flexibilní, kvalifikovaná reakce na různé události, které v průběhu času nastávají. Klasické projektové řízení se soustřeďuje na proces řízení projektů, zatímco dynamické řízení projektů se zaměřuje na nejlepší možný výsledek. Dynamické řízení umožňuje hledat odpovědi na různé otázky v průběhu vývoje, dokáže simulovat navrhované scénáře. Projekt je systém, jenž se skládá se vzájemně propojených částí, vytváří jednotlivé vlastnosti, ovlivňuje výkonnost, finální výsledek (Křivánek, 2019).

Dynamický proces se dle svého charakteru vymezuje na rozmezí procesu a projektu. Z procesu je převzato cyklické opakování, z projektu naopak jedinečnost výstupů v každém cyklu. Zadání procesu je specifikováno vyšším cílem procesu a účelu (Fišer, 2014).

Projekty jsou staré jako lidstvo samo. Systematizace projektového řízení však začala až v minulém století. Kolem roku 1910 strojní inženýr Henry Gantt použil Ganttův diagram. Úsečkový harmonogram, jehož úkolem bylo usnadnit práci při plánování výroby a zdrojů v továrnách. Z počátku neměl Ganttův diagram nic společného s řízením projektů. Popularitu získal Ganttův diagram postupem času a stal se nejpoužívanějším nástrojem projektového manažera. V průběhu vývoje projektového řízení a rostoucí složitostí nastala potřeba sestavit novou metodologii na řízení projektů. Postupem času se vyvinuly dvě metodologie, které jsou celosvětově uznávány. Metodologie PRINCE2 a PMBOK. Metodologie PRINCE2 je používána ve Velké Británii, metodologie PMBOK vznikla ve Spojených státech amerických a stala se mezinárodně uznávaným standardem poskytující základní znalosti o řízení projektů. Metodologie PRINCE2 je anglickou zkratkou pro Projects In Controlled Environments. PRINCE2 je strukturovaná a konzistentní metodologie založená na popsáních procesech, charakterizující řízení projektů od začátku do jejich ukončení. Metodologie PMBOK je anglickou zkratkou pro Project Management Body Of Knowledge. Je založena na zpracování v pěti základních procesních skupinách. Zahájení, plánování, provádění, monitorování, uzavření projektu. Projektová metodologie PMBOK nabízí sadu vzorců, které jsou podstatné pro sledování výkonnosti projektu jak z časového hlediska, tak i z nákladového hlediska (Křivánek, 2019).

Procesy podle metodiky PRINCE2 jsou seřazeny do sedmi základních skupin. Zahájení, směřování, nastavení projektu, kontrola etapy, řízení dodávky produktu, řízení přechodu mezi etapami, ukončení projektu. Již v první etapě, v době zahájení projektu, je velmi důležité správné rozhodnutí, zda zamýšlený budoucí projekt je vhodně načasovaný, zda myšlenka je realizovatelná a zda máme dostatečné množství požadovaných informací, specifikací a požadavků před spuštěním nového projektu (Jurová a kolektiv, 2016).

Mezi základní oblasti řízení projektu se řadí řízení rozsahu, integrace, řízení času, nákladů, kvality, řízení lidí, komunikace, řízení rizik, smluv a zainteresovaných skupin. Čas, náklady, kvalita a včasnost dodávek produktů a služeb, produktivita, kultura řízení projektu, motivace, to vše jsou aspekty, které mají přímý vliv na výsledky projektu. Jsou přímými ukazateli úspěšného, či neúspěšného zvládnutí projektu (Křivánek, 2019).

Při řízení projektů je nezbytně nutné zodpovědět několik důležitých otázek z hlediska obchodního případu, organizace, kvality, plánování, řízení rizik, změnového řízení, postupů. Je třeba znát odpovědi na otázky typu: „Proč bychom to měli dělat?“, „Kdo je za projekt zodpovědný?“, „Jaký je dopad problému?“, „Kam směřujeme?“, „Co se stane, když...?“, „Jak?“, „Za kolik?“ (Jurová a kolektiv, 2016).

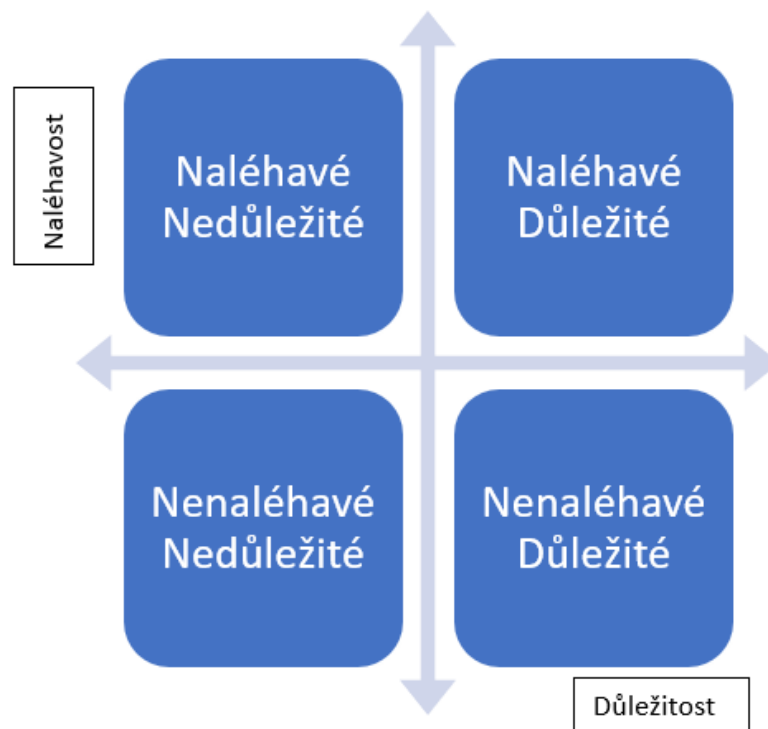
Ukazateli výrobního procesu, projektu, výkonnosti, efektivity jsou ukazatele KPI. Klíčové ukazatele, jenž poskytují rychlý přehled ve sledovaných oblastech. KPI je anglická zkratka pro Key Performance Indicators, česky definované jako klíčové ukazatele výkonnosti. KPI jsou specifické ukazatele, jenž představují systém varování, že něco jde, nebo nejde podle plánu, podle původního očekávání. Hlavní zásadou a faktem, proč používáme KPI ukazatele, je staré moudro, které nám říká: *„Kdo neměří, neřídí. Bez hodnot měření budou naše rozhodnutí pouhými nepodloženými odhady.“* Umíme-li projekt správně změřit, máme velkou šanci projekt dokončit včas a s očekávaným úspěchem (Křivánek, 2019).

3.2 Inovace

Organizace, které chtějí nabídnout svoje produkty a služby svým zákazníkům kvalitněji, rychleji, levněji než konkurence, musí zlepšit ve své společnosti pracovní postupy, metody, přístupy. Nezbytností jsou optimalizace procesů a inovace produktů. Za inovaci se považuje obnova a rozšíření škály výrobků a služeb, vytvoření nových metod výroby, dodávek, distribuce. Inovace jsou spojeny se změnami v řízení, v organizaci práce, v pracovních podmínkách, v kvalifikaci pracovníků. Úspěšná firma musí zavádět změny, učit se, úspěšně řídit inovační projekty (Novák, 2017).

Každá firma, která to myslí s inovacemi vážně, většinou přináší mnoho nápadů, myšlenek a podnětů k inovacím. Na úrovni top managementu však stojí rozhodnutí, která myšlenka bude realizována, která inovace bude dokončena. Konečné rozhodnutí o realizované inovaci je velmi důležité. Inovační management se musí orientovat v nabízených možnostech, musí rozhodnout z hlediska dlouhodobých cílů, které směřují ke splnění firemní vize a poslání. Důležitým úkolem inovačního managementu je rozhodnutí, zda podstoupit inovační úsilí. Na rozhodnutí stojí dva protipóly. Jedním jsou zaběhlé procesy s minimálními náklady, případnými riziky a druhým protipólem jsou inovační projekty generující zisk, ale taky riziko a pro mnoho zaměstnanců práce navíc. Otázkou je, zda je lepší se věnovat stávajícímu zaběhnutému pracovnímu systému, nebo se pustit do změn a inovací. Je třeba posoudit rizika, která jsou s inovacemi spojená. Jde především o časové hledisko, kdy nedostatek času

a zvýšený tlak negativně působí na inovační tým. Mohou být špatně nastavené cíle a metriky, které nemusí odpovídat zamýšlené inovaci. Je třeba počítat i s rizikem neúspěchu, kdy daný úkol a vytýčený cíl nelze splnit a dokončit. Pro inovace je podstatné umět zvážit naléhavost a důležitost inovace v budoucnosti. Z pohledu naléhavosti a důležitosti může být nápomocna matice naléhavosti a důležitosti úkolů zobrazena na obrázku 10 (Novák, 2017).



Obrázek 10 Matice naléhavosti a důležitosti (Novák, 2017)

Většina firem svoje inovační aktivity směřuje do kvadrantu nenaléhavé a důležité. Inovační projekty jsou však pro většinu firem prioritou, a proto bývají inovace zahrnuty do strategických i taktických cílů na následující období. Návrhy inovací jsou znovu přezkoumány z hlediska časové náročnosti, z hlediska finančních zdrojů, z procentuálního posouzení počtu zaměstnanců, kteří se budou inovačnímu projektu věnovat a z hlediska celkového přínosu v budoucnosti společnosti (Novák, 2017).

Aby nápad dával smysl, musí v něm najít smysl i ostatní. Je třeba stanovit cíle, představit problém, doporučit změny, popsat činy a motivovat k rozhodnutí. Činem se změna stane konkrétní, proto je čin pro změnu nezbytný. Musí obsahovat alespoň jeden specifický prvek, který prováděnou změnu charakterizuje. Proměnit naše nápady, názory a myšlenky v konkrétní postupy a činnosti je cesta ke splnění společného cíle (Webster, © 2021). Inspirativní motto Tamsen Webster, 2021: „*Imaginární mlýny neumelou žádnou mouku*“.

3.3 Metody štíhlé výroby

Finanční výsledky a prosperita organizace jsou ukazateli a následky jednání vedoucí k dosažení primárního cíle. Pokud jsou prováděny správné věci správně a ve správný čas, musí se výsledky promítnuté do spokojenosti zákazníků, finančních a provozních ukazatelů dostavit. Pokud se tak neděje, skutečné problémy jsou opomíjeny, nejsou řešeny správně. Velkým problémem je především plýtvání energií a cennými zdroji. Inspirací, jak správně řešit procesy a celé projekty, jsou obsaženy v myšlenkovém systému Lean. Lean myšlení se projevuje schopností umět vidět a popsat problémy, jejichž vyřešení posouvá organizaci blíže k dosažení primárního cíle (Patermann, 2022).

Metoda Lean je součástí celého komplexu principů štíhlé výroby. Štíhlá výroba podobně jako celá filozofie Lean usiluje o zkrácení průběžné doby, eliminaci plýtvání, realizaci činností správně, hned na poprvé, rychleji než ostatní s nejmenšími náklady. K dosažení štíhlého podniku je třeba zahrnout celou řadu optimalizačních postupů, které vedou ke stejnému cíli. Je nezbytně nutné propojit principy logistiky, jenž se zaměřují především na minimalizaci zásob, nejkratší průběžnou dobu výroby, skladování, prodej, dosahování vysoké efektivity, sdílení souvisejících problémů, vyšší úroveň dokonalosti logistických procesů (Jurová a kolektiv, 2016).

Lean je způsob myšlení, vytváření hodnoty za současného snižování nákladů. Je vyjádřením schopností zlepšovat svět za současného snižování potřeby zdrojů, omezování plýtvání. Lean metoda je založená na neustáleném zlepšování, experimentování, hledání nejsnazší cesty ke splnění úkolů a dosažení vytýčených cílů. Lean metoda vyjadřuje přístup založený na respektu každé osobnosti, jedinečnosti a různorodosti lidské společnosti. Lean filozofie obsahuje ideály, principy a metody (Patermann, 2022).

Lean ideály jsou definovány čtyřmi základními body:

- Maximální hodnota výrobků a služeb.
- Ideální cíl je nedosažitelný, proto zlepšování nikdy nekončí.
- Musíme běžet, abychom zůstali na místě.
- Transparentní spolupráce ve všech procesech (Patermann, 2022).

Metoda Lean vychází z principů a výrobního systému společnosti Toyota. Je jasně charakterizována třemi hlavními negativními ukazateli označenými 3M. Muda, Mura, Muri.

Tato tři japonská slova reprezentují největší hrozby a aktivity, které projektové řízení negativně ovlivňují. Je to plýtvání, nerovnoměrnost a přetíženost (Patermann, 2022).

Muda – plýtvání

Mezi plýtvání je zařazena nadvýroba, zmetkovitost, zbytečný transport, nečinné čekání, zbytečný pohyb operátorů, nadbytečné zpracovávání, provádění operací, které nejsou dle standardů, nadbytečné zásoby, skladování materiálu a informací, jež nejsou v daný okamžik potřebné.

Mura – nerovnoměrnost

Nerovnoměrnost se projevuje v plánování výroby, v nerovnoměrném rozmístění operátorů, výrobních mistrů, předimenzování, či naopak poddimenzování výrobních týmů. Nerovnoměrně může být rovněž rozvržená pracovní směna, nerovnoměrná pracnost výrobků mezi jednotlivými zaměstnanci.

Muri – přetíženost

Přetíženost se projevuje na pracovištích, kde je vykázáno větší množství odvedené práce, než je plánovaná kapacita pracoviště. Přetíženost souvisí rovněž se zvedáním těžkých břemen, ve zvládnutí složitých pracovních postupů, práce v nevyhovujících ergonomických podmínkách, stres, hluk, znečištěné pracoviště (Patermann, 2022).

4 METALURGICKÉ PROCESY

Diplomová práce a současně představovaný projekt charakterizuje proces řízeného tuhnutí hliníkových odlitků odlévaných metodou přesného lití za použití vytavitelného voskového modelu. Pro výrobu vysoce kvalitních odlitků pro letecký a automobilový průmysl je nezbytné používat kvalitní suroviny pro přípravu a výrobu odlitků. Vstupní surovinou pro výrobu je metalurgický hliník.

4.1 Hliník

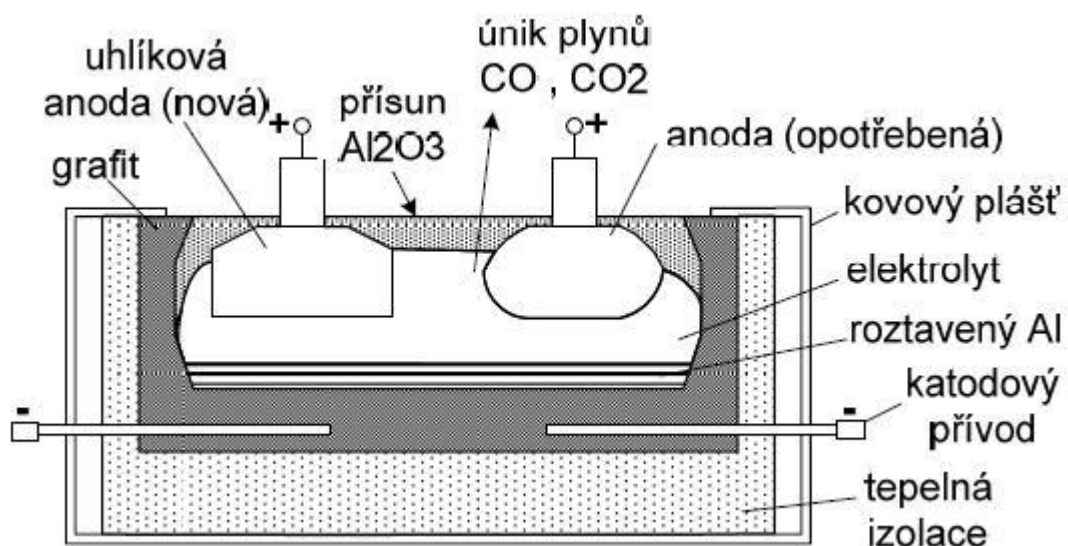
Hliník je lehký kov, stříbrno šedé barvy, jenž je výborným vodičem elektrického proudu, široce používaný v elektrotechnice, strojírenství, hutnictví. Ve formě slitin se hojně používá v leteckém, automobilovém průmyslu nebo ve stavebnictví. Významnými vlastnostmi hliníku jsou především pevnost, tvárnost, dobrá svařitelnost, vysoká odolnost vůči korozi, velmi dobrá elektrická a tepelná vodivost. V přírodě se vyskytuje ve formě sloučenin. Hliník je nemagnetický materiál, který lze snadno recyklovat. Je třetím nejrozšířenějším prvkem na zemi a druhým nejvíce používaným kovem v průmyslové výrobě. Slitiny hliníku se využívají stále častěji a postupně nahrazují slitiny železa, kde je výhodněji využíván poměr hmotnosti a pevnosti. Z chemického hlediska je hliník na rozdíl od železa více odolný vůči působení okolního prostředí, nepodléhá nekontrolovatelnému koroznímu rozkladu, není ovlivněn působením mořské vody. Vlastnosti čistého hliníku jsou však pro konstrukční účely nevyhovující. Pro výrobu odlitků jsou výhradně používány jeho slitiny s jinými kovy. Přísadové prvky, které tvoří slitiny s hliníkem, zvyšují mechanické vlastnosti, především pevnost, tažnost, tvrdost, zlepšují technologické vlastnosti, obrobitelnost, odolnost proti korozi, svařitelnost, lešitelnost, nepropustnost. Mají výhodné slévárenské vlastnosti, kterými jsou zabíhavost, odolnost proti vzniku trhlin a prasklin. Výsledné vlastnosti jsou dány množstvím a vzájemnou kombinací přísadových prvků (Michna, 2010).

Hliník se vyrábí složitou metodou za pomoci alkálií z rudy bauxitu, která je ekonomicky nejvýznamnější využitelnou rudou. Bauxit je hornina složena z hydratovaných oxidů. Obsahuje příměsi silikátů, jílu, usazenin, hydroxidů železa, hydroxidů hliníku. Hornina bauxitu, zobrazena na obrázku 11, se vyskytuje převážně v tropech a subtropích. Evropská naleziště polymorfních modifikací bauxitu se vyskytují v Maďarsku, Černé Hoře, Řecku a na Ukrajině (ELUC, © 2024).



Obrázek 11 Hornina bauxitu (ELUC, © 2024)

Výroba oxidu hlinitého z rudy bauxitu prochází složitým výrobním procesem, jenž je definován technologií Bayerovy metody. Tato technologie vysokotlakého rozkladu bauxitu je založena na loužení bauxitu v recyklovaném alkalickém roztoku o dané koncentraci, tlaku a teplotě. Ruda je nejdříve rozdrčena, rozemleta a smíšena s hydroxidem sodným a vápencem. Vzniklý roztok, bohatý na hliník, je oddělen od pevné složky, červeného kalu. Červený kal se musí opláchnout, vyfiltrovat, oddělit a bezpečně uskladnit. V dalším kroku probíhá krystalizace hydroxidu hlinitého z hlinitanového roztoku za stálého míchání a vzniku oxidu hlinitého v matečném roztoku. Následně probíhá proces odpařování přebytečné vody. Koncovým produktem celého dlouhého, energeticky náročného procesu je jemný bílý prášek, oxid hlinitý. Pevný hliník se v konečné fázi připravuje elektrolýzou oxidu hlinitého v elektrolytických pecích. Tento postup je schematicky zobrazen na obrázku 12.



Obrázek 12 Zpracování hliníku (ELUC, © 2024)

Na kvalitu oxidu hlinitého jako výchozího materiálu pro výrobu elektrolytického hliníku jsou kladeny vysoké požadavky. Metalurgický oxid hlinitý musí mít vysokou chemickou

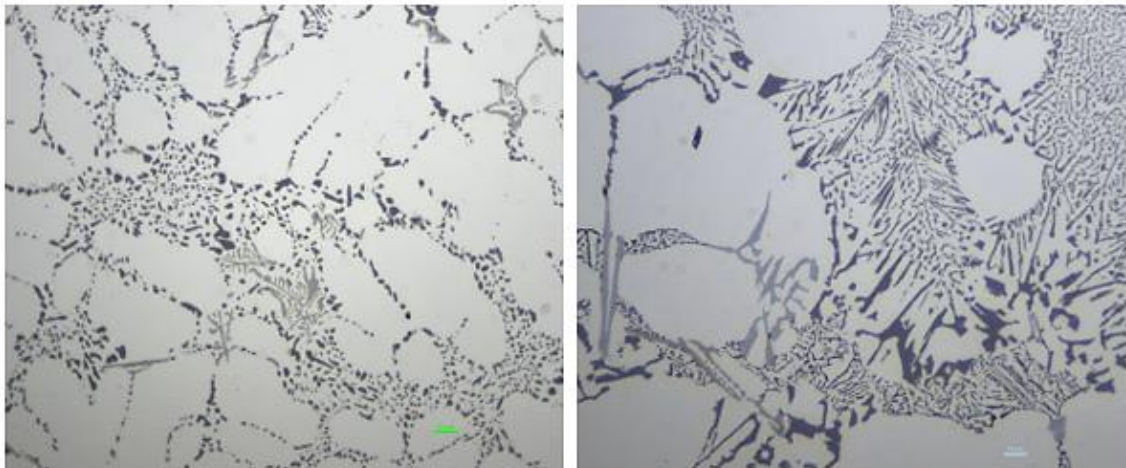
čistotu bez příměsí. Je požadován zejména nízký obsah železa, fosforu, vanadu a křemíku (Michna, 2010).

Metalurgické procesy jsou nejlépe popsány panem docentem Jaromírem Roučkou, CSc., který připravil výukový materiál pro studenty vysokých škol. Tato skripta byla napsána již v roce 2004, ale doposud se jedná o nejlepší zpracování tohoto studijního materiálu, který slouží pro pochopení základních principů metalurgie. Proto i v této diplomové práci je využito údajů z těchto skript pro vysvětlení základních principů metalurgie.

Pro výrobu odlitků se zásadně používají slitiny hliníku, v nichž přísadové prvky výrazně zlepšují technologické vlastnosti. Slitiny obsahují základní prvek, přísadový prvek a prvky doprovodné. Příkladový prvek se základním prvkem vymezují typ slitiny. Struktura slitin je určena tvarem rovnovážných diagramů hliníku a příslušného přísadového prvku. Ve slitinách hliníku bývají přítomny čtyři základní strukturní složky. Homogenní tuhý roztok hliníku, eutektikum, primární fáze přísadového prvku a intermetalické fáze:

- **Homogenní tuhý roztok hliníku** je označován jako alfa – $\alpha(\text{Al})$. Jde o substituční tuhý roztok, v němž atomy přísadového prvku nahrazují jeden nebo více atomů hliníku. Odlišná velikost substitučních atomů způsobuje deformaci původní krystalické mřížky, která se projevuje nárůstem pevnosti a poklesem plastických vlastností. Snižování rozpustnosti přísadových prvků při chladnutí ztuhlého kovu je vlastnost, která umožňuje nejdůležitější způsob tepelného zpracování hliníkových slitin, a tím je vytvrzování.
- **Eutektikum** je tvořeno fází alfa – $\alpha(\text{Al})$ a čistým přísadovým prvkem nebo jeho sloučeninou. Vyskytuje se u všech slévárenských slitin typu siluminy, označovány chemickou značkou Al-Si. Obsah křemíku ve slitinách je vždy vyšší než maximální hodnota rozpustnosti.
- **Primární fáze přísadového prvku** se vyskytuje v případě vyššího obsahu přísadového prvku, než odpovídá eutektickému složení. Tuhnutí začíná vylučováním primární fáze přísadového prvku, které je pozorovatelné pouze u nadeutektických slitin siluminů.
- **Intermetalické fáze** jsou strukturní složky s vlastní krystalickou strukturou. Jedná se o chemické sloučeniny vznikající z přítomných přísadových a doprovodných prvků. Nežádoucím prvkem ve slitinách siluminů je železo, které tvoří hrubé

deskovité útvary, nebo jehlicovité fáze železa, které výrazně zhoršují vlastnosti slévárenských slitin. Zobrazeno na obrázku 13 (Roučka, 2004).



Obrázek 13 Intermetalické fáze (vlastní zpracování za využití Mesit foundry)

Jedním z významných legujících prvků, které tvoří s hliníkem slévárenskou slitinu je křemík. Tato skupina slitin je nazývána siluminy. Siluminy byly poprvé technicky popsány v roce 1856. Do středu pozornosti se však dostaly až počátkem 20. století, pod obchodním názvem Alpax. Svě uplatnění tato slitina našla u odlitků pro automobilový průmysl. V roce 1921, v době objevu siluminového efektu, kdy došlo k prvnímu pozorování modifikačního účinku prostřednictvím solí alkalických kovů a následně uznání patentu v roce 1932 Aladarem Paczem, byl popsán modifikační efekt změny morfologie částic křemíku z jehlic na malé zaoblené částice. Tato teorie je popsána jako princip adsorpce aktivní látky modifikátoru na povrchu zárodku krystalující fáze křemíku. Díky této skutečnosti dochází k zabránění přístupu dalších atomů křemíku. Na základě opakovaných expertíz je dokázáno, že siluminy v nemodifikovaném stavu vytvářejí hrubé hexagonální destičky, zatímco správně provedená modifikace výrazně mění morfologii částic křemíku na velmi jemné globulární útvary. Tato změna je nejvýznamnějším objevem a předpokladem pro výrazné zlepšení mechanických vlastností slitin, zejména je pozorována u zvýšené tažnosti (Cais at al, 2017).

4.2 Řízené tuhnutí odlitků

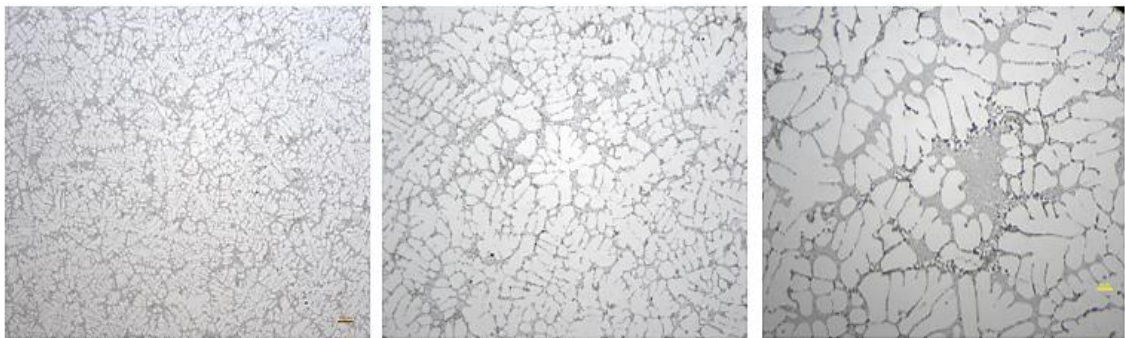
Tuhnutí je proces, při kterém dochází vlivem ochlazování kovu k přechodu tekuté fáze na fázi pevnou. Z hlediska řízení vlastností odlitku a technologie výroby nás zajímá, jak dlouho tento proces trvá. Tvorba krystalizačních zárodků, jejich růst a jejich regulace je jedním ze základních parametrů, které ovlivňují vnitřní kvalitu odlévaných hliníkových odlitků.

Nezbytnou podmínkou krystalizačního procesu je termodynamická stabilita. Je nezbytně nutné zachovat a udržet tekutou a tuhoun fázi v termodynamické rovnováze. Pro výrobu vysoce kvalitních odlitků je důležitým parametrem a nezbytnou podmínkou proces přípravy taveniny, úprava taveniny, legovací přísady, samotný způsob tavení, technologie odlévání. Jednotlivé fáze procesu odlévání mají přímý vliv na mechanické vlastnosti odlitků a jejich vnitřní strukturu a kontrolovanou homogenitu (Roučka, 2004).

Podle profesora Ing. Zemčíka, CSc., jenž prezentuje metody řízené krystalizace odlitků svým studentům na přednáškách FSI VUT v Brně, je možné využít různé způsoby řízené krystalizace. Vždy je důležité správně využít fyzikální a chemické vlastnosti materiálů, technické možnosti dané společností a nemalé finanční náklady pro zvolenou techniku řízené krystalizace. Pan profesor Ing. Zemčík, CSc. představuje jako jednu z možností řízené krystalizace princip oscilace. Zjednodušený postup lze popsat jako roztočení formy, následné brždění formy, kdy dochází ke tření roztočené taveniny o stěnu formy. Těžká tavenina si zachovává rotaci doprava, ale forma se už točí doleva. Třením taveniny o stěny formy se lámou větve dendritů a vzniká jemnozrná struktura. Tuto funkci využívá jako patent od roku 1986 firma První brněnská strojírna Velká Bíteš při výrobě velkých turbínových kol. Druhou možností je využití rotujícího magnetického pole. Tento princip lze zjednodušeně popsat jako zapojení formy na střídavý proud, kdy forma se stává státorem a tavenina je rotorem připojená nakrátko. Stator tvoří rotující magnetické pole. Tavenina se roztočí, naráží na stěny formy a dochází k ulamování větví dendritů, kdy je možné definovat počátek krystalizace. Proces rotujícího magnetického pole je velmi náročný a využívá se většinou pro výrobu super slitin, kde je snahou získat rovnoosou strukturu. Další velmi zajímavou metodou by mohlo být využití ultrazvuku. Při použití této metody by se dalo využít kmitání částic v prostředí taveniny. Rozkmitaná tavenina by opět způsobila ulamování větví dendritů a následně vznik rovnoosé struktury. Na tento způsob existuje více názorů a vysvětlení. Odborníci se shodují, že ultrazvukovou metodu je možné využít a je snahou tuto technologii zapracovat více do praxe (Zemčík, 2021).

Odlévaný materiál v průběhu tuhnutí získává negativní vlastnosti, jenž mají přímý vliv na výsledné hodnocení kvality odlitků. Průběh krystalizace lze rozdělit na dvě základní skupiny. Na homogenní a heterogenní. Homogenní, spontánní krystalizace vzniká na vlastních zárodcích, kdy tuto funkci plní překrystalizační shluky. Homogenní krystalizaci lze pozorovat jenom při vhodných podmínkách a hodnotách přechlazení, je závislá na velikosti plochy rozhraní zárodek – tavenina, na hodnotě povrchového napětí na rozhraní

tavenina – krystal. V praxi obvykle homogenní krystalizace neprobíhá. V praxi se setkáváme s krystalizací heterogenní, vynucenou, která probíhá za výhodných energetických podmínek mechanismem heterogenní nukleace na cizích zárodcích. Krystalizačními zárodky mohou být oxidy, spinely, stěna formy, volné částice v tavenině. Pokud probíhá nukleace krystalů na méně vhodných zárodcích, je nutné vysoké přechlazení. Pokud dochází k chladnutí pomalému, buď se některé zárodky neaktivují vůbec, nebo vzniká nežádoucí hrubozrnná struktura. Cílem je vytvoření jemnozrnné struktury odlitků, zobrazené na obrázku 14, která je předpokladem pro zajištění výborných mechanických vlastností (Roučka, 2004).



Obrázek 14 Dendritická struktura (vlastní zpracování za využití Mesit foundry)

Dosažení výsledné jemnozrnné vnitřní struktury odlitků je možné několika způsoby. Nejdůležitější fází přípravy kvalitní taveniny je proces očkování a modifikace taveniny. Modifikace a očkování jsou nezbytnou součástí každé přípravné fáze kvalitní taveniny. Příměsi vnášené do taveniny působí jako aktivní podložky pro krystalizaci. Jsou označeny jako očkovačla. Mohou to být předslitiny titanu, bóru, kombinací titanu a bóru. Vnesené zárodky zjemňují primární zrna, což je oblast struktury, která vznikla z jednoho krystalizačního zárodku. Pokud dojde k aktivaci malého počtu zárodků, tak vzniká struktura hrubozrnná. Pokud dojde ke správnému procesu, k aktivaci velkého počtu zárodků, tak vzniká požadovaná jemnozrnná struktura. Velikost zrn primární fáze je důležitý parametr, který je rozhodující pro technologické vlastnosti hliníkových slitin. Každé zrno je tvořeno dendrity, jenž tvoří dendritickou strukturu. Nejdůležitějším kritériem pro popis dendritické struktury je vzdálenost sekundárních os dendritů. Čím jemnější je struktura, tím příznivěji je rozložena mikroporozita, vznikají menší částice intermetalických vměstků. Správně provedené očkování se projeví na zlepšených mechanických vlastnostech. Zejména je možné pozorovat vyšší pevnost, tažnost, menší pórovitost odlitků, zvýšenou těsnost, lepší obrobitelnost, lepší vlastnosti po tepelném zpracování (Roučka, 2004).

Druhým velmi významným procesem přípravy taveniny je modifikace. Modifikace vzniká za přítomnosti modifikačních prvků, z nichž se nejčastěji používá sodík a stroncium. Modifikací se dosahují výrazně lepší mechanické a plastické vlastnosti, zejména tažnost, houževnatost. Velmi významným a nejsilnějším prvkem pro přípravu dobře připravené slévárenské slitiny je sodík. Vliv modifikace nezáleží na přítomnosti modifikačního prvku, ale na výsledné dosažené struktuře. Vliv modifikace je velmi silný. Lze jednoznačně určit, zda pozorovaná slitina je modifikována, či nemodifikována pomocí metalografického zobrazení. Z experimentů vyplývá, že tažnost lineárně klesá s přibývajícím časem. Bezpečná doba modifikačního účinku při použití nejčastěji používaného sodíkového přípravku je 25 minut (Kaňa a Halaška, 2019).

Cílem modifikace a očkování je dosažení změn pozorovatelných jak v mikro, tak makrostruktuře slitin, kdy se nesmí výrazně ovlivnit chemické složení připravované taveniny. Cílem je zjemnění primárního zrna a primárně vyloučených fází. Výslednou strukturu odlitků lze ovlivnit několika možnými způsoby. Přísadou aktivních prvků, přehřátím taveniny a prudkým ochlazením na teplotu lití, změnou fyzikálních podmínek tuhnutí odlitku nebo prudkým ochlazením odlitku ihned po odlití (Roučka, 2004).

Princip prudkého ochlazení odlitku ihned po odlití, kdy se v tavenině aktivují i zárodky energeticky méně výhodné, jsou předmětem vývoje a výzkumu ve vybrané společnosti a součástí předkládané diplomové práce.

V Evropě jsou slévárny, které mají aplikované řízené tuhnutí v procesu odlévání. Tyto procesy jsou však velmi striktně hlídány a jsou součástí patentového řízení. Jednou z firem, která má zvládnutou technologii odlévání hliníkových odlitků je německá firma Cirex, která pro proces odlévání užívá patentovanou značku SOPHIA®. Proces SOPHIA® byl vyvinut pro výrobu hliníkových odlitků na vytavitelný model s velmi sofistikovanou tloušťkou stěny a jednotnou mikrostrukturou. To umožňuje firmě dosáhnout lepších statických vlastností a dynamických charakteristických hodnot. Parametry jsou přizpůsobeny geometrii součásti a vedou ke kontrolovanému a rychlejšímu tuhnutí. (CIREX, © 2023).

5 ZÁVĚREČNÁ KAPITOLA TEORETICKÉ ČÁSTI

Teoretická část diplomové práce zpracovává problematiku managementu rizik. V první kapitole je podrobněji zpracován tematický rámec managementu rizik, rizikologie a řízení rizik. Jednotlivá témata se věnují rizikům ekonomickým, ekologickým, technologickým a bezpečnostním. Pro zpracování teoretické části je využívána dostupná literatura a platné normy k danému tématu řízení rizik. Jednotlivá rizika charakterizují aktuální problematiku a nejnovější trendy rozvoje jednotlivých oblastí. Rizika ekonomická stručně představují problematiku finanční analýzy, opírají se o finanční ukazatele, jež jsou důležitými faktory pro hospodaření každé firmy. Ekologická rizika specifikují problematiku biodiverzity, stavu životního prostředí, udržitelnosti, představují výsledky studie o souhrnném svědectví naší planety. Technická rizika podrobněji popisují teorii spolehlivosti spojenou s bezpečností, údržbou, bezporuchovostí, pohotovostí strojů a zařízení. Bezpečnostní rizika jsou neodmyslitelně spojena s otázkami bezpečnosti a ochrany zdraví při práci, s prevencí úrazů a používáním osobních ochranných pracovních pomůcek.

Druhá kapitola specifikuje základní terminologii z oblasti řízení rizik za využití normy ČSN ISO 31000 a ČSN EN IEC 31010 a webové platformy OiRA. Jsou popsány základní charakteristiky a principy využití jednotlivých metod pro zpracování analýzy rizik, jež jsou použity pro diplomovou práci, včetně definování silných a slabých stránek použitých metod.

V třetí kapitole, nazvané Od nápadu k realizaci, je zpracována základní terminologie projektového řízení, inovací, metod štíhlé výroby, je představena metoda Lean. Myšlenky inovací a nových projektů jsou inspirovány motivy Tomáše Bati, který inspiruje k rozvoji myšlenek, nápadů, osobnímu rozvoji, spolupráci, umění jednat s lidmi.

Ve čtvrté kapitole jsou specifikovány metalurgické procesy, je představen princip unikátní technologie řízeného tuhnutí odlitků. Podrobněji, za přispění výukových materiálů o metalurgii, sepsány panem docentem Roučkou CSc., jsou vysvětleny základní principy metod řízeného tuhnutí odlitků. Pomocí rozsáhlé encyklopedie je podrobněji popsán chemický prvek hliník a jeho využití z pohledu metalurgie. Teoretické poznatky k danému tématu jsou doplněny fotografiemi z metalografického mikroskopu.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

6 PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI

Společností, ve které probíhal vývoj, výzkum a implementace nového technologického zařízení, a zároveň se stala inspirací pro zpracování diplomové práce, je firma MESIT machinery, a.s., odštěpný závod foundry, Uherské Hradiště, (dále Mesit foundry a.s.).

Mesit foundry a.s. je dceřinou společností akciové společnosti MESIT holding a.s., jenž je holdingovým seskupením obchodních společností se sídlem v Uherském Hradišti, které navazuje na činnost československého národního podniku MESIT s tradicí výroby letecké přístrojové a komunikační techniky sahající do roku 1952. Většina dceřiných společností holdingu má sídlo v jednom moderním integrovaném areálu a tyto společnosti jsou přímými nositeli více než 70leté tradice vývoje a výroby leteckých přístrojů, radiokomunikační měřicí a výpočetní techniky, plošných spojů, přesných odlitků, forem, nástrojů a přesných strojních součástí. Letecký snímek celého areálu MESIT je zobrazen na obrázku 15 (MESIT, © 2024).



Obrázek 15 Letecký snímek celého areálu MESIT (MESIT, © 2024)

Mesit foundry a.s. těží z mnohaletých zkušeností výroby odlitků vyráběných metodou vytavitelného voskového modelu. Hlavní ekonomickou činností Mesit foundry a.s. je slévárství, jenž je zařazeno do sekundárního výrobního sektoru. Výrobní program je zaměřen na technologicky náročné, tenkostěnné, přesné odlitky ze slitin hliníku s vysokopevnostními požadavky. Hliníkové odlitky vyrobené ve společnosti Mesit foundry a.s. mohou být na žádost zákazníka tepelně zpracovány, obrobeny a finálně chráněny povrchovou ochranou. Největšími odběrateli slévárenských produktů se stávají zákazníci

z oblasti leteckého průmyslu, elektrotechniky, dopravního průmyslu, zdravotnické techniky, kde jsou splněny nejpřísnější požadavky kvality výrobků. Výrobky nacházejí uplatnění v kvalitativně náročných výrobních oborech. Na obrázku 16 jsou zobrazeny dva hliníkové odlitky vyráběné v sériové produkci firmy Mesit foundry a.s. Oba díly jsou určeny na export do strojírenské společnosti v Německu, kde jsou dále opracovány, namontovány a stávají součástí laboratorního zařízení určeného pro zdravotnictví (Mesit foundry, © 2024).

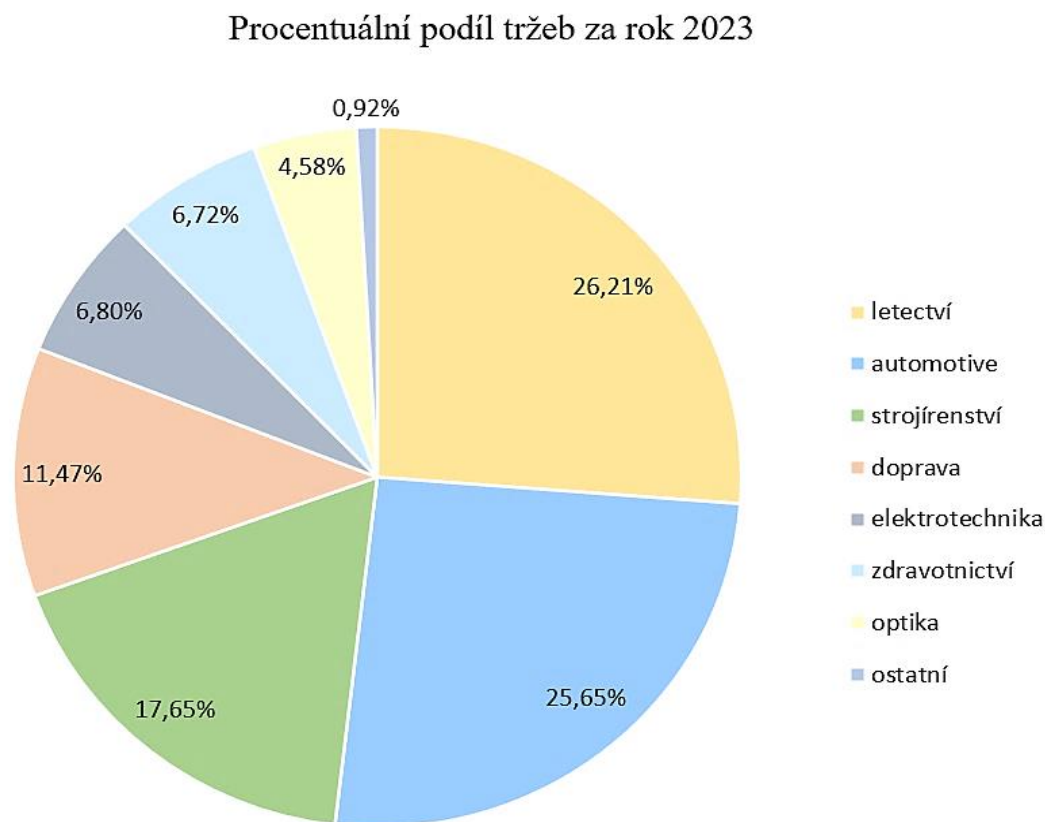


Obrázek 16 Hliníkové výrobky (Mesit foundry, © 2024)

Stabilní pozornost je věnována zabezpečování kvality všech vzájemně propojených procesů, za trvalé podpory procesu neustálého zlepšování. V roce 1998 byla společnost certifikována dle normy ČSN EN ISO 9001. Vzhledem k rostoucím požadavkům zákazníků z řad leteckého průmyslu, rozšířila firma svoji certifikaci o normu AS EN 9100 pro rozvoj systému managementu kvality (Mesit foundry, © 2024).

Zákazníci z leteckého průmyslu tvoří největší skupinu zákazníků ze všech oblastí, se kterými firma dlouhodobě spolupracuje. V následujícím přehledu je zobrazen procentuální podíl tržeb sledovaných oborů. Největším podílem tržeb je zastoupena oblast letectví 26,21 %, odvětví automotive tvoří 25,66 %, strojírenství 17,65 %, doprava 11,47 %, elektrotechnika 6,8 %, zdravotnické obory 6,72 %, optika 4,58 % a ostatní obory zastupují 0,92 %. Graf s procentuálním podílem všech oborů, specifikující výsledky tržeb z roku 2023, je zobrazen

na obrázku 17. Ve firmě Mesit foundry a.s. je k datu 15.3.2024 zaměstnáno 104 osob (Mesit foundry, © 2024).



Obrázek 17 Procentuální podíl tržeb podle oborů (Mesit foundry, © 2024)

V roce 2018 došlo k propojení firem MESIT holding a.s. se společností Omnipol a.s. Akciová společnost Omnipol a.s., dříve Škodovy závody v Plzni, založena v roce 1934, zavádí pro prodej svých výrobků mezinárodní síť poboček. Po období hledání nové identity a obchodních příležitostí v 90. letech se společnost zaměřila na obchod s Hi-Tech produkty s vysokou přidanou hodnotou a na investice do českých tradičních výrobců. V roce 2011 proběhlo spojení se společností ERA, která se zabývá vývojem a výrobou pasivních sledovacích systémů a navazuje na jejich historický vývoj v podniku Tesla Pardubice. V roce 2018 byla propojena společnost Omnipol a.s. se společností MESIT holding a.s. Pro návrh spojení těchto dvou společností se vycházelo ze 70leté zkušenosti výroby produktů z řad leteckého a obranného průmyslu, kterou MESIT holding nabízí s cílem vytvoření silné partnerské sítě, pro rozvoj a dosažení společného firemního úspěchu českých firem (Omnipol, © 2024).

Výrobky značky MESIT machinery a.s., odštěpný závod foundry se vyznačují vysokou kvalitou a spolehlivostí a jsou úspěšně aplikovány ve významných výrobních programech. Vedení společnosti v souladu s firemní strategií vyhláší tuto politiku jakosti:

- *Zlepšovat efektivnost všech procesů společnosti na základě výsledků získaných z jejich měření, monitorování a analýz.*
- *Orientace na zákazníka se snahou vyvíjet maximální úsilí při řešení potřeb a požadavků našich zákazníků, nabízet nákladově výhodná řešení a neustále zlepšovat ekonomickou efektivnost a kvalitu výrobků a služeb.*
- *Zvyšovat míru spokojenosti zákazníků prostřednictvím vysoké kvality nabízených výrobků a produktů, pevné termíny dodávek, příznivé ceny, dodávkovou spolehlivost, včetně profesionálního přístupu všech zaměstnanců společnosti.*
- *Dosahovat vysoké produktivity a rentability, minimalizovat náklady na nekvalitní produkci a poplatky způsobené dopadem činností na životní prostředí nebo poškozením zdraví zaměstnanců (MESIT, © 2024).*

Firma Mesit foundry a.s. si uvědomuje nutnost inovací do nových technologií, rozvoje technického zázemí, investic do zařízení s výraznou regulací energetické spotřeby, modernizaci energeticky úspornějších výrobních strojů a technologických zařízení. Zaměřuje se na vývoj a výzkum slévárenských technologií. Společnost od roku 2011 pravidelně využívá dotačních programů za podpory Evropské unie, ministerstva průmyslu a obchodu, Technologické agentury České republiky. Spolupracuje s vysokými školami na vývoji a výzkumu. Rovněž nové pracoviště řízeného tuhnutí odlitků bylo pořízeno za podpory Evropské unie a Ministerstva průmyslu a obchodu České republiky (Mesit foundry, © 2024).

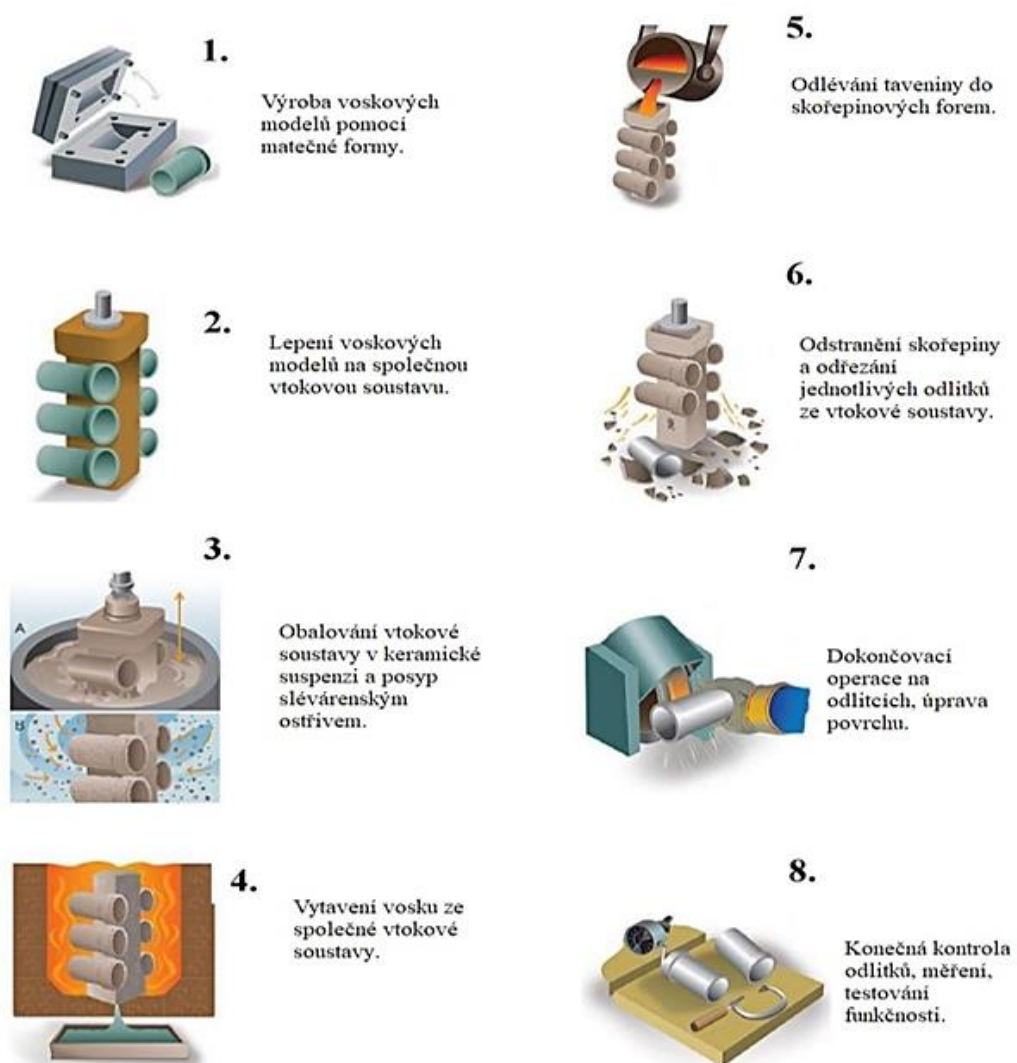
Nově implementované robotizované pracoviště pro proces odlévání odlitků metodou řízeného tuhnutí do výrobního provozu je zobrazeno na obrázku 18. Robotizované pracoviště, které je předmětem vývoje a výzkumu a inspirací pro zpracování diplomové práce, je zařazeno do výroby ve zkušebním provozu. Jeho funkčnost je chráněna Užitným vzorem, zapsáno Úřadem patentového vlastnictví v Praze. Úřad spolupracuje s mezinárodními organizacemi a národními úřady jednotlivých států na poli průmyslového vlastnictví. Jako orgán veřejné správy je Úřad rovněž gestorem mezinárodních smluv na ochranu průmyslového vlastnictví, jimiž je Česká republika vázána. Do jeho působnosti náleží také podpora rozvoje a ochrany průmyslového vlastnictví (Vynález.cz, © 2024).



Obrázek 18 Robotizované pracoviště řízeného tuhnutí (Mesit foundry, © 2024)

7 VYHODNOCENÍ RIZIK V PRAXI

V praktické části diplomové práce jsou aplikovány základní metody analýzy rizik používané ve výrobním procesu. Metoda Check list zpracovává obecné hodnocení z oblasti BOZP a problematiku slévárenství, analýza What If plynule navazuje na metodu Check list, kde jsou analyzovány příčiny, následky a návrhy na minimalizaci rizik v procesu. Tepelná mapa matice rizik dokresluje výsledky předchozích zpracovaných metod analýzy rizik, vyhodnocuje rizika z pohledu pravděpodobnosti výskytu a možného dopadu. Metoda FMEA zpracovává nedostatky, možné selhání procesu odlévání, které mohou negativně ovlivnit výslednou kvalitu výrobků v sériové produkci. Na obrázku 19 je graficky zobrazeno schéma celého procesu výroby odlitků metodou vytavitelného vosku. Schéma zobrazuje osm základních procesů, které jsou neoddělitelnou součástí výroby každého odlitku.



Obrázek 19 Schéma výroby odlitků (vlastní zpracování za využití Mesit foundry)

Schéma na obrázku 19 zobrazuje základní kroky procesu výroby, které jsou součástí výroby odlitků zpracovávaných metodou vytavitelného vosku. V první fázi je třeba vyrobit voskový model z duralové formy, který je podkladem a přesnou kopií budoucího hliníkového odlitku. Druhou fází je výroba vtokové soustavy, která je nositelkou voskových modelů na společné a vhodně technologicky navržené rozvodné soustavě. Celá vosková vtoková soustava se dále zpracovává ve speciální keramické suspenzi a slévárenském písku. Opakovaným nanášením keramické suspenze a písku je vytvořena pevná keramická skořepinová forma. Keramická skořepinová forma následně vytvoří potřebný tvar pro budoucí odlévání hliníkových odlitků. Ve čtvrté fázi dochází k vytavení použitého vosku z keramické skořepinové formy za vysokého tlaku a teploty v tlakové nádobě, nazývané bojlerkláv. Zde nastává okamžik odstranění přebytečného vosku, který charakterizuje princip metody ztraceného vosku. Metoda je známá, podle archeologických nálezů, minimálně 5000 let, kdy její historie je zařazena do mladší doby bronzové. Tehdejší výrobci využívali pravděpodobně směs včelího vosku, loje a písku. Pátá fáze výroby představuje proces odlévání odlitků do připravené keramické formy. Skořepinová forma je nahřívána na teplotu 680 °C a teplota správně ošetřené taveniny určené k odlévání je připravena při teplotě 740 °C. Po ochladnutí kovu vstupuje proces výroby do další fáze, a to odstranění zbytků skořepinové keramiky, rozřezání odlitků od vtokové soustavy a očištění každého odlitku pískováním. Téměř všechny odlitky jsou následně zabroušeny, zkalibrovány, tepelně zpracovány a finálně připraveny ke konečné kontrole. Poslední fází výroby odlitků je vizuální kontrola každého kusu, měření, rentgenová kontrola, vyhodnocení mechanických vlastností výrobků. Pokud jsou splněny všechny požadavky zákazníků a odlitek je kvalitativně vyhovující, je vystaven certifikát kvality a výrobky jsou předány na expedici k odeslání zákazníkům. Toto schéma je rovněž zobrazeno graficky pomocí tokového diagramu, zobrazeného na obrázku 20 a 21.

7.1 Vývojový diagram

Vývojový diagram slouží ke grafickému znázornění jednotlivých kroků pracovního postupu anebo k vyjádření postupných aktivit procesu. Je sestaven ze symbolů a značek, které mají jasně definovaný význam. Jednotlivé symboly jsou vzájemně propojeny pomocí šipek, jenž ukazují směr toku procesu. Vývojový diagram je nazýván tokovým diagramem, anglickým výrazem Flow Chart. Pro zpracování tokového diagramu je vhodné využít webový prohlížeč, či vhodný software. Vývojový diagram v diplomové práci je sestaven pomocí webového prohlížeče draw.io, což je technologický zásobník pro vytváření aplikací ke tvorbě diagramů (draw.io, © 2023).

Základní symboly a jejich definovaný význam dle draw.io (© 2023):

Obdélník se zaoblenými rohy zobrazuje funkci začátku a konce vývojového diagramu.



Obdélník, nebo čtverec definuje dílčí krok nebo aktivitu procesu.



Kosočtverec zobrazuje rozhodnutí, či větvení postupu v závislosti na splnění podmínky.



Tento symbol představuje dokument, jenž je výstupem z daného procesu.



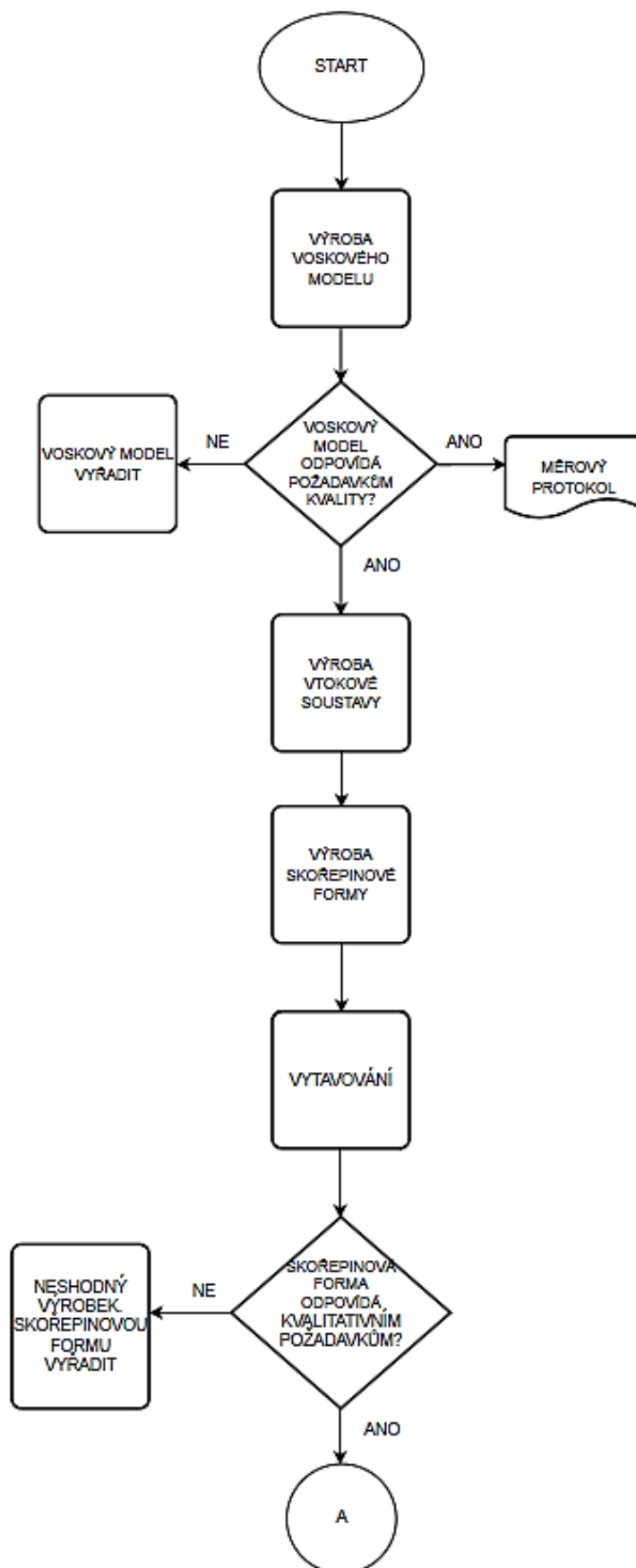
Kruh je spojnicí, která symbolizuje přechod mezi jednou a druhou částí diagramu.



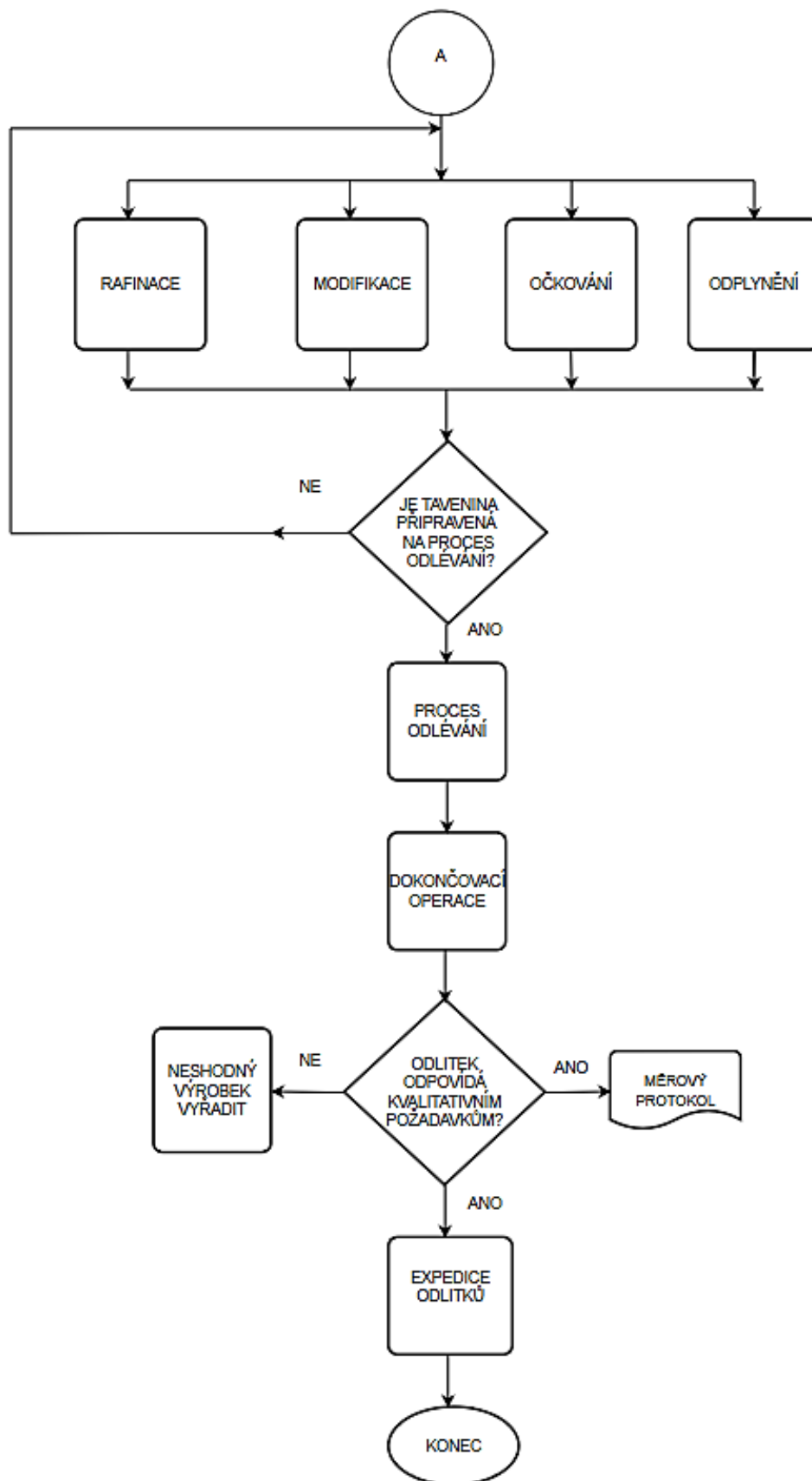
Šipka určuje směr zpracování.



Pro hlavní charakteristiku výrobního procesu v Mesit foundry a.s. je zpracován vývojový diagram, zobrazen na obrázku 20 a 21. Tokový diagram je grafickým zobrazením procesu výroby, který zobrazuje osm základních procesů výroby odlitků, které jsou podrobněji popsány u schématu obrázku 19. Tokový diagram zobrazuje základní procesy výroby odlitků metodou vytavitelného vosku, kde jsou charakterizovány jednotlivé fáze procesu výroby: výroba voskového modelu, výroba vtokové soustavy, výroba keramické skořepinové formy, proces vytavování vosku, příprava taveniny, proces odlévání, odstranění skořepiny a dokončovací operace, kontrolní operace a expedici hotových výrobků na sklad. Hlavní výrobní procesy jsou doplněny mezioperačními kontrolami, které symbolizují proces rozhodování. Na základě mezioperačních kontrol je rozhodnuto o dalším výrobním procesu. Pokud je součástí mezioperační kontroly požadován protokol o provedené zkoušce a jejím výsledku, je výstup procesu doplněn měrovým protokolem, certifikátem kvality, či jiným dokumentem. Pokud je proces rozhodování negativní, je vyráběná část odlitku označena za neshodnou a je vyřazena z výrobního procesu v dané fázi výroby.



Obrázek 20 Vývojový diagram – 1. část (vlastní zpracování za využití Mesit foundry)



Obrázek 21 Vývojový diagram – 2.část (vlastní zpracování za využití Mesit foundry)

7.2 Check list

Kontrolní seznam je vypracován pomocí webové platformy Online interaktivního hodnocení rizik, OiRA. Kontrolní seznam obsahuje otázky z obecného hodnocení a je doplněn otázkami pro oblast slévárenství, vztahující se k instalaci nového zařízení na pracoviště odlévání v Mesit foundry a.s. Otázky jsou tvořeny z okruhů: systém BOZP, prevence, kategorizace prací, systém požární ochrany, kontrolní činnost, školení a výcvik, pracovnělékařské služby, první pomoc, pracovní úrazy, nemoci z povolání, osobní ochranné pracovní prostředky, bezpečnostní značení, pracoviště, komunikace, podlahy, evakuace, technická zařízení, chemické látky a směsi. V tabulce 2 je vytvořen kontrolní seznam pro pracoviště slévárny Mesit foundry a.s., výsledky analýzy jsou zaznamenány pomocí kladných nebo záporných odpovědí ANO/NE.

Tabulka 2 Metoda Check list (vlastní zpracování za využití Mesit foundry)

Číslo otázky	Otázka	Odpověď ANO	Odpověď NE
1	Dokumentace BOZP je vypracována?	✓	
2	Postup pro mimořádné události je stanoven?	✓	
3	Lhůty a termíny školení jsou sledovány?	✓	
4	Zaměstnanci se účastní řízení BOZP?	✓	
5	Zajišťuje způsobilá osoba úkoly v prevenci rizik?	✓	
6	Vyhledávání a hodnocení rizik bylo provedeno?	✓	
7	Kategorizace prací je provedena pro všechny pozice?	✓	
8	Rizikové práce jsou evidovány?	✓	
9	Požární bezpečnostní řešení je zpracováno?	✓	
10	Roční prověrka BOZP je prováděna?	✓	
11	Pracoviště se pravidelně kontrolují?	✓	
12	Provádí se pravidelná školení BOZP?	✓	
13	Zdravotní prohlídky zaměstnanců se provádějí?	✓	
14	Knihy úrazů je vedena?	✓	
15	Zaměstnancům jsou poskytovány OOPP?	✓	
16	Zaměstnancům jsou poskytovány ochranné nápoje?	✓	
17	Pracoviště jsou vybavena pro poskytnutí první pomoci?	✓	
18	Nebezpečná místa jsou značena šrafováním?	✓	

Číslo otázky	Otázka	Odpověď ANO	Odpověď NE
19	Hlavní uzávěry energií jsou označené a volně přístupné?	✓	
20	Komunikace jsou vyznačeny?	✓	
21	Povrch podlah je bezpečný?	✓	
22	Únikové cesty a komunikace jsou volné?	✓	
23	Postup k evakuaci je stanoven?	✓	
24	Technická zařízení mají předepsané revize, kontroly, zkoušky a údržbu?	✓	
25	Provádějí se všechny předepsané revize, kontroly, zkoušky a údržba ve stanovenou dobu?	✓	
26	Provozní dokumentace je vedena pro všechna technická zařízení?	✓	
27	Zaměstnanci jsou seznámeni s obsluhou technických zařízení?	✓	
28	Přívody elektrické energie a elektroinstalace jsou nepoškozené a nepřestávají nebezpečí?	✓	
29	Bezpečnostní listy pro všechny používané chemické látky a jejich směsi jsou k dispozici?	✓	
30	Používané chemické látky jsou zdraví neškodlivé a pro životní prostředí bezpečné?	✓	
31	Nová chemická látka určená pro řízené tuhnutí je pro ekologii šetrná a neprodukuje znečišťující odpad?	✓	
32	Významové piktogramy jsou umístěné na všech pracovištích a technických zařízeních?	✓	
33	Stavba pro nové zařízení je zkolaudována v souladu s účelem, pro který se používá?	✓	
34	Místo pro obsluhu nového stroje splňuje prostorové i ergonomické požadavky?		✓
35	Nové pracoviště je umístěné na vhodném prostoru?		✓
36	Nehrozí riziko kontaktu s nebezpečnými částmi stroje?	✓	
37	Ovladače stroje nejsou v nebezpečném prostoru, jsou dobře viditelné a ovladatelné?	✓	
38	Na pracovištích se provádí pravidelný úklid a údržba?		✓
39	Na novém pracovišti je zajištěna dostatečná výměna vzduchu?		✓

Číslo otázky	Otázka	Odpověď ANO	Odpověď NE
40	Pracoviště je dostatečně osvětleno?		✓
41	Průhledné dveře a stěna jsou označeny?	✓	
42	Nové zařízení je označeno bezpečnostními značkami?	✓	
43	Jsou nainstalována ochranná zařízení na novém zařízení a jejich ochranné funkce jsou dostatečně uzpůsobeny k používání?	✓	
44	Je dostatečně zabezpečen přívod vody do chladicího okruhu pro nové zařízení?		✓
45	Je dostatečně zabezpečen odvod zplodin při používání nového stroje?		✓
46	Ochranné kryty jsou vyrobeny z vysokopevnostního materiálu, který se nepoškodí teplem?		✓
47	Používá obsluha všechny osobní ochranné pracovní prostředky, tak jak má stanoveno?		✓
48	Je připraven pracovní předpis pro obsluhu zařízení s fotodokumentací?	✓	
49	Obsluha je proškolená na bezpečné používání nového zařízení?	✓	
50	Obsluha nového zařízení je schopna provádět základní údržbu?	✓	
51	Nové zařízení je vybaveno zvukovou a vizuální signalizací?	✓	
52	Je dostatečně zabezpečen sběr používané provozní kapaliny?		✓
53	Je dostatečně zabezpečen odtok používané kapaliny?		✓
54	Je umožněn pohodlný přístup pro údržbu stroje?		✓
55	Manipulace a ovládání dveří je snadné a bezproblémové?		✓
56	Nové zařízení ve zkušebním provozu vyhovuje navrženým pracovním podmínkám?		✓
57	Úprava nového zařízení před spuštěním do sériové výroby není požadována?		✓

Tabulka 3 zobrazuje hodnocení výsledků kontrolního seznamu. Je zobrazeno procentuální vyhodnocení kladných odpovědí a slovní ohodnocení sledovaného kritéria.

Tabulka 3 Hodnocení výsledků kontrolního seznamu (vlastní hodnocení)

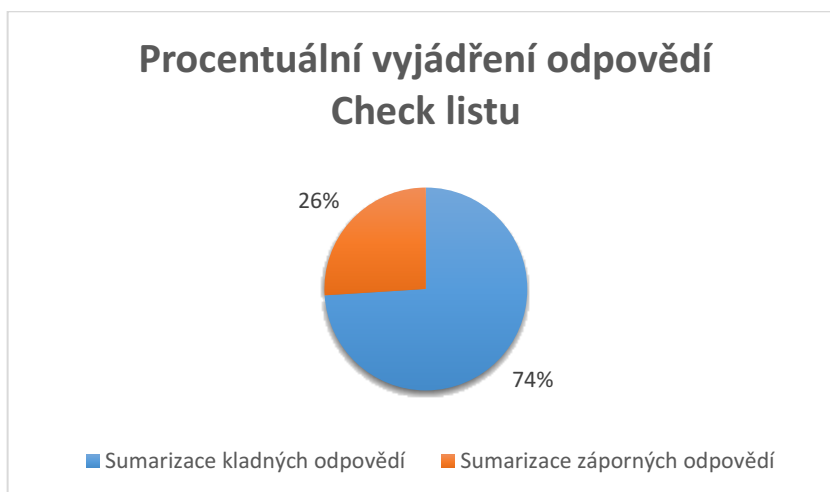
Kladné odpovědi v procentech	Hodnocení sledovaného kritéria
100–91	Výborný výsledek
90–71	Velmi dobrý výsledek
70–51	Dobrý výsledek
50–31	Špatný výsledek
30 a méně	Velmi špatný výsledek

Tabulka 4 zobrazuje sumarizaci počtu odpovědí, počet kladných a záporných odpovědí.

Tabulka 4 Sumarizace odpovědí kontrolního seznamu (vlastní hodnocení)

Sumarizace odpovědí	Počet odpovědí	Procentuální vyjádření
Celkový počet odpovědí	57	100 %
Kladné odpovědi	42	74 %
Záporné odpovědi	15	26 %

Na obrázku 22 je graficky znázorněno procentuální vyjádření kladných a záporných odpovědí analýzy Check list.



Obrázek 22 Graf – Procentuální vyjádření odpovědí Check listu

Z výsledků kontrolního seznamu vyplývá, že sériová výroba je z hlediska bezpečnosti a technické vybavenosti připravena velmi dobře. Celkové hodnocení kladných odpovědí je 74 %. Ani jedna odpověď z pokládaných všeobecných otázek není negativní. Negativní odpovědi jsou spojeny s hodnocením nového zařízení, které je nově nainstalováno a je spuštěno ve zkušebním provozu pro ověření funkčnosti, efektivnosti a bezpečnosti. Metoda Check list je jednou z metod, kterou lze odhalit rizika implementace nového zařízení do výroby.

7.3 Analýza rizik metodou What If – SWIFT

Analýza rizik metodou SWIFT, Structured What If Technique, navazuje na předcházející analýzu Check list. Negativní odpovědi na pokládané otázky v kontrolním seznamu jsou vstupem pro zpracování What If analýzy a nalezení možných rizik. Na negativní odpovědi je pokládána otázka: „Co se stane, když...? Tyto příčiny rizik by se mohly vyskytnout v provozu slévárny Mesit foundry a.s., na pracovišti odlévání a mohly by mít negativní vliv na provoz nového zařízení, na bezpečnost provozu, možnost ohrožení zdraví a na kvalitu vyráběných odlitků.

Analýza SWIFT je subjektivním hodnocením možných příčin a jejich následků ve vztahu k pracovišti odlévání odlitků na nově implementovaném zařízení. Tato analýza charakterizuje vliv pracovního prostředí, vliv pracovních podmínek, zkušeností a individuálních schopností zaměstnanců, úroveň řízení BOZP, technický stav zařízení, technologické zabezpečení nového zařízení, používání předepsaných OOPP. Tabulka 5 zobrazuje vybrané příčiny, možné následky a předkládá návrh na opatření k minimalizaci rizik. Pravděpodobnost rizika a následek rizika je číselně vyhodnocen bodovou stupnicí 1-5 bodů. Hodnota jednoho bodu je nejpriznivějším ohodnocením, s malou pravděpodobností výskytu, nízkým následkem rizika. Hodnota pěti bodů charakterizuje nejhorší ohodnocení, představuje nejvyšší možnost výskytu a nejhorší možný následek daného rizika. Rozhodujícím faktorem je poškození zdraví, úrazovost, poškození majetku, finanční ztráta, poškození vyráběných produktů. Analýza What If je zpracována v pětičlenném týmu za přítomnosti zástupců technologie, zástupce výroby a zástupce kvality.

Tabulka 5 Analýza What If (vlastní zpracování za využití Mesit foundry)

Číslo	Příčina	Následek	Návrh opatření k minimalizaci rizika	P	N	mR
1	Místo pro obsluhu nového stroje nespĺňuje prostorové ani ergonomické požadavky?	Nevhodné prostorové uspořádaní by mohlo vést k pracovnímu úrazu, nepohodlí při pracovním úkonu, prodloužení technologických časů obsluhy stroje, snížení výkonnosti a efektivity.	Pro sériovou výrobu zvážít možnost přemístění nového zařízení, vhodněji uspořádat rozložení všech technických zařízení na pracovišti odlévání	3	3	9
2	Nové pracoviště není umístěné na vhodném, volném prostoru?	Nevhodné umístění stroje by mohlo vést k pracovnímu úrazu, snížení pracovní výkonnosti a prodloužení času pomocných prací obsluhy.	Pro sériovou výrobu optimalizovat rozmístění nového zařízení. Vhodněji uspořádat rozložení souvisejících zařízení s procesem odlévání.	3	3	9
3	Na pracovišti se neprovádí dostatečná údržba a čištění stroje.	Následkem by mohlo být snížení spolehlivosti, bezpečnosti a životnosti stroje.	Pravidelná údržba a čištění stroje bude následovat po každé pracovní směně. Zodpovědnost za denní údržbu bude určena obsluze stroje	3	2	6
4	Na novém pracovišti není zajištěna dostatečná výměna vzduchu.	Nedostatečná výměna vzduchu může vést ke zhoršení pracovních podmínek a nepohodlí zaměstnanců.	Optimalizovat výkon vzduchotechniky. Zastřešit nový prostor nad pracovištěm robotizovaného odlévání.	4	3	12

Číslo	Příčina	Následek	Návrh opatření k minimalizaci rizika	P	N	mR
5	Pracoviště není dostatečně osvětleno.	Nedostatečné osvětlení snižuje pohodlí obsluhy. Nedostatečné osvětlení souvisí s nedostatečnou údržbou a čištěním stroje.	Optimalizovat osvětlení nového zařízení.	2	2	4
6	Není dostatečně zabezpečen přívod vody chladicího okruhu pro nové zařízení.	Následkem by mohlo být přehřátí polymeru, který nebude mít dostatečnou chladicí schopnost.	Optimalizovat chladicí okruh. Připravit samostatnou větev pro chlazení robotizovaného pracoviště	4	3	12
7	Není dostatečně zabezpečen odvod zplodin při používání nového stroje.	Nedostatečná odvod zplodin může vést ke zhoršení pracovních podmínek. Dlouhodobě může mít negativní vliv na zdraví zaměstnanců.	Optimalizovat výkon vzduchotechniky. Zastřešit nový prostor nad pracovištěm robotizovaného odlévání. Připravit výkonnější odtah zplodin.	4	3	12
8	Ochranné kryty nejsou vyrobeny z vysokopevnostního materiálu. Ochranné kryty dveří neodolávají silnějšímu mechanickému tlaku ani vysokým teplotám při odlévání odlitků.	Následkem by mohl být vážný úraz, vážné poškození zdraví, hrozí popáleniny. Bezpečnost a spolehlivost stroje se snižuje.	Při sériovém provozu optimalizovat výplně dveří a optimalizovat bezpečnostní kryty, včetně posuvného zařízení.	3	3	9
9	Obsluha nepoužívá všechny osobní ochranné pracovní prostředky, tak jak má stanoveno.	Následkem by mohl být vážný úraz, vážné poškození zdraví, hrozí především popáleniny.	Opakovaně obsluze zařízení zdůraznit nutnost používání OOPP na pracovišti odlévání.	2	3	6

Číslo	Příčina	Následek	Návrh opatření k minimalizaci rizika	P	N	mR
10	Není dostatečně zabezpečen sběr používané provozní kapaliny.	Následkem by mohlo být větší znečištění stroje a nutnost delšího času na čištění a údržbu stroje.	Optimalizovat záchytné místo pro odkapávání provozní kapaliny.	2	2	4
11	Není dostatečně zabezpečen odtok používané provozní kapaliny.	Následkem by mohlo být větší znečištění stroje a nutnost delšího času na čištění a údržbu stroje.	Optimalizovat způsob odtoku provozní kapaliny.	2	2	4
12	Není umožněn pohodlný přístup pro údržbu stroje.	Nepohodlný přístup pro obsluhu a pracovníka údržby prodlužuje čas pravidelný údržby. Nedostatek prostoru může způsobit úraz.	Optimalizovat prostorové uspořádání nového zařízení. Zvětšit celkový prostor pro obsluhu a pro pracovníky údržby.	3	2	6
13	Manipulace a ovládání dveří není snadné a není bezproblémové.	Následkem by mohlo být snížení poškození stroje, zkrácení životnosti stroje. Nemožnosti spustit zařízení ve správný okamžik.	Opravit uzavírání dveří. Optimalizovat způsob uzavírání dveří, využít optické brány.	2	2	4
14	Nové zařízení ve zkušebním provozu nevyhovuje navrženým pracovním podmínkám.	Následkem by mohlo být poškození zdraví, pracovní úraz, poškození stroje, zhoršení ergonomických podmínek při práci.	Optimalizovat pracovní podmínky nového zařízení. Především zlepšit výkon vzduchotechniky a odtah zplodin z pracoviště.	2	3	6

Číslo	Příčina	Následek	Návrh opatření k minimalizaci rizika	P	N	mR
15	Úprava nového zařízení před spuštěním do sériové výroby nebude provedena.	Následkem by mohlo být poškození zdraví, pracovní úraz, zhoršení ergonomických podmínek při práci, poškození stroje. Spolehlivost, bezpečnost a životnost stroje nebude dostatečně zajištěna.	Optimalizovat navrhované úpravy strojního zařízení před spuštěním do sériové výroby. Zkvalitnit odtah zplodin, vyměnit výplně dveří, zajistit samostatný chladicí okruh, optimalizovat umístění stroje, zvětšit vnitřní prostor pro manipulaci a údržbu.	2	3	6

Výsledná míra rizika **mR** je dána jednoduchým součinem dvou ukazatelů, pravděpodobnosti rizika **P** a následků rizika **N**. Výstupem analýzy What If je registr rizik, který může sloužit pro základ plánu ošetření rizik a je vstupem pro zpracování výsledné matice rizik. Pro vyhodnocení analýzy jsou vytvořeny pomocné tabulky, které jsou společné i pro vytvoření výsledné matice rizik a jsou uvedeny v Příloze I.

7.4 Matice rizik

Matice rizik, matice následků a pravděpodobnosti výskytu, je výslednou analýzou, která zobrazuje míru rizika na bázi dvojice parametru: následek a pravděpodobnost. Vstupem pro vytvoření této matice jsou výsledky z předchozí zpracované metody What If, kterou se vytvořil registr možných příčin a následků rizik. K vytvoření matice rizik, konečné tepelné mapy, je nutno sestavit tři pomocné tabulky. Tabulku Kategorie pravděpodobnosti, tabulku Kategorie závažnosti a tabulku Kategorie přijatelnosti. Každá z těchto pomocných tabulek je uložena v Příloze I. Stupnice klasifikace pravděpodobnosti výskytu rizika a stupnice klasifikace úroveň dopadu rizika je hodnocena kvantitativně pěti bodovou stupnicí a kvalitativně slovním ohodnocení. Hodnota jednoho bodu je charakterizována nejméně pravděpodobným výskytem a úrovní bezvýznamného dopadu. Naopak hodnota pěti bodů charakterizuje pravděpodobnost výskytu velmi častou a úroveň dopadu rizika velmi závažnou.

Tabulka 6 Matice pravděpodobnosti a dopadu (vlastní zpracování)

Kategorie pravděpodobnosti	Kategorie závažnosti, dopadu				
	1	2	3	4	5
1					
2		5;10;11;13	9; 14; 15		
3		3; 12	1; 2; 8		
4			4; 6; 7		
5					

Vyhodnocení výsledků matice rizik:

Rizika 5; 10; 11; 13 označena zelenou barvou, jsou hodnocena jako rizika bezvýznamná. Tato rizika se týkají úpravy osvětlení pracoviště, snadnější manipulace při zavírání dveří, lepšího způsobu sběru provozní kapaliny a sofistikovanějšího způsobu kontroly odtoku provozní kapaliny. Tato rizika jsou hodnocena z pohledu bezpečnostního jako bezvýznamná, avšak z pohledu údržby stroje by mohlo být v budoucnu přihlíženo k nápravě těchto technicko-technologických nedostatků.

Rizika 1; 2; 3; 8; 9; 12; 14; 15, označena žlutou barvou, ohodnocena jako rizika přijatelná, která vyžadují pravidelný monitoring daného stavu za určitých situací, se týkají prostorového umístění, zohlednění ergonomických prvků, snadnější údržby, zlepšení kvality bezpečnostních krytů, zdůraznění obsluze o nutnosti používání osobních ochranných pracovních prostředků. Celkově tato kategorie přijatelných rizik představuje skupinu rizik, která je nutné zohlednit při optimalizaci stroje a spuštění nového zařízení do sériové výroby.

Rizika 4; 6; 7, označená oranžovou barvou, jsou zařazena mezi rizika významná, která vyžadují přezkoumání. Rizika se týkají nedostatečné výměny vzduchu, zhoršeného odvodu zplodin při používání nového zařízení a nedostatečné kapacity chladicího okruhu pro chlazení provozní kapaliny. Tato rizika mají přímou souvislost se zhoršením pracovních podmínek a při dlouhodobém působení by mohla mít vliv na zdraví zaměstnanců a nedostatečná kapacita chladicího okruhu by mohla mít vliv na kvalitu vyráběných odlitků. Všechna významná rizika je třeba přezkoumat, technologicky zajistit a implementovat do zařízení před spuštěním sériové výroby.

7.5 FMEA procesu odlévání

V diplomové práci je zpracována procesní FMEA, označována rovněž PFMEA – Process Failure Mode Effects Analysis. Tato analýza je zpracována v pětičlenném týmu za účasti a spolupráce technologů, zástupce kvality a zástupce výroby. Úkolem týmu je analyzovat výrobní proces odlévání se zaměřením na proces odlévání odlitků novou metodou řízeného tuhnutí. Úkolem je odhalit nedostatky, možné selhání procesu odlévání, zjištění efektivnosti. Pro zpracování této metody je třeba připravit tři pomocné tabulky pro vyhodnocení analýzy. Tabulku Kritéria významu vady, tabulku Kritéria výskytu vady, tabulku Kritéria odhalení vady. Tabulky jsou uloženy v Příloze II. Hodnocení významu vady, výskytu vady a odhalení vady je hodnoceno stupnicí 1-10 bodů dle přiložených kritérií. Nízké hodnoty pro hodnocení významu a výskytu vady označují nízkou míru daného nedostatku či vady. Vysoké hodnoty při posuzování významu a výskytu vady ukazují na problematickou oblast. Nízká hodnota klasifikace odhalení závady znamená, že kontrolní systémy jsou funkční, mezioperační kontroly dokáží včas odhalit problém, vadu, nedostatek. Vysoká hodnota odhalení vady znamená nedostatečný systém mezioperačních kontrolních operací. Nápravným opatřením v takovém případě je nutnost zvýšeného kontrolního mechanismu. Součinem tří hodnot, významu, výskytu a odhalení vady či nedostatku se získá hodnota RPN, Risk Priority Number, číslo rizikové priority. RPN je milníkem, který určuje hranici pro nutnost sestavení nápravných opatření a zpracování plánu pro ošetření rizika, určení odpovědnosti za tato nápravná opatření, časový plán implementace nápravného opatření. Vysoká hodnota RPN ukazuje na možné selhání zkoumaného procesu. Hodnota RPN 125 je stanovena a používána ve společnosti Mesit foundry a.s. po konzultaci s odborníky a je doporučena auditory jako milníková hranice pro ošetření rizik a připravení nápravných opatření daného procesu. Hodnota RPN 125 je rovněž použita i v diplomové práci. Výsledky zpracované analýzy FMEA jsou zobrazeny v následující tabulce 7.

Tabulka 7 FMEA procesu odlévání odlitků (vlastní zpracování za využití Mesit foundry)

FMEA procesu															
Název procesu: Odlévání odlitků															
Vytvořil: Holčápková Gabriela							Datum: 13.3.2024				Revize: 1				
Hodnota RPN je stanovena na 125															
Charakteristické znaky. Číslo operace, popis operace	Potenciální možná vada	Potenciální možný důsledek vady	VV – význam vady	Potenciální možná příčina vady	PV – výskyt vady	Stávající kontrolní opatření	PO – odhalení vady	RPN	Doporučená opatření	Odpovědnost	Výsledky opatření				
											Datum realizace	VV	PV	PO	RPN
200	Žihání	Nedostatečně vyžehnaná skořepina	Nezaběhlý kov	7	Krátká doba žihání	3	Programově nastavitelná doba žihání	3	63		Obsluha zařízení+ technolog				
		Vnitřní staženiny, neshodný výrobek	7	Nízká teplota žihání	3	Kontrola displeje	4	84		Obsluha zařízení					
	Přehřátá skořepina	Nekvalitní povrch	7	Vysoká teplota žihání	3	Kontrola displeje	4	84		Obsluha zařízení					
		Staženina, neshodný výrobek	7	Vysoká teplota žihání	3	Programově nastavitelná teplota žihání	3	63		Obsluha zařízení+ technolog					
214	Rafinace	Nevyhovující struktura odlitků, nekvalitní povrch odlitků	Vměstky, oxidické pleny, špatné mechanické vlastnosti, neshodný výrobek	5	Nedostatečná rafinace	3	Kontrola postupu dle tabulky v pracovním předpisu	3	45		Obsluha zařízení+ technolog				
		Žádná rafinace	3		Kontrola postupu dle pracovního předpisu	3	45		Obsluha zařízení+ technolog						
215	Modifikace	Nevyhovující vnitřní struktura odlitků, nevyhovující mechanické vlastnosti	Hrubozrná struktura, špatné mechanické vlastnosti, neshodný výrobek	5	Nedostatečná modifikace	3	Kontrola postupu dle pracovního předpisu	3	45		Obsluha zařízení+ technolog				
					Žádná modifikace	2	Kontrola postupu dle pracovního předpisu	3	30						
					Zpožděná, neúčinná modifikace	5	Kontrola časového úseku pro modifikaci	3	75						
216	Očkování	Nevyhovující vnitřní struktura odlitků, nevyhovující mechan. vlastnosti	Hrubozrná struktura, špatné mechanické vlastnosti, neshodný výrobek	5	Žádné očkování	2	Kontrola postupu dle pracovního předpisu	3	30		Obsluha zařízení+ technolog				
					Nedostatečné očkování	3	Kontrola postupu dle pracovního předpisu	3	45						
217	Odplynění	Velká porezita	Porézni odlitek, neshodný výrobek	5	Nedostatečné odplynění	3	Maximální hodnota Dichte index 1,5 %	1	15		Obsluha zařízení+ technolog				

Charakteristické znaky, číslo operace, popis	Potenciální možná vada	Potenciální možný důsledek vady	VV – význam vady	Potenciální možná příčina vady	PV – výskyt vady	Stávající kontrolní opatření	PO – odhalení vady	RPN	Doporučená opatření	Odpovědnost	Datum realizace	Výsledky opatření									
												VV	PV	PO	RPN						
230	Chemie	Nevyhovující chemické složení	Neshodný výrobek	7	Záměna materiálu	3	Chemický rozbor každé tavby	3	63		Obsluha zařízení+ kontrolor										
		240	Odlévání	Vytečený kov	Neshodný výrobek	2	Prasklá skořepina	5	Šetrné zacházení se skořepinou	3	30		Obsluha zařízení								
Nedolitý odlitek	Neshodný výrobek			5	Nízká teplota taveniny	3	Měření teploty v průběhu odlévání	3	45		Obsluha zařízení										
Trhliny	Neshodný výrobek			5	Vysoká teplota tavenina	3	Měření teploty v průběhu odlévání	3	45		Obsluha zařízení										
Stáženy	Neshodný výrobek			5	Vysoká teplota taveniny	5	Průběžné měření teploty	3	75	Obsluha zařízení+ technolog	Řízené tuhnutí	Obsluha zařízení+ technolog	Ihned								
														Nepoužitý ofukovací přípravek	5	Určeno technologickým postupem	5	125			
														Nepoužitý zábal izolačním materiálem	5	Určeno technologickým postupem	5	125			
Porezita	Neshodný výrobek	5	Špatný způsob odlévání	5	Určeno technologickým postupem	5	125														
240	Odlévání	Vytečený kov	Neshodný výrobek	2	Prasklá skořepina	5	Kontrola skořepiny, šetrné zacházení se skořepinou	3	30		Obsluha zařízení										
		Stáženy, porezita	Neshodný výrobek	5	Špatně zvolený program	3	Kontrola nastavení programu	5	45		Obsluha zařízení+ technolog										
		Stáženy, porezita	Neshodný výrobek	5	Pomalou spuštěný proces řízeného tuhnutí	3	Údržba stroje, zručnost obsluhy	5	45		Obsluha zařízení+ technolog										
		Stáženy, porezita	Neshodný výrobek	5	Nedostatečné chlazení lázně	3	Údržba stroje, zapnout chladicí okruh	1	15		Obsluha zařízení+ technolog										
		Stáženy, porezita	Neshodný výrobek	5	Nerovnoměrné ponoření odlitků do chladicí lázně	3	Správná volba programu, správná příprava zařízení	3	45		Obsluha zařízení+ technolog										
		Stáženy, porezita	Neshodný výrobek	5	Nedostatečný průtok chladicí lázně	3	Údržba stroje, vyčistit filtr po každé tavbě	1	15		Obsluha zařízení+ technolog										

Analýza FMEA identifikuje rizika v procesu odlévání, ze kterých vyplývá, že proces řízeného tuhnutí snižuje možnost výskytu potenciální vady typu staženina, porezita. Snižuje lidskou chybovost a nahodilost procesu. Rizika jsou identifikována pomocí analýzy FMEA při dosažení hodnoty RPN 125. Při procesu odlévání se vyskytují vady odlitek typu staženiny a porezita, které definují tyto výrobky jako neshodné, zvyšují sledovanou zmetkovitost a celkové náklady na výrobu. Odlitky je nutné vyřadit z výrobního procesu a nahradit novými kvalitními výrobky. Definované vady jsou nejčastěji způsobeny lidskou chybou, nedodržením technologické kázně. Obsluha zařízení nedostatečně aplikuje předepsané ofukovací přípravky dle technologického postupu, nedostatečně provádí termoizolační zábal odlité skořepiny, neprovádí správný způsob ošetření taveniny v průběhu odlévání. Nápravným opatřením, zamezením lidské chybovosti a snížením rizika neshodných výrobků, je zařazení do procesu odlévání robotický způsob odlévání odlitek řízeným tuhnutím. Robotické odlévání definovaným programem zajistí stabilní a opakovatelný proces. Tato stabilita je zajištěna individuálním programem pro daný typ výrobku. Kontrolní mechanismy v podobě zvukových a vizuálních signálů jasně informují obsluhu zařízení o možných komplikacích v průběhu používání robotizovaného způsobu tuhnutí a tím zajišťují snížení zmetkovitosti výrobků v průběhu tavení a odlévání odlitek.

7.6 Celkové vyhodnocení rizik

Celkové vyhodnocení rizik je definováno registrem rizik, jehož vstupy tvoří jednotlivé výstupy z technik posuzování zpracovaných analýz v diplomové práci. Registr rizik souhrnně podává informace o různých rizicích, která byla postupně vyhodnocena.

Rizika ekonomická – nebyla zjištěna – projekt implementace nového zařízení byl dlouhodobě připravován, byla plánovaná dlouhodobá investice do tohoto zařízení. Součástí přípravy na spuštění projektu implementace nového zařízení do výroby byla využita schválená dotace ministerstva průmyslu a obchodu ve výši 37 % z celkově uznatelných nákladů. Vlastní zdroje a finanční podpora zcela pokryla náklady na pořízení nového zařízení. Samostatné řešení ekonomických rizik není součástí diplomové práce.

Rizika ekologická – nebyla zjištěna – nebyla prokázána ekologická zátěž, používání nebezpečných látek. Použitá nová chemická látka pro ochlazování odlitek není nebezpečnou látkou, je ekologicky neškodlivá, nevytváří vedlejší produkt. Rizika ekologická jsou posouzena metodou Check list, bez negativních odpovědí a dále nejsou analyzována.

Rizika technologická a rizika bezpečnostní, která spolu úzce souvisejí, byla zjištěna při testovacím provozu. Metodou Check list bylo hodnoceno celkem 57 různých bodů, které se dotýkají systému BOZP, prevence, kategorizace prací, kontrolní činnosti, školení a výcviku, první pomoci, pracovních úrazů, osobních ochranných pracovních prostředků, bezpečnostního značení, technických zařízení, chemických látek. Z hodnocení vyplývá, že sériová výroba je z hlediska technické přípravy a bezpečnosti připravena velmi dobře. Celkové hodnocení kladných odpovědí je 74 %. Negativní odpovědi plynoucí z analýzy Check list, v celkovém součtu 26 %, se dotýkají instalace nového zařízení do výroby v testovacím režimu. Negativně jsou hodnoceny technické nedostatky z oblasti ergonomického uspořádání, využití prostoru, ovládání dveří, osvětlení, sběru kapaliny do vhodných nádrží, vzduchotechniky, odsávání zplodin.

Negativní odpovědi metody Check list jsou následně hodnoceny technikou What If, kde jsou vyhledávány možné příčiny, následky a jsou předkládána nápravná opatření k danému riziku. Celkové vyhodnocení z pohledu pravděpodobnosti a dopadu daného rizika je zpracováno v matici rizik, která hodnotí přijatelnost posuzovaných rizik. Z celkového hodnocení vyplývá, že čtyři rizika, která se týkají menších technických nedostatků v podobě úpravy zavírání dveří, sofistikovanějšího sběru kapaliny, jsou hodnocena jako bezvýznamná rizika, která nevyžadují žádné aktuální ošetření. Osm rizik je hodnoceno jako rizika přijatelná. Tato rizika vyžadují pravidelný monitoring. Týkají se prostorového umístění a uspořádání v daném prostoru slévárny, zohlednění ergonomických parametrů, zlepšení přístupu pro možnost údržby, zlepšení kvality bezpečnostních krytů.

Tři rizika jsou vyhodnocena jako rizika významná, která vyžadují přezkoumání. Tato rizika souvisejí s nedostatečně výkonnou vzduchotechnikou, nedostatečným odvodem zplodin z pracoviště a nedostatečnou kapacitou chladicího okruhu. Všechna významná rizika je nutno přezkoumat, technologicky vyřešit a zajistit úpravu před spuštěním zařízení do sériové výroby.

Analytickou metodou FMEA procesu odlévání odlitků byla zjištěna rizika nedodržování technologické kázně obsluhou zařízení, nahodilosti procesu odlévání, které způsobují vznik nekvalitních odlitků s vnitřní vadou typu staženina a porezita, které se stávají neshodnými výrobky a zvyšují zmetkovitost. Odhaleno milníkovou hodnotou RPN 125. Nápravným řešením dané problematiky je používání robotizovaného řízeného tuhnutí odlitků.

8 PROJEKT IMPLEMENTACE NOVÉHO ZAŘÍZENÍ

Projekt implementace nového zařízení probíhal ve společnosti Mesit foundry a.s. za dotační podpory Evropské unie a Ministerstva průmyslu a obchodu České republiky, zapsáno registračním číslem CZ.01.1.02/0.0/0.0/20_321/0024381. Celkové výdaje na tento projekt byly vyčísleny na 16 milionů korun českých. Vyplacená dotace činila 37 % z celkově uznatelných nákladů.

Pětiletý vývoj a výzkum nového technologického zařízení byl úspěšně dokončen a spuštěn do výrobního procesu v testovacím režimu. Nové zařízení je uznáno Úřadem patentového vlastnictví do rejstříku Užitený vzor číslem 37129 v Praze 16.6.2023.

8.1 Projekt implementace

Projekt implementace nového zařízení do výroby charakterizují dílčí fáze.








1. **Inovativní nápad.** Inovativní nápad implementace robotizovaného řízeného tuhnutí plynule navazuje na předcházející projekty prováděné ve společnosti Mesit foundry a.s. Je logickým pokračováním v technologickém vývoji a výzkumu zlepšování metalurgických procesů ve slévárně.
2. **Zpracování odborné rešerše.** Vyhotovení odborné rešerše bylo vypracováno externě zástupci Patentového úřadu v Praze pro vyloučení možného konfliktu kopírování metody řízeného tuhnutí odlitků u jiných společností.
3. **Výběr vhodného dodavatele.** Na základě výběrového řízení byla vybrána dodavatelská firma pro konstrukci, sestavení robotizovaného pracoviště, zprovoznění a naprogramování robotického mechanismu a školení personálu.
4. **Stanovení rozpočtu.** Na základě výběrového řízení dodavatelské společnosti byl sestaven základ rozpočtu pro nové robotizované pracoviště včetně technických úprav prostoru, napojení vody, chladicího okruhu, vzduchotechniky a napojení elektrických rozvodů.
5. **Vyřízení žádosti o dotaci.** Na základě pevně stanoveného časového harmonogramu, schváleného rozpočtu, doložení technických parametrů a přínosu zamýšlené investice, byla úspěšně vyřízena dotace Ministerstva průmyslu a obchodu České republiky za podpory Evropské unie ve výši 37 % uznatelných nákladů z celkové zamýšlené částky 16 milionů korun českých.









6. **Výběr chladicí kapaliny.** Výběr speciální chladicí kapaliny probíhal v Mesit foundry a.s. v předchozím dotačním projektu. Výběr speciální chladicí kapaliny probíhal ze dvou možných variant a dvou koncentrací. Nejlepší varianta byla zvolena pro zakoupení chladicí kapaliny a naplnění chladicích nádob v testovacím režimu. Výsledky testovacího režimu rozhodnou o potvrzení vhodného výběru, či nutnosti výměny chladicí kapaliny.
7. **Testování chladicího mechanismu na simulačním zařízení.** Potvrzení zamýšleného způsobu řízeného tuhnutí je testováno a ověřováno pomocí simulačního programu Magmasoft. Simulační program je pomocníkem při vytváření technologických parametrů a programování robota a je využíván pro predikci možných vad na odlitku.
8. **Přípravné fáze pro instalaci robotického zařízení.** Přípravné práce před instalací robotického zařízení proběhly v režii firmy Mesit foundry a.s., kdy bylo potřeba připravit vhodný prostor, napojit rozvody vody, elektřiny a vzduchotechniky.
9. **Instalace robotického zařízení.** Instalace nového zařízení proběhla dle předchozí sepsané smlouvy o dílo včasně, bez větších komplikací. Na základě dohody proběhlo následně školení pracovníků technologie na ovládání robotického mechanismu, testování programování robota a údržbu celého zařízení.
10. **Testovací fáze modelových vzorků.** Nové pracoviště bylo předáno do užívání ve zkušebním režimu, kde následně proběhlo první testování odlévání odlitků novou unikátní metodou řízeného tuhnutí robotickým mechanismem.

8.2 Metodická příručka na používání nového zařízení

Součástí testovacího režimu je příprava metodické příručky pro bezpečné ovládání zařízení. Metodická příručka, zobrazena v tabulce 8, je instruktážním návodem technického typu pro snadnou a bezpečnou obsluhu robotického zařízení v dílčích krocích. Jednotlivé kroky jsou popsány slovně a pro názornost jsou doplněny obrázky. Je nezbytně nutné proškolení obsluhu zařízení na bezpečné ovládání nového zařízení dle této metodické příručky. Zdůraznit nutnost provádět všechny činnosti správně, a tak předcházet rizikům, která by mohla negativně ovlivnit kvalitu odlitků a rovněž preventivně působit proti možnému poškození zdraví či úrazu a možnému poškození nového zařízení.

Tabulka 8 Metodická příručka (vlastní zpracování za využití Mesit foundry)

METODICKÁ PŘÍRUČKA		MP 01/2024
Proces: Robotizované řízené tuhnutí odlitků		List 1/10
Vypracovala: Holčápková	Datum: 1.3.2024	Revize: 1
Základní bezpečnostní pokyny, upozornění, symboly a značky.		
Symbol	Význam symbolu	
	Symbol upozorňuje a varuje před poškozením zdraví, poškozením zařízení nebo jiným nebezpečím.	
	Symbol upozorňuje a varuje před možným úrazem elektrickým proudem.	
	Symbol upozorňuje na důležitou instrukci, pokyn, postup nebo záležitost, kterou je třeba dodržet v průběhu obsluhy zařízení.	
	Symbol upozorňuje a informuje o nutnosti používání OOPP.	
<p>1) Bezpečnostně nutná podmínka pro práci s tekutým kovem: vyvarovat se jakémukoliv styku roztaveného kovu a vody nebo vlhkého materiálu. Všechny pomůcky a nářadí musí být před používáním vysušené, nahřáté a natřené ochranným nátěrem. Při nedodržení této podmínky hrozí vysoké riziko nekontrolovatelného vystříknutí taveniny z tavicí pece.</p>		
<p>2) Riziko úrazu elektrickým proudem v obvodech elektrorozvaděče. Za normálních podmínek nejsou tyto obvody zdrojem nebezpečí. Všechny obvody jsou bezpečně zakrytovány. Riziko vzniká pouze po otevření skříně za účelem oprav nebo údržby, kterou smí provádět pouze kvalifikovaní pracovníci. Je zakázáno elektro skříně otevírat.</p>		
<p>3) Riziko poškození dýchacího ústrojí. Je nezbytně nutné zapnout hlavní vzduchotechniku a přídavná odsávání zplodin při používání robotického řízeného tuhnutí. Hrozí nebezpečí poškození zdraví dýchacího ústrojí obsluhy při dlouhodobém používání zařízení bez účinného odtahu zplodin.</p>		

<p>4) Nebezpečí popálení roztaveným kovem.</p> <p>Nebezpečí vystříknutí taveniny z pece při styku s vlhkým, mokrým nebo nevysušeným materiálem a náradím.</p> <p>Nebezpečí polítní horkým kovem při prasknuté skořepině.</p> <p>Nebezpečí popálení horkou skořepinovou formou při manipulaci.</p> <p>Nebezpečí popálení sálavým teplem při otevřené žíhací peci.</p> <p>Nebezpečí popálení obličeje, hlavy, rukou, nohou a celého těla.</p> <p>Je bezpodmínečně nutné používat osobní ochranné pracovní pomůcky:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nehořlavý svrchní oděv – montérkové kalhoty, blůza. • Bavlněné tričko. • Pracovní obuv – typu slévárenské pérko. • Obličejový štít – používat vždy při manipulaci s tekutým kovem. • Ochranné brýle – používat vždy, kromě případů, kdy se používá obličejový štít. • V případě použití dioptrických brýlí se nepoužívají ochranné brýle, ale obličejový štít. • Ochranné rukavice proti mechanickému poškození. • Ochranné rukavice proti vysokým teplotám s prodlouženými manžetami. • Doporučení – Ochrana dýchadel – respirátor při přípravě taveniny, při rafinaci a modifikaci. • Doporučení – Ochrana paží a předloktí – navlékací kožený rukáv proti sálavému teplu. • Doporučení – Ochrana trupu a končetin – kožená zástěra nebo nehořlavý oblek při ruční manipulaci velkých skořepin. <p>Je nutné pracovat opatrně, obezřetně, pečlivě, chránit své zdraví a zdraví svých spolupracovníků.</p>	      
<p>5) Nevstupovat do prostoru licího pole. Hrozí nebezpečí uklouznutí, zakopnutí. Nebezpečí popálení sálavým teplem, nebezpečí popálení horkým kovem.</p>	 <p>List 2/10</p>

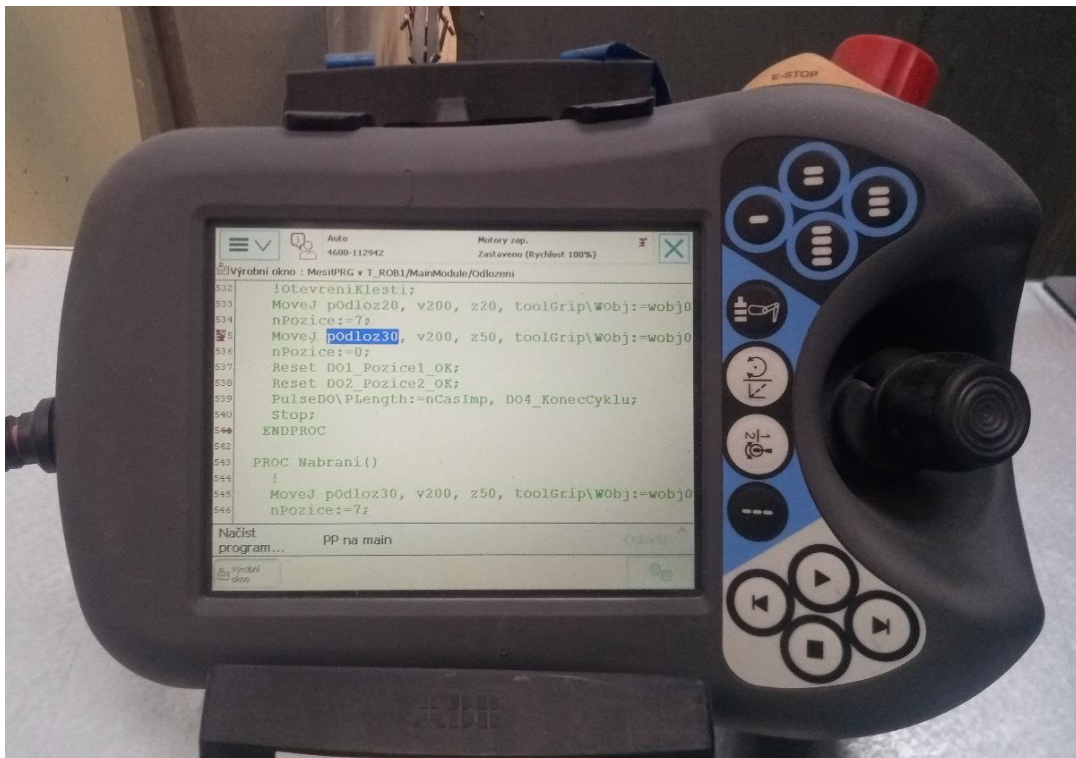
Postup pro ovládání robotizovaného pracoviště řízeného tuhnutí odlitků.

1. Zapnout hlavní jistič na rozvaděči – z polohy OFF do polohy ON. Dle obrázku 23.



Obrázek 23 Hlavní jistič (zdroj vlastní za využití Mesit foundry)

2. Vyčkat, než se rozsvítí obrazovka – na přenosném ovládacím panelu a zobrazí se data. Přenosný ovládací panel je zobrazen na obrázku 24.



Obrázek 24 Přenosný ovládací panel (zdroj vlastní za využití Mesit foundry)

3. Zavřít a uzamknout všechny dveře. Zmáčknout bílé tlačítko „ZAMK.“ Zobrazeno na obrázku 25. Klika musí být ve vodorovné poloze, bílé tlačítko „ZAMK.“ musí trvale svítit.



Obrázek 25 Bílé tlačítko „ZAMK.“ (zdroj vlastní za využití Mesit foundry)

4. Zapnout ovládací napětí na hlavním panelu. Zmáčknout zelené tlačítko. Zobrazeno na obrázku 26.



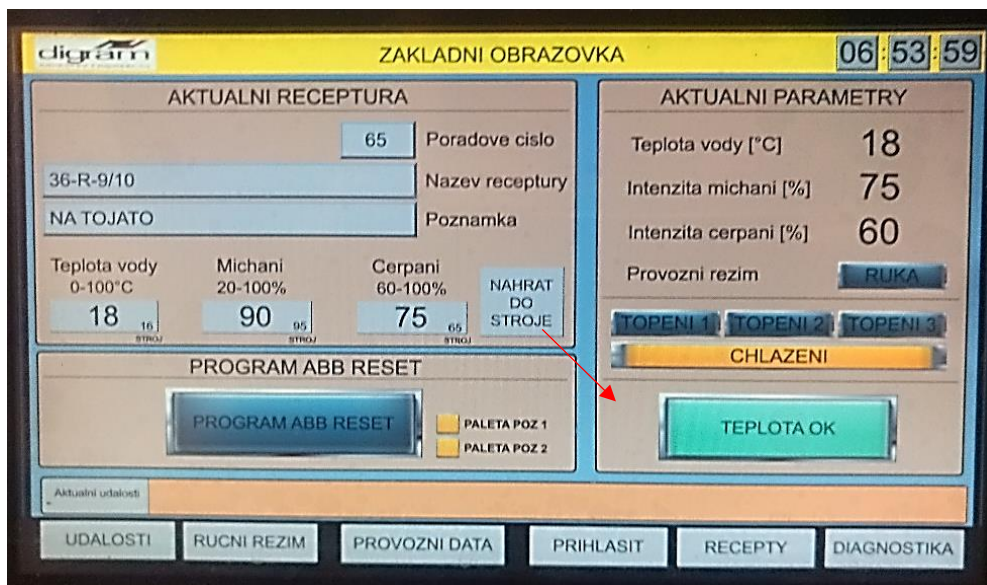
Obrázek 26 Ovládací panel (zdroj vlastní za využití Mesit foundry)

5. Hlášení poruchy „PORUCHA RESET“. Hlášení poruchy na hlavním panelu signalizuje svítící červené tlačítko „PORUCHA RESET“. Zobrazené na obrázku 27. Pokud svítí červené tlačítko poruchy, je nutné otevřít všechny dveře a znovu je pečlivě zavřít. Pokud se objeví porucha znovu, je nutné opakovat postup, dokud červené tlačítko nezhasne.



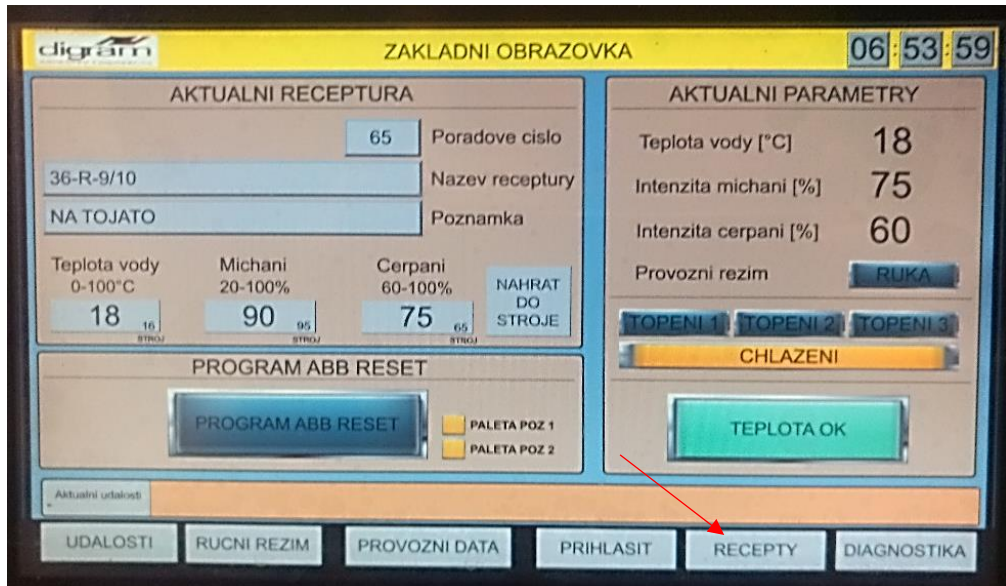
Obrázek 27 PORUCHA RESET (zdroj vlastní za využití Mesit foundry)

6. Přihlášení uživatele. Na hlavním displeji zmáčknout tlačítko „PRIHLASIT“. Zobrazeno na obrázku 28.



Obrázek 28 Přihlášení (zdroj vlastní za využití Mesit foundry)

7. Výběr požadované receptury. Ke každému výrobku je vytvořen recept označený číslem vyráběné položky. Na hlavním displeji zmáčknout tlačítko „RECEPTY“ a vybrat požadovanou recepturu dle vyráběné položky. Zobrazeno na obrázku 29.



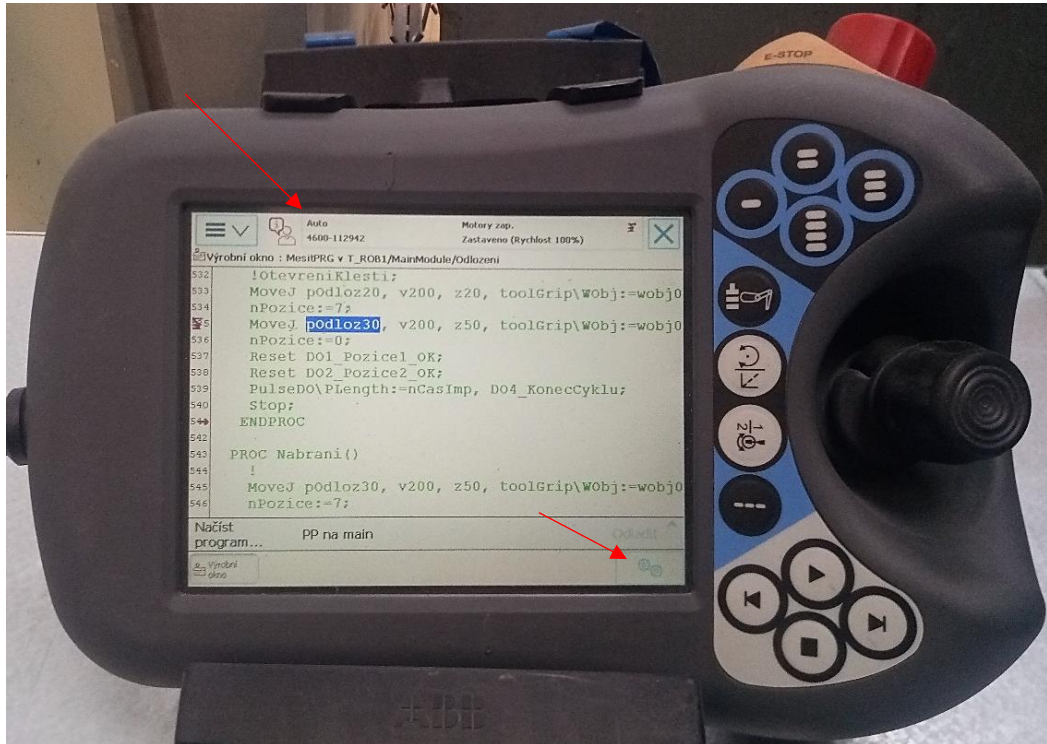
Obrázek 29 Receptury výrobků (zdroj vlastní za využití Mesit foundry)

8. Automatický režim. Zařízení je nutné spustit pouze v automatickém režimu. Ruční režim je určen pro údržbu stroje. Na displeji musí svítit žluté tlačítko. Zobrazeno na obrázku 30.



Obrázek 30 Automatický režim (zdroj vlastní za využití Mesit foundry)

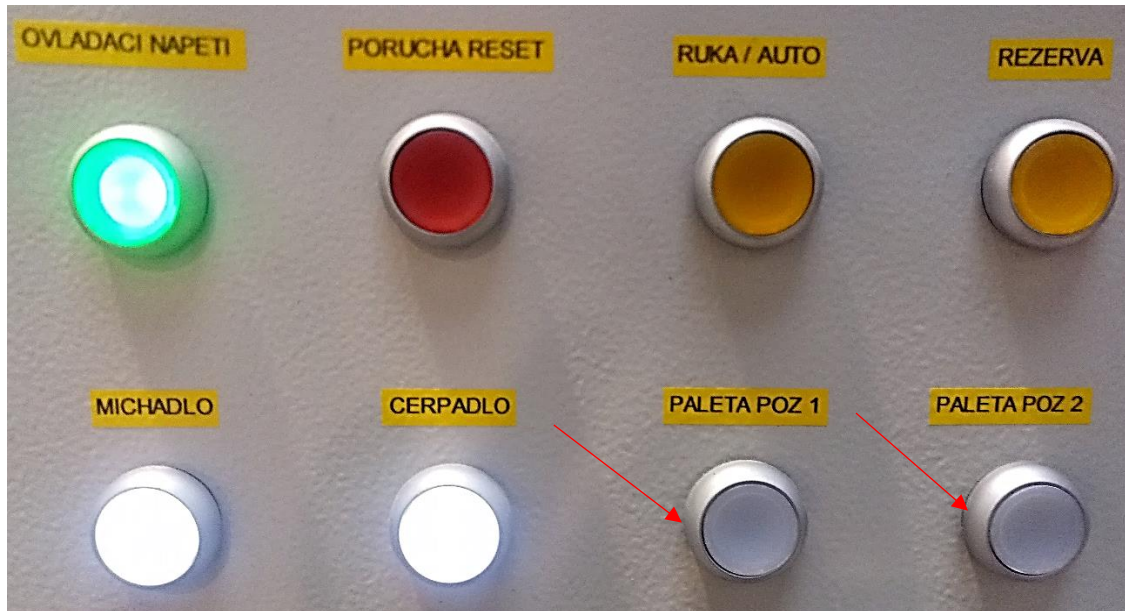
9. Nastavení automatického režimu na přenosném ovladači. Na displeji přenosného ovladače se zobrazí obrazovka, kde na levé horní liště je zobrazen název „Auto“ a pravém spodním okně displeje se zobrazí dvě ozubená kola. Zobrazeno na obrázku 31.



Obrázek 31 Přenosný ovladač (zdroj vlastní za využití Mesit foundry)

10. Kontrola nastavení automatického režimu. Pokud je zapnutý automatický režim, svítí žluté tlačítko, zobrazeno na obrázku 30 a na přenosném ovladači je zobrazen nápis „Auto“, zobrazeno na obrázku 31, je možné přistoupit k procesu odlévání výběrem palety.

11. Výběr palety pro uložení skořepiny. Na hlavním ovládacím panelu vybrat číslo palety, kterou robot ponoří do chladicí kapaliny. PALETA POZ 1 nebo PALETA POZ 2. Zobrazeno na obrázku 32. Robot odebere zvolenou paletu na pozici lití.



Obrázek 32 Výběr palety (zdroj vlastní za využití Mesit foundry)

12. Otevřít dveře a položit skořepinu na připravenou paletu. Do skořepiny nalít ošetřenou taveninu se správnou licí teplotou uvedenou v technologickém postupu. Zavřít dveře a zmáčknout bílé tlačítko „CHLAZENI START“ dle obrázku 33. Robot přesune paletu do nádrže s chladicí kapalinou, kde proběhne proces řízeného tuhnutí odlitků.



Obrázek 33 Start (zdroj vlastní za využití Mesit foundry) List 8/10

13. Dokončení procesu chlazení. Po ukončení procesu chlazení robot přesune zvolenou paletu na výchozí pozici. Po uložení palety na určené místo se robot vrací zpět do domovské, startovací pozice, kde je připraven na další pokyny v podobě zmáčknutí tlačítka přesunu další palety. Pokud je robot zastaven v domovské pozici, je možno vyjmout odlitou skořepinu z palety a přesunout do připravené přepravky. Kontrolu, zda je robot v pohybu, či ve výchozí pozici, lze zkontrolovat pomocí vizuální kontroly. Pokud na majáku svítí pouze modrá barva, chladicí lázeň je připravená k procesu odlévání a chlazení. Pokud na majáku svítí zelená barva, robot je v pohybu, nelze odemknout dveře. Pokud na majáku svítí červená barva a je slyšet akustický signál, znamená to, že došlo k poruše. V tomto případě je třeba informovat technologa nebo mistra výroby. Signalizační maják je zobrazen na obrázku 34.



Obrázek 34 Maják (ERGATE, © 2021)

14. Údržba zřízení.



- Na začátku týdne z nádrže oddělat krycí poklop.
- Zkontrolovat hladinu chladicí kapaliny, případně doplnit destilovanou vodou.
- Zkontrolovat, zda je zapnutý chladicí okruh, případně zapnout chladicí okruh na pracovišti odlévání barevných kovů.
- Zkontrolovat ukazatel průtokoměru na chodbě. Bílý ukazatel musí být vpravo, jinak chladicí voda neteče.
- Po každé tavbě vypláchnout filtr.
- Na konci týdne vypláchnout filtr, vyfoukat stlačeným vzduchem a znovu vypláchnout vodou.
- Na konci týdne zakrýt nádrže krycím poklopem.

15. Bezpečnostní instrukce a pokyny



- Je důležitá správná koordinace a spolupráce taviče a pomocného dělníka.
- Zákaz vstupování do prostoru robota v procesu řízeného tuhnutí.
- Zapnout odsávání zplodin před spuštěním robotického zařízení.
- Zapnout vodu chladicího okruhu.
- Se zařízením zacházet šetrně a opatrně.
- Pozor, hrozí možné riziko prasknutí skořepinové formy a vytečení horkého kovu.
- Je nutné používat osobní ochranné pracovní pomůcky.
- V případě poruchy informovat technologa.



16. Podmínka pro správné fungování robotického zařízení. **Je nezbytně nutné dodržovat instrukce a přesný postup, který je uveden v této metodické příručce, jinak hrozí riziko poškození zdraví, hrozí riziko úrazu, riziko poškození zařízení. Špatně provedený postup odlévání způsobí výrobu nekvalitních odlitků, které budou vyřazeny z výroby.**



9 POROVNÁVÁNÍ VÝSLEDKŮ PŘED A PO IMPLEMENTACI

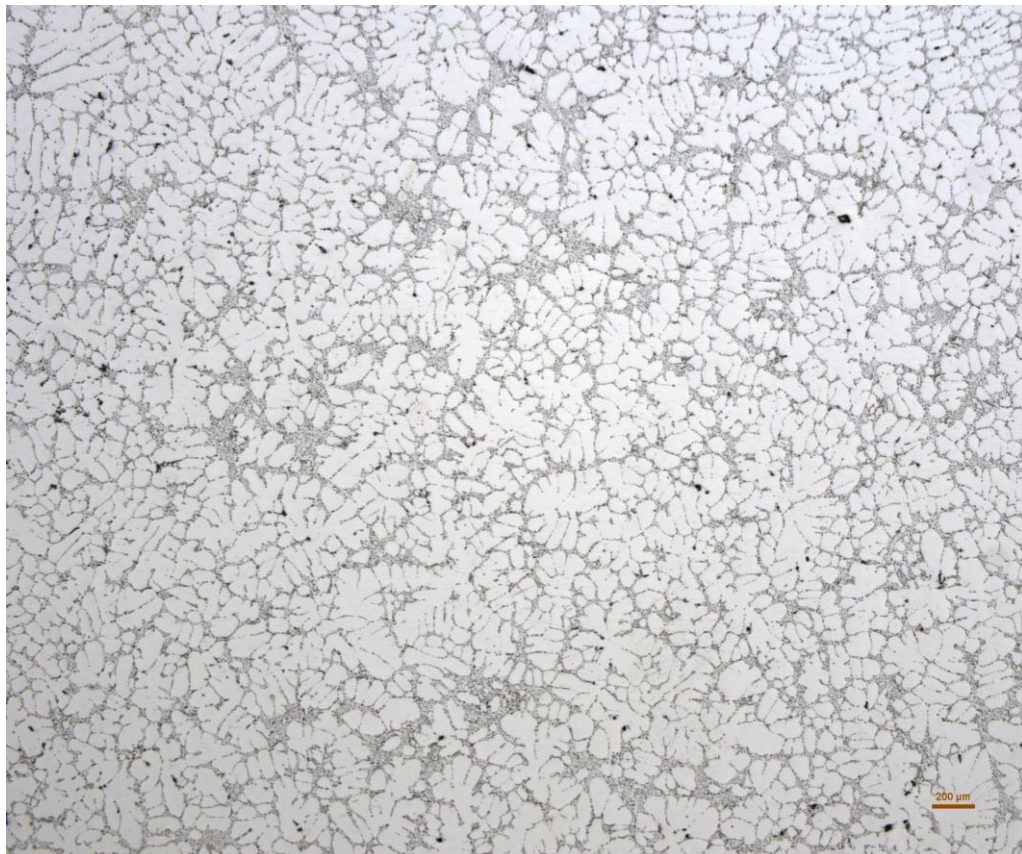
Následující kapitola prezentuje výsledky implementace nového zařízení do procesu výroby, jenž se výrazně podílí na zlepšení několika technologických parametrů. Proces řízeného tuhnutí je viditelně pozorovatelný a porovnatelný na výsledcích vnitřní struktury monitorované a vyhodnocené na metalurgickém mikroskopu, měřitelné a pozorovatelné na rentgenovém přístroji, kde se porovnává vnitřní struktura odlitků, porezita, staženiny a další vnitřní vady odlitků. Velmi dobře je proces řízeného tuhnutí vidět na výsledcích vygenerovaných snímků pomocí simulačního software Magmasoft a v neposlední řadě na mechanických vlastnostech vyhodnocených tahovou zkouškou. Nezanedbatelné je porovnání nákladů na výrobu odlitků, především pak vyhodnocení zmetkovitosti srovnatelných výrobních dávek. Všechna porovnání jsou zobrazena v následujících tabulkách a obrázcích.

9.1 Pozorování mikrostruktury

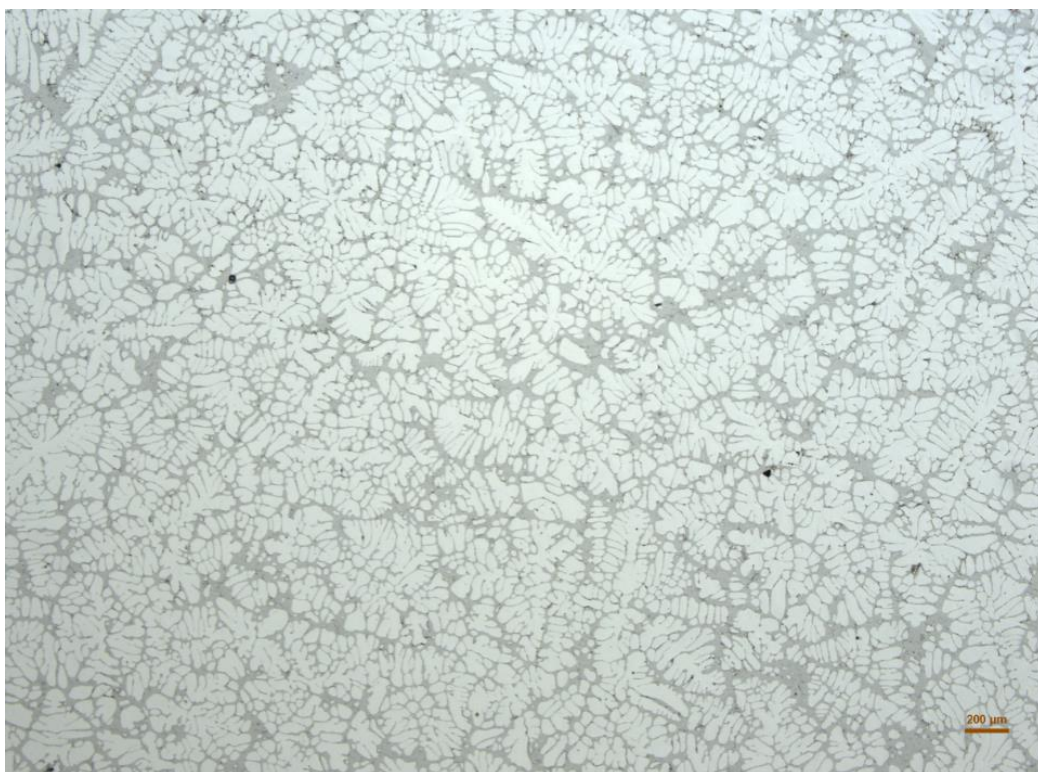
Následující obrázky jsou srovnáním vnitřní struktury odlitků pozorovatelných a vyhodnocených na metalografickém mikroskopu. Na obrázcích 35, 36, 37, 38 je viditelná dendritická struktura, stromová struktura krystalů, kde je hodnoceno rozložení jednotlivých dendritických větví a je měřena vzdálenost sekundárních os dendritů. Tato hodnota je označena zkratkou DAS, anglickým názvem Dendritic arms secondary. Hodnota DAS je klíčovým parametrem pro vyhodnocení vnitřní struktury. Běžná hodnota bez chlazení odlitků je měřena v rozmezí 70–100 μm . Při chlazení stlačeným vzduchem dosahuje hodnot 40–70 μm a řízeným tuhnutím ponorem do chladicí kapaliny dosahuje hodnot 20–40 μm . Čím menší hodnota DAS, tím je vnitřní struktura jemnější, méně porézní, dosahuje vyšších mechanických vlastností. Na obrázku 35 jsou zobrazeny tři dendritické struktury vedle sebe pro srovnání velikostí dendritů. Vlevo je struktura bez chlazení, uprostřed chlazená vzduchem a vpravo struktura odlitku odlita metodou řízeného tuhnutí odlitků.



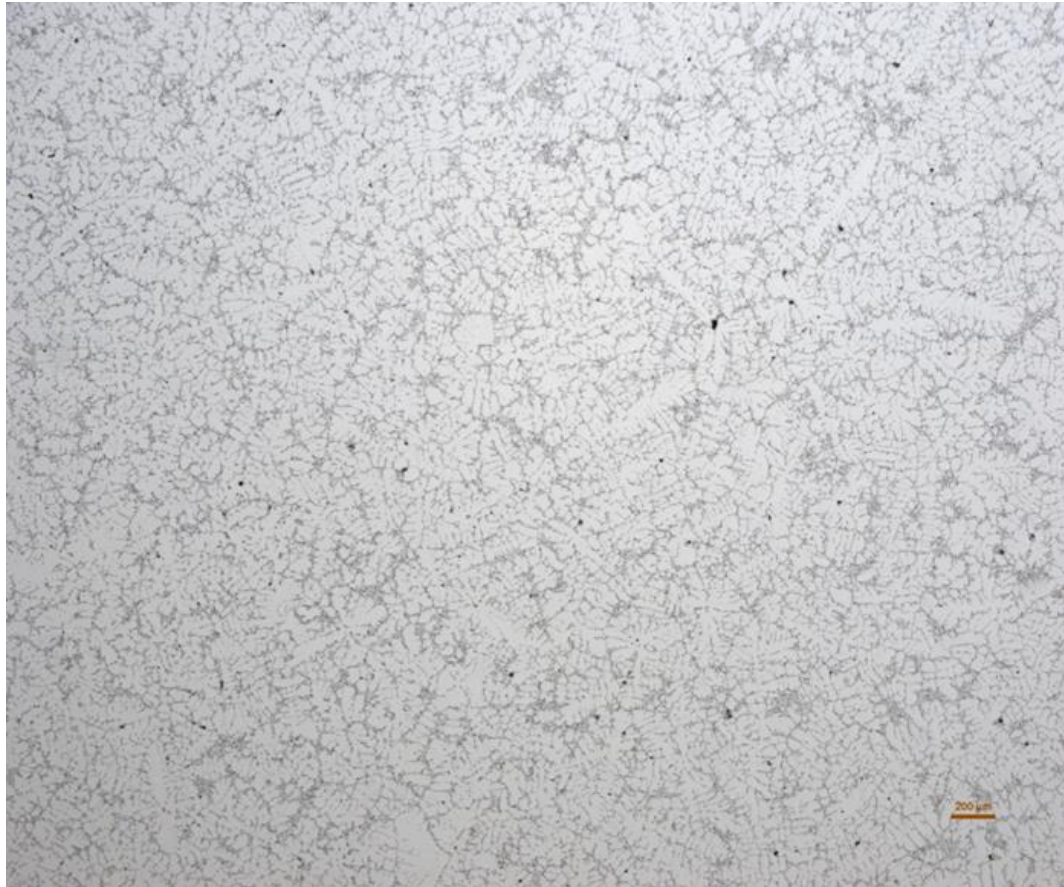
Obrázek 35 Srovnání vnitřní struktury (vlastní zpracování za využití Mesit)



Obrázek 36 Struktura – bez chlazení (vlastní zpracování za využití Mesit)



Obrázek 37 Struktura – chlazeno vzduchem (vlastní zpracování za využití Mesit)



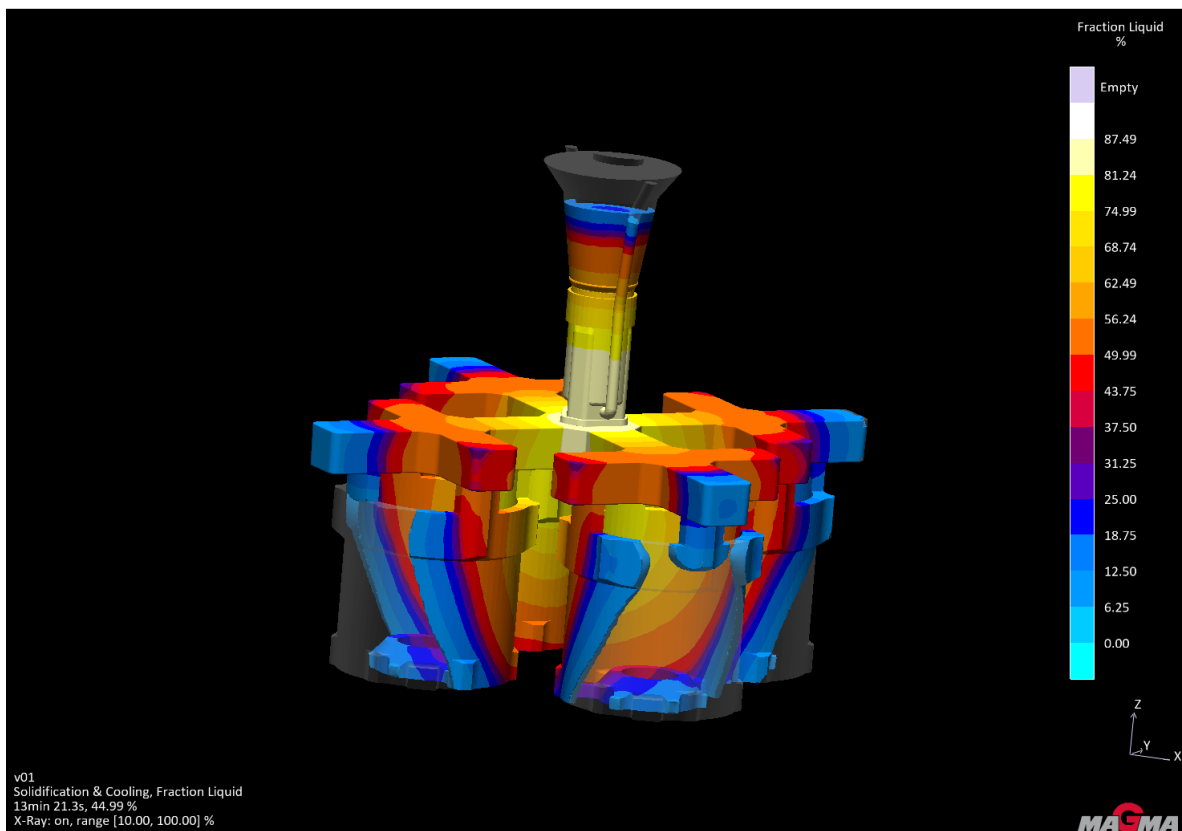
Obrázek 38 Struktura – řízené tuhnutí (vlastní zpracování za využití Mesit)

Obrázky 35, 36, 37, 38 dokazují efektivnost řízeného tuhnutí chladicí kapalinou z hlediska měření vzdálenosti sekundární os dendritů. Na obrázcích je zřetelně viditelný rozdíl vnitřní struktury odlitků v závislosti na použité metodě odlévání.

9.2 Využití simulačního programu Magmasoft

Simulační program Magmasoft je komplexní a efektivní optimalizační nástroj pro zlepšení kvality odlévání odlitků, pro optimalizaci podmínek procesu odlévání a snížení výrobních nákladů. Je využíván pro predikci výskytu vnitřních vad typu staženiny, řediny, porozita, pro pozorování plnění odlitků tekutým kovem, chladnutí jednotlivých částí odlitků, trasování částic. Je využíván pro virtuální návrh experimentů a optimalizaci procesu odlévání odlitků. Pomocí Magmasoft jsou nastavovány optimální parametry procesu efektivně a komplexně. Magmasoft nabízí spolehlivé a včasné informace konstruktérům pro vývoj produktů a procesů. Stanovuje optimalizované provozní body pro kvalitu, výnosy a náklady. Včasné a spolehlivě identifikuje optimální procesní podmínky (MAGMASOFT, © 2024).

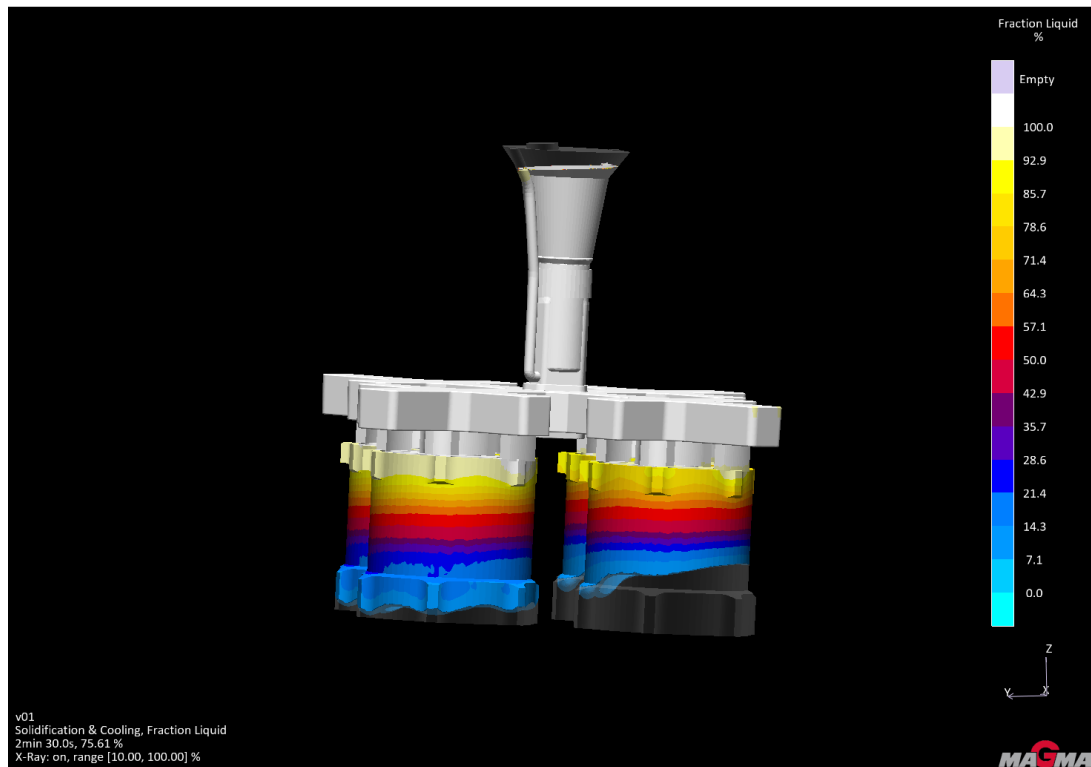
Následující obrázky zobrazují rozdíly v principu tuhnutí odlitků. Na obrázku 39 je možno pozorovat tuhnutí odlitků na volném prostranství, bez používání řízeného tuhnutí. Při tomto způsobu odlévání jsou odlitky uloženy volně na licím poli. Chladnou přirozeně, bez vnějších zásahů. Modrá barva, na obrázku vygenerovaném pomocí Magmasoft, znázorňuje chladnější oblasti, tyto oblasti jsou volně ovívány vzduchem, přirozeně chladnou od povrchu směrem ke středu odlitku. Červená barva ukazuje teplejší oblasti a žlutá barva ukazuje oblasti s nejvyšší teplotou odlévaného odlitku. Do středové části odlitku se nedostává z vnějšku žádný chladicí impuls, proto je nutné vyčkat na celkové přirozené ochlazení odlitků. Přirozené tuhnutí odlitků trvá několik minut. V tomto případě hrozí zvýšené nebezpečí vzniku vnitřních vad typu staženiny, řediny nebo perezita. Simulační program predikuje místa pravděpodobného výskytu vad.



Obrázek 39 Magmasoft – odlévání na licím poli (zdroj Mesit foundry)

Na následujícím obrázku 40 je zobrazen princip řízeného tuhnutí odlitků, vygenerováno pomocí Magmasoft. Na obrázku je možno pozorovat pomocí barevné škály princip tuhnutí odlitků. Šedá barva ukazuje, že v tomto místě je odlitek plně zatuhnutý během několika sekund, modrá barva zobrazuje nejchladnější části odlitku a žlutá nejteplejší. Vrstvení barev

v horizontálním směru přesně zobrazuje princip ponoření odlitků do chladicí kapaliny na nakloněné rovině.



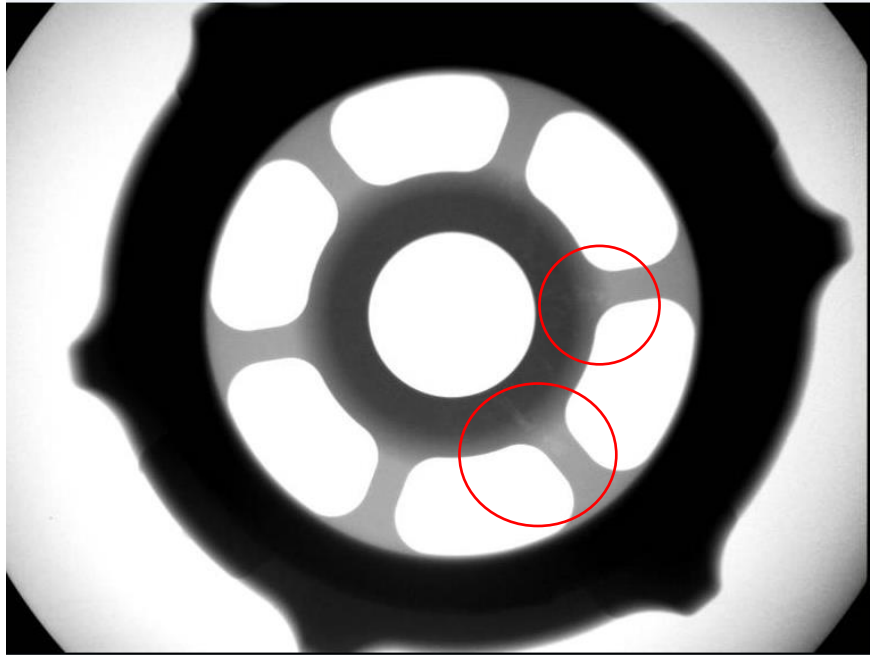
Obrázek 40 Magmasoft – řízené tuhnutí (zdroj Mesit foundry)

Firma Mesit foundry a.s. plně využívá simulační program Magmasoft pro predikci vad, jak ve stávajících projektech pro porovnání výsledků rentgenové zkoušky, tak i pro predikci vad nových projektů, pro návrhy způsobů odlévání nových výrobků. Z interního pozorování vyplývá, že úspěšnost predikcí vad pomocí simulačního software Magmasoft je až 90 procent. Toho je využito už v přípravných fázích, při zavádění odlitků do výroby. Pokud se pomocí simulačního programu zjistí výskyt vnitřních vad, je jednoznačně zařazen proces robotického řízeného tuhnutí odlitků.

9.3 Vyhodnocení vad rentgenovou zkouškou

Výrobky vyráběné v Mesit foundry a.s. zařazené do leteckého průmyslu podléhají velmi přísným požadavkům zákazníka z hlediska kvality. Odlitky jsou vyhodnocovány několika metodami, z nichž metoda rentgenovou zkouškou odhaluje vnitřní vady srovnávací metodou dle předepsané normy. Rentgenovou zkouškou, RTG, je pozorována vnitřní struktura odlitků, jsou jednoznačně odhalovány vnitřní vady odlitků. Letecké odlitky jsou kvalitativně velmi přísně hodnoceny, proto se u těchto typů odlitků vyskytuje větší podíl zmetkovitosti. Těmto druhům odlitků je věnována zvýšená péče, důraznější technologická příprava pro

čistotu odlitků, zvýšený technologický dozor, či asistence při odlévání. Vyráběné odlitky jsou velmi kvalitativně náročné, výskyt větší vady, než povoluje norma dle srovnávacího etalonu znamená, že se odlitek stává neshodným a musí být vyřazen z výrobního procesu. Na obrázku 41 a 42 jsou rentgenové snímky stejného odlitku. Na obrázku 41 jsou zobrazeny vady typu staženina, označeno červenou značkou. Odlitek je neshodný, je vyřazen z výrobního procesu. RTG snímek odlitku na obrázku 42 je bez vnitřní vady.

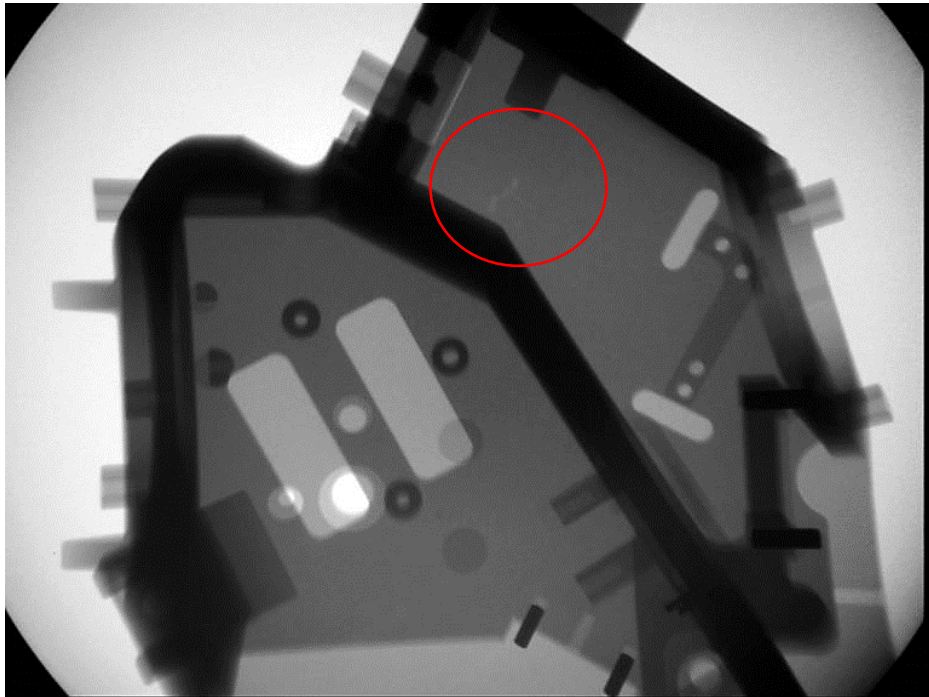


Obrázek 41 RTG vady na odlitku (zdroj Mesit foundry)

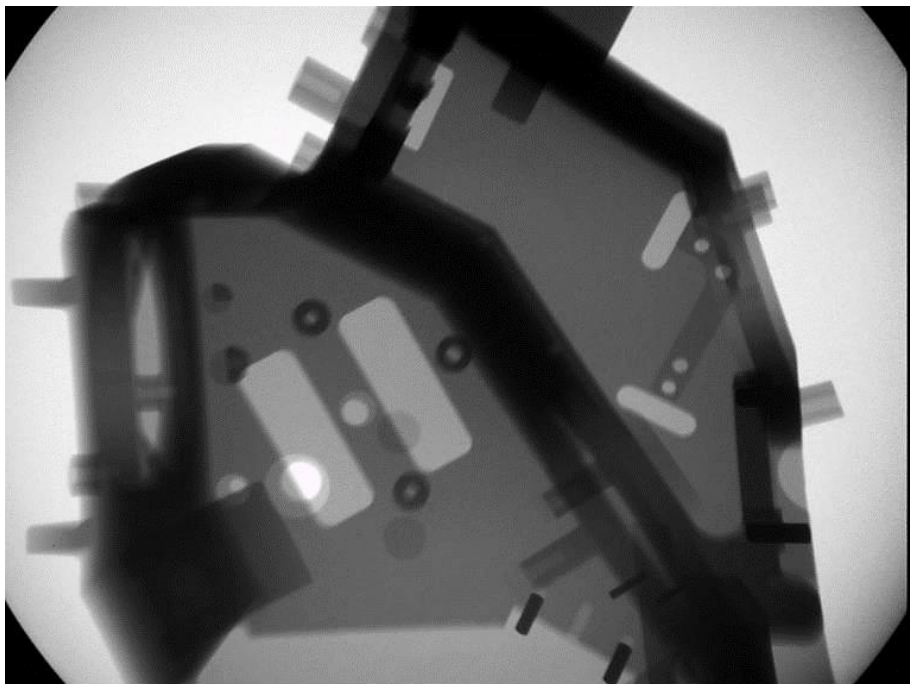


Obrázek 42 Odlitek bez RTG vady (zdroj Mesit foundry)

Na obrázku 43 a 44 jsou rentgenové snímky stejného typu odlitku pro porovnání vnitřních vad. Na obrázku 43 je zobrazena vada typu staženina, označeno červeně. Odlitek je neshodný, je vyřazen z výrobního procesu. RTG snímek odlitku na obrázku 44 je bez vnitřní vady.



Obrázek 43 Odlitek s RTG vadou (zdroj Mesit foundry)



Obrázek 44 Odlitek bez RTG vady (zdroj Mesit foundry)

9.4 Mechanické vlastnosti

Mechanické vlastnosti odlitků jsou dalším technologickým parametrem, na který má pozitivní vliv proces řízeného tuhnutí odlitků. Z pozorování vyplývá, že přímé ofukování vzduchem trhacích tyčinek, určených pro tahovou zkoušku, a stejně tak i řízené tuhnutí odlitků ponorem do chladicí kapaliny má pozitivní vliv na výsledky tahových zkoušek. Velmi výrazně je zvýšena hodnota Meze pevnosti a Meze kluzu a rovněž hodnota tažnosti. Tabulka 9 prezentuje výsledky mechanických vlastností dosažené metodou řízeného tuhnutí v porovnání minimálních hodnot požadovaných normou. Nejčastěji používanou normou pro hodnocení odlitků odlévaných v Mesit foundry a.s. je norma EN 1706, která definuje chemické a mechanické vlastnosti odlitků.

Tabulka 9 Mechanické vlastnosti (zdroj Mesit foundry)

Požadováno	Mez pevnosti v tahu R_m	Smluvní mez kluzu $R_{p0,2}$	Tažnost A
Norma EN 1706	290 MPa	240 MPa	2 %
Požadavek zákazníka	300 MPa	270 MPa	4 %
Hodnoty bez řízeného tuhnutí	300 MPa	250 MPa	3 %
Hodnoty při řízeném tuhnutí	336 MPa	282 MPa	5,2 %
Hodnoty při řízeném tuhnutí	339 MPa	284 MPa	4,6 %
Hodnoty při řízeném tuhnutí	338 MPa	283 MPa	5,1 %

Z porovnání mechanických vlastností vyplývá, že řízené tuhnutí má přímý pozitivní vliv na mechanické vlastnosti odlitků zjištěných tahovou zkouškou.

9.5 Vyhodnocení nákladů

Vyhodnocení a porovnávání nákladů je dalším přímým ukazatelem, kde má používání nového implementovaného zařízení pro řízené tuhnutí odlitků v procesu výroby pozitivní vliv a je ukazatelem pro celkové vyhodnocení investice do provozu slévárny.

V následujících tabulkách jsou vyhodnoceny dva druhy odlitků pro letecký průmysl s velmi přísnou rentgenovou zkouškou. U obou odlitků se vyskytovala v minulosti velmi vysoká zmetkovitost, která vyžadovala zásadní korekci. Pro odlévání odlitků bylo zavedeno ofukování stlačeným vzduchem pomocí speciálních přípravků s uspokojivým výsledkem. Hodnota zmetkovitosti výrazně klesla, s původních hodnot až 100% zmetkovitosti sledované dávky na 24 % celkové zmetkovitosti. Tento výsledek byl považován v daném okamžiku za uspokojivý. Odstranění plné zmetkovitosti a snížení na hodnotu 0 % nebylo dosaženo vzhledem k ruční manipulaci s výrobky při umístování skořepinových forem na ofukovací přípravek a dalších vlivů, které ruční práce s sebou přináší. Proto bylo rozhodnuto odlévat tyto odlitky metodou řízeného tuhnutí, kdy zmetkovitost z hlediska vnitřních vad klesla až na 0 %. V tabulce 10 jsou zobrazeny výsledky zmetkovitosti a nákladů na skladovou položku označenou „A“. Reprezentovaný vzorek zkušební dávky obsahuje 150 kusů odlitků, cena skladové položky je 1500,- Kč.

Tabulka 10 Vyhodnocení nákladů skladové položky „A“ (zdroj Mesit foundry)

Vyhodnocení nákladů skladové položky „A“.				
Způsob odlévání	Zmetkovitost	Počet neshodných výrobků	Cena skladové položky	Náklady
Odléváno volně na licím poli	100 %	150 kusů	1500,- Kč	225 000,- Kč
Chlazen vzduchem	24 %	36 kusů	1500,- Kč	54 000,- Kč
Řízené tuhnutí odlitků	0 %	0 kusů	1500,- Kč	0,- Kč

V tabulce 11 jsou zobrazeny výsledky zmetkovitosti a nákladů skladové položky, označené „B“. Reprezentovaný vzorek zkušební dávky obsahuje 250 kusů odlitků, cena skladové položky je 650,- Kč.

Tabulka 11 Vyhodnocení nákladů skladové položky „B“ (zdroj Mesit foundry)

Vyhodnocení nákladů skladové položky „B“.				
Způsob odlévání	Zmetkovitost	Počet neshodných výrobků	Cena skladové položky	Náklady
Odléváno volně na licím poli	80 %	200 kusů	650,- Kč	130 000,- Kč
Chlazen vzduchem	18 %	45 kusů	650,- Kč	29 250,- Kč
Řízené tuhnutí odlitků	0 %	0 kusů	650,- Kč	0,- Kč

Z vyhodnocení nákladů na zmetkovitost u sledovaných skladových položek vyplývá, že zařazením technologického prvku v podobě ofukovacího přípravku, přineslo pozitivní výsledky a výrazné snížení zmetkovitosti. Před zavedením robotického řízeného tuhnutí odlitků šlo o výrazný pokrok pro snížení výrobních nákladů. Zavedením řízeného tuhnutí odlitků a dosažení cílové hodnoty nulové zmetkovitosti byly velmi výrazně sníženy náklady na zmetkovitost. Z vyhodnocení vyplývá, že implementace nového technologického zařízení do výroby má velmi pozitivní vliv a nemalý přínos pro efektivitu a produktivitu výroby.

Přestože náklady na pořízení nového pracoviště v provozu slévárny dosáhly celkové částky 16 milionů korun českých, přesto je konstatováno, že tato investice je smysluplná a plní svůj účel, pro který byla implementována.

ZÁVĚR

Cílem předkládané diplomové práce je posouzení rizik implementace nového technologického zařízení do procesu výroby a vypracování metodické příručky pro ovládání nového robotizovaného zařízení v praxi.

Nové technologické zařízení je nainstalováno ve firmě MESIT machinery, a.s., odštěpný závod foundry, provoz slévárny, kde jsou vyhodnocena rizika související s instalací tohoto zařízení. Teoretická část diplomové práce zpracovává problematiku rizik ekonomických, ekologických, technologických a bezpečnostních. Rizika ekonomická v praktické části nejsou více řešena vzhledem k tomu, že celý projekt implementace byl dlouhodobě plánován a bylo využito dotace Evropské unie a Ministerstva průmyslu a obchodu České republiky. Projekt implementace robotického zařízení byl včasné a v plné výši dostatečně finančně zajištěn. Rizika ekologická jsou analyzována metodou Check list, kde je vyhodnoceno, že nové chemické látky používané v instalovaném zařízení nejsou škodlivé, vyhovují z ekologického hlediska. Problematika ekologických rizik není dále rozvíjena a řešena. Rizika technologická a bezpečnostní jsou vyhodnocena pomocí aplikačních metod Check list, metodou What If, maticí pravděpodobnosti a následků rizik a metodou FMEA pro proces odlévání odlitků. Vyhodnocení jednotlivých metod analýzy rizik je zaznamenáno ve zpracovaných tabulkách a grafech, které jsou součástí předkládané diplomové práce.

Z celkového vyhodnocení rizik jednotlivých metod jsou vyhodnocena tři rizika jako rizika významná a vyžadují přezkoumání daného problému. Rizika se týkají nedostatečné výměny vzduchu, zhoršeného odvodu zplodin při používání nového zařízení a nedostatečné kapacity chladicího okruhu pro chlazení provozní kapaliny. Tato rizika mají přímou souvislost se zhoršením pracovních podmínek a při dlouhodobém působení by mohla mít vliv na zdraví zaměstnanců. Nedostatečná kapacita chladicího okruhu by mohla mít vliv na kvalitu vyráběných odlitků, zhoršení celkové zmetkovitosti. Všechna významná rizika je třeba znovu přezkoumat, vyřešit a zajistit z hlediska technicko-technologické přípravy před spuštěním zařízení do sériové výroby.

Druhým splněným cílem diplomové práce, který má přímou souvislost s implementací nového zařízení, je vypracovaná metodická příručka pro bezpečné a snadné ovládání nového technologického zařízení a pro snížení možných rizik implementace nového zařízení. Tato metodická příručka popisuje nutná nastavení pro ovládání nového zařízení a je bohatě

doplněna obrázkovou dokumentací. Robotické pracoviště je v současné době spuštěno v testovacím režimu za zvýšeného technologického dozoru.

Díličím cílem diplomové práce je porovnání výsledné vnitřní struktury odlitků a celkové zmetkovitosti před a po implementaci nového technologického zařízení. Z pozorování technologických parametrů, sledování vnitřní struktury metalografickým mikroskopem, vyhodnocení rentgenové zkoušky, mechanických vlastností, porovnání obrázků vygenerovaných pomocí simulačního software Magmasoft je konstatován pozitivní vliv nového zařízení v provozu slévárny. Pozitiva se rovněž potvrzují i při srovnávání nákladů na celkovou zmetkovitost odlitků. Snížení zmetkovitosti při použití procesu řízeného tuhnutí odlitků se pohybuje v řádech desítek procent a šetří nemalé finanční částky.

Očekávaný přínosem celé implementace nového technologického zařízení je zkvalitnění a zefektivnění práce v procesu odlévání hliníkových odlitků. Zlepšení kvality výrobků, snížení vnitřních vad odlitků, snížení celkové zmetkovitosti, zvýšení mechanických vlastností, vylepšení vnitřní struktury odlitků. Z pozorování a vyhodnocení rizik lze konstatovat, že přínos implementace nového zařízení do procesu výroby je naplněn.

Výsledky zpracovaných analýz rizik by měly pomoci vedení společnosti MESIT machinery, a.s., odštěpný závod foundry při optimalizaci technického řešení robotického zařízení do sériové výroby.

Mým doporučením pro firmu MESIT machinery, a.s., odštěpný závod foundry je pokračování v rozvoji řízeného tuhnutí odlitků a vyzkoušení účinku mechanismu chladicí kapaliny do procesu tepelného zpracování. Předpokladem implementace je stabilizace procesu tepelného zpracování a snížení deformací odlitků, které vznikají v současnosti při kalibraci tenkostěnných a rozměrných odlitků.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

ACESO, © 2023. In: *Bezpečnost ve slévárnách*. Online. ACESO PRAHA. Aceso.cz. Dostupné z: <https://aceso.cz/aceso/bezpecnost>. [cit. 2024-02-12].

ALMOND, David; GROOTEN, Martin; PETERSEN, Thomas a R.E.A., © 2020. In: *The Living Planet Report 2020: ZPRÁVA O ŽIVÉ PLANETĚ 2020 - Ohýbání křivky úbytku biologické rozmanitosti*. Online, Shrnutí. Švýcarsko: WWF. ISBN 978-289-698. Dostupné z: mzp, [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/zprava_o_zive_planete_2020/\\$FILE/ODOI_MZ-LPR_2020-20211104.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/zprava_o_zive_planete_2020/$FILE/ODOI_MZ-LPR_2020-20211104.pdf). [cit. 2023-09-24].

ATTENBOROUGH, David a HUGHES, Jonnie, © 2021. *A Life on Our Planet: My Witness Statment and A Vision for the Future*. Praha: PRÁH. ISBN 978-80-7252-884-4.

BECKOVÁ, Monika, 2019. *BOZP dle ČSN ISO 45001:2018 komentáře a příklady: Využití požadavků normy ve firemní praxi*. Praha: Verglas Dashöfer. ISBN 978-8087963-91-3.

Bezpečnost a ochrana zdraví při práci: Státní odborný dozor nad bezpečností práce, 2020. Úplné znění číslo: 1363. Ostrava-Hrabůvka: Sagit. ISBN 978-80-7488-398-9.

BLACKMORE, Pavla, 2024. *Jak zavést Totálně produktivní údržbu (TPM)*. Praha: Dashöfer. ISBN 978-80-7635-145-5.

BLAŽEK, Ladislav, 2014. *Management: Organizování, rozhodování, ovlivňování*. 2., rozšířené vydání. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-4429-2.

CIREXFOUNDRY, © 2023. In: *SOPHIA® process for complex aluminum investment castings*. Online. CIREXFOUNDRY. CIREX. Dostupné z: <https://cirexfoundry.com/investment-casting/sophia-process/>. [cit. 2024-02-22].

CAIS, Jan; LYSONĚKOVÁ, Ivana a KRAUS, Pavel, 2017. Modifikace slitiny AlSi7Mg0,3 prostřednictvím Ca, Sr a Sb. In: KOLEKTIV, autorů. *Sborník přednášek ze 7. Holečkovy konference: Metalurgie a technologie slitin neželezných kovů*. Hotel OREA Devět skal, 22.–23. března 2017. Brno: Česká slévárenská společnost, z.s., člen ČSVTS Praha, s. 64–71. ISBN 978-80-02-02717-1.

ČESKÁ AGENTURA PRO STANDARDIZACI, 2018. ČSN ISO 31000, *Management rizik - Směrnice*. Druhé vydání. Praha: Česká agentura pro standardizaci.

ČESKÁ AGENTURA PRO STANDARDIZACI, 2020. ČSN EN IEC 31010, *Management rizik-Techniky posuzování rizik*. Ed. 2. Praha: Česká agentura pro standardizaci.

DRAW.IO, © 2023. In: *Security-first diagramming for teams*. Online. Dostupné z: <https://www.drawio.com/>. [cit. 2024-03-09].

ELUC, © 2024. In: *Elektronická učebnice*. Online. Elektronická učebnice. Dostupné z: <https://eluc.ikap.cz/verejne/lekce/2344>. [cit. 2024-03-21].

ERGATE: LED signalizační maják LD6A-3DQB-RSG, © 2021. In: Online. In: ERGATE. Bezpečnostní produkty. Dostupné z: <https://www.ergate.cz/bezpecnostni-produkty/bezpecnostni-led-signalizace/led-signalizacni-majak-ld6a-3dqb-rsg-32212.html>. [cit. 2024-03-31].

EVROPSKÁ AGENTURA PRO BEZPEČNOST A OCHRANU ZDRAVÍ, © 2024. In: *OiRA*. Online. EU-OSHA. Evropská agentura pro bezpečnost a zdraví. Dostupné z: <https://oira.osha.europa.eu/cs/about-oira>. [cit. 2024-02-25].

FÍŠER, Roman, 2014. *Procesní řízení pro manažery: Jak zařídit, aby lidé věděli, chtěli, uměli i mohli*. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-5038-5.

FOTR, Jiří a HNILICA, Jiří, 2014. *Aplikovaná analýza rizika ve finančním managementu a investičním rozhodování*. 2., aktualizované a rozšířené vydání. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-5104-7.

HEAP, Tom, 2022. *39 ways to save the planet*. Brno: Zoner Press. ISBN 978-80-7413-510-1.

HELEBRANT, František; HRABEC, Ladislav a BLATA, Jan, 2013. *Provoz, diagnostika a údržba strojů*. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava. ISBN 978-80-248-3028-5.

JANÁKOVÁ, Anna, © 2013. In: *Struktura bezpečnosti a ochrany zdraví při práci*. Online. JANÁKOVÁ, Anna. BOZP PROFI.CZ. Dostupné z: https://www.bozpprofi.cz/33/struktura-bezpecnosti-a-ochrany-zdravi-pri-praci-uniqueidmRRWSbk196FNf8-jVUh4EIMrKgIu0xQ7XShBrcvIMVk/?uri_view_type=35. [cit. 2024-02-11].

JANÁKOVÁ, Anna, 2018. *Abeceda bezpečnosti a ochrany zdraví při práci*. 6. aktualizované vydání. Praha: ANAG. ISBN 978-80-7554-171-0.

JUROVÁ, Marie; KORÁB, Vojtěch; VIDECKÁ, Zdeňka; JUŘICA, Pavel a BARTOŠEK, Vladimír, 2016. *Výrobní a logistické procesy v podnikání: Digitalizace. Automatizace. Robotizace. Inteligentní továrna*. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-5717-9.

KAŇA, Václav a HALAŠKA, Jaroslav, 2019. Odezdnívání modifikačního účinku a jeho dopad na mechanické vlastnosti slitiny AlSi10Mg. In: KOLEKTIV, autorů. *Sborník přednášek z 8. Holečkovy konference: Metalurgie a technologie slitin neželezných kovů*. Hotel Skalský dvůr, 20.–21. března 2019. Brno: Česká slévárenská společnost, z. s., člen ČSVTS Praha, s. 64–71. ISBN 978-80-02-02857-4.

Komplexní studie dopadů, zranitelnosti a zdrojů rizik souvisejících se změnou klimatu v ČR, © 2015. In: Online, Studie, zpracovatel: EKOTOXA s.r.o., zadavatel: mzp, Brno. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/studie_dopadu_zmena_klimatu/\\$FILE/OE_OK-Komplexni_studie_dopady_klima-20151201.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/studie_dopadu_zmena_klimatu/$FILE/OE_OK-Komplexni_studie_dopady_klima-20151201.pdf). [cit. 2023-09-24].

KONČITÍKOVÁ, Gabriela, 2021. *Inspirace Baťa: Jak být silnější a šťastnější podle životních zásad Tomáše Bati*. Havlíčkův Brod: Tiskárny Havlíčkův Brod. ISBN 978-80-908183-0-9.

KŘIVÁNEK, Mirko, 2019. *Dynamické vedení a řízení projektů: Systémovým myšlením k úspěšným projektům*. Praha: Grada. ISBN 978-80-271-0408-6.

KŘÍŽOVÁ, Barbora, © 2024. In: *Technologie zdraví: Jaký je význam asistenčních exoskeletonů na pracovišti*. Online. BOZP PROFÍ.CZ: Jaký je význam asistenčních exoskeletonů na pracovišti. Dostupné z: <https://www.bozpprofi.cz/>. [cit. 2024-02-23].

LENAERTS, Karolien; WAEYAERT, Willem; SMITS, Ine a HAUBEN, Harald, 2021. *Digital platform work and occupational safety and health: a review*. Luxembourg: Publications Office of the European Union. ISBN 978-92-9479-589-2.

MAGMASOFT, © 2024. In: *MAGMASOFT® 6.0 - Faster to the Target*. Online. MAGMASOFT. Dostupné z: <https://www.magmasoft.com/en/solutions/magmasoft/>. [cit. 2024-03-29].

MESIT, © 2024. In: *Více než 70 let dáváme myšlenkám život*. Online. MESIT. Dostupné z: <https://www.mesit.cz/cs>. [cit. 2024-02-22].

MESIT FOUNDRY, © 2024. In: *Výroba hliníkových odlitků metodou vytavitelného voskového modelu*. Online. MESIT foundry. Dostupné z: <https://www.mesitfoundry.cz/cs>. [cit. 2024-02-22].

MICHNA, Štefan, 2010. *Aluminium materials and technologies from A to Z*. Prešov: Adin. ISBN 978-80-89244-18-8.

NEUGEBAUER, Tomáš, 2016. *Bezpečnost a ochrana zdraví při práci v kostce: Neboli o čem je současná BOZP*. 2. aktualizované a rozšířené vydání. Praha: Wolters Kluwert. ISBN 978-80-7552-107-1.

NEUGEBAUER, Tomáš, 2018. *Vyhledávání a vyhodnocení rizik v praxi*. 3. vydání. Praha: Wolters Kluwert. ISBN 978-80-7552-072-2.

NOVÁK, Adam, 2017. *Inovace je rozhodnutí: Kompletní návod, jak dělat inovace nejen v byznysu*. Praha: Grada. ISBN 978-80-271-0333-1.

OMNIPOL, © 2024. In: *Letecký průmysl. Pokračujeme v tradici*. Online. OMNIPOL since 1934. Dostupné z: <https://www.omnipol.cz/letecky-prumysl>. [cit. 2024-02-22].

PATERMANN, Jiří, 2022. *Lean dílenské řízení: Je čas změnit vaši dílnu. Začneme teď!* Praha: Grada. ISBN 978-80-271-3534-9.

POPESKO, Boris a Šárka PAPADAKI, 2016. *Moderní metody řízení nákladů: Jak dosáhnout efektivního vynakládání nákladů a jejich snížení*. 2. aktualizované a rozšířené vydání. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-5773-5.

ROUČKA, Jaromír, 2004. *Metalurgie neželezných slitin*. Učební texty vysokých škol. Brno: Vysoké učení technické v Brně. Fakulta strojního inženýrství. ISBN 80-214-2790-6.

RŮČKOVÁ, Petra, 2021. *Finanční analýza*. 7. aktualizované vydání. Praha: Grada. ISBN 978-80-271-3124-2.

SCHOLEY, Keith a FOTHERGILL, Alastair, 2019. *Our planet*. New York City, United States: Transworld Publishers. ISBN 978-80-242-6221-5.

SMEJKAL, Vladimír a RAIS, Karel, 2013. *Řízení rizik ve firmách a jiných organizacích*. Čtvrté, aktualizované a rozšířené vydání. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-4644-9.

SVOZILOVÁ, Alena, 2016. *Projektový management: Systémový přístup k řízení projektů*. 3. aktualizované a rozšířené vydání. Praha: Grada. ISBN 978-80-271-0075-0.

Úmluva o biologické rozmanitosti a ochrana biodiverzity, © 2023. In: Online. Ministerstvo životního prostředí. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/ochrana_biodiverzity_umluva. [cit. 2023-09-24].

ÚŘAD PRO TECHNICKOU NORMALIZACI, METROLOGII A STÁTNÍ ZKUŠEBNICTVÍ, 2011. ČSN EN ISO 12100, *Bezpečnost strojních zařízení – Všeobecné zásady pro konstrukci – Posouzení rizika a snižování rizika*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví.

VALENČÍK, Štefan a STEJSKAL, Tomáš, 2015. *Údržba, diagnostika a opravy strojov*. Košice: TU. ISBN 978-80-553-2249-0.

VYNÁLEZ.CZ, © 2024. *Patentové úřady*. Online. In: Vynález.cz. Dostupné z: <https://vynalez.cz/patentove-urady/>. [cit. 2024-03-14].

WEBSTER, Tamsen, © 2021. *Find Your Red Thread: Make Your Big Ideas Irresistible*. Kanada: Page Two Books. ISBN 978-80-271-3558-5.

ZEMČÍK, Ladislav, 2021. *Řízená krystalizace*. Online, Učební texty vysokých škol, vedoucí Prof. Ing. Ladislav Zemčík, CSc. Brno: Vysoké učení technické v Brně. Fakulta strojního inženýrství. [cit. 2021-12-03].

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Al	Chemická značka hliníku
$\alpha(\text{Al})$	Alfa fáze hliníku
Al-Si	Označení hliníkových slitin, siluminy
BOZP	Bezpečnost a ochrana zdraví při práci
°C	Stupeň Celsia
DAS	Dendritic arms secondary – Vzdálenost sekundárních os dendritů
EU-OSHA	Evropská agentura pro bezpečnost a ochranu zdraví při práci
FMEA	Fault mode and effect analysis – Analýza způsobů a důsledků poruch
FSI	Fakulta strojního inženýrství
KPI	Key performance indicators – Klíčové ukazatele výkonnosti
MPa	Jednotka tlaku – Megapascal
MZP	Ministerstvo životního prostředí
OEE	Overall Equipment Effectiveness – Celková efektivita zařízení
OiRA	On-line interaktivní hodnocení rizik
OOPP	Osobní ochranné pracovní prostředky
PDCA	Plan-Do-Check-Act – Cyklus trvalého zlepšování
PFMEA	Process Failure Mode Effects Analysis – FMEA procesu
PMBOK	Project Management Body Of Knowledge
ppm	Parts per milion – Počet částic na jeden milion
PRINCE	Projects In Controlled Environments
RPN	Risk Priority Number – Číslo rizikové priority
RTG	Rentgen
Si	Chemická značka křemíku
SWIFT	Structured What If Technique
SWOT	Analýza silných stránek, slabých stránek, příležitostí a hrozeb

THP	Technickohospodářský pracovník
TPM	Total Productive Maintenance – Totálně produktivní údržba
VUT	Vysoké učení technické v Brně
WWF	World Wildlife Fund – Světový fond na ochranu přírody

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Mapa světa (Almond at al, © 2020)	17
Obrázek 2 Propojení globálních priorit (Almond at al, © 2020)	18
Obrázek 3 Teorie spolehlivosti (Valenčík a Stejskal, 2015)	22
Obrázek 4 Zavedení TPM v pěti krocích (Blackmore, 2024).....	24
Obrázek 5 Hodnotový tok údržby (Helebrant a kolektiv, 2013)	24
Obrázek 6 Zásady, rámec, proces (Česká agentura pro standardizaci, 2018)	30
Obrázek 7 PDCA cyklus (Česká agentura pro standardizaci, 2018)	31
Obrázek 8 Techniky posuzování rizik (Česká agentura pro standardizaci, 2020).....	32
Obrázek 9 Logo platformy OiRA (EU-OSHA, © 2024).....	34
Obrázek 10 Matice naléhavosti a důležitosti (Novák, 2017).....	40
Obrázek 11 Hornina bauxitu (ELUC, © 2024).....	44
Obrázek 12 Zpracování hliníku (ELUC, © 2024)	44
Obrázek 13 Intermetalické fáze (vlastní zpracování za využití Mesit foundry)	46
Obrázek 14 Dendritická struktura (vlastní zpracování za využití Mesit foundry)	48
Obrázek 15 Letecký snímek celého areálu MESIT (MESIT, © 2024).....	52
Obrázek 16 Hliníkové výrobky (Mesit foundry, © 2024)	53
Obrázek 17 Procentuální podíl tržeb podle oborů (Mesit foundry, © 2024).....	54
Obrázek 18 Robotizované pracoviště řízeného tuhnutí (Mesit foundry, © 2024).....	56
Obrázek 19 Schéma výroby odlitků (vlastní zpracování za využití Mesit foundry)	57
Obrázek 20 Vývojový diagram – 1. část (vlastní zpracování za využití Mesit foundry)	60
Obrázek 21 Vývojový diagram – 2.část (vlastní zpracování za využití Mesit foundry)	61
Obrázek 22 Graf – Procentuální vyjádření odpovědí Check listu	65
Obrázek 23 Hlavní jistič (zdroj vlastní za využití Mesit foundry)	81
Obrázek 24 Přenosný ovládací panel (zdroj vlastní za využití Mesit foundry).....	81
Obrázek 25 Bílé tlačítko „ZAMK.“ (zdroj vlastní za využití Mesit foundry)	82
Obrázek 26 Ovládací panel (zdroj vlastní za využití Mesit foundry).....	82
Obrázek 27 PORUCHA RESET (zdroj vlastní za využití Mesit foundry).....	83
Obrázek 28 Přihlášení (zdroj vlastní za využití Mesit foundry)	83
Obrázek 29 Receptury výrobků (zdroj vlastní za využití Mesit foundry)	84
Obrázek 30 Automatický režim (zdroj vlastní za využití Mesit foundry)	84
Obrázek 31 Přenosný ovladač (zdroj vlastní za využití Mesit foundry).....	85
Obrázek 32 Výběr palety (zdroj vlastní za využití Mesit foundry)	86
Obrázek 33 Start (zdroj vlastní za využití Mesit foundry)	86
Obrázek 34 Maják (ERGATE, © 2021)	87

Obrázek 35 Srovnání vnitřní struktury (vlastní zpracování za využití Mesit).....	89
Obrázek 36 Struktura – bez chlazení (vlastní zpracování za využití Mesit)	90
Obrázek 37 Struktura – chlazené vzduchem (vlastní zpracování za využití Mesit).....	90
Obrázek 38 Struktura – řízené tuhnutí (vlastní zpracování za využití Mesit)	91
Obrázek 39 Magmasoft – odlévání na licím poli (zdroj Mesit foundry)	92
Obrázek 40 Magmasoft – řízené tuhnutí (zdroj Mesit foundry).....	93
Obrázek 41 RTG vady na odlitku (zdroj Mesit foundry)	94
Obrázek 42 Odlitek bez RTG vady (zdroj Mesit foundry)	94
Obrázek 43 Odlitek s RTG vadou (zdroj Mesit foundry).....	95
Obrázek 44 Odlitek bez RTG vady (zdroj Mesit foundry).....	95

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Souhrnné svědectví o stavu planety (Attenborough a Hughes, © 2021).....	20
Tabulka 2 Metoda Check list (vlastní zpracování za využití Mesit foundry).....	62
Tabulka 3 Hodnocení výsledků kontrolního seznamu (vlastní hodnocení).....	65
Tabulka 4 Sumarizace odpovědí kontrolního seznamu (vlastní hodnocení).....	65
Tabulka 5 Analýza What If (vlastní zpracování za využití Mesit foundry).....	67
Tabulka 6 Matice pravděpodobnosti a dopadu (vlastní zpracování).....	71
Tabulka 7 FMEA procesu odlévání odlitek (vlastní zpracování za využití Mesit foundry)	73
Tabulka 8 Metodická příručka (vlastní zpracování za využití Mesit foundry).....	79
Tabulka 9 Mechanické vlastnosti (zdroj Mesit foundry).....	96
Tabulka 10 Vyhodnocení nákladů skladové položky „A“ (zdroj Mesit foundry).....	97
Tabulka 11 Vyhodnocení nákladů skladové položky „B“ (zdroj Mesit foundry).....	98
Tabulka 12 Pravděpodobnost rizika (vlastní hodnocení).....	112
Tabulka 13 Úroveň dopadu (vlastní hodnocení).....	112
Tabulka 14 Celkové hodnocení míry rizika (vlastní hodnocení).....	113
Tabulka 15 Kritéria významu vady (vlastní zpracování za využití Mesit).....	114
Tabulka 16 Kritéria hodnocení závažnosti (vlastní zpracování za využití Mesit).....	115
Tabulka 17 Kritéria odhalení vady (vlastní zpracování za využití Mesit).....	116

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Přípravné tabulky pro matici rizika

Příloha P II: Přípravné tabulky pro analýzu FMEA

PŘÍLOHA P I: PŘÍPRAVNÉ TABULKY PRO MATICI RIZIKA

Tabulka 12 Pravděpodobnost rizika (vlastní hodnocení)

Úroveň výskytu	Popis	Definice
1	Málo pravděpodobné	Ročně 1 případ a méně
2	Zřídka	Pololetně 1 případ
3	Občas	Měsíčně 1 případ
4	Často	Týdně 1 případ
5	Velmi často	Denně 1 případ a více

Tabulka 13 Úroveň dopadu (vlastní hodnocení)

Úroveň dopadu	Popis	Výrobek	Úraz	Majetek	Finance
1	Bezvýznamné	Bez poškození	Bez úrazu	Bez poškození	Bez finanční ztráty
2	Nepatrné	Lehce opravitelný	Drobný úraz	Lehce poškozený	Malá finanční ztráta
3	Významné	Poškozený, opravitelný	Středně těžký úraz	Opravitelné poškození	Významná finanční ztráta
4	Vážné	Silně poškozený, opravitelný	Těžký úraz	Velmi poškozené zařízení	Velká finanční ztráta
5	Velmi vážné	Zničený, neopravitelný	Zdraví trvale poškozené	Zničené zařízení	Značná finanční ztráta

Tabulka 14 Celkové hodnocení míry rizika (vlastní hodnocení)

Body	Popis rizika	Barva
1-4	Bezvýznamné /Very low Nevyžaduje žádnou reakci	Zelená
5-9	Přijatelné/Low Vyžaduje monitoring	Žlutá
10-14	Významné/Medium Vyžaduje prozkoumání	Oranžová
15-19	Nežádoucí/High Vyžaduje okamžitou reakci	Červená
20-25	Nepřijatelné/Very high Vyžaduje urgentní reakci	Sytě červená

PŘÍLOHA II: PŘÍPRAVNÉ TABULKY PRO ANALÝZU FMEA

Tabulka 15 Kritéria významu vady (vlastní zpracování za využití Mesit)

Kritéria významu vady		
Dopad	Popis	Hodnocení
Nebezpečný bez varování	Porucha s klasifikací velmi vysoká až jistá, poruchový režim ovlivní bezpečnost operace, či obsluhy, bez varování.	10
Nebezpečný s varováním	Porucha s klasifikací velmi vysoká, poruchový režim ovlivní bezpečnost operace nebo obsluhy s varováním.	9
Velmi vysoký	Porucha znemožní fungování nebo používání, ztráta primární funkce výrobku.	8
Vysoký	Porucha sníží úroveň výkonu výrobku, zákazník není spokojen	7
Střední	Porucha částečně negativně ovlivní funkci výrobku, zákazník je nespokojen.	6
Nízký	Porucha způsobí snížení požadovaných úrovní výkonu, zákazník je částečně nespokojen.	5
Velmi nízký	Poruchu je možné vyřešit pomocí modifikace zákaznického výrobku nebo procesu bez výrazné ztráty vlastností.	4
Vedlejší	Porucha může způsobit zákazníkovi nepříjemnosti, ale zákazník je může překonat beze ztráty požadovaných vlastností.	3
Nevýznamný	Porucha by mohla mít nevýznamný dopad na zákazníkův výrobek nebo proces.	2
Žádný	Žádná vedlejší účinnost.	1

Tabulka 16 Kritéria hodnocení závažnosti (vlastní zpracování za využití Mesit)

Kritéria hodnocení závažnosti		
Pravděpodobnost poruchy	Popis	Hodnocení
Velmi vysoká až jistá	Porucha je téměř nevyhnutelná	10
Velmi vysoká	Porucha je téměř nevyhnutelná	9
Vysoká	Opakované poruchy	8
Častá	Opakované poruchy	7
Přichází v úvahu často	Příležitostné poruchy	6
Přichází v úvahu občas	Příležitostné poruchy	5
Zřídka	Příležitostné poruchy	4
Nízká	Relativně málo poruch	3
Výjimečná	Relativně málo poruch	2
Téměř nikdy	Porucha je nepravděpodobná	1

Tabulka 17 Kritéria odhalení vady (vlastní zpracování za využití Mesit)

Kritéria odhalení vady		
Detekce	Popis	Hodnocení
Absolutně neurčitá	Kontrola nezjistí nebo nemůže zjistit možnou příčinu nebo mechanismus, v místě neexistuje žádný kontrolní mechanismus.	10
Velice neurčitá	Velmi vzdálená pravděpodobnost, že kontrola zjistí možnou příčinu nebo mechanismus a přiřazený poruchový režim.	9
Nejistá	Vzdálená pravděpodobnost, že kontrola zjistí možnou příčinu nebo mechanismus a přiřazený poruchový režim.	8
Velice slabá	Velmi nízká šance, že kontrola zjistí možnou příčinu nebo mechanismus a přiřazený poruchový režim.	7
Slabá	Nízká šance, že kontrola zjistí možnou příčinu nebo mechanismus a přiřazený poruchový režim.	6
Průměrná	Mírná šance, že kontrola zjistí možnou příčinu nebo mechanismus a přiřazený poruchový režim.	5
Více než průměrná	Mírně vysoká šance, že kontrola zjistí možnou příčinu nebo mechanismus a přiřazený poruchový režim.	4
Vysoká	Vysoká šance, že kontrola zjistí možnou příčinu nebo mechanismus a přiřazený poruchový režim.	3
Velice vysoká	Velmi vysoká šance, že kontrola zjistí možnou příčinu nebo mechanismus a přiřazený poruchový režim.	2
Vždy spolehlivá	Kontrola téměř jistě zjistí možnou příčinu nebo mechanismus a přiřazený poruchový režim.	1