

České vysoké učení technické v Praze

Fakulta strojní

ÚSTAV ŘÍZENÍ A EKONOMIKY PODNIKU



Diplomová práce

Návrh výrobní linky lepených keramických komínových vložek

Design of Glued Ceramic Chimney Pipes Production Line

Autor: Bc. Petr Sádovský

Studijní program: Řízení průmyslových systémů

Vedoucí práce: Ing. Martin Kyncl

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Sádovský** Jméno: **Petr** Osobní číslo: **476045**
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
Zadávací katedra/ústav: **Ústav řízení a ekonomiky podniku**
Studijní program: **Řízení průmyslových systémů**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Návrh výrobní linky lepených keramických komínových vložek

Název diplomové práce anglicky:

Design of Glued Ceramic Chimney Pipes Production Line

Pokyny pro vypracování:

1. Rešerše výrobních technologií
2. Analýza současného stavu výroby lepených KKV
3. Návrh linky lepených KKV
4. Technicko-ekonomické zhodnocení návrhu linky

Seznam doporučené literatury:

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

Ing. Martin Kyncl ústav řízení a ekonomiky podniku FS

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) diplomové práce:

Datum zadání diplomové práce: **04.04.2023** Termín odevzdání diplomové práce: **21.07.2023**

Platnost zadání diplomové práce: **29.02.2024**

Ing. Martin Kyncl
podpis vedoucí(ho) práce

Ing. Miroslav Žilka, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

doc. Ing. Miroslav Španiel, CSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Diplomant bere na vědomí, že je povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v diplomové práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

Prohlášení

Čestně prohlašuji, že jsem diplomovou práci „Návrh výrobní linky lepených keramických komínových vložek“ vypracoval samostatně a veškeré použité zdroje cituji a uvádím v seznamu použité literatury.

.....

Datum

.....

Podpis

Poděkování

Rád bych tímto poděkoval svému vedoucímu Ing. Martinovi Kynclovi za věcné připomínky a cenné rady při vypracování této diplomové práce. Dále bych rád poděkoval rodině a přátelům za podporu a pomoc při dosavadních studiích.

Abstrakt

Diplomová práce s názvem „Návrh výrobní linky keramických komínových vložek“ vznikla ve spolupráci s výrobním podnikem P-D Refractories a.s. a pojednává o problematice výroby keramických komínových vložek. Teoretická část závěrečné práce nastiňuje problematiku výrobních procesů, výrobních technologií, žáruvzdorných materiálů a hodnocení investic. Praktická část se věnuje popisu současného stavu výroby a návrhu koncepčního řešení. Návrh se věnuje proveditelnosti mikrovlnného sušení a návrhu linky na základě možných řešení provedení dílčích procesů. Jednotlivé návrhy jsou technicko-ekonomicky zhodnoceny.

Klíčová slova

Výroba, Materiály, Lepení, Mikrovlnné sušení

Abstract

This masters thesis named „Design of glued ceramic chimney pipes production line“ was created in cooperation with manufacturing company P-D Refractories a.s. and it talks about issues connected to the production of ceramic chimney pipes. Theoretical part of the thesis talks about production processes, technology, refractory materials and investment evaluation. Practical part starts with analysis of current layout and describes the operations curently used for said production. Design focuses on feasibility of microwave drying and design of a new layout and operations. Each design is evaluated on technical and economical factors.

Key words

Production, Materials, Glueing, Microwave drying

Obsah

Úvod	9
Teoretická část	11
1 Technologické projektování	11
1.1 Výrobní proces a výrobní systém	11
1.2 Dělení výrobních procesů.....	12
2 Výrobní technologie	15
2.1 Zpracování surovin	15
2.2 Extruze.....	16
2.3 Sušení	17
2.4 Výpal.....	21
2.5 Dělení materiálu.....	22
2.6 Lepení.....	26
2.7 Manipulace.....	28
3 Žárovzdorné materiály	31
3.1 Složení	31
4 Hodnocení investic.....	35
4.1 Statické metody	36
4.2 Dynamické metody	37
Praktická část	38
5 Analýza současného řešení	38
5.1 Představení společnosti	38
5.2 Analýza výroby	40
6 Návrh linky lepených keramických komínových vložek	51
6.1 Definice problému.....	51
6.2 Mikrovlnné sušení	51
6.3 Volba stroje pro sušení lepených spojů	54
6.4 Návrh linky	55

6.5	Technicko-ekonomické zhodnocení návrhů	82
Závěr.....	88
Bibliografie	90
Seznam obrázků	94
Seznam tabulek.....	96

Úvod

Tato diplomová práce se zabývá návrhem linky sušení lepených keramických komínových vložek. Cílem této práce je navrhnout koncepční řešení linky a vyhodnotit potenciál nového postupu výroby. Tímto postupem je využití mikrovln pro vysušení tmelu a s tím spojené razantní zkrácení času sušení, který se v současnosti pohybuje v rozmezí 20-22 hodin. Použitím mikrovlnné technologie je teoreticky možné tento proces zkrátit na desítky až jednotky sekund. Práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část.

Teoretická část začíná kapitolou věnující se technologickému projektování. Zde je popsána základní terminologie, tzn. výrobní proces a výrobní systém. Dále jsou naznačeny možnosti dělení výrobních procesů.

Další kapitola se zabývá teorií výrobních technologií, které jsou používány samotným podnikem pro výrobu komínových vložek. Tato kapitola se nejdříve věnuje technologiím spojeným s tvorbou žárovzdorných výrobků. Jedná se o zpracování surovin, extruzi, sušení a výpal. V další části se práce zaměřuje na možnosti dělení materiálu. Zde jsou zmíněny dvě konvenční a dvě nekonvenční metody řezání. Následuje popis technologie lepení. V této podkapitole je definována základní terminologie a možné chyby, které mohou špatnou volbou adhesiva, nebo základního materiálu nastat. Poslední část pojednává o manipulaci. Ta hraje při návrhu automatizované linky velkou roli. Jsou zde popsány pracovní prostory, ve kterých mohou robotická ramena fungovat a rozdělení efektorů používaných pro manipulační procesy.

Třetí kapitola teoretické části je věnována žárovzdorným materiálům. Zde je popsáno složení keramických surovin a dělení jednotlivých produktů v závislosti na obsahu jejich složek. Z žárovzdorných materiálů je zde popsán šamot, který je pro výrobu komínových vložek ve společnosti používán.

Teoretická část je uzavřena problematikou hodnocení investic. Investice jsou definovány a je popsána jejich důležitost pro výrobní podniky. Jsou zde zmíněny tři statické a dvě dynamické metody hodnocení.

Praktická část je rozdělena do dvou kapitol. První z nich se zabývá analýzou současného řešení. Ta začíná stručným popisem společnosti a krátkým shrnutím její historie. Dále je analyzováno současné řešení výroby. Nejdříve jsou zobrazeny vyráběné lepené produkty a jsou uvedeny rozměry, ve kterých se vyrábí. Dále je popsán postup samotné výroby a jsou zmíněny důležité informace týkající se těchto procesů. Celá kapitola je zakončena technicko-ekonomickým

zhodnocením, kde jsou vyčísleny kapacity nynější výroby a následně jsou vypočteny jednicové náklady na vyřezávání otvorů a lepení součástí.

Nejrozsáhlejší částí diplomové práce je kapitola zabývající se samotným návrhem linky lepených komínových vložek. Zde je definován současný problém výroby, kterým je doba sušení a s ní spojené nevýhody aktuálního řešení. Diplomová práce závisí na možnosti použití mikrovlnné technologie pro proces sušení tmelu používaného pro lepení. Další část tedy popisuje a testuje možnost tohoto využití. Výsledky testu jsou zobrazeny a jsou zmíněny poznatky z tohoto testu. Následující část se věnuje návrhu linky. Jedná se o návrh koncepční, tudíž jsou zobrazeny možná řešení, kterými lze jednotlivé výrobní procesy provádět. Kombinace těchto návrhů je následně použita pro vytvoření návrhů kompletních linek. Každý z vytvořených návrhů je technicko-ekonomicky vyhodnocen. To spočívá ve výpočtu ziskovosti a nákladů jednotlivých řešení. Nejsou doporučena žádná přesná řešení strojů a příslušenství, tudíž jsou částky stanoveny na základě průměrných cen na trhu.

Teoretická část

1 Technologické projektování

Tato kapitola se zabývá technologickým projektováním. Nejdříve bude popsáno, co je to samotné technologické projektování a dále jsou vysvětleny pojmy „Výrobní proces“ a „Výrobní systém“. Výrobní proces bude popsán více do hloubky a budou uvedeny možnosti dělení výrobních procesů.

Pojem „Technologické projektování“ lze chápat jako činnost technicko-ekonomického charakteru, která se především zabývá variantami výrobních technologií, montáží a uspořádáním výroby s ohledem na ideální vytižení všech dostupných pracovních sil, hmotných zdrojů (materiál, energie, výrobní plocha) a výrobních prostředků (výrobní zařízení). [1]

Výsledkem této činnosti je výrobní dokumentace obsahující 2 typy dokumentů:

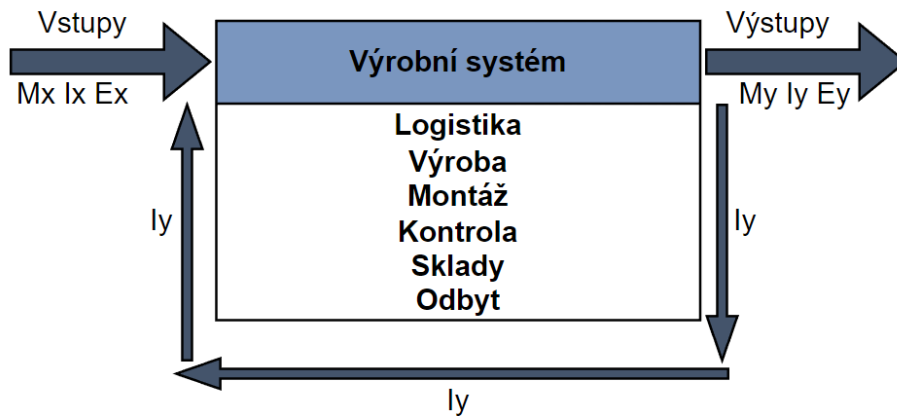
- a) Technologickou dokumentaci, kde jsou určeny technologie, postupy a návody
- b) Projektovou dokumentaci, kde jsou vypsány všechny výrobní stroje a zařízení potřebné pro realizaci projektu

Tyto dokumenty jsou zpracovávány podnikem pro všechny nové, modernizované, nebo racionalizované projekty. [1]

1.1 Výrobní proces a výrobní systém

Výrobní proces (dále VP) je popsán jako souhrn všech provedených činností za účelem změny tvaru, rozměru, složení a jakosti. Mezi tyto činnosti patří činnosti technologické, manipulační, kontrolní a řídicí. [1] [2]

VP jsou vykonávány prostřednictvím výrobních systémů, které lze popsat jako seskupení veškerých výrobních a nevýrobních procesů a prostředků. Do výrobního systému lze zahrnout veškeré činnosti podniku. Jedná se o strojní vybavení, zaměstnance a činnosti. [1] [2]



Obrázek 1 Schéma výrobního systému [1] [2]

(Mx) značí materiálové vstupy, do kterých můžeme zařadit polotovary, nástroje, pomocný materiál a přípravky. (My) naopak značí materiálové výstupy, jimiž jsou hotové výrobky a vzniklý odpad. Mezi vstupy patří také systémové informace (Ix), které nesou výrobní, organizační, řídicí a plánovací údaje. Výstupní informace (Iy) přenášejí technicko-organizační data (jak dlouho a kdy se vyrábělo, čas a trvání poruch atd.) Posledním vstupem do výrobního systému jsou energie (Ex).

Prostorové uspořádání výrobních procesů

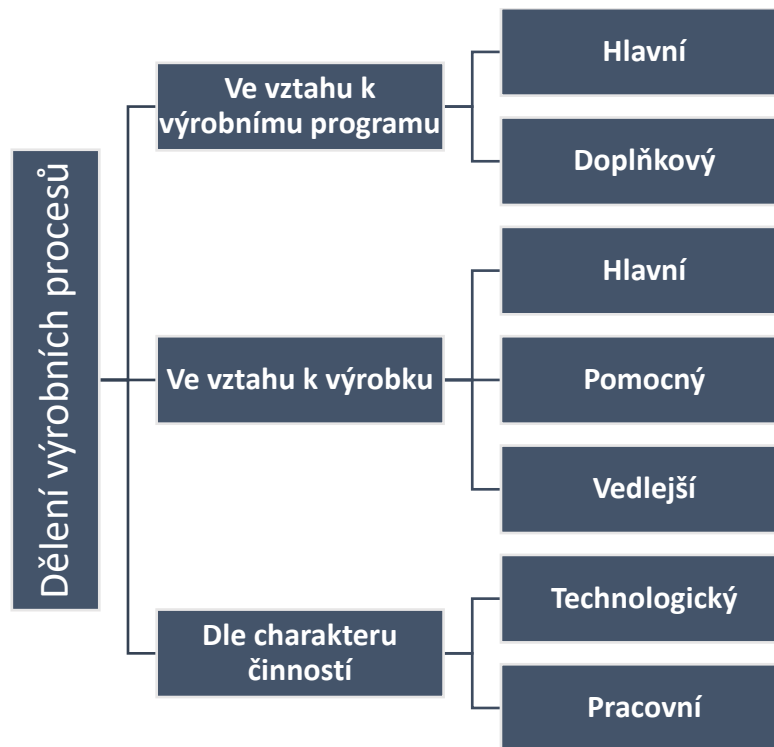
Prostorové řešení jednotlivých strojů a zařízení je jednou z důležitých částí projektové dokumentace. Prostorové uspořádání řešíme v návaznosti na volbu strojů a zařízení, které závisí na použitých technologiích a výrobních postupech. [1]

Rozmístění jednotlivých zařízení v prostoru je závislé na těchto podmínkách:

- Technologických – velikost, hmotnost, hlučnost stroje, přesnost výroby atd.
- Stavebně energetických – forma rozvodů, nosnost podlah, rozpory sloupů
- Materiálových toků – tak, aby byly dodrženy pravidla dopravních toků: zřetel na odsun odpadu a dopravní uličky [1] [2]

1.2 Dělení výrobních procesů

Výrobní procesy se dají dělit na základě mnoha kritérií. Tato podkapitola se tímto tématem zabývá. Je zde popsáno dělení VP ve vztahu k výrobnímu programu, ve vztahu k výrobku a dělení dle charakteru činností.



Obrázek 2 Dělení výrobních procesů [1]

1.2.1 Dělení ve vztahu k výrobnímu programu

Ve vztahu k výrobnímu programu lze výrobní proces dělit na dva druhy – výrobní proces hlavní a doplňkový. [1] [2]

- Hlavními výrobními procesy podniku jsou takové, které určují charakter samotného podniku
- Doplňkovým výrobním procesem je myšlen proces zahrnující vedlejší výrobu, která se stará o plné využití zařízení a ploch [1] [2]

1.2.2 Dělení ve vztahu k výrobku

Ve vztahu k výrobku je možné výrobní proces rozdělit na tři skupiny-Hlavní, pomocný a vedlejší.

- Hlavní VP se zabývá výrobou finálních výrobků určených k prodeji.
- Pomocný VP se zabývá výrobou produktů, které pomáhají tvořit hlavní výrobní proces – jedná se především o výrobu nástrojů a přípravků.
- Vedlejší VP se zabývá zajišťováním energií, služeb a zásob. [1] [2]

1.2.3 Dělení dle charakteru činnosti

Dle charakteru činnosti lze VP rozdělit na dvě skupiny – technologický a pracovní.

- a) Technologický VP je souhrn činností (technologických), které jsou seřazené v časové posloupnosti
- b) Pracovní VP je proces, který je vykonáván pracovní silou (obsluha strojů, montáž) [1] [2]

Tato kapitola se zabývala technologickým projektováním. Nejdříve byly popsány činnosti a výstupy technologického projektování. Následně byly definovány dva základní pojmy, a to výrobní proces a výrobní systém. Další část kapitoly byla věnována dělení výrobních procesů, kde byly zmíněny 3 typy – dělení ve vztahu k výrobnímu programu, ve vztahu k výrobku a dělení dle charakteru činností.

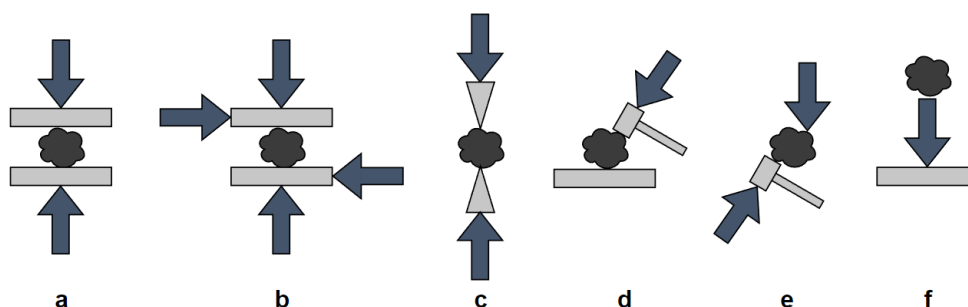
2 Výrobní technologie

Tato kapitola se zabývá výrobními technologiemi, které se používají při výrobě keramických komínových vložek. Nejdříve se kapitola zaměřuje na zpracování keramických surovin, kde je popsáno drcení, mletí a jejich následné zpracování. Dále je popsána extruze keramických materiálů, podmínky tohoto procesu a šnekový lis, který je nejčastěji používaným strojem právě pro vytlačování keramických součástí. Následují podkapitoly týkající se sušení a výpalu. V těchto částech jsou popsány kroky a jevy dějící se při odstraňování vody z keramického střeptu. Vzhledem k tématu diplomové práce jsou v této podkapitole popsány základy mikrovlnné technologie. Následuje část, která se týká dělení materiálu. Zde jsou zmíněny dvě konvenční a dvě nekonvenční metody. V předposlední části se popisuje lepení, kde je definována základní terminologie a problematika lepených spojů. Kapitola je zakončena problematikou manipulace. Zde jsou popsány pracovní prostory, stavba a používané efekторы průmyslových robotů.

2.1 Zpracování surovin

Zpracováním surovin začíná každý keramický výrobní proces. Tento proces se dělí na dva základní úseky. [3]

Do prvního úseku patří úprava pomocí zdrobňování a míšení složek. Každý keramický materiál je definován svým chemickým složením a jemností směsi, která je popsána maximální velikostí zrna. Tato velikost je pro každé použití jiná, např. pro porcelán je maximální velikost 100 μm , pro dlaždice 60-200 μm , pro žáruvzdorné materiály 3 mm a pro cihly 5 mm. Mezi zdrobňovací procesy patří drcení a mletí. Tyto dva pojmy se od sebe liší tím, že každý z nich představuje jinak velké zdrobňování zrn. Pomocí mletí jsou získávána zrna s maximální velikostí 1,25 mm a drcením zrna větší. Existuje mnoho způsobů zdrobňování viz. Obr. 3. Míšení a jeho způsob je závislý na mnoha faktorech, a to především na skladbě složek a skupenství (sypká látka, plastické těsto, suspenze). Cílem tohoto procesu je dosažení co největší homogenity. Efektivita míšení se posuzuje právě na tomto parametru pomocí měření odchylek vlastností dílčích vzorků. [3]



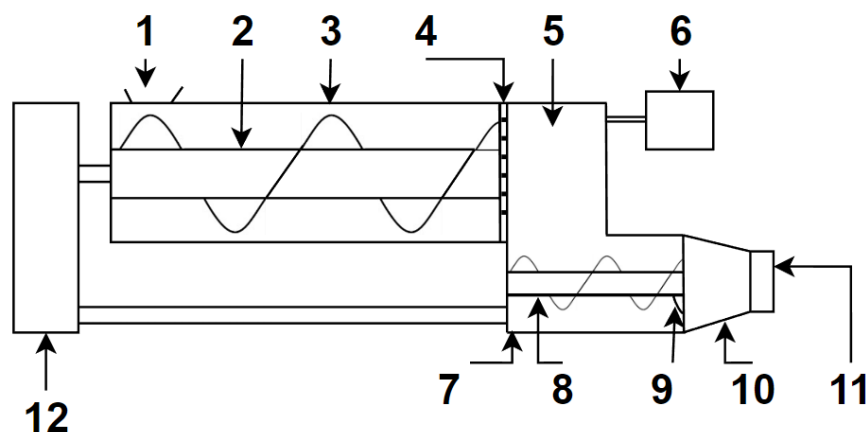
Obrázek 3 Způsoby zdrobňování [3]

a-tlakem, b-smykem, c-štipáním, d-dynamicky kladivovým drtičem, e-nárazem a statickou silou, f-odrazem

Do druhého úseku patří procesy, které upravují složení keramického střeptu tak, aby dosáhl požadovaných vlastností. Mezi tyto procesy můžeme zařadit chemickou úpravu, vakuování a odvodňování. Chemická úprava se provádí především ke stabilizaci suspenzí (ztekucování). Vakuování je dalším možným způsobem úpravy plastického těsta. Pomocí odsání vzduchu z prostředí se snižuje obsah vzduchových bublin v plastickém těstě. Odstraněním vzduchu se těsto stává mnohem více tvárným a také se tím snižuje jeho pórovitost. Předpokladem úspěšného vakuového odvodu je velká plocha těsta. Z tohoto důvodu se materiál protlačuje skrze desku s mnoha malými otvory, které z jednoho kusu těsta vytváří velké množství „nudliček“, ze kterých je výrazně jednodušší extrahovat přebytečné vzduchové bubliny. Dále se pro úpravu materiálu používá odvodňování, které nejčastěji probíhá dvěma způsoby-mechanicky, kde se využívají filtry a odstředivky, anebo termicky v sušárnách. [3]

2.2 Extruze

Extruze je technologie, která patří do skupiny vytváření z plastického těsta. Podmínkou pro tuto technologii je tvárnost extrudovaného materiálu. Jedná se o schopnost měnit svůj tvar za pomoci působení vnějších sil bez porušení celistvosti (tak, aby nevznikly žádné trhliny). Během extruze jde o protlačování hmoty skrze otvor, který dává výrobku jeho výsledný tvar. Toto protlačování se provádí pomocí lisů (v případě keramických materiálů se ve většině případů jedná o lis šnekový). Šnekový lis umožňuje kontinuální vysoko efektivní výrobu z různých vstupních materiálů (těst). [3] [4]



Obrázek 4 Schéma Šnekového vakuového lisu [3]

1-vstupní násypka, 2-hasple a šneky na hřídeli, 3-mísidlo, 4-rošt pro protlačování, 5-vakuová komora, 6-vývěva,

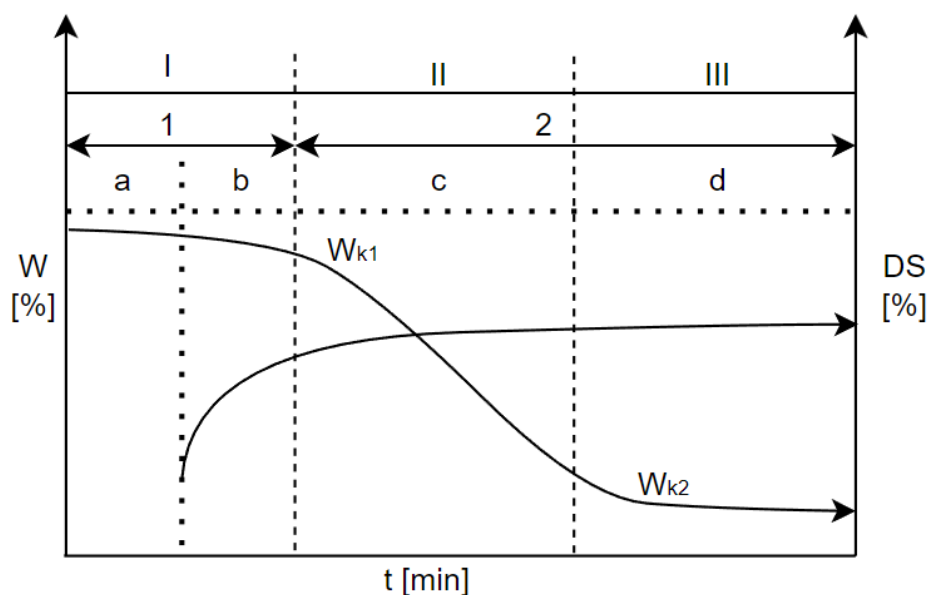
7-šneková komora, 8-šneky, 9-koncový dvojitý šnek, 10-předústí, 11- ústí, 12-pohon s převodovkou

Šnekový lis plní při lisování i několik dalších základních funkcí. První funkcí je zhutňování, kdy jsou z těsta vytlačovány vzduchové bubliny pomocí mechanického zpracování a vakuové komory. Odvzdušnění je velmi důležité, protože vstupní těsto může být tvořeno až z 10 % vzduchem. Dále v lisu dochází k homogenizaci, tzn. zrovnoměrnění rozdělení jednotlivých složek těsta. Předpoklad pro extruzi je dostatečný lisovací tlak, který musí být strojem vytvořen pro protlačení keramického těsta skrze jeho ústí. [3]

2.3 Sušení

Sušení je proces, při kterém se z výrobku odstraňuje nebo snižuje přebytečná vlhkost. Maximální přípustná vlhkost je určena podmínkami výpalu. Ztráta vlhkosti má za následek změnu řady vlastností samotného materiálu. Mezi tyto změny můžeme započítat změnu v mikrostruktuře a změnu mechanických vlastností. Výrobek (výsušek) se následkem ztráty vlhkosti stává méně tvárným. Ztráta vody má za následek zmenšování vzájemných vzdáleností pevných částic, a to přispívá k razantnímu zvýšení pevnosti výrobku. Zákonitosti tohoto procesu se dělí do tří částí, těmi jsou dynamika sušení, statika sušení a technologie sušení. [3] [4]

Dynamika sušení vysvětluje procesy, které ve výsušku probíhají během jeho sušení. Dynamika určuje závislost vlhkosti (a její změny) na celkové době sušení s ohledem na ostatní podmínky (typ sušícího média, vlastnosti materiálu). Na počátku sušícího procesu je smršťování zabraňováno středem výsušku s vyšším obsahem vody a na konci sušení je smršťování zabraňováno již vysušeným povrchem součásti. Průběh lze rozdělit na 3 části. V první části (I) se vlhkost pohybuje (odpařuje) směrem z povrchu součásti a vytvořená pára difunduje do sušícího prostředí. V druhé části (II) se hladina odpařování přesouvá od povrchu do středu součásti a stanovuje se zde 1. kritický bod ($Wk1$). Vodní pára difunduje v závislosti na tloušťce daného výsušku. Ve třetí části (III) je definován 2. kritický bod ($Wk2$), kdy mizí voda uvnitř výsušku a dosahuje se vlhkosti, která odpovídá hygroskopické vlhkosti. Jak již bylo řečeno, během sušení se výsušek smršťuje. Tento proces lze rozdělit do čtyř fází (a, b, c, d). Ve fázi a dochází k zahřátí výsušku. V této fázi nedochází k žádnému smrštění. Ve fázi b dochází ke smršťování s konstantní rychlostí. Ve fázi c se smršťování zpomaluje a ve fázi d již žádné smršťování neprobíhá. [3]



Obrázek 5 Schéma úseků sušení [3]

(w =vlhkost, W_k =kritický bod, t =čas, DS =smrštění sušením)

Statika sušení popisuje přestup tepla z prostředí do výsušku a jejich vzájemnou látkovou výměnu. Zde řešíme parametry prostředí, tzn. teplotu, objem a vlhkost vzduchu používaného při sušení. Pro tyto případy se využívá model teoretické sušárny, pomocí kterého se počítají a balancují již zmíněné vstupní parametry. [3]

Technologie sušení využívá poznatky ze statiky a dynamiky na sušící zařízení. Technologie popisuje samotnou konstrukci a regulaci sušícího procesu s cílem zajistit sušící postup, který bude efektivní (ideál mezi dobou sušení a energetickou náročností) a bude produkovat výsušky bez jakýchkoliv deformací. Existují dva základní typy sušáren, kterými jsou stroje periodické a kontinuální. [3]

2.3.1 Mikrovlnné sušení

Moderní a v současné době velmi zkoumanou metodou je sušení pomocí mikrovln. Mikrovlnná technologie se využívá jak v domácím, tak v průmyslovém prostředí. Stroje jsou pro tyto dvě využití rozdílné – liší se v pracovních frekvencích, kde domácí spotřebiče fungují při frekvencích 2450MHz a průmyslové stroje při 915MHz. Stroje jsou takto navrženy především z důvodu jejich velikosti a použití. Využití nachází mikrovlnné sušičky především v potravinářském průmyslu.

Delší vlny, které jsou závislé na frekvenci (dle 3.1), jsou schopny penetrovat materiály s větší tloušťkou stěny. Vzhledem k rozdílu frekvencí je tato penetrační schopnost u průmyslových strojů až 2,75x větší. [5]

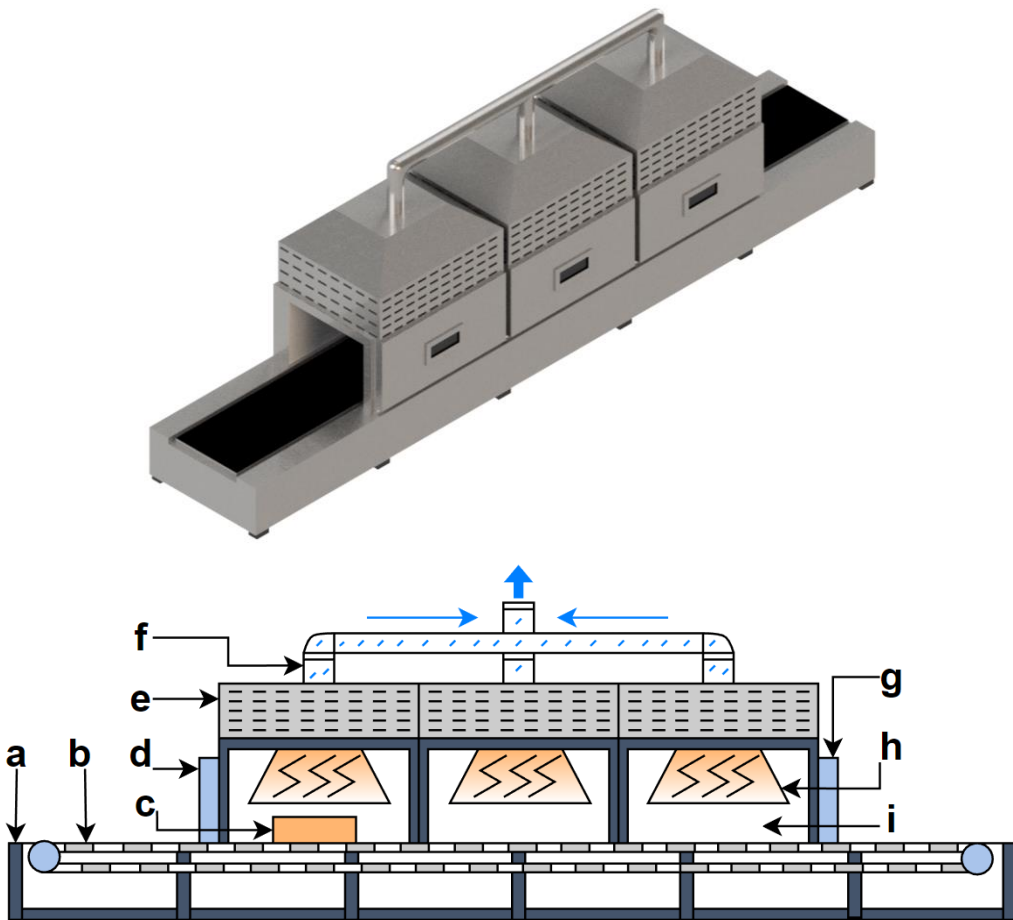
$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (2.1)$$

Kde λ = délka vlny; c = rychlost šíření vln; f = frekvence

Mikrovlnný ohřev a s tím spojené sušení je velmi závislé na obsahu vody zahřívaného materiálu. Je to právě část s nejvyšším obsahem volné vody, která se ohřívá prvotně a nejintenzivněji. Mimo obsah vody hraje pro některé materiály klíčovou roli i teplota daného materiálu. Se vzrůstající teplotou se může zvyšovat absorbovaný výkon materiálů. Během tohoto ohřevu může dojít k jevu, kterému se říká „thermal runaway“, který označuje nekontrolovatelný růst teploty materiálu. Tento jev nastává ve chvíli, kdy absorbovaný teplotní přírůstek převyší přirozený odvod tepla. [5]

Pro mikrovlnný ohřev je pro generování vln o dané frekvenci a délce používán magnetron. Ten je tvořen katodou emitující elektrony, která rotuje v silném magnetickém poli. Rotující „mrak“ elektronů dopadá na rezonátor (anodu), který katodu obklopuje. Tvar rezonátoru ovlivňuje kmitočet generovaných vln. Teplo vzniká rozkmitáním molekul uvnitř součásti, které je vyvoláno absorpcí energie emitované magnetronem. [5]

Zařízení pro průmyslové aplikace jsou víceméně zvětšenou obdobou domácí mikrovlnné trouby. Stroje mohou obsahovat velké množství magnetronů a vlny jsou emitovány z více stran komory ohřevu. Jak již bylo řečeno, magnetrony pro průmyslové využití emitují vlny o frekvenci 915 MHz, jejichž délka se shoduje s vlnami telekomunikační GSM sítě. Z tohoto důvodu jsou ve většině zemích kladeny vysoké nároky na odstínění produkovaného záření. Mimo typické stroje podobné domácí mikrovlnné troubě, které látku suší v dávkách existují také stroje pro kontinuální provoz, ve kterých ohřívána látka putuje po nekovovém dopravníku skrze rezonanční tunel. Ten může být dále rozdělen na komory, ve kterých jsou vytvářena různá prostředí. [5]



Obrázek 6 Model (nahore) a schéma mikrovlnné sušičky (dole) [6]

a-nosná konstrukce, b-dopravníkový pás, c-sušená součást, d-vstupní brána, e-komory s magnetrony, f-potrubí odvádějící vlhkost, g-výstupní brána, h-emitované záření, i-sušící komora

Ohřev je dále ovlivňován materiálem a tvarem ohřívané součásti. Při sušení materiálu s velkou tloušťkou stěny je třeba počítat s faktem, že intenzita ohřevu se zvětšující se vzdáleností od povrchu součásti klesá. Intenzita pole a její změna se počítá dle vztahu 3.2. [5]

$$E = E_0 * e^{-l*x} \quad (2.2)$$

E_0 vyjadřuje intenzitu pole na povrchu součásti/látky. l je veličina, která představuje vzdálenost od povrchu, kde je intenzita pole snížena na 37 % původní hodnoty E_0 . Tato vzdálenost se nazývá penetrační hloubka. Na základě vzorce (3.2) je odvozen vzorec Lambertova zákona, který se používá pro výpočet tepelného výkonu. [5]

$$\dot{Q} = \dot{Q}_0 * e^{-2l*x} \quad (2.3)$$

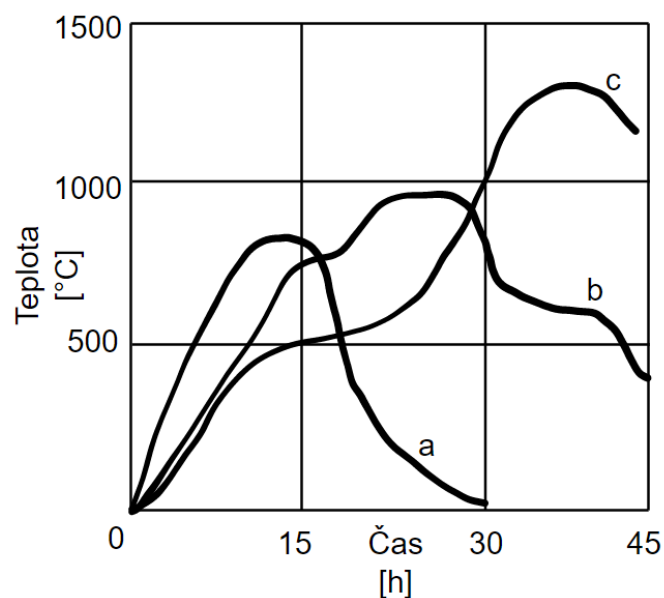
Kde \dot{Q} představuje intenzitu ohřevu a \dot{Q}_0 intenzitu na povrchu součásti. Z tohoto vzorce je patrné, že největší tepelný výkon je na povrchu součásti. Důležité je zmínit, že na povrchu a pod

povrchem styku vnějších ploch dochází k výraznému zvýšení intenzity ohřevu. Toto je podobné jevu, kdy se na rozích součástí koncertují napětí. [5]

U rotačních těles také dochází ke zvýšení intenzity ohřevu. Ten vzniká následkem soustředění vln do středu (osy) součásti. [5]

2.4 Výpal

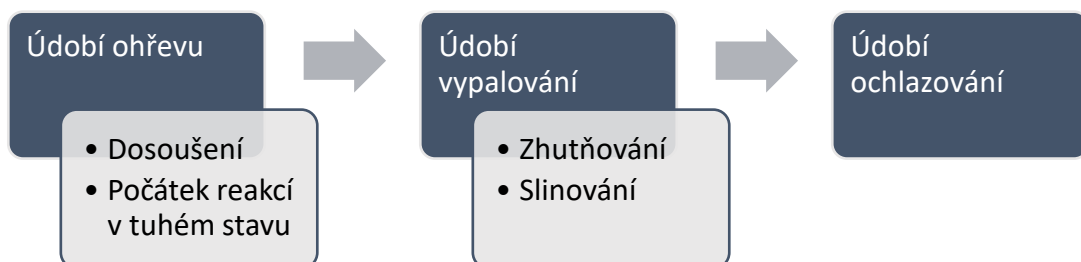
Výpal je kontinuální proces tvorby keramického střeptu. Tento proces se dělí na tři hlavní části (údobí). Samotný proces je popsán křivkou výpalu viz. obr. 7. Tento graf zobrazuje závislost teploty na době sušení. Proces výpalu je téměř pokaždé jiný, tzn. že pro výrobky, které jsou ze stejného materiálu a liší se ve své velikosti je třeba určit dobu a teplotní průběh výpalu. [3] [4]



Obrázek 7 Křivky výpalu některých keramických výrobků [3]

a= cihly b=porcelán c=dinas

Jak již bylo zmíněno, výpal se dělí na tři hlavní údobí. Prvním údobím je ohřev. Ten se dále dělí na dosoušení a údobí počátku reakcí. Dále následuje údobí vypalovací teploty, které se dělí na zhutňování a slinování. Celý proces výpalu končí ochlazováním. [3]



Obrázek 8 Údobí výpalu [3]

Proces výpalu začíná dosoušením, během kterého se střepe zbavuje vázané vody. V závislosti na rychlosti ohřevu se konečná teplota pro většinu materiálů pohybuje okolo 300°C. Při stanovení rychlosti ohřevu musí být brán ohled na vznikající napětí ve střepe. V této fázi je to právě povrch výrobku, který je nejvíce náchylný ke změnám teplot a mohou se na něm vytvořit trhliny, odloupenutí a jiné deformace. Následně probíhá údobí reakcí v tuhém stavu. To probíhá do teploty 800-900°C, kdy dochází k dekarbonizaci jednotlivých složek a jejich objemové změně. [3] [4]

Údobí vypalování začíná zhutňováním, které započne při překročení teploty 800°C a končí po dosažení 1100–1200°C. Během této fáze se objevuje prvotní tavenina a tavenina z přírodních taviv zaplňující póry při jejím pohybu keramickým střepe. Toto údobí je doprovázeno razantními objemovými změnami. Následně probíhá slinování, během kterého dochází ke značnému zhutnění až slinutí. Tato fáze je ukončena dosažením požadované teploty výpalu. [3]

Údobí chlazení začíná ihned po začátku snižování teploty výpalu. Do teploty cca 800°C je střepe extrémně náchylný na rychlost chlazení a s tím spojený vznik deformací. Pod teplotou 800°C začíná fáze vlastního chlazení. [3]

2.5 Dělení materiálu

Tato podkapitola se zabývá dělením materiálu. Budou zde zmíněny 4 typy řezání. Nejdříve budou zmíněny konvenční metody řezání pomocí pil (kotoučové a pásové) a poté budou zmíněny dvě nekonvenční metody – ultrazvukové řezání a dělení materiálu pomocí vodního paprsku.

2.5.1 Pilové dělení materiálu

Mezi nejzákladnější technologie dělení materiálu patří dělení pomocí pil. Existují dva základní postupy řezání, a to dělení materiálu pomocí kotoučových a pásových pil.

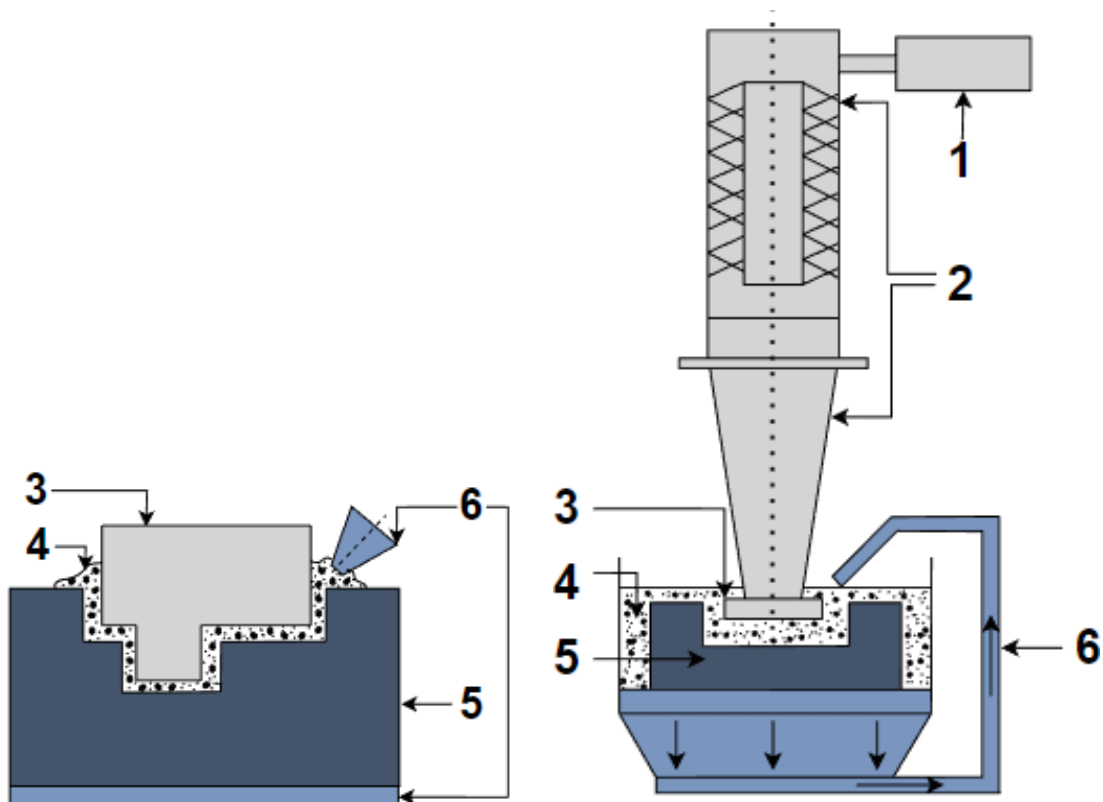
Dělení materiálu pásovými pilami patří mezi nejefektivnější konvenční metody řezání. Princip metody spočívá ve vnikání pilového listu do povrchu materiálu. Efektivita této technologie je významná především pro řezání drahých materiálů z důvodu nízkých ztrát materiálu prořezem. Řezná spára může být až třetinová ve srovnání s prořezem při použití kotoučové pily. To je způsobeno menšími rozměry obráběcího nástroje. Mezi další výhody patří kvalita řezu a při použití speciálních strojů je také možné vyrábět součásti s tvarovými řezy. Významnou nevýhodou této technologie jsou vysoké pořizovací náklady nástrojů. Správná volba nástroje je pro efektivní proces dělení materiálu klíčová. Nástroje se liší v rozměrech, materiálu, typu a rozteči zubů. [7]

Dělení kotoučovými pilami patří mezi nejuniverzálnější technologie dělení materiálu. Princip této metody spočívá ve vnikání rotujícího nástroje do povrchu výrobku. Přísuv je ve většině případů prováděn obrobkem. Mezi její největší výhody patří již zmíněná univerzálnost, kvalita řezné plochy a dlouhá životnost nástroje. [7]

2.5.2 Ultrazvukové dělení materiálu

Ultrazvukové obrábění se využívá především pro obrábění křehkých a tvrdých materiálů. Využití této technologie nespadá pouze do strojírenství, ale své uplatnění také nachází ve šperkařství při obrábění různých druhů polodrahokamů. Obrobitelnost závisí na tvrdosti a křehkosti materiálu. Mezi nejlépe obrobitelné materiály touto technologií patří sklo, křemík a již zmíněné polodrahokamy (např. rubíny). Naopak plastické materiály jsou touto technologií téměř neobrobitelné. [8]

Podstata ultrazvukových obráběcích technologií vychází z rozrušování materiálu pomocí kmitání abrazivních zrn, které jsou přiváděny mezi obrobek a nástroj a jsou rozkmitána v podélném směru na ultrazvukovou frekvenci $((18-25) \cdot 10^3$ kmitů za sekundu). Kmitající zrna abraziva svým pohybem narušují povrch obrobku a při řízeném přitlačování nástroje povrch obrobku kopíruje tvar použitého nástroje. Nástroje jsou většinou vyrobeny z houževnatých pružných materiálů. Jak již bylo zmíněno, pružné materiály se ultrazvukem obrábí velmi náročně. Tento fakt zajišťuje nízké opotřebení a vysokou životnost použitých nástrojů. [8]



Obrázek 9 Schéma ultrazvukového dělení materiálu, nástroj (vlevo), stroj (vpravo) [8]

1-ultrazvukový generátor, 2-systém pro vytvoření kmitů, 3- nástroj, 4-abrazivo, 5-obrobek, 6-systém přívodu abraziva

Ultrazvukové obrábění lze využít např. pro řezání (dělení) materiálu, hloubení otvorů a broušení rovinných ploch. Ve strojírenství se tento typ řezání používá především pro dělení tyčí z tvrdých materiálů typu křemen a keramika. Ultrazvukově lze řezat materiál do tloušťky 5 mm. [8]

Zrna abraziva jsou mezi obrobkem a nástrojem obsažena v kapalném médiu. Při samotném procesu obrábění se nerozrušuje pouze povrch materiálu, ale také samotná zrna abraziva, která svým působením na obrobek degradují a snižuje se jejich řezací schopnost. Z tohoto důvodu je velmi důležité zvolit správný materiál abraziva a zajistit jeho spolehlivý přívod do prostoru obrábění. [8]

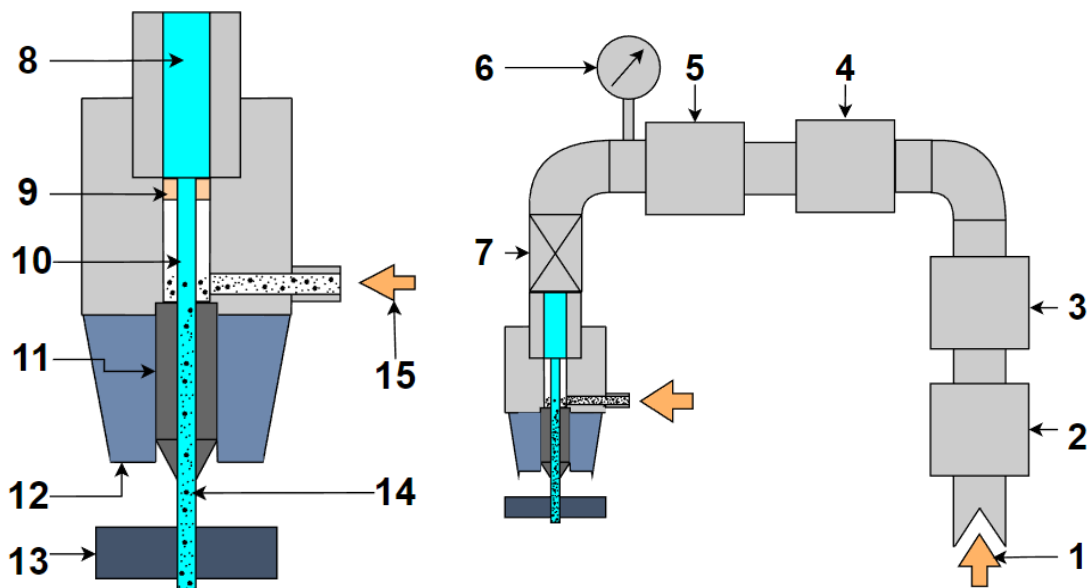
2.5.3 Dělení materiálu vodním paprskem

Obrábění vodním paprskem, také označováno jako WJM (Water jet machining), je technologie využívající vysoký tlak vodního paprsku k úběru materiálu. Jedná se o velmi uplatňovanou technologii v letectví a kosmonautice, ale nachází využití také v ostatních oborech výrobního průmyslu. [8]

Tato technologie se využívá ve dvou formách. První formou je řezání čistým vodním paprskem (také Waterjete). Při této technologii je klíčovým prvkem vodní paprsek tryskající o vysoké

rychlosti (až 900m/s). Při dopadu vodního paprsku na povrch součásti dochází k rychlému úběru materiálu, kde se kinetická síla paprsku přeměňuje na tlakovou a ta způsobuje samotné dělení materiálu. Tento typ se využívá především pro řezání plastů a textilií. [8]

Druhou formou je řezání abrazivním vodním paprskem (Paser-Particulate Stream Erosion). Tento typ se oproti předchozímu používá především pro řezání tvrdých nekovových materiálů, jako jsou tvrdé kompozity, sklo a keramika. Přidáním abraziva do vodního paprsku se zvyšuje řezná rychlost, která při použití této technologie dosahuje v závislosti na tvrdosti materiálu rychlostí (50-460) mm/min. Abrazivní vodní paprsek je tvořen ze 70 % objemu kapalinou a ze 30 % abrazivem. Jako abrazivní materiály se používají křemíkové karbidy, diamantový prach a korund. Doporučená velikost abrazivních zrn je (160-630) μm . Druh a velikost abraziva ovlivňuje drsnost povrchu a má velký vliv na životnost trysky. [8]



Obrázek 10 Schéma abrazivního řezání, tryska (vlevo), stroj (vpravo) [8]

1-vysokotlaké čerpadlo 2-zásobník vody 3-filtr 4-multiplikátor 5-akumulátor 6-senzor tlaku

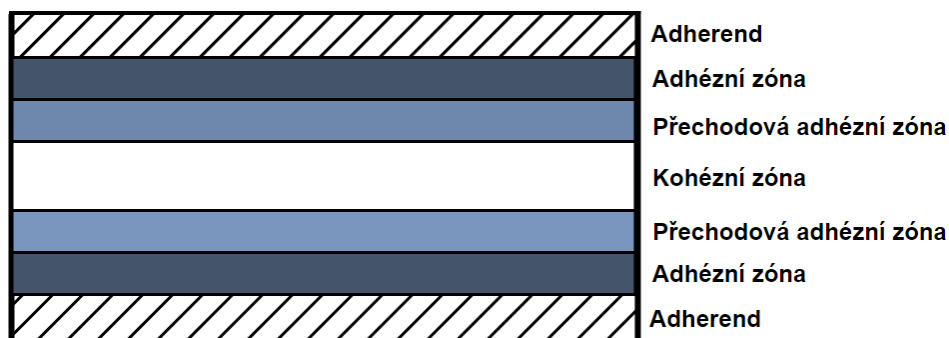
7-spínač pracovního paprsku 8- voda pod tlakem 9-safírová tryska 10-vodní paprsek 11-stabilizátor proudu

12-směšovací komora 13-obrobek 14-vodní paprsek s abrazivem 15 vstup abraziva

Dělení materiálu vodním paprskem disponuje mnoha přednostmi, mezi které patří především nulové teplotní ovlivnění obráběného materiálu, vysoká hygiena pracoviště a ekologie procesu. Jako další výhody této metody jsou vnímány malá citlivost na vzdálenost obráběného materiálu od trysky, úzký vodní paprsek, který má za následek malou ztrátu prořezem a možnost použití v rizikových (výbušných) prostředích a pod vodou. [8]

2.6 Lepení

Lepení je technologie, pomocí které vznikají nerozebíratelné spoje mezi dvěma materiály (adherendy) pomocí lepidel (adhesiv). Lepidly lze spojovat nejen dva stejné, ale také rozdílné materiály. Lepený spoj je zobrazen na obrázku č. 11. [9]

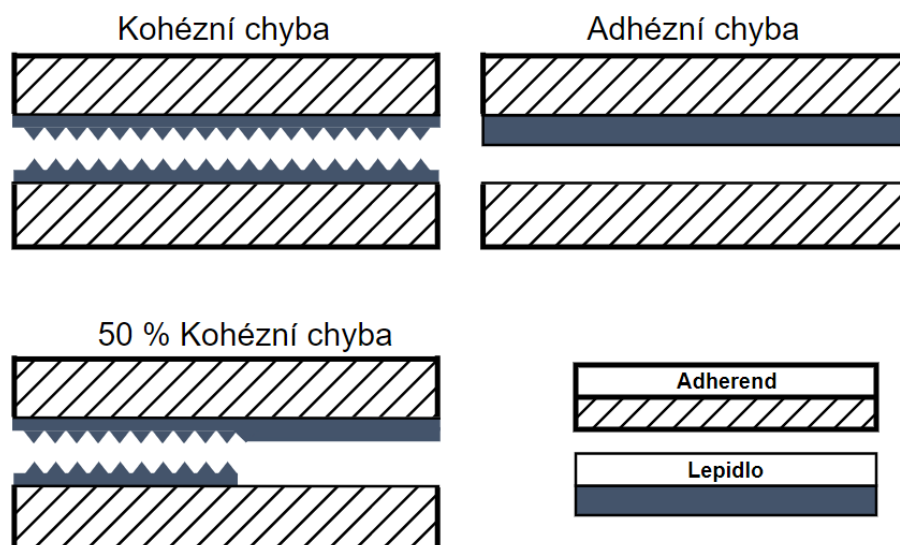


Obrázek 11 Struktura lepeného spoje [10]

Pevnost lepených spojů závisí na několika fyzikálně chemických faktorech. Prvními faktory jsou adheze a koheze. [11] [9]

Adheze je základním předpokladem pro lepení a je chápána jako schopnost dvou materiálů k sobě pevně přilnout. Jedná se o přitažlivou sílu lepidla na lepené materiály. Lepené povrchy jsou k sobě připevněny pomocí chemických a mezimolekulárních vazeb a fyzikálních sil, jejichž velikost závisí na molekulární struktuře samotného lepidla. Mechanické vazby jsou uplatňovány především u lepení materiálů s porézními a členitými povrchy. Tato vazba se uplatňuje při lepení materiálů jako je: papír, dřevo a keramika. Chemická vazba se uplatňuje mimo porézní materiály také u zcela hladkých povrchů. Materiály jsou k sobě přitahovány Van der Waalsovými silami na styku lepidla s lepeným materiálem. Adhezi v tomto případě napomáhá chemické ošetření povrchů. Tímto způsobem se lepí oxidované povrchy (kovy) a přírodní polymery patřící do skupin (-O, -OH, -CO, -COCH₃, -NH₂). [9] [12]

Koheze je chápána jako soudržnost samotného lepidla. Lepidlo není namáháno pouze na styku adherendu a lepidla, ale také v lepidle samotném. Jestliže dojde k porušení lepeného spoje pouze v kohézni zóně, znamená to, že pevnost materiálu a adheze je vyšší než koheze. Koheze je závislá na několika faktorech, jako např. na typu lepidla, tepelném namáhání spoje a na výšce vrstvy lepidla. [9]



Obrázek 12 Chyby lepeného spoje [9]

Mimo adhezi a kohezi je třeba zmínit ještě jeden důležitý faktor ovlivňující kvalitu lepených spojů a tím je smáčivost. Smáčivost lze chápat jako schopnost lepidla se rovnoměrně rozprostřít po povrchu lepeného materiálu. Tato vlastnost souvisí s polaritou materiálu a lepidla. [9]

2.6.1 Automatizace lepení

Složité procesy nánosu adhesiv často vyžadují vysokou mobilitu aplikátoru. Z tohoto důvodu se tento typ lepení často provádí ručně. Procesy lepení člověkem se ve velké části případů vyznačují vysokými náklady z důvodů častého používání přebytečného množství materiálu. Mezi další nevýhody lze zařadit mzdové náklady a monotónnost pracovních úkonů. Z tohoto důvodu je při vyšší opakovatelnosti výroby vhodné využít automatizace lepení. [13]

Systémy nanášení adhesiv se často skládají ze dvou základních částí – dávkovací jednotka a nanášecí hlava. Roboty je pro lepicí aplikace možné využít dvěma způsoby – pomocí stacionární a nestacionární hlavy. [13]

Při lepení prvním zmíněným typem je lepená součást uchopena a polohována vůči nepohyblivé lepicí hlavě pomocí manipulátoru, který provádí předem naprogramované pohyby. Přísun adhesiva je v tomto případě prováděn pomocí zubového čerpadla, nebo pumpy. V druhém případě je součást upevněna ve stálé poloze a veškeré pohyby jsou prováděny robotem. Tento pohyb může být prováděn na základě předepsaného programu, ale také lze robota dráhu „naučit“ ručním naváděním. [13]

2.6.2 Lepení keramiky

Lepené povrchy stavební keramiky se ve většině případů vyznačují vysokou porozitou a nerovnoměrným povrchem. Z tohoto důvodu musí mít lepený spoj relativně velkou tloušťku. Pro spojování stavební keramiky se nejvíce hodí lepicí tmely (spárovací lepidla). Pro stanovení použitého lepidla je důležité zvážit, v jakém prostředí se bude výrobek nacházet. [11]

Při návrhu lepeného spoje v tepelně dynamickém prostředí je také důležité vybrat lepidlo, které má podobnou teplotní roztažnost jako lepený materiál, aby se předešlo porušení kohézní vrstvy. Pro výrobky do extrémně horkých prostředí (až 3000°C) se používají lepidla, která jsou tvořena oxidy kyseliny borité. Lepení takovýchto výrobků se provádí za zvýšených teplot (od 500°C). Do teplot okolo 1000°C se používají lepidla na bázi křemičitanů sodných a draselných nebo lepidla na bázi lehce tavitelných kovů. [11]

Pro slepování keramických materiálů s vyšší porozitou je také důležité zvolit lepidla se správnou viskozitou. Většinou se volí lepidla ve formě pasty nebo plastelíny, které jsou schopny vyplnit strukturu na plochách adherendů. [11]

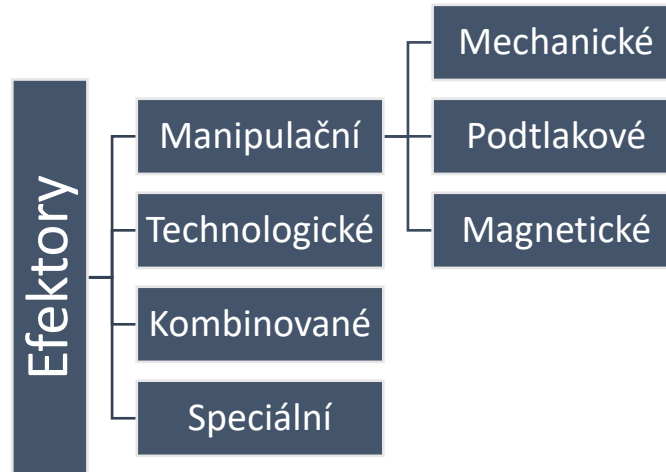
2.7 Manipulace

Manipulace s materiálem hraje zásadní roli v odvětví automatizace výrobních procesů. Z tohoto důvodu je potřeba nastínit její základy. Roboty a manipulátory jsou tvořeny soustavami pohyblivých prvků a mohou plnit mnoho úkonů. Nejčastěji se využívají k přemísťování předmětů, k transformaci pohybu a k přenosu pohybu a sil. Skládají se ze 4 základních prvků. Prvním z nich je polohovací ústrojí, jehož funkcí je polohování objektů pomocí translačních, nebo pohybových jednotek. Dále se jedná o orientační ústrojí, které mění orientaci manipulované součásti. Té je nejčastěji dosahováno kloubovými mechanismy. Existují výjimky, kdy toto ústrojí u robotů chybí. Dále mohou být roboty vybaveny pojezdovým ústrojím. Tato část je jednotka, která je od robota oddělena. Jedná se o translační jednotku se zdvihem v řádech metrů. Ta slouží ke zvětšení pracovního prostoru bez ztráty přesnosti zařízení. Toto může u robotů zcela chybět. Posledním prvkem robotů jsou efektory. [14]

2.7.1 Efektory

Efektory jsou součásti určené k mnoha účelům. Mohou sloužit pro uchopování předmětů (manipulační). Dále mohou sloužit pro technologické účely, kdy může být touto součástí např. svařovací hlavice nebo jiné hlavice pro provádění různých technologických operací. Další možností jsou kombinované efektory, které mohou kombinovat ostatní typy (Manipulace + technologie, nebo dva různé technologické – řezání + kontrola). Speciálními hlavicemi se rozumí nezařaditelné hlavice do předem zmíněných skupin. Jedná se například o hlavice

využívané ve zdravotnictví. Další část je zaměřena na efekторы manipulační. Ty lze dělit na aktivní a pasivní podle vyvozování síly, nebo na mechanické, podtlakové a magnetické podle mechanismu upnutí. [14]



Obrázek 13 Dělení efektorů [14]

Mechanické pasivní hlavice často využívají tíhu, nebo elastickou deformaci úchopných prvků. Problémem tohoto řešení je způsob, kterým je manipulace ukončena. K té dochází pomocí vnějších vlivů systému-např. kontaktem odkládané součásti s periférií. Aktivní mechanické upnutí je prováděno pomocí chapadel (úchopných hlavic). Chapadla umožňují uchopení, držení a uvolnění objektů. [14]

Pasivní magnetické hlavice jsou vybaveny permanentními magnety. Opět se jedná o řešení, kdy je uvolnění způsobeno vnějšími silami. V tomto případě může jít o soustavu vnějších dorazů. [14]

Pasivní podtlakové systémy jsou nejčastěji tvořeny z deformačních přísavek. Během jejího přisunu dochází ke zmenšení objemu vzduchu na požadovanou hodnotu. Následně dochází k oddálení přísavek, zvětšení objemu vzduchu a s tím spojené snížení tlaku, které zajišťuje pevné uchopení součásti. Problémem této metody je vynulování podtlaku. To se může provádět odtrhnutím, nebo vpuštěním vzduchu do prostoru přísavky pomocí zavzdušňovacího ventilu. Aktivní podtlakové hlavice v současnosti nacházejí využití v mnoha odvětvích průmyslu. Úchop je vytvořen na základě rozdílu tlaku vnitřního a vnějšího prostředí efektoru. Při použití podtlakových manipulátorů existují tři zdroje vakua. Prvním zdrojem jsou vývěvy. Ty jsou využívány především v místech, kde je potřeba vytvořit podtlak v uzavřeném prostoru s velmi nízkými tlakovými ztrátami. Druhým možným zdrojem vakua jsou vakuová dmychadla. Při použití tohoto systému lze dosahovat pouze nízké míry vakua. Této míry se dosahuje při velmi vysokých výkonech sání. Využívají se pro špatně utěsnitelné prostory s velkými tlakovými ztrátami. Materiály, pro které je vhodné využít tohoto systému, jsou materiály s vysokou

porozitou – stavební a prodyšné materiály. Systémy s podtlakovými ejektory dosahují vysoké míry vakua při nízkých objemových průtocích. [14]

2.7.2 Geometrie pracovního prostoru

Pracovním prostorem (dále pouze PP) robotů se rozumí oblast, ve které robot může pracovat („dosáhne“ na každé místo v tomto prostoru). Existuje pět základních typů prostorů, které se liší svým tvarem v závislosti na řešení kinematiky určitého polohovacího ústrojí. [14]

Kartézský typ pracuje s PP ve tvaru hranolu. V tomto prostoru se ve většině případů polohovací zařízení pohybuje pomocí tří základních na sebe kolmých jednotek. Rozměry PP jsou závislé na délce a možných posuvech těchto jednotek. Mezi výhody tohoto systému lze zařadit vysokou tuhost a přesnost nezávislou na umístění v prostoru. **Cylindrický** typ pracuje s PP ve tvaru prstence, který je zajištěn vertikální a horizontální translační jednotkou. Tyto jednotky mají možnost rotovat okolo své osy. V současné době podíl robotů s cylindrickým PP klesá. Roboty se **Sférickým** typem pracují v PP ve tvaru koule nebo její části. V tomto systému se nachází dvě rotační a jedna translační jednotka. Jedná se o systém, který je hojně využíván v automobilovém průmyslu. **Angulární** typ je složen ze třech rotačních jednotek. Mezi výhody tohoto typu patří široká variabilita PP a velmi dobrá schopnost manévrovat, která stroji umožňuje se vyhýbat překážkám v PP. Posledním ze zmíněných typů je typ **SCARA**. Polohovací ústrojí tohoto typu je speciálně navrženo pro aplikace v automatické montáži. Tento typ má dvě rotační a jednu translační jednotku. Mezi hlavní výhody robotů pracujících na tomto typu patří vysoká rychlost a vysoká přesnost, která dosahuje až $\pm 0,05$ mm. [14]

Tato kapitola popisovala používané technologie při výrobě keramických komínových vložek. Na počátku výroby každého keramického výrobku dochází ke zpracování surovin. Zde byly popsány metody zdobňování vstupního materiálu a úpravy plastického těsta. Dále byla popsána extruze. V této podkapitole byla popsána technologie a vakuový šnekový lis, který se pro extruzi keramiky používán nejčastěji. Následná část se zabývala sušením, kde byly vysvětleny jednotlivé kroky během sušicího procesu. Tato část také popisuje moderní přístup k sušení, a tím je sušení pomocí mikrovln. Následoval popis výpalu a jeho jednotlivých údobí. V podkapitole dělení materiálu byly zmíněny dvě konvenční a dvě nekonvenční metody řezání. Z nekonvenčních metod zde bylo zmíněno dělení materiálu pomocí vodního paprsku a řezání ultrazvukem. Následně je popsána technologie lepení, kde je definována základní terminologie a jsou nastíněny možné deformace lepených spojů. Kapitola o výrobních technologiích je zakončena podkapitolou zabývající se manipulací. V této kapitole jsou popsány pracovní prostory, stavba a efekty průmyslových robotů.

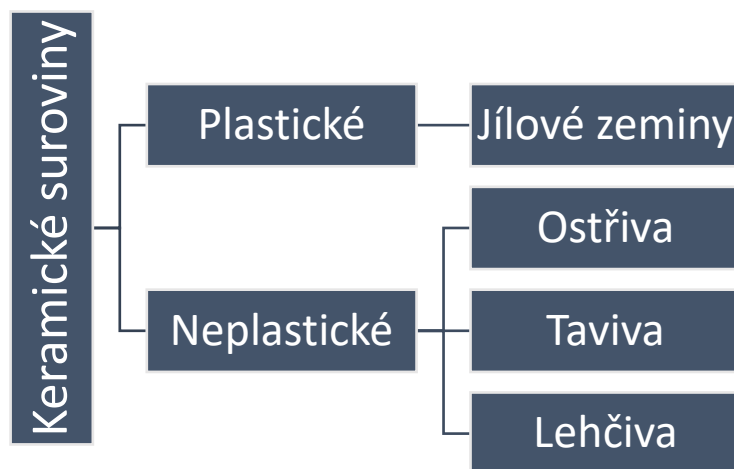
3 Žárovzdorné materiály

Tato kapitola pojednává o žárovzdorných materiálech. Vzhledem k tématu diplomové práce se tato kapitola zaměřuje především na keramiku. V první části jsou žárovzdorné materiály definovány. Dále se kapitola zabývá složením keramických výrobků, kde je uvedeno rozdělení surovin a keramických výrobků dle ISO 1109 1975. V poslední části jsou zmíněna různá využití žárovzdorných výrobků.

Žárovzdorné materiály jsou definovány jako materiály, jejichž žárovzdornost je vyšší nebo rovna než žároměrka 150. Žároměrka 150 představuje materiál s minimální žárovzdorností do teploty 1500°C, kde žárovzdornost představuje odolnost vůči dlouho působícím vysokým teplotám. [15] [16]

3.1 Složení

Keramické materiály jsou tvořeny ze dvou základních typů surovin (plastických a neplastických). Tyto suroviny jsou většinou přírodní, ale mohou se používat také materiály umělé (průmyslové odpady a synteticky připravené látky). [15] [16]



Obrázek 14 Keramické suroviny [16]

Plastické suroviny slouží k tvarování směsi (dodávají plasticitu). Mezi plastické suroviny patří jílové zeminy, cihlářské zeminy a kaolin. [15] [16]

Neplastické suroviny se dělí na tři typy – ostřiva, taviva a lehčiva. Ostřiva mohou být zastoupena přírodními nebo umělými látkami. Tyto materiály se v surovém stavu projevují tím, že snižují tvárnost těsta. Při výpalu reagují s přítomnými oxidy z ostatních složek a vytvářejí hutný střep. Ostřiva lze dělit na základě a) chemické povahy (křemičitá, hlinitokřemičitá...), b) granulometrie (na základě vlastností zrna – tvar, velikost), c) spojené funkce (současně jsou taviva, lehčiva).

Taviva přispívají k tvorbě taveniny tzn. že snižují teplotu slinutí a tání. Existují dva typy taviv-taviva základní (živec draselný, živec sodný) a taviva eutektikální (Oxidy vápníku, železa, hořčíku a sodíku). Lehčiva snižují objemovou hmotnost keramického střepe a slouží také ke snížení tepelné vodivosti. [15] [16]

Žárovzdorné materiály lze dělit na základě různých kritérií. Zde přiložená tabulka zobrazuje dělení žárovzdorných výrobků dle normy ISO 1109 1975, kde jsou výrobky děleny podle limitujícího obsahu hlavní složky. [15] [16]

Tabulka 1 Rozdělení výrobků dle ISO 1109 1975 [16]

Výrobek	Limitující obsah hlavní složky	Kritéria pro podskupiny a obecné poznámky
Vysocehlinité výrobky skupina 1	$\text{Al}_2\text{O}_3 > 56 \%$	Označení těchto výrobků má zahrnovat označení o původu surovin použitých při výrobě nebo mineralogické složení výsledného výrobku. V takovém případě je nutno se dohodnout na metodě stanovení tohoto složení
Vysocehlinité výrobky skupina 2	$45 \% \leq \text{Al}_2\text{O}_3 < 56 \%$	
Šamotové výrobky	$30 \% \leq \text{Al}_2\text{O}_3 < 45 \%$	
Křemičitošamotové výrobky	$45 \% \leq \text{Al}_2\text{O}_3 < 56 \%$ $\text{SiO}_2 < 85 \%$	
Křemičité výrobky	$85 \% \leq \text{SiO}_2 < 93 \%$	
Dinasové výrobky	$\text{SiO}_2 \leq 93 \%$	Specifikace jakosti odpovídá účelu použití
Zásadité výrobky Magnezitové Magnezitchromové Chrommagnezitové Chromitové – Forsteritové , Dolomitové	$\text{MgO} > 80 \%$ $55\% \leq \text{MgO} < 80 \%$ $25\% \leq \text{MgO} < 55 \%$ $\text{Cr}_2\text{O}_3 \geq 25 \%$ $\text{MgO} \leq 25 \%$	

Vzhledem k tématu diplomové práce je třeba se více zaměřit na materiál používaný pro výrobu keramických komínových vložek – šamot. Šamot je v současnosti jedním z nejlépe využívaných žárovzdorných materiálů. Mezi jeho hlavní výhody patří únosnost v žáru a odolnost vůči prudkým změnám teploty. Tyto vlastnosti jsou ovlivněny především velikostí zrn ostřiva a obsahem Al_2O_3 a Fe_2O_3 . Tyto proměnné se volí v závislosti na použití. Je-li požadována odolnost proti prudkým změnám teplot, volí se menší velikost zrn ostřiva (zrna do 3 mm). Šamot je náchylný vůči silně zásaditým látkám. [16]

Tabulka 2 Druhy šamotu a jejich vlastnosti [16]

Šamot	Obyčejný	S vyšším obsahem Al_2O_3	Odolný proti otěru	Ultralehký
Žárovzdornost [°C]	1730-1750	1850<	1540-1560	1710
Pevnost v tlaku [MPa]	10	30	40	1,0
Obsah Al_2O_3 [%]	38,5	85	26	36
Obsah Fe_2O_3 [%]	2,3	1,2	-	1,2
Deformace v žáru $T_{0,6}$	1390	1670	-	-

Tabulka 2 zobrazuje porovnání mechanických vlastností různých druhů šamotu.

Žárovzdorné výrobky nacházejí uplatnění v mnoha průmyslových odvětvích a najdeme je také v domácnostech. Keramické žárovzdorné výrobky se používají pro tvorbu pecí různých zaměření, např. pece ve sklářském průmyslu, pece pro vypalování keramiky, spalovací pece v petrochemickém průmyslu a další. [16]

Keramické komínové vložky

Komínové vložky (KV) jsou důležitým prvkem každého komína. KV zajišťují odvod spalin z malých topenišť v bytových objektech a také v komínech rodinných domů. [16]

Při snižování komínové ztráty teplota spalin klesá pod jejich teplotu rosného bodu. Tento fakt může zapříčinit vznik kyselého kondenzátu, který je velmi agresivní a jeho následkem má konstrukce komína tendenci korodovat. KV se vyrábí především z kyselinovzdorného šamotu, který je vysoce odolný proti korozi a žáru (do 1 000°C). Z důvodu moderních ekologických trendů se na trh zavádějí kotle s různými druhy paliv, která představují nové úskalí a vyžadují vyšší nároky na výrobu KV (nižší plynopropustnost a vyšší odolnost vůči vlhkosti). Zvýšení požadavků na komínové vložky je stanoveno normou EN1457 z roku 1999. [3] [16] [17]



Obrázek 15 Komínové vložky: nerezové (vlevo) a keramické (vpravo) [18]

Komínové vložky se nevyrobí pouze z šamotu, ale mohou být také vyrobeny z nerezové oceli nebo plastu. [3]

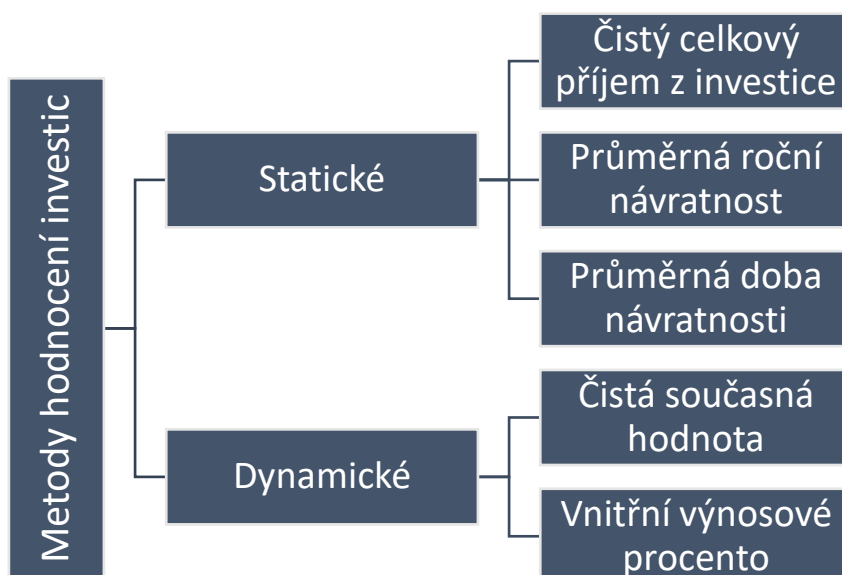
Tato kapitola se zabývala žárovzdornými materiály. Nejprve byly žárovzdorné materiály definovány a byly zmíněny základní složky keramických žárovzdorných materiálů. Dále bylo zmíněno rozdělení žárovzdorných výrobků dle ISO 1109 1975. Následně byl popsán šamot a jeho typy. Šamot bylo potřeba zmínit z důvodu používání při výrobě v P-D Refractories a.s. Na konci kapitoly jsou zmíněny možná použití keramických žárovzdorných výrobků s detailnějším popisem funkce komínových vložek.

4 Hodnocení investic

Tato kapitola pojednává o hodnocení investic. Nejdříve jsou investice definovány a je popsána jejich důležitost pro výrobní podniky. Dále jsou popsány tři statické a dvě dynamické metody hodnocení investic.

Pojem investice je chápán jako majetek, který není určen k okamžité spotřebě, ale je obětován na pořízení majetku, který slouží k tvorbě (a zvýšení) dalšího majetku. Investice jsou jedním z pilířů dlouhodobé úspěšnosti podniku. Používané prostředky (např. stroje ve výrobním podniku) se v průběhu času stávají zastaralými. Na jednu stranu se samotné stroje v průběhu času opotřebují (stroj je zastaralý fyzicky) a použité technologie již nemusí být nejefektivnější a ekonomicky výhodné (stroj je zastaralý morálně). Z tohoto důvodu je nutné investovat do nových prvků pro zachování činnosti a udržení konkurenceschopnosti. Úkolem investičních činností je: rozhodovat, zda do projektu investovat, správně investici načasovat, zvolit vhodné řešení (rozhodnutí, zda nakoupit stroj A nebo stroj B) a rozhodnout o pokračování investice při vzniku problémů (změna ceny, změna úvěrových podmínek). [19]

Hodnocení investic probíhá na základě výše veličin, kterými jsou: výše peněžních toků během všech období investičního projektu, počet těchto období, diskontní míra a další (technický charakter, náklady a zisk), jejichž potřeba je určena v závislosti na použité metodě hodnocení. Hodnocení investic lze rozdělit do dvou základních výpočetních metod (statické a dynamické). [19]



Obrázek 16 Metody hodnocení investic [19]

4.1 Statické metody

Statické metody hodnocení investic opomíjí jakýkoliv faktor rizika a jsou zaměřeny především na finanční přínosy investice. Používají se především při hodnocení investičních projektů s krátkou životností. [19]

Čistý celkový příjem z investice (NCP) vyjadřuje příjem investice, který je snížený o vynaložený investovaný kapitál. [19]

$$NCP = -IN + CP = -IN + \sum CF \quad (4.1)$$

IN = investovaný kapitál

CP = celkový čistý příjem, který se počítá jako suma peněžních toků ($\sum CF$) v jednotlivých obdobích

Investice je považována za přínosnou, je-li $NCP > 0$. [19]

Průměrná roční návratnost ($\emptyset r$) je vyjádřena v procentech. Tato hodnota udává, kolik procent z investovaného kapitálu je průměrně ročně vygenerováno.

$$\emptyset r = \frac{\emptyset CF}{IN} = \frac{\frac{CP}{n}}{IN} \quad (4.2)$$

IN=investovaný kapitál

$\emptyset CF$ = průměrný roční příjem

CP=Celkový příjem

n= počet období (let) životnosti

Cílem investice je dosáhnout co nejvyššího procenta návratnosti. Investice je považována za výhodnou, je-li suma návratností vyšší než 100 %. Je třeba si uvědomit, že výpočet je tvořen z průměrných hodnot, tudíž klesající/rostoucí trend cashflow může mít za následek velké zkreslení, které se projeví velkým rozdílem vypočtené hodnoty oproti výsledné realitě. [19]

Průměrná doba návratnosti investice (PP = Payback period) je další ze statických metod, pomocí které určujeme dobu (počet let), za kterou investice vygeneruje nazpět investovaný kapitál. Tato metoda je používána pro zhodnocení, zda se investice vyplatí (splatí-li se v době životnosti) a také k porovnání dvou potenciálních investičních projektů (kratší doba návratnosti=menší riziko). [19]

$$\emptyset doba = \frac{1}{\emptyset r} \quad (4.3)$$

Investici lze považovat za výhodnou, je-li průměrná doba návratnosti nižší než životnost daného investičního projektu. [19]

4.2 Dynamické metody

Dynamické metody oproti metodám statickým počítají s faktorem času a počítají s riziky, jejichž potenciální dopad je reprezentován úrokovou mírou, která zohledňuje změnu hodnoty peněz v čase. [19]

Metoda čisté současné hodnoty (neboli Net Present Value – NPV) je jednou z nejpoužívanějších dynamických metod, jejíž využití je vhodné pro téměř všechny situace. Výraznou výhodou této metody je srozumitelnost výsledku. Výpočet metody spočívá pouze v sečtení finančních příjmů a výdajů dané investice. Tyto hodnoty jsou v daných obdobích přepočítány pomocí diskontní sazby, která vyrovnává hodnotu peněz v čase. [19]

$$NPV = -IN + \frac{CF_1}{(1+k)^1} + \frac{CF_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{CF_n}{(1+k)^n} = -IN + \sum_{i=1}^n \frac{CF_i}{(1+k)^i} \quad (4.4)$$

Výsledek výpočtu udává částku, kterou podnik získá/ztratí investicí do daného projektu. Investice je tedy výhodná, je-li $NPV \geq 0$. [19]

Metoda vnitřního výnosového procenta (také IRR = Internal Rate of Return) se používá pro zjištění procentuální výnosnosti během životnosti investičního projektu. IRR vyjadřuje diskontní sazbu, která by vedla k nulové čisté současné hodnotě, tudíž lze vypočítat ze vzorce NPV. [19]

$$0 = -IN + \sum_{i=1}^n \frac{CF_i}{(1+IRR)^i} \quad (4.5)$$

Vzhledem k faktu, že při výpočtu vzniká obecná polynomická funkce je výsledkem více hodnot, které ztěžují interpretaci a samotný výpočet výsledku. Z tohoto důvodu se tato metoda používá především v případech, kde bude řešením jedna hodnota. Pro investice s delší životností než 2 roky je velmi složité algebraicky stanovit postup výpočtu. V těchto případech se používají iterační metody (lineární interpolace) nebo metody pokusu a omylu. [19]

Poslední kapitola teoretické části pojednává o hodnocení investic. Ze začátku jsou investice definovány a je popsána jejich důležitost pro výrobní podniky. Dále jsou popsány tři statické metody hodnocení investic (Čistý celkový příjem z investice, Průměrná roční návratnost a Průměrná doba návratnosti) a dvě dynamické metody (Čistá současná hodnota a Metoda vnitřního výnosového procenta). Existuje velké množství metod hodnotící investiční projekty, kapitola pouze zmiňuje nejčastěji používané metody. [19]

Praktická část

5 Analýza současného řešení

Tato kapitola je věnována analýze současného řešení výroby keramických komínových vložek. Tato závěrečná práce vznikla ve spolupráci se společností P-D Refractories CZ a.s. v závodě ve Svitavách. Z tohoto důvodu tato kapitola začíná představením společnosti a krátkým shrnutím její historie. Dále je zde uvedeno produktové portfolio společnosti. Následně kapitola popisuje lepené výrobky a současný proces jejich výroby. Není popsán pouze proces řezání a lepení, ale celý proces od přípravy surovin až po zmiňované lepení. Konec této kapitoly je věnován technicko-ekonomickému zhodnocení. V této části jsou popsány současné kapacity a normy výroby. Na základě těchto dat je provedena kalkulace mzdových a materiálových nákladů na jednici. Není zde řešena kalkulace celého procesu výroby, ale pouze náklady na lepení a vyřezávání.

5.1 Představení společnosti

P-D Refractories a.s. spadá do nadnárodní společnosti P-D Glas und Fenerfestwerke Wetro GmbH, která má mimo Českou republiku své podniky i v Německu, Francii, Číně a několika dalších zemích. [20]

Historie P-D Refractories CZ a.s. sahá až do roku 1892. V tomto roce se tehdy firma „Gessner a Pohl“ těžící jíly v březinské oblasti rozhodla vystavět továrnu žárovzdorných výrobků ve Velkých Opatovicích. V polovině dvacátého století byla firma znárodněna a fungovala pod novým jménem „Moravské šamotové a lupkové závody Velké Opatovice“. V roce 1991 se firma stává akciovou společností a na přelomu tisíciletí se společnost Feurtestwerke Watro GmbH stává majoritním vlastníkem Moravských šamotových a lupkových závodů. [21]

P-D Refractories CZ a.s. je jednou z největších evropských společností vyrábějící a dodávající žáruvzdorné produkty a suroviny. Sídlo společnosti se nachází ve Velkých Opatovicích. Společnost má tři výrobní závody, a to ve městech: Velké Opatovice, Svitavy a Březina. Mimo tyto výrobní závody společnost také vlastní dva lomy, které se nacházejí v Březině a Březince. [22]



Obrázek 17 Výrobní závod – Svitavy [22]

Výrobní závod ve Svitavách vznikl roku 1985, kdy závod začínal s výrobou Dinasových materiálů. Nyní se zde vyrábí dinasové kameny pro metalurgii, koksárenské pece a keramické komínové vložky. [22]

5.1.1 Produktové portfolio

Jak již bylo řečeno, společnost PD-Refractories CZ a.s. má velmi široké produktové portfolio, které se skládá z řady žárovzdorných výrobků vyrobených z mnoha různých materiálů.

Tabulka 3 Výrobní program PD-Refractories a.s. [23]

Výrobní program
Šamotové kameny pro všeobecné použití a sklářství
Alkalivzdorné a hutné šamotové kameny, vanové kameny
SiC-kameny, kordieritové, kyselinovzdorné a speciální šamotové kameny
Křemičité šamotové kameny
Šamotové kameny s nízkým obsahem Al ₂ O ₃
Vysocehlinité vibrolité cihly na bázi mulitu, korundu a zirkon-mulitu
Speciální a vysocehlinité kameny na bázi šamot-mulitu, korundu, bauxitu a andalusitu
Vysocehlinité kameny na bázi mulitu
Šamotové izolační kameny, izolace vanových kamenů
Dinasové izolační kameny
Dinasové kameny pro sklářství, koksárenství a metalurgii
Křemenné sklo
Šamotové, izolační a vysocehlinité žáruvzdorné malty
Suché dinasové žáruvzdorné malty, suché žáruvzdorné malty s SiC
Žáruvzdorné tmely s chemickou vazbou
Suché žáruvzdorné tmely
Šamotové dusací hmoty s keramickou vazbou
Hutné a speciální žárobetony
Středněcementové žárobetony
Torkretační žárobetony
Nízkocementové žárobetony, žárobetony s SiC, ultranízkocementové žárobetony
Izolační žárobetony a speciální izolační žárobetony
Univerzální samotekoucí žárobetony

Tato podkapitola byla věnována společnosti PD-Refractories CZ a.s., nejdříve byla společnost představena a krátce byla popsána její historie. V Další podkapitole byl pomocí tabulky zobrazen její výrobní program.

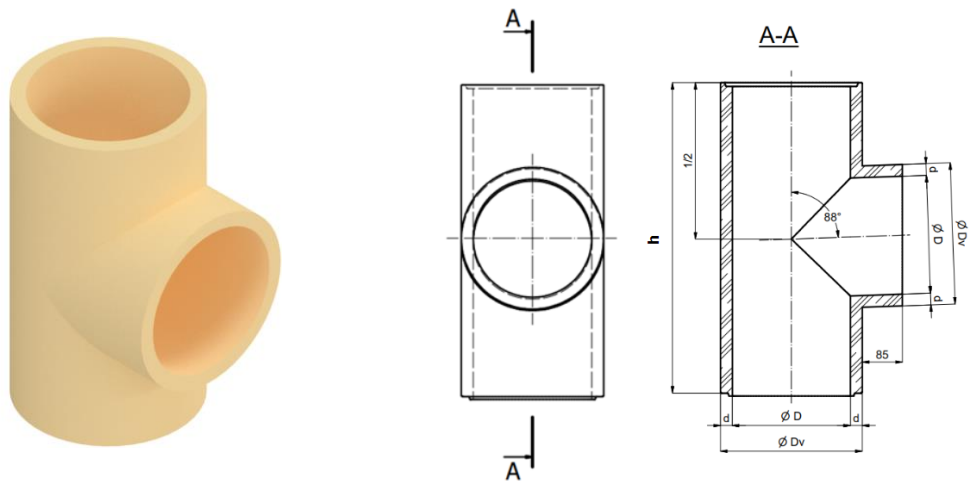
5.2 Analýza výroby

Tato podkapitola se věnuje analýze výroby. Jsou zde zobrazeny produkty a je zde popsáno současné řešení výroby.

5.2.1 Produkty

Přestože má společnost široké výrobní portfolio, v této podkapitole jsou představeny pouze dva typy produktů. Konkrétně se jedná o lepené keramické komínové vložky, jejichž lepením se diplomová práce zabývá.

Prvním produktem jsou komínové vložky pro připojení kouřovodu. Tento typ KKV se vyrábí ve dvou délkách (660 mm a 330 mm).



Obrázek 18 Lepené KKV s kouřovodem, model (vlevo), výkres (vpravo) [24]

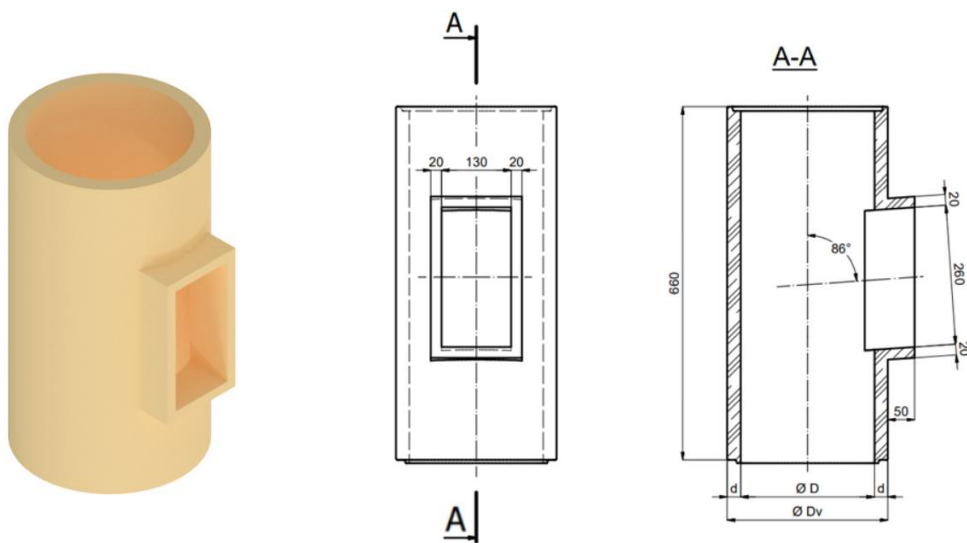
V následujících tabulkách jsou zobrazeny rozměry zmíněného produktu. V levé tabulce jsou zobrazeny parametry pro KKV s délkou 330 mm a v pravé pro 600 mm.

Tabulka 4 Tabulky velikostí lepených KKV pro připojení kouřovodu [24] [25]

Rozměry v [mm]				
Typ	$\varnothing D$	$\varnothing D_v$	d	h
KS – 33/20	200	230	15	330
KS – 33/18	180	210	15	330
KS – 33/16	160	190	15	330
KS – 33/14	140	170	15	330

Rozměry v [mm]				
Typ	$\varnothing D$	$\varnothing D_v$	d	h
KS 30	300	360	30	660
KS 25	250	300	25	660
KS 20	200	230	15	660
KS 18	180	210	15	660
KS 16	160	190	15	660
KS 14	140	170	15	660

Druhým typem je komínová vložka pro připojení čistících dvířek. Tento produkt se oproti předem zmíněnému vyrábí pouze v jedné délce (660 mm).



Obrázek 19 Lepené KKV s dvířky pro čištění, model (vlevo) výkres (vpravo) [26]

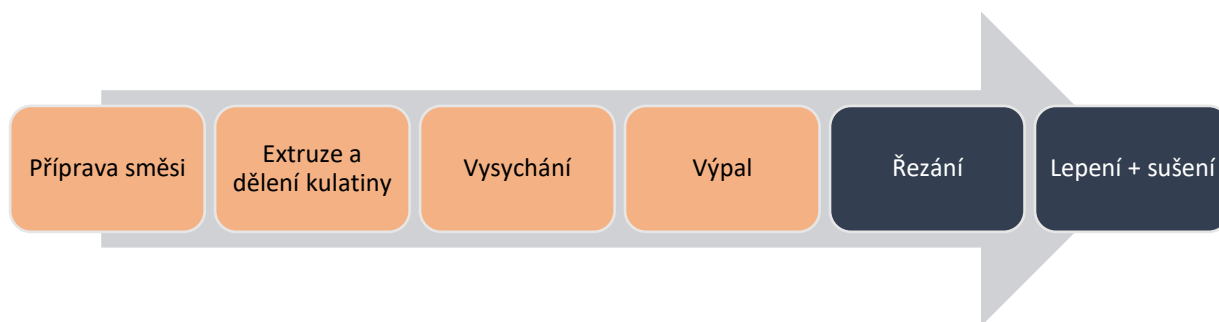
Rozměr samotných dvířek je normalizovaný. Produkty se liší pouze v průměru samotné komínové vložky.

Tabulka 5 Rozměry lepených KKV s dvířky pro čištění [26]

Rozměry v [mm]			
Pozice	$\varnothing D$	$\varnothing D_v$	d
KC 30	300	360	30
KC 25	250	300	25
KC 20	200	230	15
KC 18	180	210	15
KC 16	160	190	15
KC 14	140	170	15

5.2.2 Výroba

V této podkapitole bude popsán celý proces výroby KKV od přípravy směsi po lepení a sušení lepeného spoje.



Obrázek 20 Proces výroby lepených komínových vložek

Velká část přípravy směsi probíhá v dolech provozovaných společnostmi P-D Refractories a.s. (Březina a Březinka). Zde dochází k drcení a mletí surových materiálů. Zpracovaná surovina je převezena do výrobních podniků. V samotném svitavském výrobním podniku dochází ke smíchání surovin mezi sebou a ke smíchání s vodou.

Extruze kulatiny probíhá pomocí horizontálních vakuových šnekových lisů. Vnější a vnitřní průměr je určován pomocí koncového ústí lisu. Tyto části jsou vyrobené z wolframu pro jejich vysokou otěruvzdornost, která zaručuje konzistenci ve velikosti a tvaru extrudované kulatiny. Extruze kulatiny probíhá kontinuálně a její dělení na požadovanou velikost je prováděno obráběcími noži z nástrojové oceli. Vzhledem ke kontinuální extruzi kulatiny se obráběcí nástroj během procesu řezání pohybuje nejen vertikálně, ale také horizontálně. Pohybuje se takovou rychlostí, kterou je z lisu kulatina vytlačována. Vzhledem k vysokému obsahu vody a s tím spojené vysoké plasticitě občas dochází k problémům, kdy nástroj ideálně nevnikne do materiálu

a kulatina se nerovnoměrně zatíží a stává se válcovitou. Mimo samotné oddělení kulatin od sebe je na okrajích kulatiny vytvořena drážka. Jak již bylo řečeno, během řezání a drážkování může dojít k narušení tvaru kulatiny. Z tohoto důvodu je pás opatřený strojem kontrolující kruhovitost. Není-li dosaženo požadovaného tvaru, extrudovaná kulatina je přesunuta do drtiče a materiál je transportován zpět na vstup do vakuového lisu. Kulatiny jsou dále pomocí přísavkových manipulátorů naskládány na sebe na vozíky, na kterých jsou přesunuty na pás sušení.

Cílem sušení je extrakce vody a dosažení tak nízkého obsahu vlhkosti, která je přijatelná pro výpal. Při nedostatečném vysušení materiálu by ve vypalovací peci mohlo dojít ke vzniku prasklin a jiných nedokonalostí. Materiál se vysušuje v sušárnách po dobu 32 hodin při teplotách okolo 100°C.

Výpal je časově nejnáročnějším procesem při výrobě KKV. Probíhá v zemním plynem vytápěných tunelových pecích, kde výrobek stráví cca 60 hodin v prostředí s teplotou přesahující 1150°C. Používaná pec v PD-Refractories CZ a.s. je dlouhá 198 metrů a je rozdělena do tří sektorů. V prvním sektoru dochází k předehevu materiálu, v druhém sektoru se materiál vypaluje a ve třetím sektoru dochází k postupnému ochlazování. Následuje kontrola, při které se hledají trhliny a praskliny a provádí se zkouška kruhovosti. Obě kontroly jsou prováděny operátory výroby. Pokud KKV dosahují předepsané kvality, jsou naloženy na paletu a uskladněny.

Výrobní proces klasických KKV končí uskladněním po kontrole kvality po vypálení. Pro výrobu KKV pro připojení kouřovodu, nebo dvířek pro čištění je potřeba dalších úkonů. Jedná se o vyřezávání otvorů a lepení.


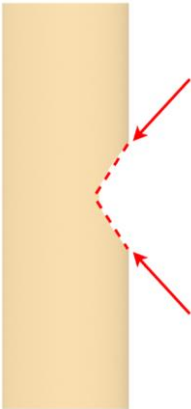

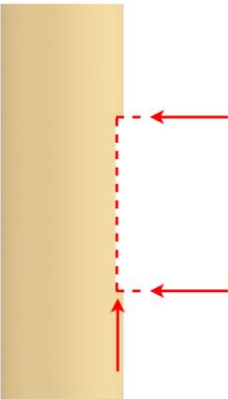
Vyřezávání je prováděno operátorem pomocí ruční kotoučové pily s výkyvnou hlavou. Z hygienických a technických důvodů je řezání prováděno za použití vody (třísky odvádějící médium).



Obrázek 21 Pila pro vyřezávání otvorů

Řezy se provádí v závislosti na typu výrobku. Všechny řezy jsou zobrazeny v tabulce níže a jsou označeny červenou barvou. Pro KKV, na které se lepí dvířka jsou provedeny čtyři kolmé řezy a pro lepení kouřovodu se provádí řezy dva.

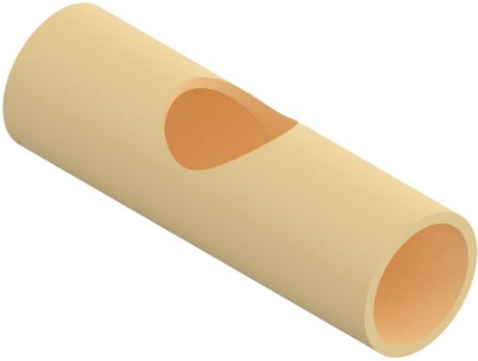
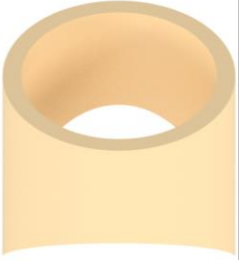
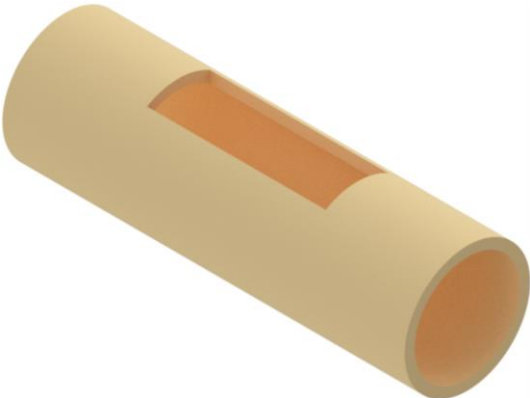
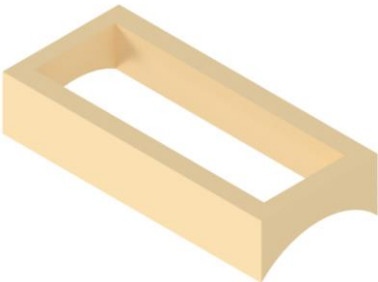
Tabulka 6 Schéma řezných drah

Typ	Pohled shora	Pohled ze strany
Kouřovod		
Dvířka		

Po vytvoření otvorů následuje lepení. Lepí se vždy ze dvou kusů viz. Tabulka 7. Jako lepidlo se používá materiál, který je velmi podobný topenářskému tmelu. Tento tmel obsahuje kombinaci křemičitých písků vysoké jakosti s různými velikostmi zrn. Vzhledem k tomu, že jeho přesné složení je obchodním tajemstvím jej nelze zmínit. Tmel se nanáší z vnější strany po obvodu odříznuté části na Kus 1 v šířce tloušťky stěny Kusu 2. Po nanesení tmelu je přiložena lepená

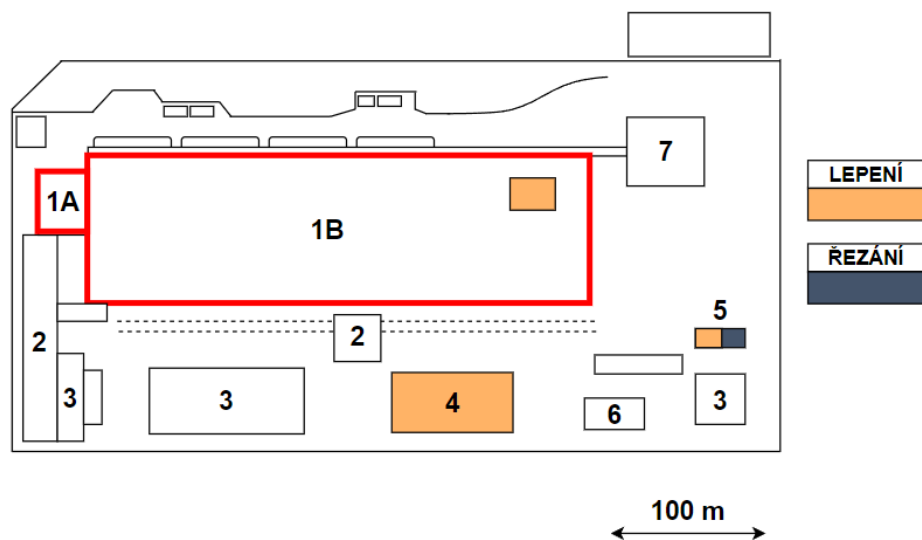
součást a dochází k odstranění přebytečného tmelu z okolí lepeného spoje. Tmel následně schne po dobu 20-22 hodin při teplotách vyšších než 22°C.

Tabulka 7 Lepení – kusovník

Typ/Kus	Kus 1	Kus 2
Kouřovod		
Dvířka		

Po vyschnutí lepeného spoje jsou KKV uloženy do palet a naskladněny, nebo rovnou expedovány.

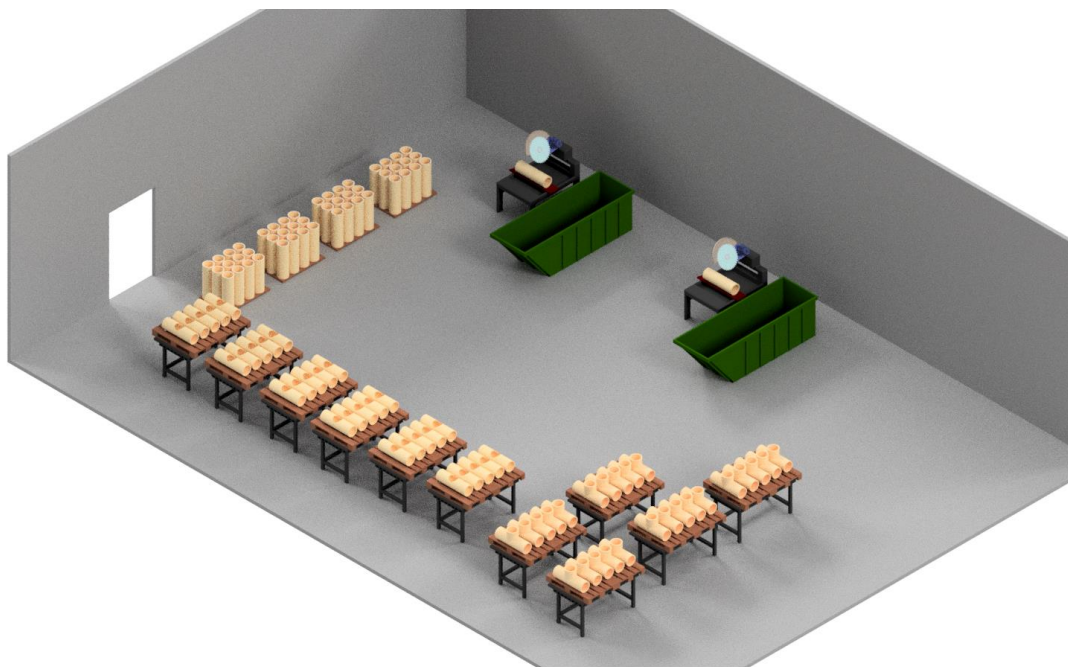
V následujícím obrázku je zobrazen zjednodušený layout výrobního závodu, kde jsou naznačeny základní objekty a zobrazeny objekty, kde se provádí řezání a lepení KKV.



Obrázek 22 Zjednodušený layout Svitavského závodu

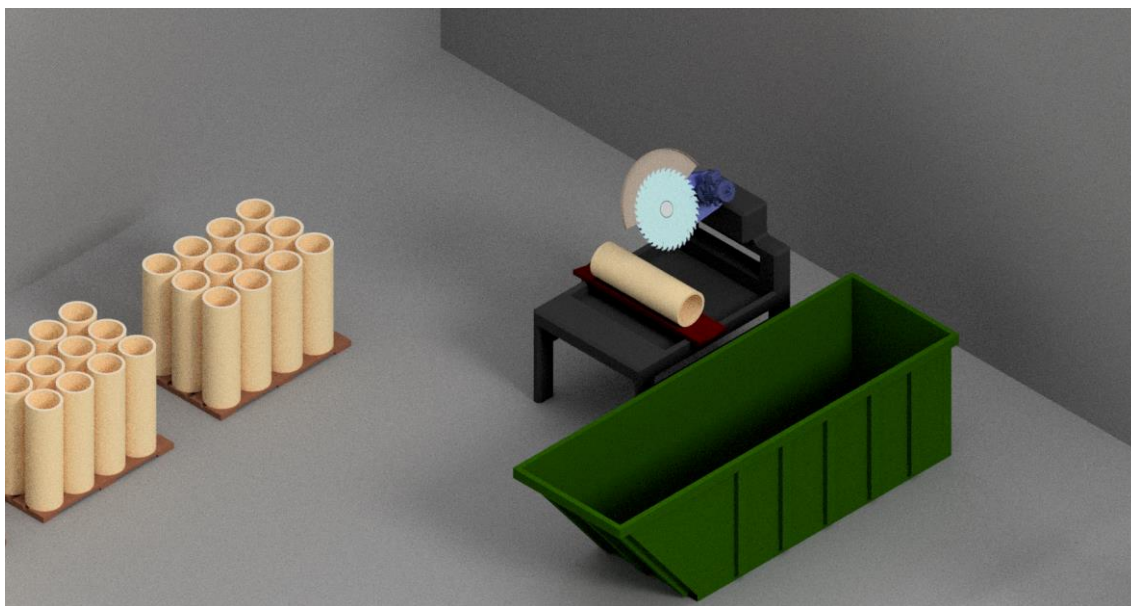
1- Výrobní objekt (A-vysoká část s velínem/ B-Nízká část), 2 – Vykládka kontejnerů, 3 – Sklad, 4 – Budova lepení,
6 – Budova lepení a řezání, 6 – Technické zázemí výrobního závodu, 7 – Provozní budova

Na následujících obrázcích je naznačeno rozložení haly 5. V této hale dochází k řezání a lepení KKV. Cca dvě třetiny nařezaných kulatin jsou převezeny na ostatní lepicí pracoviště. Zbylá třetina je v této hale lepena.



Obrázek 23 Hala 5

Na následujícím obrázku je zobrazen detail na vyřezávání otvoru do trubky komínové vložky.



Obrázek 24 Hala 5 – dělení materiálu(detail)

Operátor provádí veškeré úkony tohoto procesu, tzn. že přesune z palety kulatinu do pily, dále provádí vyřezávání otvoru, vyjmutí a přesun vyříznuté části do kontejneru a vyjmutí KKV z pily.

5.2.3 Technickoekonomické zhodnocení současného řešení

Lepí se v jedné směně na třech různých pracovištích. Na každém pracovišti se vyskytují 2 operátoři lepení. Norma pro lepení jedním operátorem je 206 slepených KKV za směnu. To znamená, že se za den celkem vyrobí 1236 lepených výrobků. Průměrný čas strávený lepením jednoho kusu je tedy 2,3 minuty. Tento čas však neznamená pouze samotné nanesení tmelu a přiložení lepené součásti. V tomto čase je mimo samotné lepení započítána manipulace s výrobky a příprava celé výroby (pouze příprava, přivezení kulatin je zajištěno operátory logistiky). Čas samotného lepení byl při návštěvě výrobního podniku naměřen a pohyboval se v rozmezí 50-55 sekund. Nános tmelu trvalo přibližně 15-20 sekund a čištění přebytečného materiálu zabralo cca 30-35sekund.

Vyřezávání je prováděno dvěma operátory v jedné směně. Vyřezávání je ve srovnání s lepením velmi rychlá operace. Z tohoto důvodu postačují dva operátoři vyřezávání na pokrytí požadavku na lepení.

Lepení probíhá celoročně a za tuto dobu je vyrobeno přibližně 309 tisíc lepených KKV. Vzhledem k velkému počtu výrobků jsou technicko-ekonomická zhodnocení zjednodušena a výpočet ziskovosti je vztažen k nejvíce vyráběnému a prodávanému výrobku, kterým je KKV pro připojení kouřovodu o průměru 210mm. Zobrazení poměru nákladů a zisků na jednici nelze z důvodu citlivost dat přesně vyčíslit. Z tohoto důvodu budou jednicové náklady a zisky na jednici

přibliženy. Vstupem pro lepenou KKV je vypálená kulatina, jejíž cena je 190 Kč. Tato cena se skládá z celkových nákladů na její výrobu, režii a ziskovosti. Režie společnosti se pohybují okolo 25 % tedy 47,5 Kč. Ziskovost tvoří přibližně 10 % ceny výrobku, tedy 19 Kč. Z těchto údajů lze určit přibližné celkové náklady na výrobu jedné kulatiny, které jsou 123,5 Kč. Roční výdaje vynaložené společností na jednoho operátora činí 600 tis. Kč.

Cena lepené KKV pro připojení kouřovodu o stejné délce a stejném průměru je 360 Kč. Tato cena je tvořena z CN na kulatinu, lepenou součást, lepení, řezání, režii a ziskovosti. Jak bylo řečeno v předchozí části, náklady na kulatinu jsou 123,5 Kč. Náklady na jednici jsou spočítány pomocí základní kalkulační metody dělením.

Náklady na lepení jsou vypočteny ze mzdových a materiálových nákladů. Mzdové náklady na jednici činí 11,65 Kč. Materiálové náklady na jednici jsou tvořeny materiálem. Ten je důležité zmínit, protože při zavedení robotizace je sníženo množství odebíraného a ztraceného materiálu. V tomto případě se spotřebuje 0,25 Kg surového materiálu tmelu s tím, že přibližně 10 % je po slepení odebráno. Tento materiál se již nevyužívá a nedochází k jeho recyklaci. Materiálové náklady na jednici (lepení) tedy činí 20 Kč.

Náklady na vyřezávání se skládají z nákladů mzdových, materiálových a energetických. Mzdové náklady na jednici činí 3,56 Kč. Do materiálových nákladů se propisují pilové kotouče, jejichž životnost je odhadována na 1000 ks. Cena jednoho pilového kotouče je 2000 Kč. Z toho lze vyvodit, že materiálové náklady na kus činí 2 Kč. Posledním nákladem propisujícím se do nákladů na řezání jsou náklady na provoz strojů-náklady na elektřinu. Každý z těchto strojů spotřebuje přibližně 5kWh za směnu. Ceny elektřiny jsou stanoveny na 4 Kč/Kwh. Na základě těchto dat jsou spočteny náklady na energie na kus, které činí 0,03 Kč. Ziskovost opět tvoří 10 % prodejní ceny, tj. 36Kč a režie opět tvoří 25 % ceny, tj. 90 Kč. CN na lepenou součást tvoří v tomto případě přibližně 73Kč.

Vzhledem k ziskovost (36 Kč na jednici) je roční ziskovost současného procesu lepení a řezání 11,12 mil. Kč.

6 Návrh linky lepených keramických komínových vložek

Tato kapitola se věnuje samotnému návrhu linky lepení. Nejdříve ze všeho je popsán problém aktuálního řešení. Dále je potřeba zjistit, zda lze vysušit lepený spoj pomocí mikrovln. Tento test je popsán v první části kapitoly. Zde jsou sepsány podmínky sušení – tloušťka sušené housenky a parametry sušení. Celý test je vypracován v domácím prostředí pomocí mikrovlnné trouby. Nejedná se o profesionální zařízení, ale pro demonstraci možnosti sušení je dostatečné. Dále jsou zobrazeny výsledky a postřehy ze samotného testu.

Další podkapitola se věnuje použitému stroji pro sušení lepeného spoje. Vzhledem k tomu, že se na trhu nevyskytují žádná komerčně dostupná řešení je stroj navrhnut koncepčně na základě existujících strojů používaných pro jiné účely.

Poslední podkapitola je věnována samotnému návrhu linky. Nejdříve jsou určeny operace, které je během procesu nutné vykonat. Každá operace je popsána společně s jejím cílem a s jejími úskalími. U každé operace je provedena úvaha nad možnými řešeními problémů. Z kombinace těchto možných řešení jsou naznačena čtyři možná provedení linky lepení. Tyto návrhy jsou doplněné o vizualizace a jejich stručný popis. Ke každému z návrhů je vytvořeno technicko-ekonomické zhodnocení, kde jsou vypočítány kapacity lepení a náklady na jednici a doba návratnosti jednotlivých řešení.

6.1 Definice problému

Problémem současného řešení jsou mzdové náklady operátorů a doba sušení lepeného spoje, se kterou přímo souvisí mnoho dalších problémů. Mezi největší z nich patří požadavky na plochu samotného sušení. KKV jsou narovnány na palety v podélném směru a zaujímají velké plochy. Z tohoto důvodu jsou omezeny kapacity lepení a lze lepit pouze v jedné směně. Kratší doba sušení by mohla umožnit zvýšení kapacit a možnost lepit ve více směněch, nebo využít prostory pro jiné účely.

6.2 Mikrovlnné sušení

Před návrhem samotné linky bylo třeba zjistit, zda je možné vysušit tmel pomocí mikrovlnné technologie. Za tímto účelem bylo vytvrzování ozkoušeno v domácím prostředí pomocí mikrovlnné trouby. Přestože se nejedná o profesionální zařízení, princip, na kterém mikrovlnná trouba funguje je postačující pro určení, zda tmel lze vysušit a zda je možné tak učinit v přijatelné kvalitě.

Tmel byl pro všechny pokusy nanášen na plastové destičky. Vzhledem k šířce nanášené vrstvy tmelu při lepení KKV byl vytvořen přípravek pro vytvoření housenky o průměru 4 mm. Průměr

vysušených vzorků se po vytvrzení ve všech případech pohyboval v rozmezí 3,9-4,3 mm. Cílem pokusu bylo zjistit: zda je možné tmel vysušit, při jakém výkonu a při jakém času je kvalita optimální. Dále bylo také potřeba určit děje, které doprovázejí sušící proces. Použité podmínky pro sušení byly výkony 100 W, 180 W, 300 W a 450 W a frekvence 2450 MHz. Optimální doba a výkon sušení byla testována metodou pokus-omyl. Pro všechny použité výkony byla prvotní doba sušení stanovena na 40 sekund. Ve všech případech došlo v tomto intervalu ke kompletnímu vysušení a vytvrzení. Následně byl čas snižován až do bodu, kdy byl tmel stále vlhký a tvárný.

Pro vysoušení s vyšším výkonem se čas k dosažení doby vysušení zkracoval. Po dosušení tmelu byl povrch velmi horký a byly viditelné malé bubliny a praskliny. Po vychladnutí se provedla vizuální kontrola tmelové housenky, kde bylo cílem zjistit, zda byla narušena integrita materiálu.

Všechny vzorky, které byly sušeny při vyšších výkonech, obsahovaly nějaký typ vady. Domněnka je tedy taková, že příliš rychle se zahřívající povrch vzorků se vysušil a vytvrdil jako první a voda zachycená pod povrchem se neměla kudy odpařovat. To mělo za následek vznik trhlin/prasklin v materiálu.

Dále bylo tedy otestováno sušení po krátkých úsecích. Úseky byly různé dlouhé a v mezech byl povrch vždy ochlazen proudem vzduchu o pokojové teplotě. Dále byly testovány různé intervaly sušení. Ideální podmínky pro vysušení 4 mm housenky tmelu byly stanoveny na základě vizuálního zhodnocení vytvořených výbrusů z housenek. Tyto výbrusy jsou zobrazeny v tabulce 8. Při použití vysokého výkonu (300 W a 450 W) vznikaly nedokonalosti uvnitř sušené housenky.

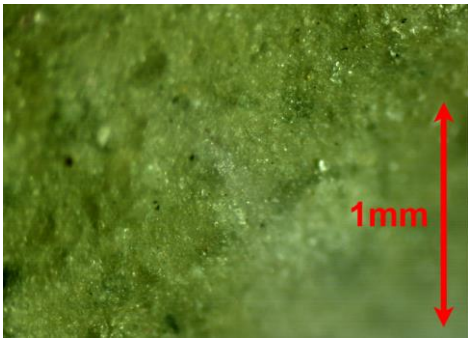
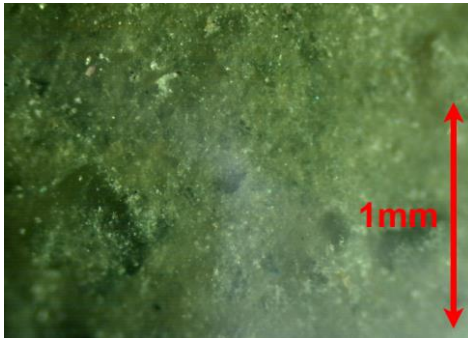
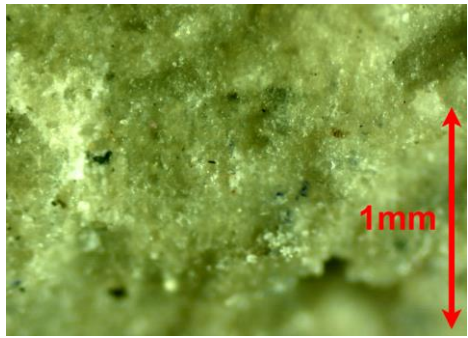
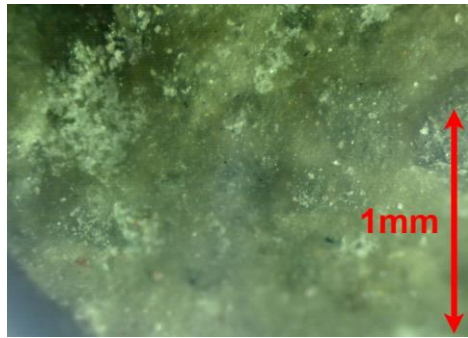
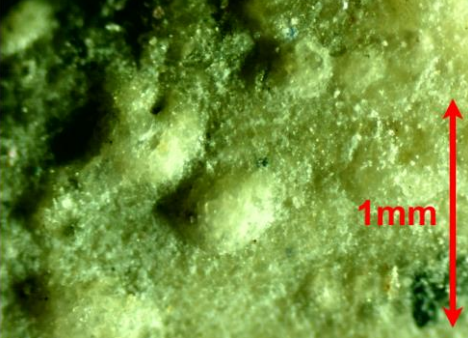
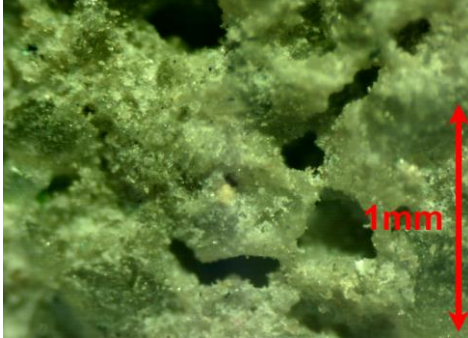
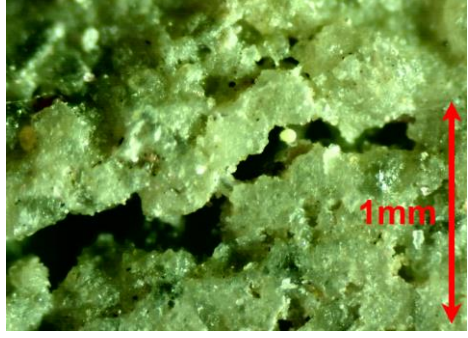

Tabulka 8 Snímky výbrusů tmelových housenek při různých výkonech sušení



Pórovitost je blíže zobrazena v tabulce 9, kde byly pořízeny snímky mikroskopem se 40ti násobným zvětšením. Pro každý sušící výkon bylo vytvořeno 10 výbrusů. Z prvotní metody pokus omyl byla stanovena optimální doba sušení 13x2 sekundy, při které docházelo v některých

případech k dosažení dostačující kvality. V mezičase došlo k ochlazení housenek a vyvětrání sušicího prostředí. Při tomto taktu (13x2 s) byly výsledky porovnány na základě vizuální kontroly.

Tabulka 9 Snímky výbrusu při taktu sušení 13x2 s

Výkon	Snímek 1	Snímek 2
100 W		
180 W		
300 W		
450 W		

Jak je v tabulce vidět, tak se zvyšujícím se výkonem sušení se také zvyšuje počet a velikost nedokonalostí. Při sušení při 100 W je povrch výbrusu (vnitřek součásti) hladký bez jakýchkoliv nedokonalostí. Při sušení při 180 W je vnitřek stále celistvý. V jednom z 10 výbrusů byly nalezeny póry o průměrech menších než 0,1mm. Z tohoto důvodu tedy lze mluvit o přijatelné kvalitě. Při sušení o výkonech 300 W a 450 W vznikaly viditelné a velmi rozsáhlé praskliny.

Ideálního sušení se dosahovalo při výkonech 100 W a 180 W při taktu 13x2 sekundy. V intervalu byl vždy povrch housenky ochlazen vzduchem a byla odstraněna vlhkost z prostoru sušení. Při vyšších výkonech nebylo při tomto taktu dosaženo požadované kvality. To ale neznamená, že při vysokých výkonech tmel nelze sušit, nelze jej sušit pouze v takto dlouhých intervalech. Byl vytvořen test, kdy se sušilo při vysokém výkonu a v úsecích, které nepřesahovaly 1 sekundu. V mezičase byla housenka vložena do prostředí s teplotou cca 10°C do doby, než vychladla. Následně byla opět vystavena mikrovlnnému záření, tento děj se opakoval 14x. Kvalita při těchto podmínkách se přibližovala kvalitě sušených housenek při 100 W v taktu 13x2s.

Z tohoto pokusu je patrné, že společností používaný tmel lze vytvrzovat pomocí mikrovlnného záření. Mezi nejdůležitější poznatky patří, že při použití nízkého sušícího výkonu se materiál nezahřívá na velmi vysoké teploty a jeho vysoušení není extrémně náchylné na dobu, po kterou se tmel mikrovlnám vystavuje. Další důležitou informací je, že v tomto případě není kvalita nijak ovlivňována různými průměry housenky. Při použití vyšších výkonů je důležité stanovit a dodržovat dobu sušení. Při delším vystavení tmelu mikrovlnnému záření povrch usychá a vznikají praskliny. Mimo stanovení přesného času je také velmi důležité dodržovat stejné tloušťky tmelu. Při sušení housenek, jejichž průměr se lišil o cca 0,3 mm docházelo při stejném taktu k dosažení velmi rozdílných výsledků.

Vzhledem k velké tloušťce lepeného kusu bude sušení prováděno za vyšších výkonů, než jsou zmíněny v pokusu. Závěrem je potřeba ještě jednou říct, že výhodnější metodou je sušení při nižších výkonech z důvodu nižší náchylnosti k variabilitě tloušťky sušeného materiálu.

6.3 Volba stroje pro sušení lepených spojů

Jak již bylo řečeno, stroje pro mikrovlnné sušení se nejvíce využívají při sušení v potravinářském průmyslu a jsou komerčně dostupné právě pro tento typ využití. Z důvodu nízkého využití mikrovlnného sušení pro lepené spoje nelze nalézt komerčně dostupný stroj, který je prodáván za těmito účely. Všechny stroje využívané pro průmyslové mikrovlnné sušení pracují na stejném principu a jejich parametry se liší v: rozměrech, výkonu magnetronů, rychlosti dopravníkového pásu a objemového průtoku vzduchu, nebo jiného plynného média. Z tohoto důvodu je potřeba nechat jednoúčelový sušící stroj vyrobit. Stroj by byl navržen dle obrázku 6. Vzhledem k době

sušení a ochlazování v mezičase se doba vysušení jedné KKV pohybuje okolo 46 sekund. Samotné sušení zabírá cca 26 sekund (13x2) a předpokládaná doba chlazení se v mezičasech rovná době sušení. Z tohoto důvodu je možnost jednu KKV vysušit za cca 46 sekund. Kapacita sušičky je odhadována na 2 sušené kusy najednou. Takt sušení je pro účely DP stanoven na 23 sekund.

Výrobou mikrovlnných sušiček se zabývá např. česká firma ROMILL s.r.o, která navrhuje řešení pro sušení v dřevařském, gumárenském a keramickém průmyslu. [27]

6.4 Návrh linky

Tato podkapitola popisuje postup při samotném návrhu linky. Nejdříve je potřeba určit potřebné operace k vykonání.



Obrázek 25 Proces lepení KKV

Je potřeba vyřešit těchto pět zobrazených procesů – vkládání vstupního materiálu, vyřezávání otvorů, lepení, sušení lepeného spoje a vyjmutí výrobku z linky. Mimo tyto procesy je také velmi důležité vyřešit pohyb nedokončených výrobků po lince.

6.4.1 Vstup materiálu na linku

Ze všeho nejdříve je potřeba vyřešit vstup materiálu na linku. Tento požadavek je velmi důležitý především při návrhu plně automatické linky, kde roboty provádí stejné pohyby a veškeré procesy jsou předem naprogramovány. Změna polohy může způsobit mnoho problémů např. špatné uchopení lepené součásti a s tím způsobené přiložení protikusů na špatné místo.

Vstup + výstup materiálu

Do procesu vstupují vždy dvě skupiny výrobků. První skupinou jsou vypálené kulatiny. Druhou skupinou jsou lepené součásti, kterými jsou buď součásti pro vložení dvířek pro čištění, anebo součásti pro připojení kouřovodu.

Kulatiny

Jak již bylo řečeno v kapitole analýzy současného řešení, kulatiny jsou po nařezání na požadovanou délku naloženy na vozíky pro vysušení a výpal. Nakládka je prováděna robotem.





Obrázek 26 Složené výrobky po výpalu

Po vypálení jsou kulatiny přeskládány na palety, na kterých putují na sklad nebo do dalších výrobních středisek.

Protikusy

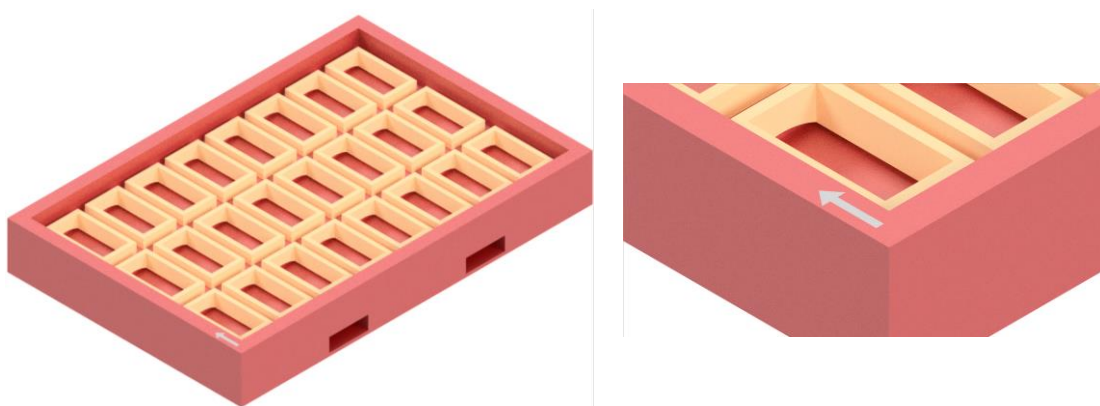
Vstup lepených součástí je značně náročnější. Jak již bylo řečeno, lepí se dva různé typy součástí. Prvním jsou součásti pro dvířka pro čištění, které mají nezávisle na průměru stejné rozměry. Druhým typem jsou součásti pro připojení kouřovodu. Rozměry této součásti jsou závislé na průměru komínové vložky, kde vnitřní a vnější průměr lepené součásti je shodný s vnitřním a vnějším průměrem samotné kulatiny, ke které se součásti lepí.

Tabulka 10 Lepené součásti

Součást pro dvířka pro čištění	Součást pro připojení kouřovodu
	

Opět je potřeba zajistit stálý přísun materiálu do stejných poloh, aby je robot mohl vyjímat a přikládat ke kulatině. Z tohoto důvodu je potřeba vytvořit přípravek pro převoz těchto součástí.

Vytvoření přípravku pro lepené součásti pro čistící dvířka je vzhledem k neměnným rozměrům značně jednodušší.

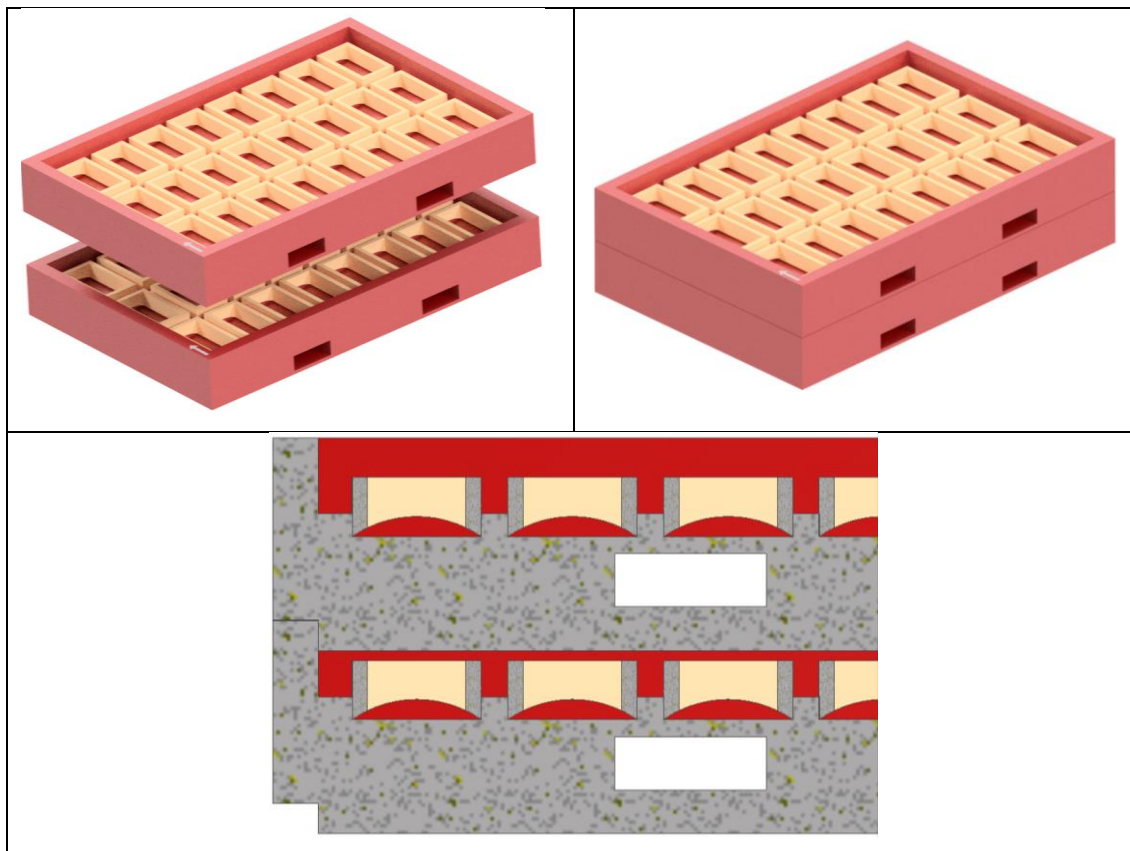


Obrázek 27 Přípravek pro převoz lepených součástí-dvířka pro čištění

Jedná se o jednoúčelový přípravek podobný paletě. Ten zajišťuje přesné uložení lepených součástí a také standardizaci výroby – pokaždé lze do přípravku vložit určité množství lepených součástí.

Není-li počet lepených kusů přesně rovný k-násobku kapacity přípravku, je potřeba přípravek rovnat podle jednoduchého pravidla. Šipka na přípravku znázorňuje směr rovnání součástí. Nejprve je potřeba plnit řady ve směru šipky. Vzhledem k velkému množství potřebných přípravků je potřeba myslet na jejich uskladňování a hromadné převážení. Z tohoto důvodu má

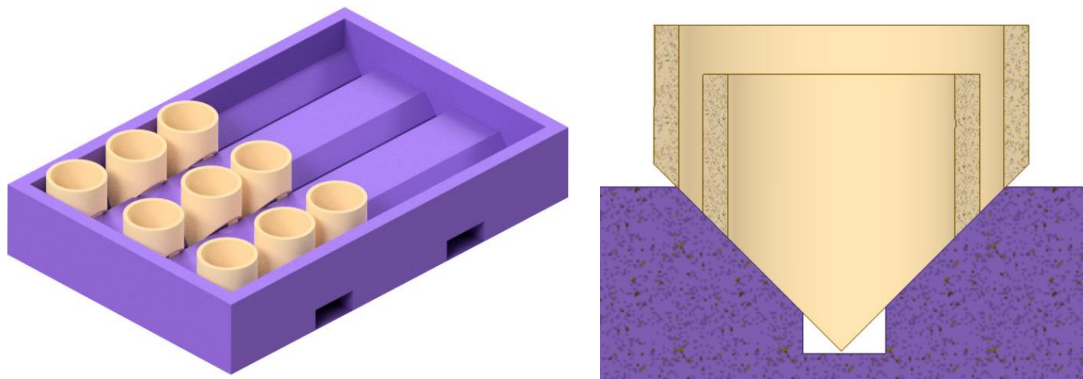
přípravek tvar okrajů, který do sebe zapadá a umožňuje převážet prázdné i plné přípravky na sobě.



Obrázek 28 Skládání přípravků

Jak již bylo řečeno, možnost rovnat přípravky na sebe není pouze výhoda pro uskladňování, ale také výhoda pro převoz. V tomto případě lze pomocí vysokozdvizného vozíku odvézt větší množství přípravků na místo výroby lepených součástí. Na tomto místě může být více přípravků naplněno a najednou odvezeno zpět na linku lepení.

Přípravek pro převoz součástí pro připojení kouřovodu je principiálně konstruován stejně. Opět se jedná o přípravek, který je možné rovnat na sebe a zaručuje stále stejnou polohu vstupujících součástí. Zaručení stejné orientace je oproti předchozímu řešení ztíženo dvěma faktory. Prvním faktorem je, že rozměry součástí jsou různé a druhým faktorem je, že se jedná o rotační součást, jejíž poloha je potřeba pevně ukotvit.

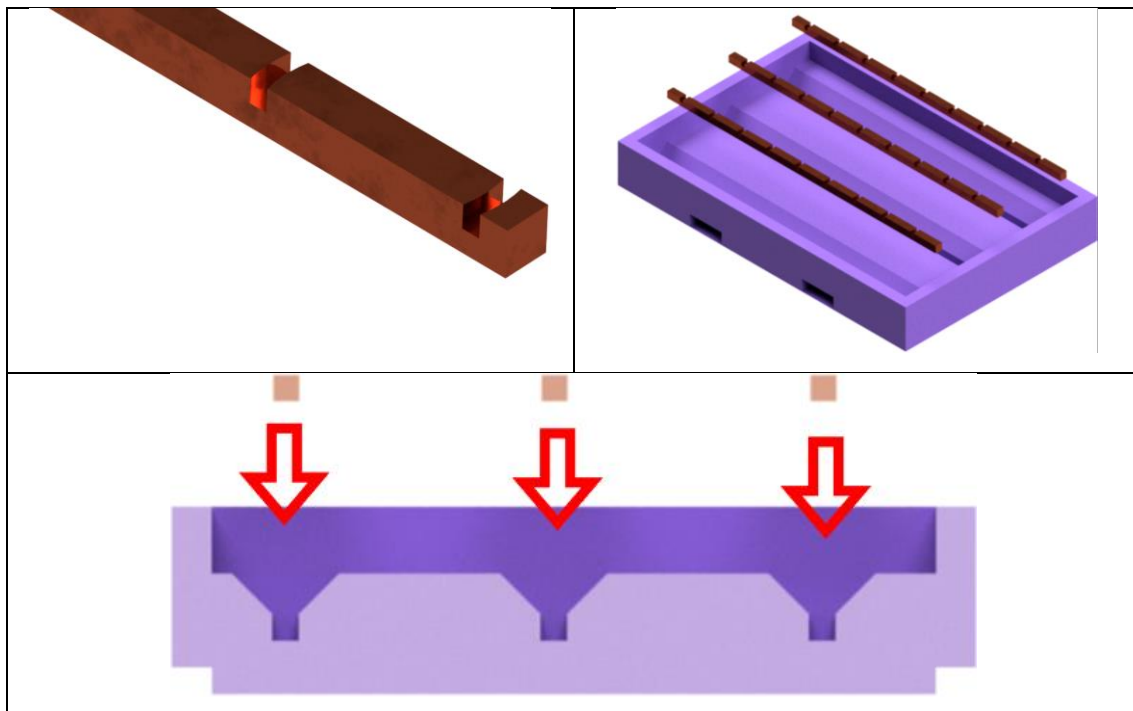


Obrázek 29 Přípravek pro převoz lepených součást-kouřovod – celek(vlevo) detail (vpravo)

Zamezení rotace a převrácení je zajištěno tvarem hran vnitřní části přípravku. Zahloubení tvaru „V“ svírá úhel 90° . Úhel řezání lepených součástí je pro všechny rozměry také 90° . To znamená, že součásti všech průměrů lze do vyhloubení vložit. Ve spodu vyhloubení se nachází drážka. Ta zaručuje vyrobiteľnosť a spoločne s tím slouží k upnutí součásti v určité poloze.

Do těchto drážek jsou vkládány „lišty“ s vyfrézovanými drážkami, které jsou od sebe vzdáleny v závislosti na průměru lepených součástí.

Tabulka 11 Zobrazení zakládání lišt do přípravku



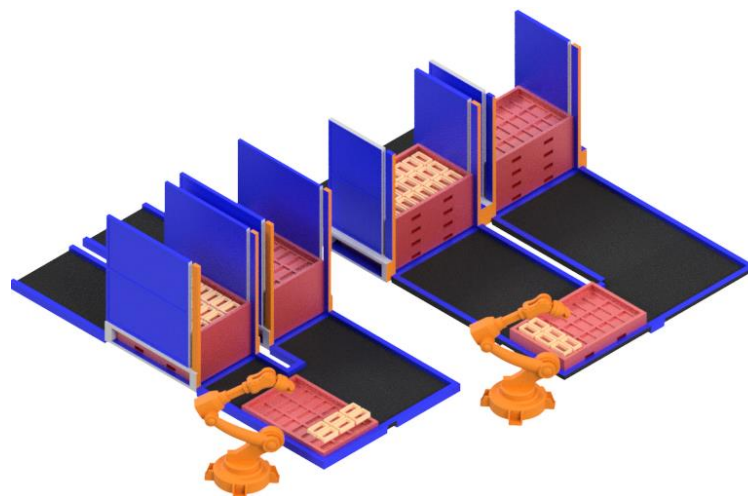
Další příslušenství

Vzhledem k vysokému počtu palet na vstupu a výstupu linek lepení je potřeba automatizovat proces náhrady prázdné palety za plnou (v případě výstupu materiálu plné za prázdnou). Bez použití jakéhokoliv typu automatizace by operátor logistiky musel paletu přivést a vložit do procesu. Po jejím vyprázdnění by musel paletu vyjmout a vložit paletu novou. V případě, že by výroba byla prováděna v krátkém taktu, by byla potřeba neustálá obsluha tohoto procesu. Tento proces lze vyřešit použitím vykladačů a zakladačů palet. Ten by ve spolupráci s poháněným dopravníkem umožnil jejich automatizovanou výměnu. [28]



Obrázek 30 Zakládání palet

Mimo automatizace na vstupu a výstupu KKV by bylo možné použít stejný systém při automatizaci vpouštění naplněných přípravků do procesu a následné založení po jejich vyprázdnění.



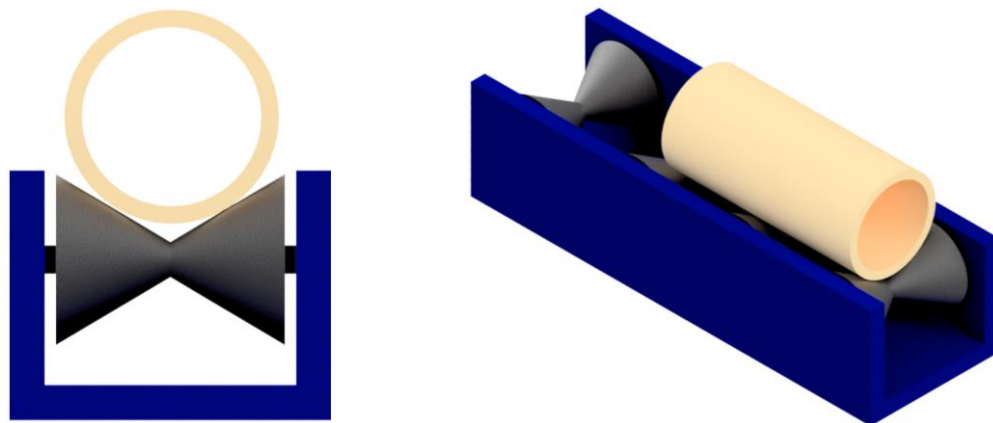
Obrázek 31 Zakladač/vykladač palet

6.4.2 Přeprava po lince

Dalším problémem k vyřešení je samotný pohyb po lince. Stěžním tohoto návrhu je fakt, že lepené KKV jsou rotační součásti a vyrábí se v různých průměrech. To s sebou přináší mnohá úskalí, ke kterým patří především zajištění pevné polohy při přesunu po lince. Návrhy cílí na co největší univerzálnost použití. Tento problém lze vyřešit více způsoby.

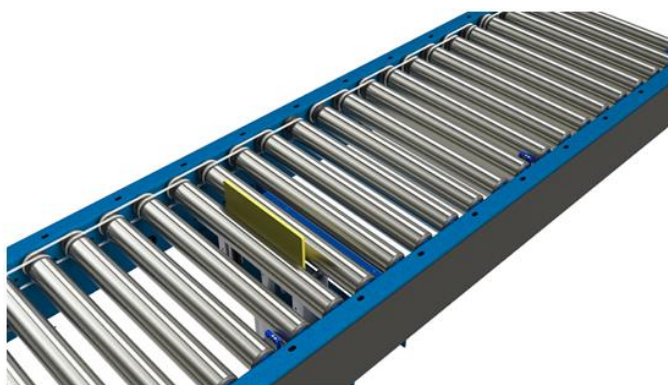
Možnost č.1

Prvním způsobem je využít dopravník používaný pro přepravu kulatin. Tento dopravník využívá otočných válečků specifického tvaru pro zamezení rotace okolo své osy. Tyto dopravníky se vyrábí v různých délkách a existují dvě řešení posunu součástí. První možností je motorizovaný pohyb, ale existují také dopravníky bez pohonu. V tomto případě je součástmi pohybováno pomocí vnějších sil. [29]



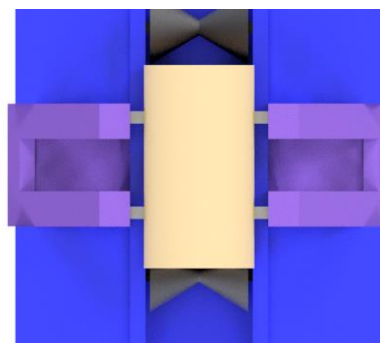
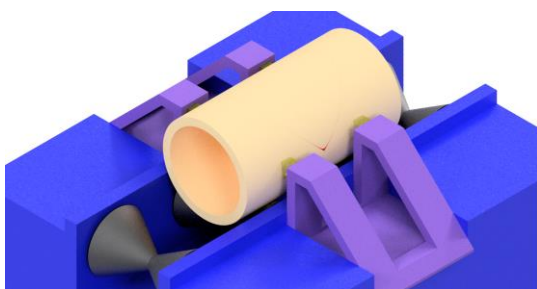
Obrázek 32 Dopravník pro kulatiny foto (nahore) a model (dole) [29]

V případě automatizované linky je na pracovištích potřeba zajistit dosahování opakující se poloh a zamezení pohybu součásti. Ta může být provedena pomocí využití různého příslušenství, např. pomocí vysouvacích dopravníkových brzd. Ta by představovala doraz na jednotlivých pracovištích a zajišťovala by opakovatelnost polohy. Tento systém bude využíván i při pohybu druhou metodou. [30]



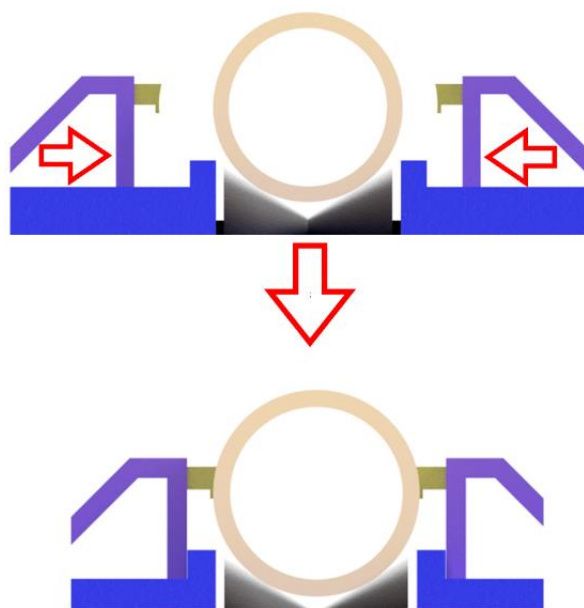
Obrázek 33 Dopravníková brzda [30]

Přestože je dopravník navržen tak, aby nedocházelo k rotaci součásti okolo své osy, je potřeba navrhnout upínací systém. Tento upínací systém by byl použit v případě, že by opora součásti během procesu vyřezávání nebyla dostatečná.



Obrázek 34 Upínání kulatin

Tento upínací systém by byl připevněn k dopravníku a konal by vratný posuvný pohyb. Po přisunutí do krajní polohy by došlo k ukotvení kulatiny. Po dokončení vyřezávání by došlo k odsunutí čelistí a součást by se přesunula na další pracoviště.



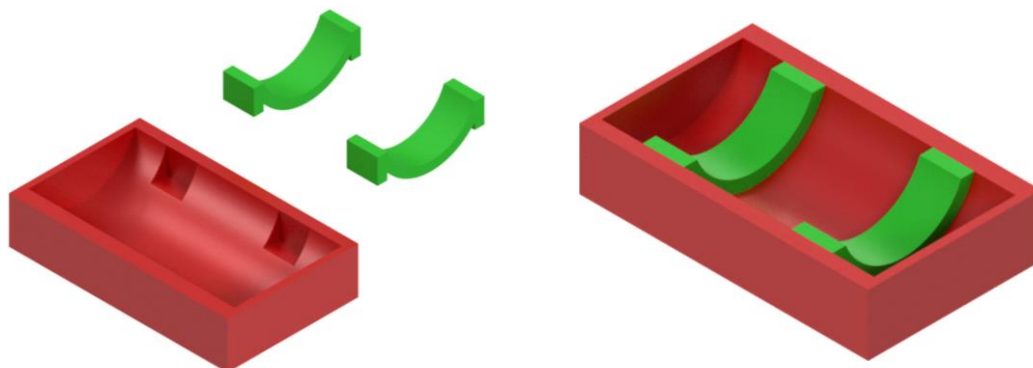
Obrázek 35 Upnutí kulatiny

Upnutí je potřeba navrhnout tak, aby se čelisti nenacházely v trajektorii řezu a nedocházelo k jejich poškození.

Takovéto upínací systémy jsou využívány při balení výrobků. Využívají se pro vycentrování, přidržení a lepení krabic. [31]

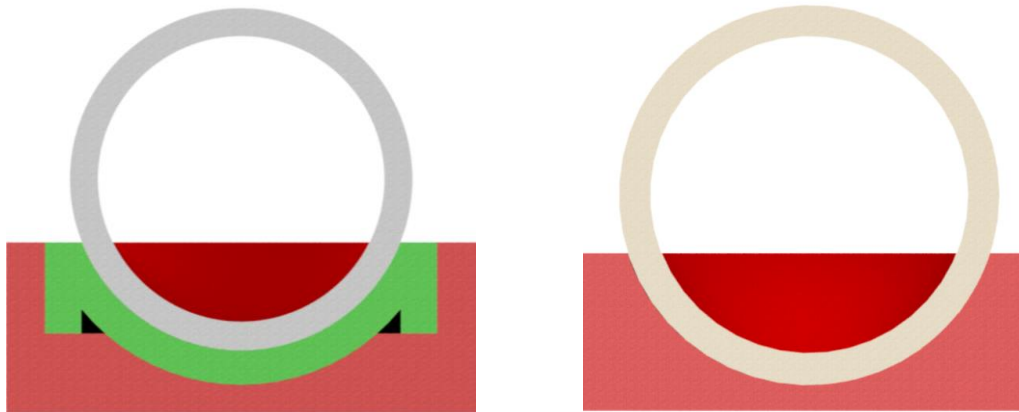
Možnost č.2

Druhým způsobem je umístění do přípravku, ve kterém se bude KKV posouvat po válečkovém dopravníku. Opět je důraz na co největší univerzálnost. Ta je v tomto případě vyřešena pomocí sestavování přípravku pro dosažení požadovaného nosného průměru. Přípravek se skládá z takzvaného nosiče, do kterého se vkládají další součásti. Na následujících obrázcích je zobrazen přípravek pro přenos KKV o průměru 360mm a jeho úprava na nesený průměr 300mm.



Obrázek 36 Přípravek pro pohyb součástí

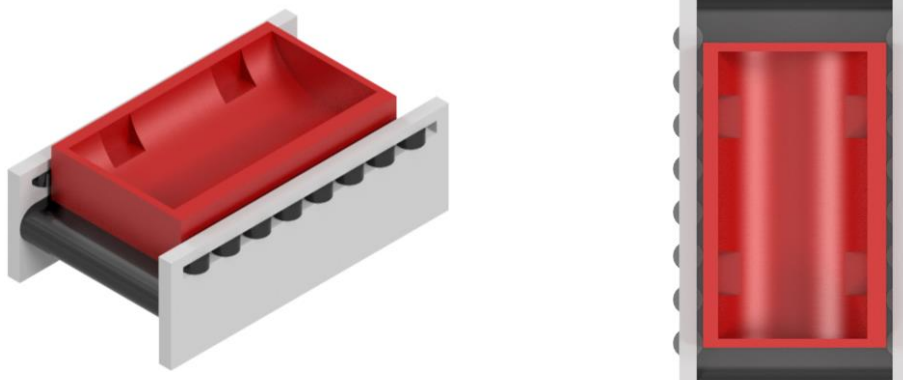
Na následujících obrázcích jsou zobrazeny průřezy přípravků s vloženou KKV. Jsou zde opět zobrazeny případy pro 300 mm a 360 mm.



Obrázek 37 Průřez přípravkem – nosný průměr 300mm(vlevo) a 360mm(vpravo)

POHYB PŘÍPRAVKŮ

Pohyb těchto přípravků by byl zajišťován pomocí válečkového dopravníku s exaktní šířkou pro zajištění polohy přípravku. Přípravek by byl na páse převážen podélně. Ten by mimo polohu zajišťoval i ukotvení při výrobním procesu.



Obrázek 38 Válečkový dopravník pro pohyb prostřednictvím přípravků

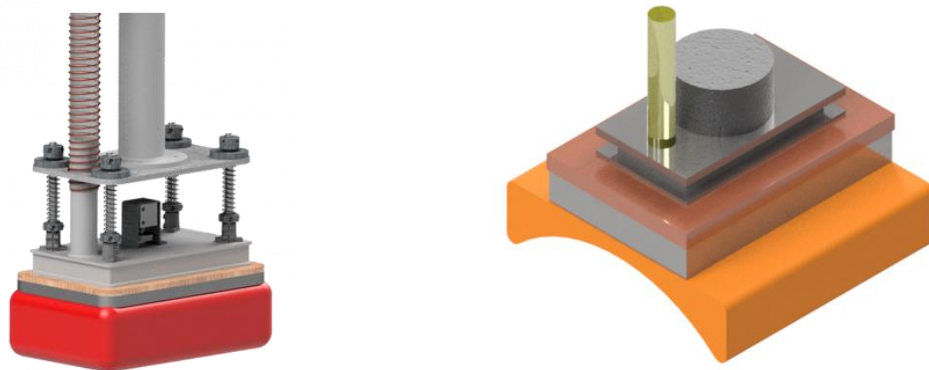
V případě nedostatečné opory během procesu řezání by opět bylo možné použití upínacích čelistí pracujících na stejném principu jako v předešlém řešení.

6.4.3 Manipulace – vkládání a vykládání KKV

V předchozí kapitole byly zobrazeny navrhované přípravky pro uložení a pro vstup a výstup materiálu. V této podkapitole bude naznačena manipulace s použitím předchozích řešení.

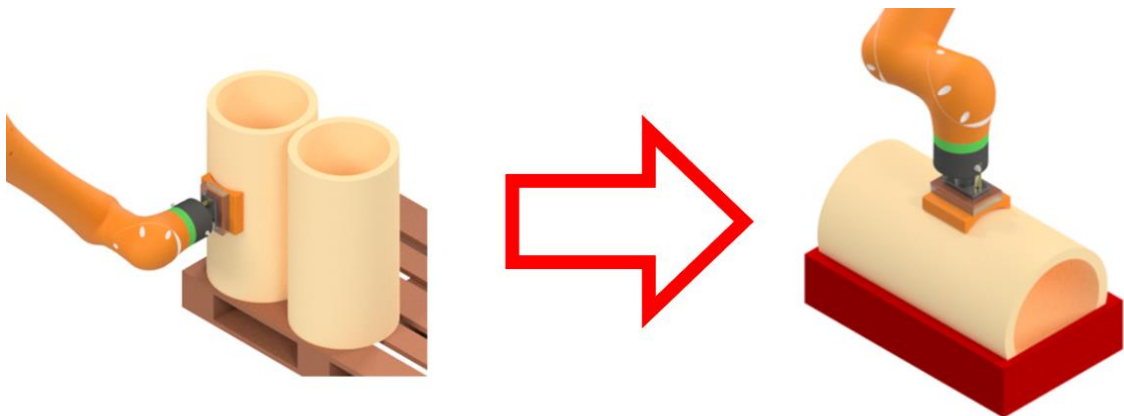
Pro robotizovanou linku je potřeba určit ideální úchyt pro manipulaci. Při převozu jsou vypálené kulatiny narovnané těsně vedle sebe ve vertikální poloze. Tento fakt společně s možnostmi přepravy (dopravník a přípravky pro převoz) omezují možnosti jejich manipulace. Vzhledem k nedostatku prostoru mezi vypálenými kulatinami není vhodné použití mechanických manipulátorů. Možností pro jejich přesun je použití přísavek. Vzhledem k charakteru výrobku je

pro vytvoření vakua potřeba použít systému vakuového dmychadla, které je vhodné pro manipulaci materiálů s porézními povrchy.



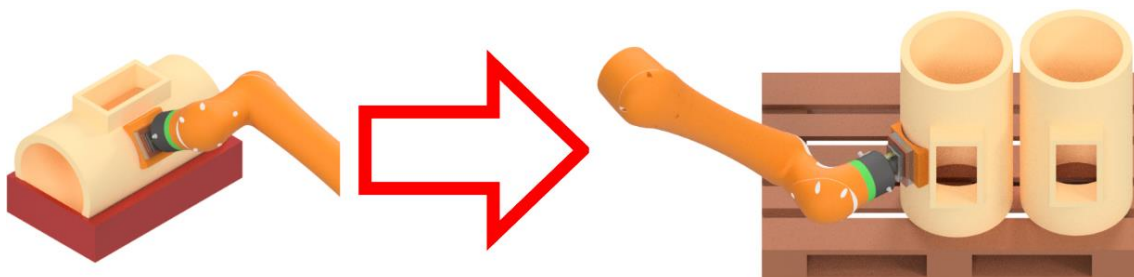
Obrázek 39 Podtlakový manipulační efektor – možné řešení (vlevo) a model (vpravo) [32]

Manipulace pomocí přísavek řeší problém s „malou“ exponovanou plochou kulatiny a jejím natočením.



Obrázek 40 Přesun KKV z palety do přípravku

Na předešlém obrázku je naznačena přísavka pro přesun kulatiny z palety do přípravku. Na dalším obrázku je zobrazen výklad slepených výrobků na paletu.

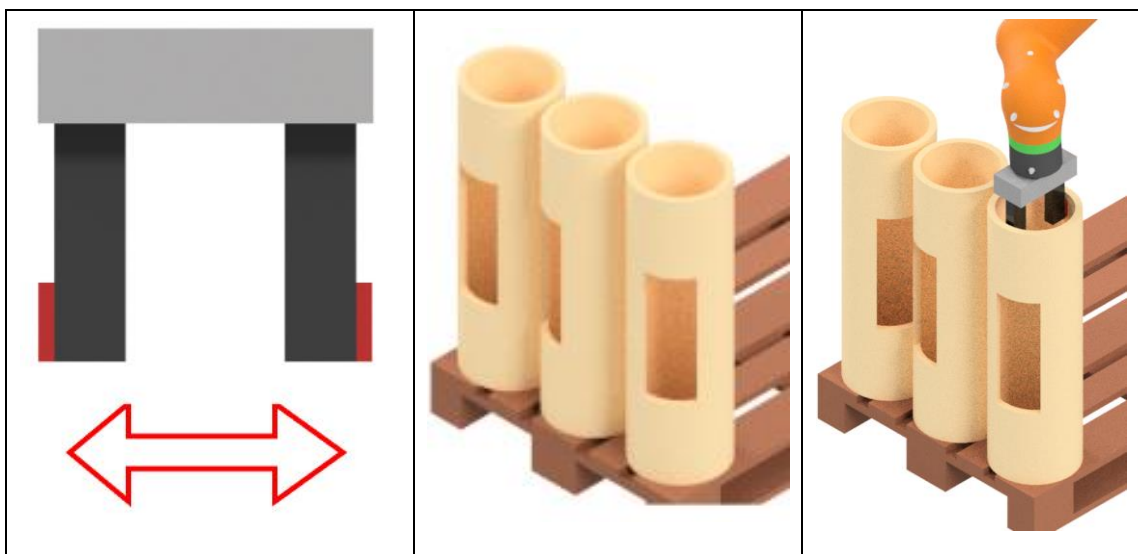


Obrázek 41 Přesun KKV z přípravku na paletu

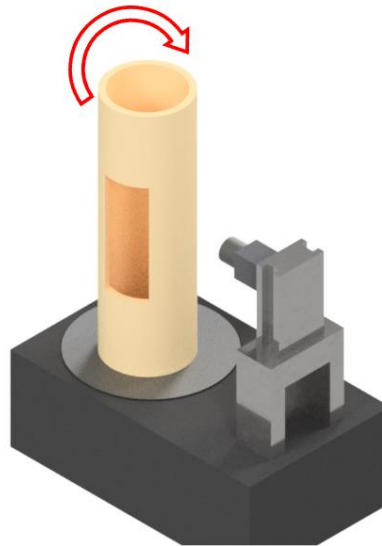
Manipulace – kulatiny s vyříznutým otvorem

Předešlá část popisovala manipulaci s kulatinami, u kterých ještě nedošlo k vyříznutí otvoru. Pokud by se jednalo o linku, kde dochází pouze k lepení, tak vstupním materiálem jsou kulatiny s již vyříznutým otvorem. V tomto případě nelze použít stejný systém manipulace. Jak již bylo řečeno, v tomto případě se počítá s tím, že byly vyřezány otvory pomocí operátorů, kteří následně kulatiny narovnali na přípravky pro přesun. Toto narovnání nezajišťuje přesné natočení součásti a z tohoto důvodu nelze využít přísavkový systém. Možným řešením je přesun kulatin pomocí uchycení za vnitřní plochu pomocí mechanického upínače.

Tabulka 12 Uchopení KKV s vyříznutým otvorem

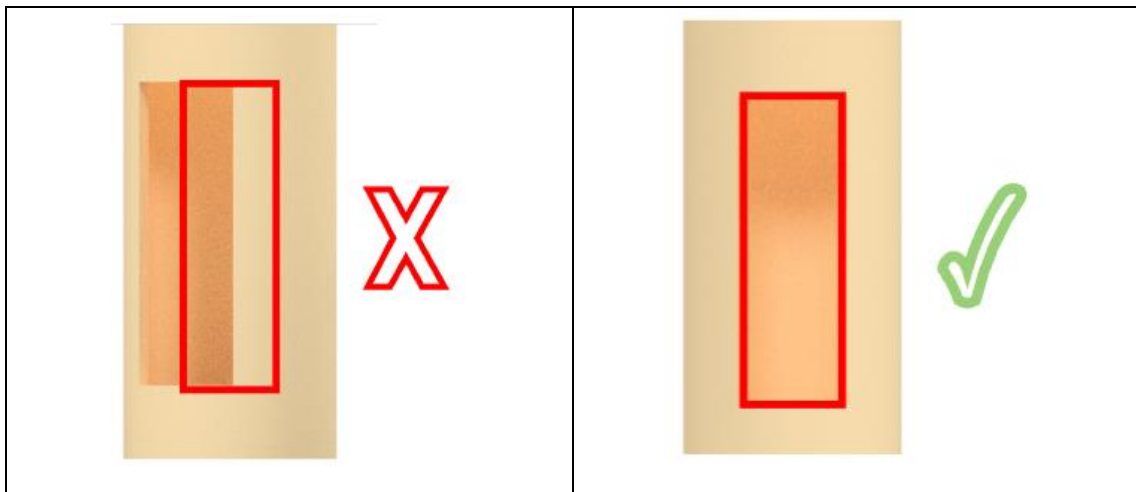


Kulatina je následně přesunuta na stroj s otočným stolem a laser scannerem. Účelem tohoto stroje je zajistit stále stejné natočení kulatiny. V další části je popsáno koncepční řešení zajišťující správné natočení kulatiny.



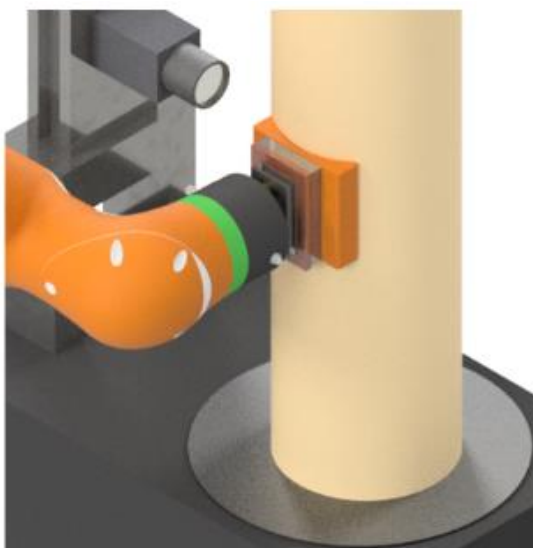
Obrázek 42 Naznačení procesu skenování

Principem tohoto stroje je otáčení součástí do doby, kdy je pomocí senzoru zjištěna poloha otvoru, zaručující určitý úhel natočení kulatiny. To může být zajištěno skenováním laserového paprsku, kterým by byla součást osvětlována. Ukončení rotace by bylo dosaženo při detekci rozdílu vzdáleností od snímacího zařízení. [33]



Obrázek 43 Naznačení procesu skenování – vyhodnocení

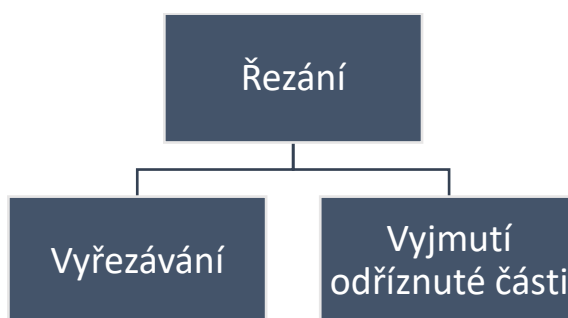
Po dosažení ideálního natočení je pro přesun kulatiny do přípravku opět použito manipulace přísavkovým systémem.



Obrázek 44 Vyjmutí KKV z prostoru přístroje pro otáčení

6.4.4 Vyřezávání otvoru

Tato podkapitola se věnuje procesu vyřezávání otvorů, který se skládá ze dvou základních procesů.



Obrázek 45 Proces vyřezávání otvoru

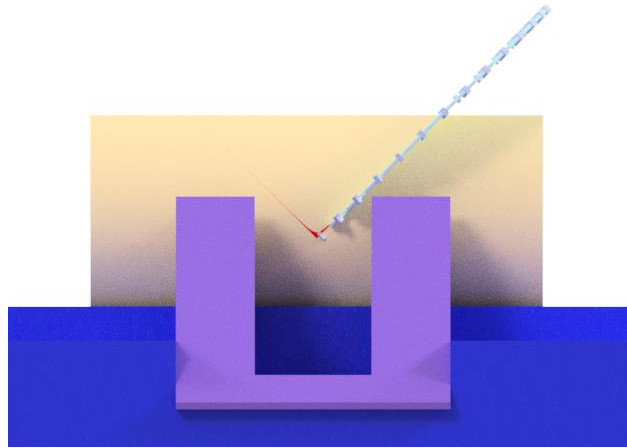
Nejdříve ze všeho je potřeba provést samotné vyříznutí otvoru a následně je potřeba odříznutou část vyjmout.

Vyřezávání otvoru

Nekonvenční metody popisované v teoretické části jsou pro řezání tohoto charakteru nevhodné. Řezání pomocí ultrazvuku je nevhodné především ze dvou důvodů. Prvním problémem je tloušťka řezaného materiálu a druhým jsou problémy spojené s nutností použití abraziva. Zrna abraziva by bylo velmi složité udržet v systému a zaručit jejich opakované použití. Řezání vodním paprskem také není vhodné, a to ze dvou hlavních důvodů. Prvním důvodem je možné poškození vnitřní části KKV, na kterou by dopadaly abrazivní zrna po průniku řezanou plochou. Druhým

důvodem je hygiena a čistota pracoviště. Z těchto důvodů je jako metoda řezání zvolena konvenční metoda pomocí pilového kotouče.

Pro automatizované řezání je využito robota s technologickým efektozem s kotoučovou pilou.

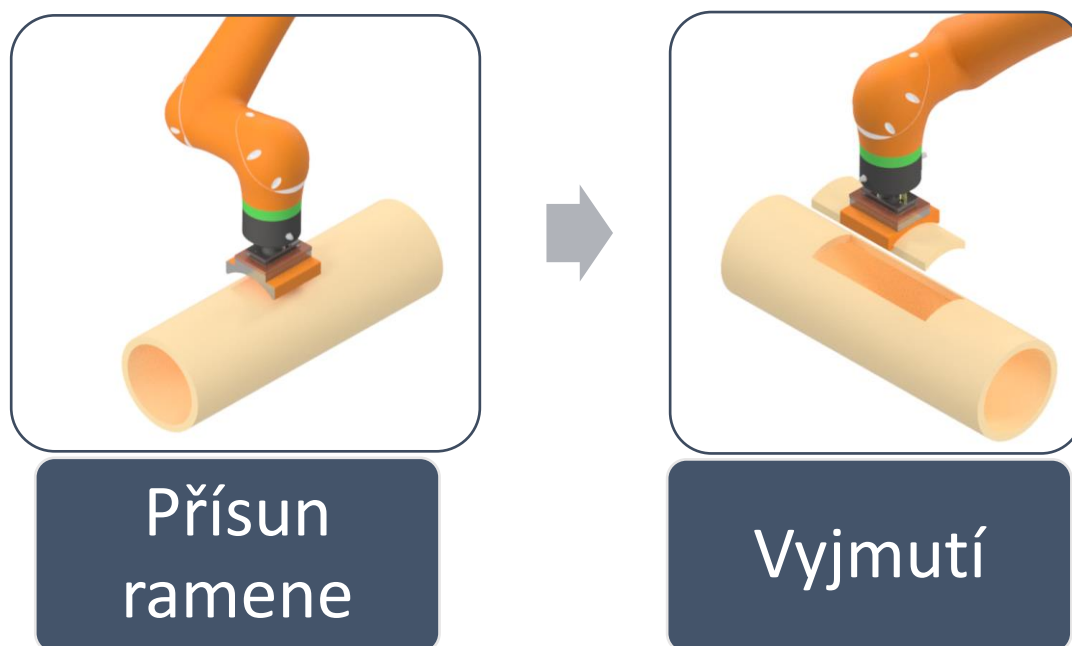


Obrázek 46 Proces řezání upnuté kulatiny

Během tohoto procesu je potřeba zamezit pohybu přípravku a řezané součásti. V tomto případě je pro tyto účely opět využito v předešlé kapitole zmíněných výsuvných dopravníkových brzd a upnutí součásti za její vnější průměr. Jak již bylo řečeno, je potřeba zajistit umístění upínačů tak, aby nedocházelo k jejich poškození při procesu vyřezávání.

Vyjmutí odříznuté části

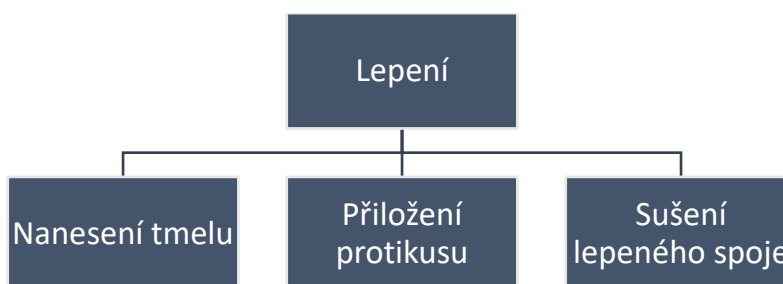
V případě robotické výroby by bylo potřeba přidat robotické rameno, jehož úkolem by byl právě úkon vyjmutí odříznuté součásti a přesunutí do kontejneru. Samotné vyjmutí a přesun odříznuté součásti by byl zajištěn opět pomocí vzduchových podtlakových manipulačních systémů. Obrázek níže schematicky naznačuje samotné vyjmutí.



Obrázek 47 Proces vyjmutí vyříznuté součásti

6.4.5 Lepení

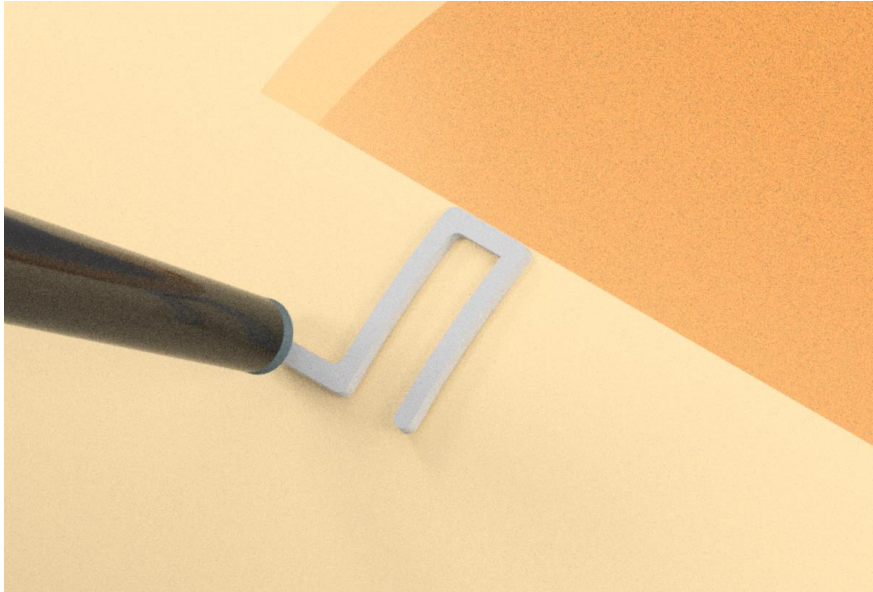
Celý proces lepení začíná nanesením tmelu na stykové plochy. Následně je přikládána lepená součást. Celý proces končí sušením tmelu, které je prováděno pomocí mikrovlnné technologie.



Obrázek 48 Proces lepení

Automatizované nanášení tmelu

Nanášení tmelu je pro automatické lepení klíčovou činností. Vzhledem k vysoké náročnosti robotického očištění přebytečného materiálu je potřeba nanášet přesné množství materiálu na předepsaná místa pro vyplnění lepeného spoje dostatečným, a ne příliš velkým množstvím tmelu. Mimo to by opakovaný nános stejného množství materiálu umožňoval sušit při vyšších výkonech. Tyto podmínky by však musely být stanoveny na základě testů.



Obrázek 49 Nanášení tmelu

Vzhledem k hojnému využití robotů pro lepicí procesy lze předpokládat možnost robotického nánosu tmelu na KKV. Tloušťka housenky a postup nanášení by se pro každý typ výrobku lišila a před samotným automatizovaným lepením by bylo potřeba věnovat velké množství času pro dosažení a zajištění optimálních podmínek lepení.

Přiložení protikusu

V případě robotické výroby je potřeba pro vstup materiálu využít přípravek popsáný v první části návrhu. Vzhledem k malé exponované ploše nelze použít přísavkový systém – je potřeba použít mechanické upínače. Stejně tak jako při manipulaci s kulatinami s vyříznutým otvorem je možné použít efektor, který by lepené součásti uchopil za vnitřní plochy součástí.

V následujícím schématu je naznačen proces vyjímání a přikládání lepené součásti na KKV s vyříznutým otvorem.



Obrázek 50 Přesun lepené součásti z přípravku na KKV

Sušení lepeného spoje

Vzhledem k možnosti vysušení tmelu mikrovlnou technologií je v návrhu tento stroj pro sušení využíván. Vzhledem k předem zmíněným důvodům je pro potřeby DP stanoven takt vstupu na 23s. Doba sušení je složena ze samotného sušení, ochlazování a průjezdu vstupní a výstupní bránou.

6.4.6 Bezpečnostní prvky

Vzhledem k použití robotických ramen je potřeba zaručit bezpečnost pracovníků podniku v okolí linky. Té je v podnicích dosahováno zavedením bezpečnostních prvků. Požadavky na průmyslové roboty jsou definovány normou ČSN ISO 10128-2. V té jsou definovány standardy bezpečnosti zařízení a obsluhy. [34]

Základním bezpečnostním prvkem je oplocení robotických buněk. Cílem tohoto opatření je znemožnit pohyb pracovníků a udržovat je v dostatečných vzdálenostech od prostorů fungování robotických ramen. Bezpečnostní ploty jsou instalovány v závislosti na požadavcích stanovených hodnocením rizik. Normou stanovená minimální výška oplocení je 1400mm pro oddělení od pochozích prostor. Ploty mohou být konstruovány z pletiva, polykarbonátů nebo plechů. [34]

6.4.7 Návrhy a vizualizace možných řešení

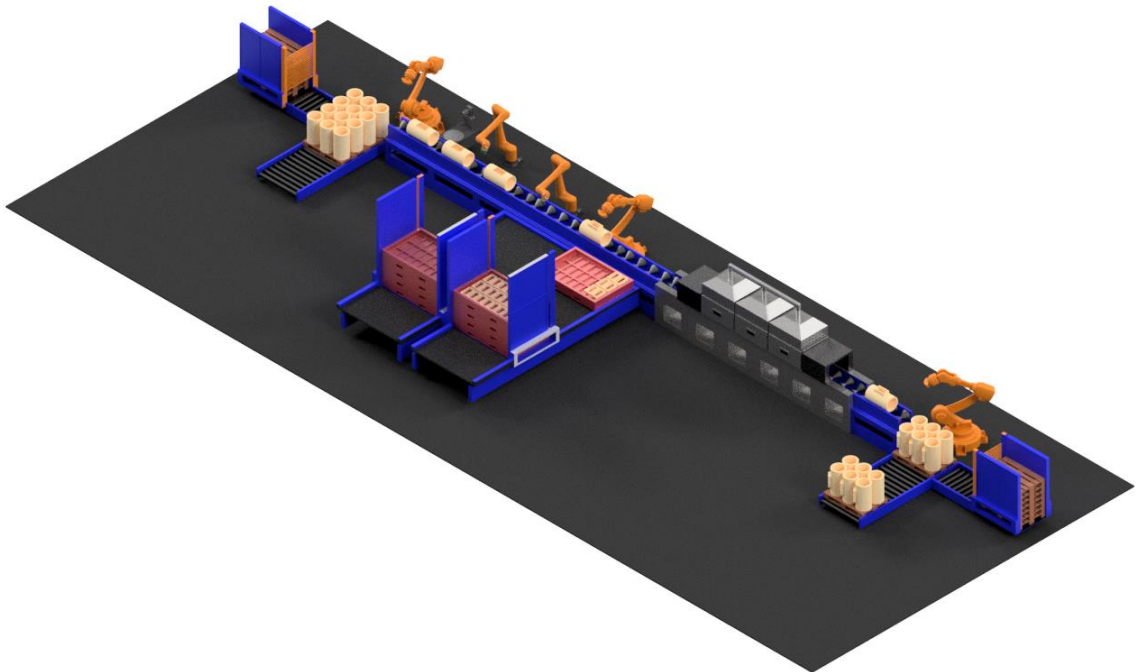
Na základě možností popsaných v předešlé podkapitole jsou vytvořeny finální návrhy a s nimi spojené vizualizace linek. Byly vytvořeny čtyři návrhy, které se liší v míře automatizace a rozložení jednotlivých pracovišť. Rozdíly mezi pracovišti jsou vypsány v tabulce a dále popsány v podkapitolách jednotlivých návrhů. Vizualizace nejsou doplněny o modely oplocení z důvodů zvýšení přehlednosti. Umístění oplocení je naznačeno pomocí zelených rámečků.

Tabulka 13 Návrhy linek lepení

Návrh	Problém	Provedení
1	Manipulace – vstup	Robot
	Pohyb po lince	Válečkový dopravník
	Vyřezávání	Operátor
	Lepení	Robot
	Manipulace – výstup	Robot
2	Manipulace – vstup	Robot
	Pohyb po lince	Válečkový dopravník
	Vyřezávání	Robot
	Lepení	Robot
	Manipulace – výstup	Robot
3	Manipulace – vstup	Robot
	Pohyb po lince	Přípravek
	Vyřezávání	Operátor
	Lepení	Robot
	Manipulace – výstup	Robot
4	Manipulace – vstup	Robot
	Pohyb po lince	Přípravek
	Vyřezávání	Robot
	Lepení	Robot
	Manipulace – výstup	Robot

6.4.7.1 Návrh 1

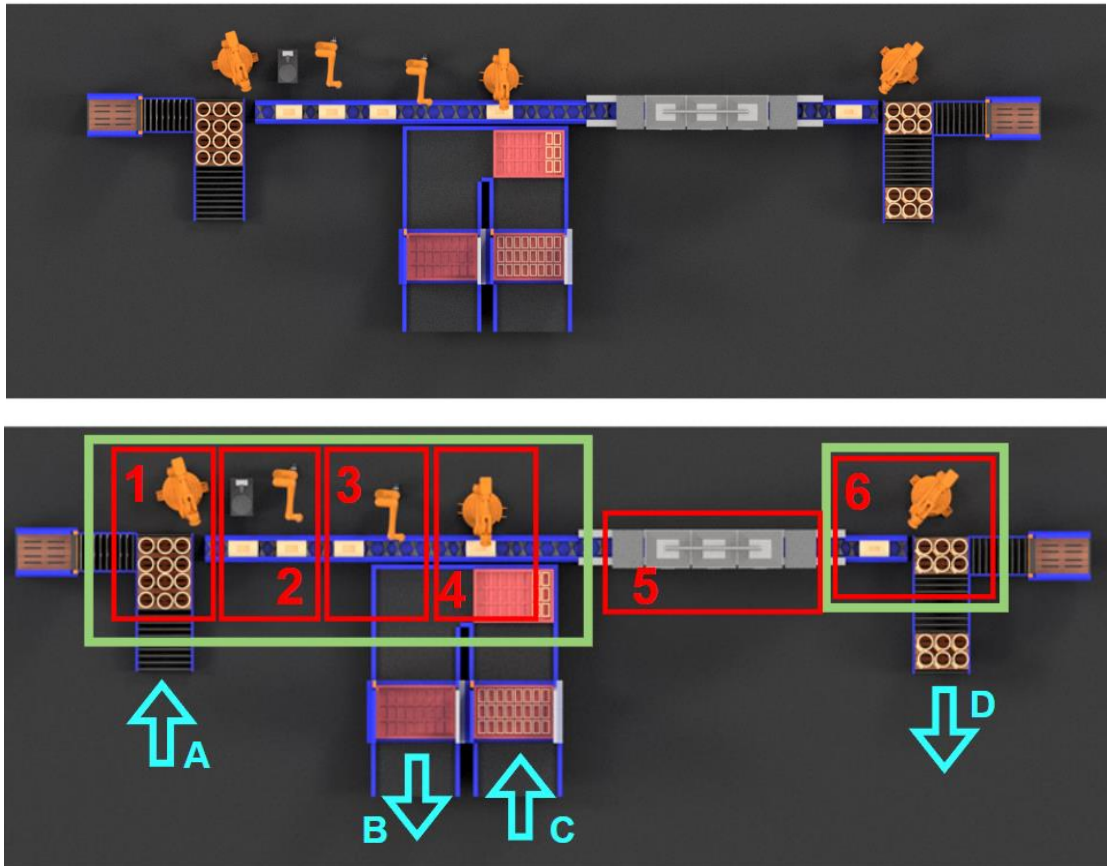
První z návrhů se zabývá automatizovaným lepením a sušením, kde je pohyb po lince prováděn dopravníky pro přesun rotačních součástí. Jediná lidská činnost potřebná pro lepení je zásobování vstupními materiály a odvoz splených komínových vložek. Jedná se o linku, kam jsou navezeny komínové vložky s již vyříznutým otvorem. Vyřezávání v tomto případě není zautomatizováno, to znamená, že vyřezávání se dále provádí stejným způsobem jako v současnosti.



Obrázek 51 Návrh 1 - model

Celý proces začíná na pracovišti 1 vyjmutím komínové vložky z palety a jejím přesunutím na otočný stůl (pracoviště 2), jehož cílem je všechny KKV natočit stejným směrem. Následně jej rameno (pracoviště 2) přesouvá na linku. Dále je na KKV nanesen tmel (3) a přiložena lepená součást (4). Po vysušení (5) dochází k přesunu KKV na paletu (6). Palety jsou po naplnění odeslány po dopravníku mimo vkládací prostor. Do prostoru vkládání je z vykladače palet dovezena další paleta.

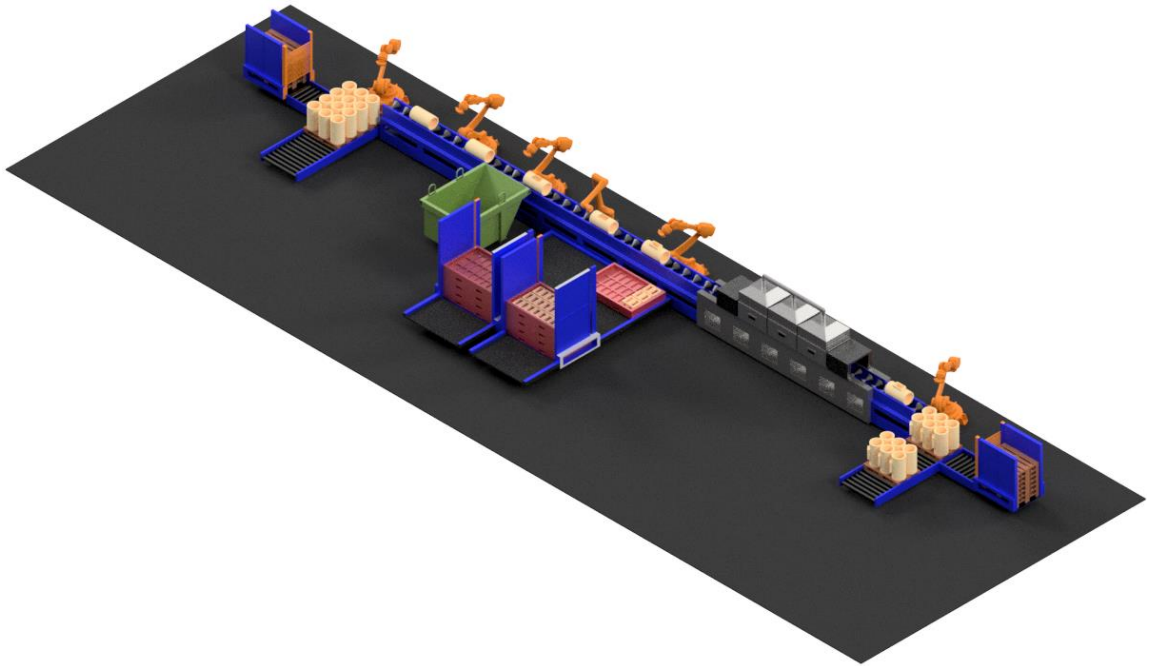
Přísun materiálu je naznačen modrými šipkami. Palety se vstupním materiálem se vkládají ve směru A, ve směru B jsou vykládány prázdné přípravky a ve směru C jsou nakládány. D vyznačuje výstup splepených KKV. Vstup A a výstup D vyžadují téměř neustálé zásobování/výstup. Na vstupu a výstupu je velmi důležité zmínit, že stanoviště jsou vybaveny zakladači a vykladači palet. Tento fakt razantně snižuje potřebu lidské obsluhy. Další výhodou je, že vyprázdňené palety na vstupu materiálu jsou automaticky zavezeny do zakladače a operátor obsluhy nemusí paletu vyjímat před vložením palety nové. Tohoto systému je využito ve všech následujících návrzích.



Obrázek 52 Návrh 1 - vrchní pohled (nahore) a naznačení pracovišť (dole)

6.4.7.2 Návrh 2

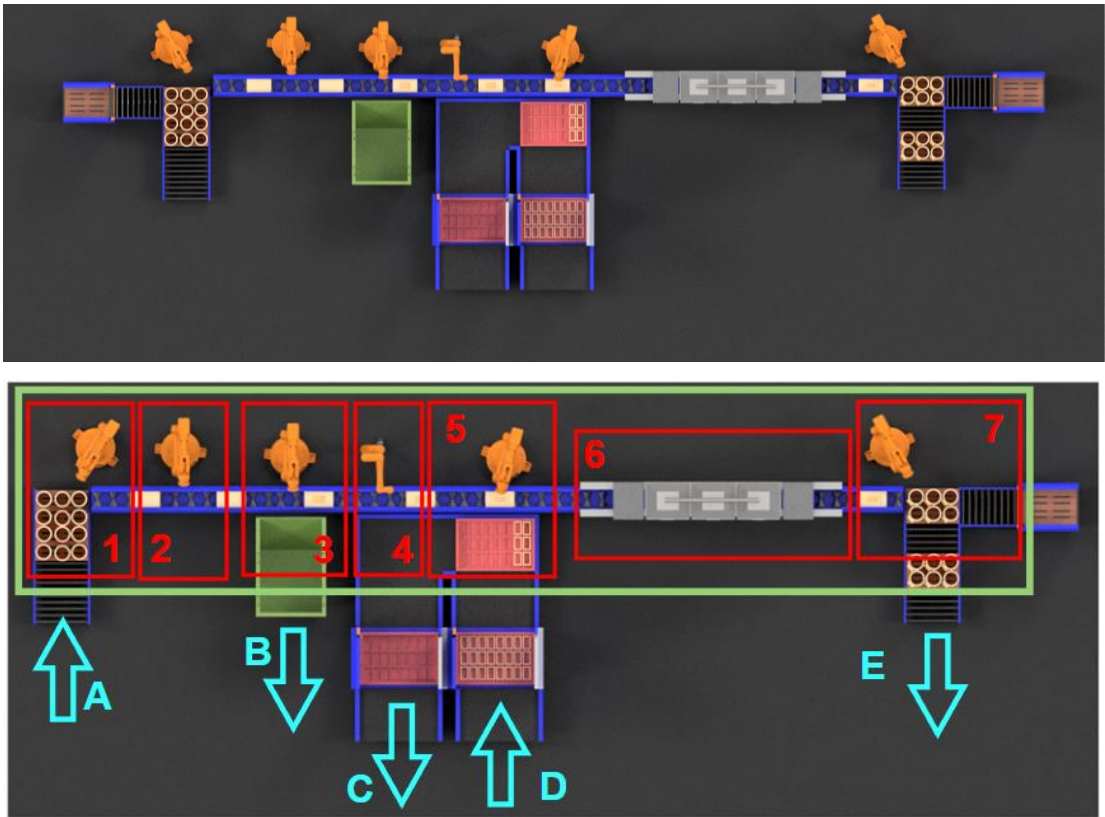
Druhý návrh pracuje na stejném principu jako návrh 1. Jedinou změnou je přidání procesu vyřezávání. To znamená, že by nadále nebylo potřeba žádných operátorů pro tuto činnost. Tento optimalizovaný proces je prováděn dvěma robotickými rameny. Jedno rameno provádí samotné vyřezávání a druhé rameno vyjímá a přesouvá odříznutou součást do kontejneru.



Obrázek 53 Návrh 2 - model

Pracoviště 1 obstarává založení vstupního materiálu do linky. Pracoviště 2 je pracovištěm vyřezávání. Rameno na pracovišti 3 vyjímá vyříznutou součást a přesouvá ji do kontejneru. Na pracovišti 4 je na kulatinu nanesen tmel a na 5 je přiložena lepená součást. Dále se KKV vysušuje (6) a na pracovišti 7 jsou výrobky skládány na paletu.

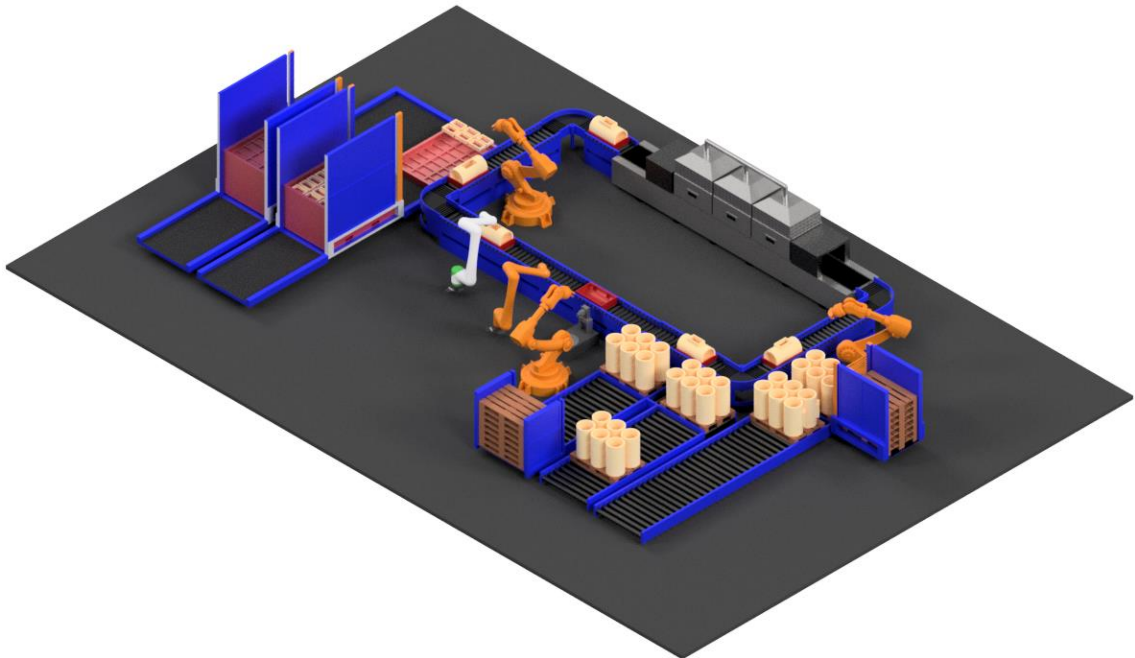
A vyznačuje vstup vypálených nenařezaných kulatin. B označuje odvoz naplněného kontejneru odříznutými kusy. C a D popisuje vstup a výstup přípravků, které přenášejí lepené součásti. E značí výstup slepených KKV. Z důvodů produktivity je nejnáročnějším procesem na logistiku přísun a odvoz KKV.



Obrázek 54 Návrh 2 - vrchní pohled (nahore) a naznačení pracovišť (dole)

6.4.7.3 Návrh 3

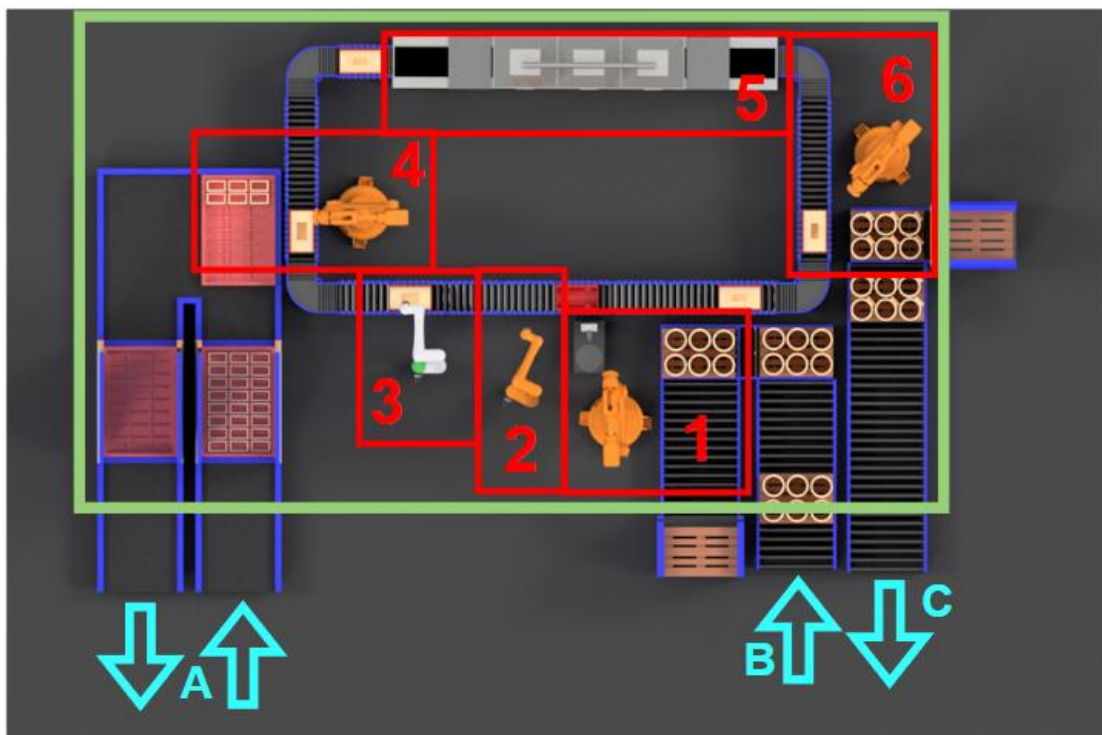
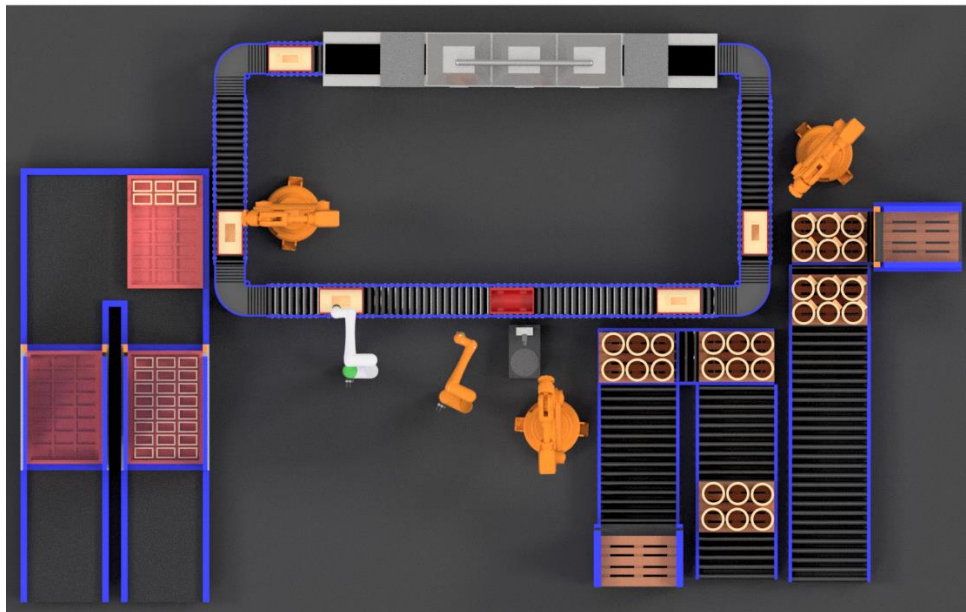
Návrh 3 pracuje s linkou převážející komínové vložky v přípravcích. Tento návrh se zabývá samotným lepením. Vyřezávání je tedy prováděno stejným způsobem jako v současnosti pomocí dvou operátorů za jednu směnu.



Obrázek 55 Návrh 3 - model

Na pracovišti 1 dochází k vyjmutí kulatiny a jejímu přesunu na otočný stolek polohování. Po správném natočení je kulatina přesunuta do přípravku pomocí robotického ramene na pracovišti 2. Kulatina je následně převezena v přípravku na pracoviště 3, kde je na povrch součásti nanesen tmel. Na pracovišti 4 je na uříznutou kulatinu přiložena lepená součást, která je vyjmuta z přípravku nacházející se na druhé straně dopravníku. Po přiložení součásti dochází k vysušení lepeného spoje (5) a vyjmutí kulatiny z přípravku a vložení na paletu (6).

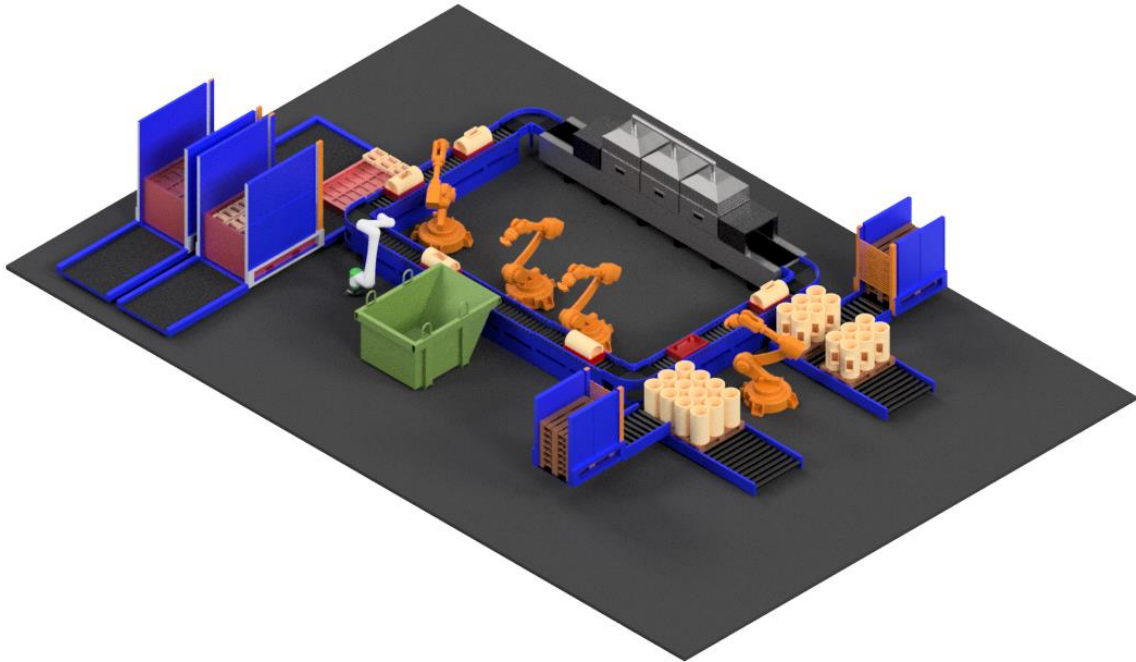
Pohyby A naznačují přísun a odchod přípravků s lepenými součástmi. B naznačuje přísun vstupního materiálu (kulatin) a C naznačuje směr palet opouštějící linku. Fakt, že B a C se nachází hned vedle sebe usnadňuje práci operátorů na logistice. V takovém to případě může operátor po vložení vstupního materiálu téměř ihned odebrat slepené KKV a odvézt je na expedici.



Obrázek 56 Návrh 3 - vrchní pohled (nahore) a označení pracovišť (dole)

6.4.7.4 Návrh 4

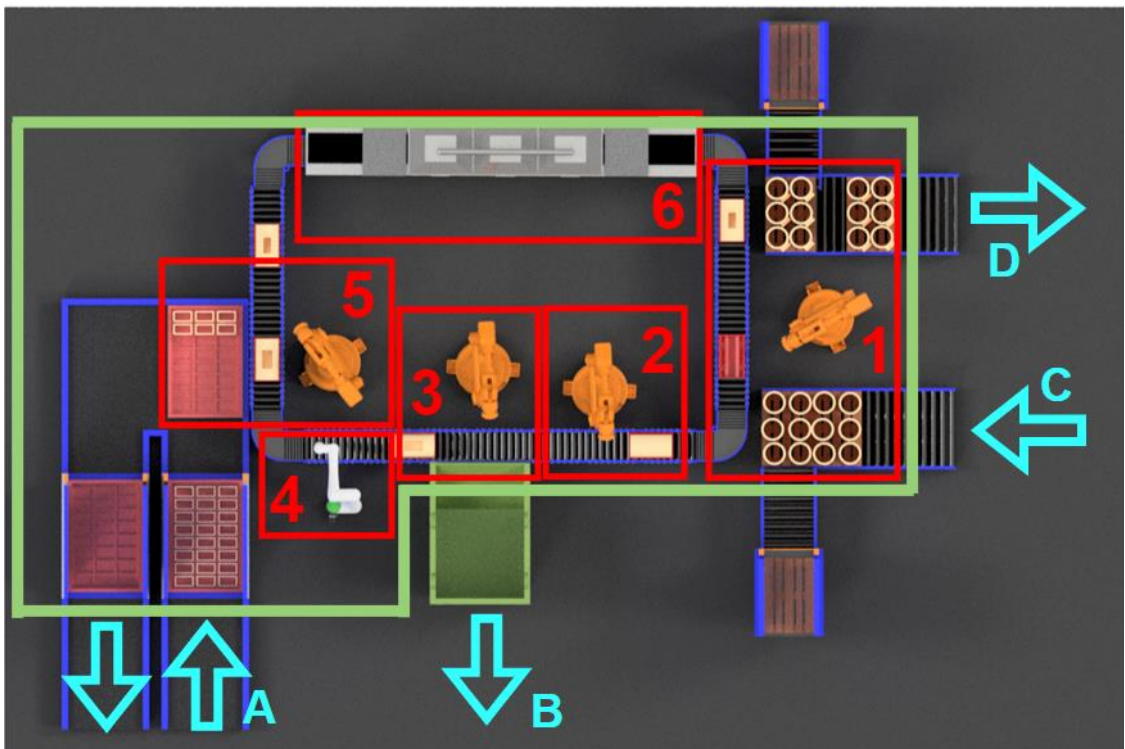
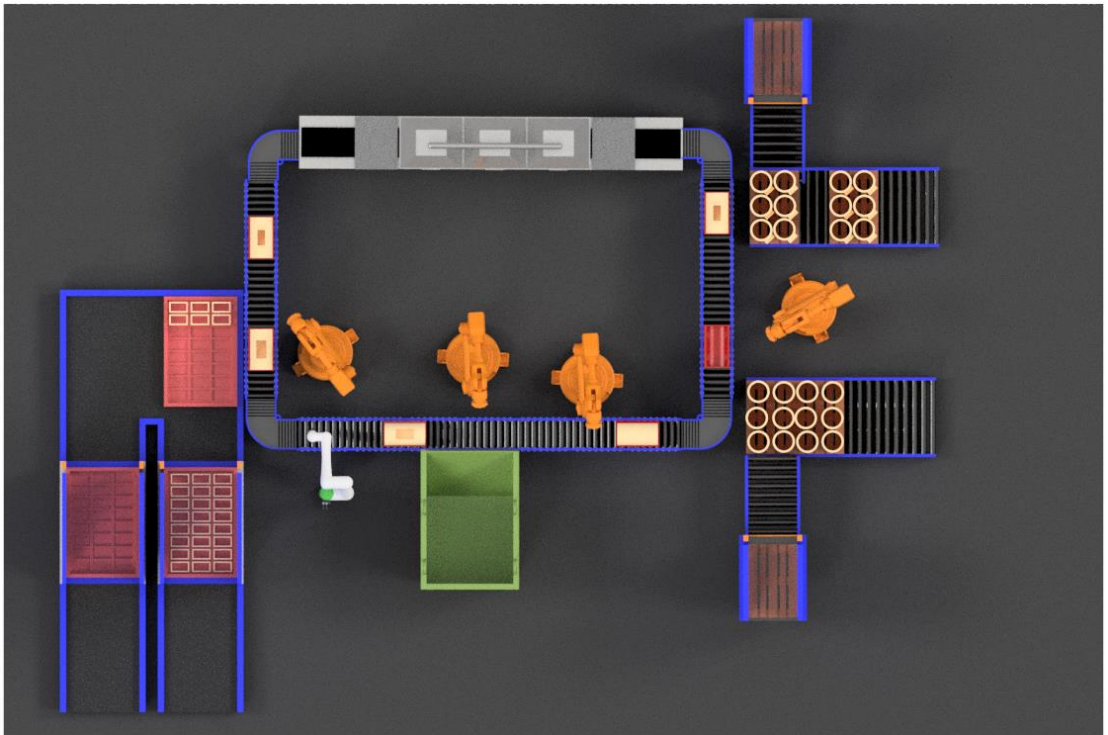
Čtvrtý a poslední návrh je principiálně stejný jako návrh třetí. Tento návrh se liší rozmístěním jednotlivých pracovišť a přidáním pracoviště vyřezávání a vyjímání odříznuté součásti.



Obrázek 57 Návrh 4 - model

Vzhledem k možnosti využití podtlakového efektoru pro vstup i výstup KKV se na pracovišti 1 provádí vykládka slepených KKV a nakládka vstupního materiálu na linku. Po naložení jsou kulatiny v přípravných převezeny na pracoviště 2, kde je kulatina ukotvena a je zde provedeno vyříznutí otvoru. Na následujícím pracovišti (3) je opět pomocí podtlakového systému vyříznutá součást vyjmuta z KKV a přesunuta do kontejneru. Pomocí ramene na pracovišti 4 je na KKV nanesen tmel a následně je ke kulatině přiložena lepená součást (5). KKV je následně vysušena a vložena na paletu výstupního materiálu.

V průběhu výroby je potřeba zajistit přísun lepených součástí (A). Dále je potřeba, aby došlo k vyprázdnění kontejneru na vyříznuté součásti. Tyto procesy nejsou příliš často prováděny. Oproti tomu je potřeba zajistit častý přísun a odvoz KKV (C+D).



Obrázek 58 Návrh 4 - vrchní pohled (nahore) a označení pracovišť (dole)

6.5 Technicko-ekonomické zhodnocení návrhů

V této podkapitole jsou zhodnoceny jednotlivé návrhy. Pro předem zobrazené návrhy výroby je spočtena ziskovost na jednici, roční ziskovost a doba návratnosti. Všechny návrhy spočívají v nahrazení klasického sušení sušením mikrovlnným. Pro výpočet jednotlivých hodnocení je centrálně stanovena maximální produktivita sušícího stroje na 2,61 ks/min, to znamená, že se vysuší jeden výrobek za 23 sekund. Potenciál mikrovlnného sušení je velmi vysoký, ale pro výpočet bude brán v ohled test sušení v domácím prostředí, aby se předešlo výpočtu na základě čistě odhadnutých dat bez podložení realitou. Při tomto taktu je maximální produktivita rovna 156ks/hodinu, 1252 ks/směnu, 3754 ks/den (při třísměnném provozu) a 939 130 ks/rok. Možná produktivita je tedy velmi vysoká. Veškeré zhodnocení bude prováděno pro neměnnou roční produktivitu, tzn. pro 309 tis. Kusů. Kapacity pro výrobu součástí pro lepení a přesná poptávka není známá. Z tohoto důvodu je počítáno s neměnnou roční produktivitou. Při výpočtu nákladů na elektřinu je počítáno s cenou 4Kč/kWh.

Vzhledem k neměnné roční produktivitě je ještě potřeba zmínit, že u vytvořených návrhů linky lepení je při předem zmíněném taktu potřeba vyrábět ve 247 směnách za rok pro vyrobení požadovaného množství výrobků. Počet pracovních dní v roce je 250. Z tohoto důvodu lze říct, že vyřezávání a lepení bude v tomto i dalších návrzích probíhat v jedné směně po celý rok.

V případě robotizovaných pracovišť nedochází k nanášení přebytečného materiálu a k jeho ztrátě. Průměrně je z lepeného spoje odebráno 15 % objemu tmelu. Z tohoto důvodu dochází k 15% úspoře tmelu. Materiálové náklady na jednici tedy pro robotizované linky klesají na 17 Kč/ks.

6.5.1 Návrh 1

Návrh č. 1 je linka, kde je automatizováno pouze lepení. To znamená, že vyřezávání otvorů probíhá stejným způsobem jako v současném řešení. Vzhledem k tomuto a k faktu neměnné produktivity jsou náklady na vyřezávání neměnné – náklady na jednici=5,59 Kč/ks. Z tohoto důvodu je investováno pouze do vybavení pro lepení a sušení. Mimo investiční náklady jsou zobrazeny očekávané spotřeby energií jedné položky za jednu směnu.

Tabulka 14 Investiční náklady – Návrh 1

Položka	Cena/kus [Kč/ks]	Počet [ks]	Cena celkem [Kč]	Spotřeba energie na jednotku/směna [kWh]	Spotřeba energie/rok [kWh]
Sušička	30 000 000,00	1	30 000 000,00	1 000,00	247 000,00
Robotické rameno	2 000 000,00	5	10 000 000,00	15,00	18 525,00
Dopravníky	30 000,00	20	600 000,00	0,1	494,00
Zakladač palet	800 000,00	2	1 600 000,00	2,00	988,00
Zakladač přípravků	1 200 000,00	2	2 400 000,00	2,00	988,00
Stroj pro natočení KKV	1 500 000,00	1	1 500 000,00	3,00	741,00
Efektor tech.	10 000,00	1	10 000,00	2	494,00
Efektor manipulační	7 000,00	4	28 000,00	0,1	98,80
Vakuový systém	1 000 000,00	1	1 000 000,00	10,00	2 470,00
Oplocení	15 000,00	80	1 200 000,00	0	0
Přípravky lepené s.	2 000,00	20	40 000,00	0	0
Celkem			47 778 600,00		271 798,00

Celková výše investice je tedy 47,778 mil. Kč. Celkové energetické náklady činí 1,087 mil. Kč. Z toho vypočítané energetické náklady na lepení na kus činí 3,52 Kč/ks. K další úspoře dochází při samotném procesu lepení. Vzhledem k úplné robotizaci pracovišť mzdové náklady na lepení mizí.

Celkové náklady na lepení tedy klesají na 20,52 Kč a ziskovost na jednici vzrůstá na 46,97Kč. Roční ziskovost tedy činí 14,514 mil. Kč.

Doba návratnosti investice tohoto návrhu je $Doba\ návratnosti = \frac{47,778}{14,514} = 3,3\text{ let.}$

6.5.2 Návrh 2

Návrh 2 popisuje návrh automatizace celého výrobního procesu (vyřezávání + lepení). Oproti předchozímu řešení je vyřezávání operátory nahrazeno vyřezáváním robotickými rameny. Investičními náklady jsou v tomto případě tyto položky.

Tabulka 15 Investiční náklady – Návrh 2

Položka	Cena/kus [Kč/ks]	Počet [ks]	Cena celkem [Kč]	Spotřeba energie/směna [kWh]	Spotřeba energie/rok [kWh]
Sušička	30 000 000,00	1	30 000 000,00	1 000,00	247 000,00
Robotické rameno	2 000 000,00	6	12 000 000,00	15,00	22 230,00
Dopravníky	30 000,00	30	900 000,00	0,10	741,00
Zakladač palet	800 000,00	2	1 600 000,00	2,00	988,00
Zakladač přípravků	1 200 000,00	2	2 400 000,00	2,00	988,00
Kontejner	15 000,00	2	30 000,00	0	0
Efektor manipulační	7 000,00	4	28 000,00	1,00	98,00
Vakuový systém	1 000 000,00	1	1 000 000,00	10,00	2 470,00
Efektor technologický	10 000,00	2	20 000,00	2,00	741,00
Oplocení	15 000,00	80	1 200 000,00	0	0
Přípravky lepené s.	2 000,00	20	40 000,00	0	0
Celkem			49 218 000,00		276 244,00

Celková výše investice je tedy 49,218 mil. Kč. Celkové energetické náklady činí 1,105 mil. Kč. Z toho vypočítané energetické náklady na kus činí 3,58 Kč/ks. Materiálové náklady se skládají ze spotřeby tmelu (17 Kč/ks) a opotřebování pilového kotouče (2 Kč/ks).

Celkové náklady na lepení a řezání tedy klesají na 22,58 Kč a ziskovost na jednici vzrůstá na 50,67 Kč. Roční ziskovost tohoto řešení tedy činí 15,656 mil. Kč.

Doba návratnosti investice tohoto návrhu je $Doba\ návratnosti = \frac{49,218}{15,656} = 3,1\text{ let.}$

6.5.3 Návrh 3

Pro návrh č. 3 je opět automatizováno pouze lepení. To znamená, že vyřezávání otvorů probíhá stejným způsobem jako v současném řešení. Náklady na vyřezávání se v tomto případě nemění. Vzhledem k pevnému taktu linky, která nezávisí na možnostech převozu součástí dochází ke stejné produktivitě jako v předchozích řešeních. Jak již bylo řečeno, návrh se liší především ve způsobu dopravy a s tím spojenými investičními náklady.

Tabulka 16 Investiční náklady – Návrh 3

Položka	Cena/kus [Kč/ks]	Počet [ks]	Cena celkem [Kč]	Spotřeba energie/směna [kwh]	Spotřeba energie/rok [Kwh]
Sušička	30 000 000,00	1	30 000 000,00	1 000,00	247 000,00
Robotické rameno	2 000 000,00	5	10 000 000,00	15,00	18 525,00
Dopravníky	30 000,00	20	600 000,00	0,10	494,00
Zakladač palet	800 000,00	2	1 600 000,00	2,00	988,00
Zakladač přípravků	1 200 000,00	2	2 400 000,00	2,00	988,00
Stroj pro natočení KKV	1 500 000,00	1	1 500 000,00	3,00	741,00
Efektor technologický	10 000,00	1	10 000,00	0	0
Efektor manipulační	7 000,00	4	28 000,00	1,00	1 235,00
Vakuový systém	1 000 000,00	1	1 000 000,00	10,00	2 470,00
Oplocení	15 000,00	80	1 200 000,00	0	0
Přípravky lepené s.	2 000,00	25	50 000,00	0	0
Přípravky KKV	1 500,00	20	30 000,00	0	0
Celkem			48 418 000,00		271 304,80

Celková výše investice je tedy 48,418 mil. Kč. Celkové energetické náklady činí 1,085 mil. Kč. Stejně jako v předchozích návrzích dochází k úspoře na mzdách a materiálech.

Vzhledem k částečné automatizaci náklady na vyřezávání jsou stejné jako v současném řešení. Ziskovost tohoto procesu je 47,14 Kč/ks. V ročním měřítku je ziskovost celého procesu 14,565 mil. Kč.

Doba návratnosti investice tohoto návrhu je $Doba\ návratnosti = \frac{48,418}{14,565} = 3,32\ let$

6.5.4 Návrh 4

Návrh 4 popisuje návrh automatizace celého výrobního procesu (vyřezávání + lepení). To znamená, že na celém výrobním procesu se nepodílí žádní operátoři.

Tabulka 17 Investiční náklady – Návrh 4

Položka	Cena [Kč/ks]	Počet [ks]	Cena celkem [Kč]	Spotřeba energie/směna [kwh]	Spotřeba energie/rok [Kwh]
Sušička	30 000 000,00	1	30 000 000,00	1 000,00	247 000,00
Robotické rameno	2 000 000,00	5	10 000 000,00	15,00	18 525,00
Dopravníky	30 000,00	30	900 000,00	2,00	494,00
Zakladač palet	800 000,00	2	1 600 000,00	2,00	988,00
Zakladač přípravků	1 200 000,00	2	2 400 000,00	2,00	988,00
Kontejner	15 000,00	2	30 000,00	0	0
Efektor manipulační	7 000,00	3	21 000,00	1,00	1 235,00
Vakuový systém	1 000 000,00	1	1 000 000,00	10,00	2 470,00
Efektor technologický	10 000,00	2	20 000,00	3,00	741,00
Oplocení	15 000,00	80	1 200 000,00	0	0
Přípravky lepené s.	2 000,00	20	40 000,00	0	0
Přípravky KKV	1 500,00	30	45 000,00	0	0
Celkem			47 227 000,00		272 515,00

Celková výše investice je tedy 47,227 mil. Kč. Celkové energetické náklady činí 1,090 mil. Kč. Vzhledem k úplné automatizaci jsou mzdové náklady nulové. Energetické náklady na jednici činí 3,53 Kč. Ziskovost tedy představuje 50,72 Kč/ks. V ročním měřítku je ziskovost celého procesu 15,670 mil. Kč.

Doba návratnosti investice tohoto návrhu je $Doba\ návratnosti = \frac{47,227}{15,670} = 3,01let.$

Porovnání výsledků

Byly provedeny 4 návrhy linky, které se liší úrovní automatizace a typem přepravy nedokončené výroby. Z výsledků výpočtu lze říct, že řešení obsahující automatizované pracoviště vyřezávání jsou vhodnějšími řešeními z důvodu kratší doby návratnosti a také z důvodu vyloučení operátorů z výrobního procesu. Při porovnání linek vyřezávání a lepení na základě přepravy nedokončené výroby lze říct, že vhodnějším řešením je z praktických důvodů linka, která nevyužívá přípravky pro ukotvení KKV. Používáním přípravků vznikají pro linku sušení mnohá rizika. V každém případě dochází k úspoře prostorů, které by mohly být využity pro jiné účely. Co se týče umístění nové linky, nejvhodnějším řešením by bylo linku provozovat v prostorách současného lepení

v hlavní budově výrobního podniku. Zásobování linky by v tomto případě nebylo tak časově náročné jako převážení materiálů do vedlejších budov.

Tabulka 18 Porovnání jednotlivých řešení

Řešení	Potřebný počet operátorů	Potřebná výše investice [mil. Kč]	Roční ziskovost lepení [mil. Kč]	Doba návratnosti [let]
Současné řešení	8	-	11,12	-
Návrh 1	2	47,78	14,51	3,3
Návrh 2	0	49,22	15,66	3,1
Návrh 3	2	48,41	14,56	3,3
Návrh 4	0	47,22	15,67	3,0

Závěr

Diplomová práce byla zaměřena na koncepční návrh linky lepení keramických komínových vložek. Důvodem pro tento návrh je dlouhý čas sušení tmelu a s tím spojené vysoké požadavky na prostory.

Diplomová práce byla rozdělena na část teoretickou a praktickou. Teoretická část byla věnována čtyřem tématům. Prvním probíraným tématem byla problematika technologického projektování. Dále byly popsány výrobní technologie, žárovzdorné materiály a metody hodnocení investic.

Praktická část byla rozdělena do dvou kapitol, a to na analýzu současného řešení a na kapitolu návrhovou. V kapitole analýzy současného řešení byl výrobní podnik představen a byla krátce popsána jeho historie. Následně byly zobrazeny lepené produkty a rozměry, ve kterých se vyrábí. V další části byl popsán celý výrobní proces keramické komínové vložky. Analýza současného řešení byla zakončena podkapitolou, kde bylo technicko-ekonomicky vyhodnoceno současné řešení. V současné době je lepeno v jedné směně na třech pracovištích. Lepení provádí šest operátorů. Vyřezávání je prováděno v jedné směně dvěma operátory.

Na základě přibližných dat poskytnutých společností bylo spočítáno, že ziskovost lepených KKV je 36Kč. Náklady na lepení, které zahrnují tmel a mzdové náklady jsou 31,65Kč/ks. Náklady na vyřezávání činí 5,59Kč/ks. Vzhledem k ziskovosti 36 Kč/ks a roční produkci 309 tis. Kusů tento proces společnosti přinese přibližně 11,1 mil. Kč.

V návrhové části byl nejdříve definován problém současného řešení, kterým je doba sušení a počet operátorů. Tmel se v současnosti vysouší po dobu 22 hodin. Lepené KKV zabírají ve výrobním podniku velké prostory. Vyřešením tohoto problému by byla možnost lepit ve více směnách, nebo využít prostory k jiným účelům. Společnost se také dlouhodobě potýká s nedostatkem zaměstnanců ve výrobě, tudíž je snaha o snížení závislosti na lidské práci. Dále se návrhová část věnovala mikrovlnnému sušení, kde bylo zjišťováno, zda je možné tmel vysušit. Na základě získaných výsledků bylo rozhodnuto, že společností používaný tmel lze vysušit v krátkém čase v dostatečné kvalitě. Během samotného sušení bylo zpozorováno, že při nižších výkonech lze dosáhnout vysušení v dostatečné kvalitě. Použití vyšších výkonů je také možné, jediným problémem je extrémní náchylnost na tloušťku sušeného materiálu.

Následující část byla věnována již samotnému koncepčnímu návrhu linky. Návrh byl tvořen postupně a byla snaha o co největší univerzálnost linky z důvodů výroby dvou typů výrobků o několika rozměrech. Pokaždé byl stanoven problém daného procesu a následně bylo navrženo

jeho možné řešení. Velká část je věnována přípravkům pro převoz lepených součástí. Vzhledem k použití robota je potřeba zajistit opakovatelnost poloh lepených součástí.

V následující části byly na základě předešlých návrhů vytvořeny 4 koncepční návrhy. Jednotlivé linky se lišily v míře automatizace, kde bylo automatizováno buď samotné lepení, anebo lepení včetně vyřezávání otvorů. Dále se linka lišila v typu, kterým byla nedokončená výroba převážena.

Následně bylo provedeno technicko-ekonomické zhodnocení návrhů. Vzhledem k faktu, že se jedná o koncepční návrh není potřeba se dopočítat k přesným hodnotám. Nejvýznamnější proměnnou tohoto výpočtu je takt linky, který ovlivňuje celkovou produktivitu. Ta bylo pro výpočet stanovena na 1 vysušený kus za 23 sekund. Vzhledem k potenciálu sušení lze konstatovat, že při odladění vhodných podmínek sušení se tento čas může razantně zkrátit. Další možností zkrácení času je použití sušičky s delším prostorem sušením, který by umožňoval sušit více kusů najednou a tím snížit celkový čas výroby.

Na základě určeného taktu byly spočítány ziskovosti a návratnosti jednotlivých řešení. Investiční náklady na jednotlivá řešení se pohybovaly mezi 47 a 50 mil. Kč. Ziskovost se pohybovala v rozmezí 14-16 mil. Kč. U všech řešení byla vypočítaná doba návratnosti, která se pohybovala mezi 3 a 3,5 lety. Linky, které obsahovaly automatizované pracoviště vyřezávání měly kratší dobu návratnosti než řešení, kde bylo vyřezávání prováděno operátory. Doba návratnosti sice vychází na dobu cca 3 let, ale vzhledem k vysoké ziskovosti současného řešení je meziroční úspora velmi nízká. Při použití jakéhokoliv z řešení by došlo nejen k finanční úspoře, ale také k úspoře prostorů výrobního podniku. Ta by mohla být pro podnik rozhodujícím faktorem při rozhodnutí o provedení investičního projektu.

Bibliografie

- [1] ZELENKA, Antonín a Mirko KRÁL. *Projektování výrobních systémů*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1995. ISBN 80-10-01302-2.
- [2] ZELENKA, Antonín a Vratislav PRECLÍK. *Projektování výrobních procesů II: (obrábění a montáže)*. 1992. Praha: České vysoké učení technické, 1992. ISBN 80-01-00863-0.
- [3] PYTLÍK, Petr a Radomír SKOLÁŘ. *Stavební keramika: Technologie, vlastnosti a využití*. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM s.r.o., 2002. ISBN 80-7204-234-3.
- [4] REED, James. *Principles of Ceramics Processing*. 2nd ed. Wiley-Interscience, 1995. ISBN 978-0471597216.
- [5] ŠESTÁK, Jiří a Rudolf ŽITNÝ. *Tepelné pochody II: výměníky tepla, odpařování, sušení, průmyslové pece a elektrický ohřev*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1997. ISBN 80-010-1630-7.
- [6] Microwave food drying machines - introduction. In: *Microwave food drying machine* [online]. [cit. 2023-06-20]. Dostupné z: <https://fooddryingoven.com/food-drying-equipment/microwave-food-dryer-machine.html>
- [7] HUMÁR, Anton. *TECHNOLOGIE I: TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ – 2. část* [online]. In: . Brno: VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ [cit. 2023-06-05]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/studijni-opory/TI_TO-2cast.pdf
- [8] BARCAL, Jaroslav. *Nekonvenční metody obrábění*. 1. vydání. Praha: Editační středisko Českého vysokého učení technického v Praze, 1989.
- [9] BERAN, Rudolf. *Základy teorie lepení* [online]. Brno: Lear, a.s. [cit. 2023-05-16]. Dostupné z: http://users.fs.cvut.cz/libor.benes/vyuka/lepeni/Teorie_lepeni%20_%20LEAR.pdf
- [10] GREGOR, Miroslav. *Technologie a technika lepení -základní informace* [online]. In: . Broumov: Z-trade, s.r.o, 2013 [cit. 2023-05-16].
- [11] BRIŠ, Petr, Jiří KUBĚNA a Jan STRKAŇ. *Lepení v praxi*. 1. vydání. Grada, 2017. ISBN 978-80-271-0247-1.

- [12 *Technologie a materiál: Přednáška 11, Technologie lepení. Výhody, nevýhody lepených spojů* [online]. In: . Hálkova 6, Liberec: Technická univerzita Liberec [cit. 2023-05-16].
- [13 KAŠE, Jan. *Lepicí procesy s kolaborativními roboty* [online]. In: . [cit. 2023-07-20]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/Lepici-procesy-s-kolaborativnimi-roboty>
- [14 NOVOTNÝ, František, Vlastimil HOTAŘ, Marcel HORÁK, Marie STARÁ a Michal STARÝ. *ÚVOD DO AUTOMATIZACE A ROBOTIZACE VE STROJÍRENSTVÍ*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2020. ISBN 978-80-7494-545-8.
- [15 HLAVÁČ, Jan. *Základy technologie silikátů*. 2. upr. vyd. Praha: Nakladatelství technické literatury, 1988.
- [16 KUTZENDÖRFER, Jaroslav. *Žárovzborné materiály*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 1995. ISBN 80-708-0246-4.
- [17 KYNCL, Jiří, Tomáš KELLNER, Pavel KOLÁŘ a Miroslav KOTOUČEK. *Inovace keramických komínových vložek*. *TZB info* [online]. Top-info s.r.o., 2021 [cit. 2023-06-06].
- [18 In: *Hornbach* [online]. [cit. 2023-07-20]. Dostupné z: <https://www.hornbach.cz/p/kominova-vlozka-euro-o-160-mm-samotova/5522706/>
- [19 SCHOLLEOVÁ, Hana. *Investiční controlling: jak hodnotit investiční záměry a řídit podnikové investice : investiční proces jako základ budoucí prosperity, nástroje a metody investičního controllingu, volba financování a technologie, monitoring průběhu investice a postaudit*. Praha: Grada, 2009. Prosperita firmy. ISBN 978-80-247-2952-7.
- [20 *NAŠE STANOVIŠTĚ* [online]. P-D refractories [cit. 2023-05-16]. Dostupné z: https://www.pd-refractories.com/cz/spole_nost/s_dla.php
- [21 *Historie P-D refractories* [online]. Velké Opatovice, Nádražní 218 [cit. 2023-05-16]. Dostupné z: <http://www.pd-refractories.cz/historie>
- [22 *Lokality P-D Refractories*. In: *P-d refractories* [online]. [cit. 2023-05-03]. Dostupné z: <http://www.pd-refractories.cz/lokality>
- [23 *P-D Refractories CZ a.s. - žárovzborné výrobky: VÝROBNÍ PROGRAM*. In: *P-D Refractories* [online]. [cit. 2023-06-20]. Dostupné z: <http://www.pd-refractories.cz/files/files/vyrobky/781.pdf>

- [24 Keramické komínové vložky - KS. In: *P-D Refractories* [online]. [cit. 2023-06-20]. Dostupné z: https://kominovakeramika.cz/wp-content/uploads/2021/09/KKV_KS.pdf
- [25 Keramické komínové vložky - KS-33. In: *P-D Refractories* [online]. [cit. 2023-06-20]. Dostupné z: https://kominovakeramika.cz/wp-content/uploads/2021/09/KKV_KS_33.pdf
- [26 Keramické komínové vložky - KC. In: *P-D Refractories* [online]. [cit. 2023-06-20]. Dostupné z: https://kominovakeramika.cz/wp-content/uploads/2021/09/KKV_KC.pdf
- [27 Odvětví. In: *ROMILL* [online]. [cit. 2023-07-20]. Dostupné z: <https://www.romill.com/cs/odvetvi/>
- [28 HIGH SPEED ELECTRIC PALLET STACKER. In: *AMS* [online]. [cit. 2023-07-18]. Dostupné z: <https://automatedmachinesystems.com/product/ams-electric-pallet-stacker/>
- [29 TUBE CONVEYORS. In: *PROTEM* [online]. [cit. 2023-07-18]. Dostupné z: <https://www.protemusa.com/product/tube-conveyors>
- [30 Electric Vertical Blade Stop. In: *Conveyor units* [online]. [cit. 2023-07-18]. Dostupné z: <https://www.conveyor-units.co.uk/products/painted-steel-motorised-roller-conveyor-electric-vertical-blade-stop/>
- [31 In: *FERPLAST* [online]. [cit. 2023-07-18]. Dostupné z: <https://www.ferplast.com/en/product/handling-and-storage/rollers-and-conveyors/diverters-and-centering-devices/feeder-centering-cp-detail>
- [32 Vacuum-Style End Effector. In: *Columbia Okura* [online]. [cit. 2023-07-18]. Dostupné z: <https://columbiaokura.com/end-effectors/>
- [33 *Laser Profiler* [online]. In: . [cit. 2023-07-18]. Dostupné z: <https://www.keyence.eu/products/measure/laser-2d/>
- [34 BENEŠ, Lubomír. *Ochranná oplocení pro průmyslové roboty* [online]. In: . [cit. 2023-07-18]. Dostupné z: <https://automatizace.hw.cz/ochranna-oploceni-pro-prumyslove-roboty.html#:~:text=a%20doln%C3%ADmi%20kon%C4%8Detinami.-%E2%80%9C,odd%C4%9Blen%C3%AD%20od%20sousedn%C3%ADho%20pochoz%C3%A Dho%20prostoru.>

Seznam obrázků

Obrázek 1 Schéma výrobního systému [1] [2]	12
Obrázek 2 Dělení výrobních procesů [1]	13
Obrázek 3 Způsoby zdrobňování [3]	15
Obrázek 4 Schéma Šnekového vakuového lisu [3].....	16
Obrázek 5 Schéma úseků sušení [3].....	18
Obrázek 6 Model (nahore) a schéma mikrovlnné sušičky (dole) [6].....	20
Obrázek 7 Křivky výpalu některých keramických výrobků [3]	21
Obrázek 8 Údobí výpalu [3].....	21
Obrázek 9 Schéma ultrazvukového dělení materiálu, nástroj (vlevo), stroj (vpravo) [8]	24
Obrázek 10 Schéma abrazivního řezání, tryska (vlevo), stroj (vpravo) [8].....	25
Obrázek 11 Struktura lepeného spoje [10]	26
Obrázek 12 Chyby lepeného spoje [9]	27
Obrázek 13 Dělení efektorů [14].....	29
Obrázek 14 Keramické suroviny [16]	31
Obrázek 15 Komínové vložky: nerezové (vlevo) a keramické (vpravo) [18]	34
Obrázek 16 Metody hodnocení investic [19]	35
Obrázek 17 Výrobní závod – Svitavy [22].....	39
Obrázek 18 Lepené KKV s kouřovodem, model (vlevo), výkres (vpravo) [24]	41
Obrázek 19 Lepené KKV s dvířky pro čištění, model (vlevo) výkres (vpravo) [26]	42
Obrázek 20 Proces výroby lepených komínových vložek	43
Obrázek 21 Pila pro vyřezávání otvorů	45
Obrázek 22 Zjednodušený layout Svitavského závodu	48
Obrázek 24 Hala 5	48
Obrázek 25 Hala 5 – dělení materiálu(detail)	49
Obrázek 26 Proces lepení KKV	55
Obrázek 27 Složené výrobky po výpalu.....	56
Obrázek 28 Přípravek pro převoz lepených součástí-dvířka pro čištění	57
Obrázek 29 Skládání přípravků	58
Obrázek 30 Přípravek pro převoz lepených součást-kouřovod – celek(vlevo) detail (vpravo)...	59
Obrázek 31 Zakládání palet.....	60
Obrázek 32 Zakladač/vykladač palet.....	60
Obrázek 33 Dopravník pro kulatiny foto (nahore) a model (dole) [29]	61
Obrázek 34 Dopravníková brzda [30].....	62

Obrázek 35 Upínání kulatin.....	62
Obrázek 36 Upnutí kulatiny	63
Obrázek 37 Přípravek pro pohyb součástí	63
Obrázek 38 Průřez přípravkem – nosný průměr 300mm(vlevo) a 360mm(vpravo).....	64
Obrázek 39 Válečkový dopravník pro pohyb prostřednictvím přípravků	64
Obrázek 40 Podtlakový manipulační efektor – možné řešení (vlevo) a model (vpravo) [32].....	65
Obrázek 41 Přesun KKV z palety do přípravku.....	65
Obrázek 42 Přesun KKV z přípravku na paletu.....	65
Obrázek 43 Naznačení procesu skenování.....	67
Obrázek 44 Naznačení procesu skenování – vyhodnocení	67
Obrázek 45 Vyjmutí KKV z prostoru přístroje pro otáčení	68
Obrázek 46 Proces vyřezávání otvoru.....	68
Obrázek 47 Proces řezání upnuté kulatiny	69
Obrázek 48 Proces vyjmutí vyříznuté součásti.....	70
Obrázek 49 Proces lepení.....	70
Obrázek 50 Nanášení tmelu	71
Obrázek 51 Přesun lepené součásti z přípravku na KKV	72
Obrázek 52 Návrh 1 - model	74
Obrázek 53 Návrh 1 - vrchní pohled (nahore) a naznačení pracovišť (dole)	75
Obrázek 54 Návrh 2 - model	76
Obrázek 55 Návrh 2 - vrchní pohled (nahore) a naznačení pracovišť (dole)	77
Obrázek 56 Návrh 3 - model	78
Obrázek 57 Návrh 3 - vrchní pohled (nahore) a naznačení pracovišť (dole)	79
Obrázek 58 Návrh 4 - model	80
Obrázek 59 Návrh 4 - vrchní pohled (nahore) a naznačení pracovišť (dole)	81

Seznam tabulek

Tabulka 1 Rozdělení výrobků dle ISO 1109 1975 [16].....	32
Tabulka 2 Druhy šamotu a jejich vlastnosti [16]	33
Tabulka 3 Výrobní program PD-Refractories a.s. [23].....	40
Tabulka 4 Tabulky velikostí lepených KKV pro připojení kouřovodu [24] [25]	42
Tabulka 5 Rozměry lepených KKV s dvířky pro čištění [26].....	43
Tabulka 6 Schéma řezných drah	46
Tabulka 7 Lepení – kusovník	47
Tabulka 8 Snímky výbrusů tmelových housenek při různých výkonech sušení	52
Tabulka 9 Snímky výbrusu při taktu sušení 13x2 s.....	53
Tabulka 10 Lepené součásti	57
Tabulka 11 Zobrazení zakládání lišt do přípravku	59
Tabulka 12 Uchopení KKV s vyříznutým otvorem	66
Tabulka 13 Návrhy linek lepení	73
Tabulka 14 Investiční náklady – Návrh 1.....	83
Tabulka 15 Investiční náklady – Návrh 2.....	84
Tabulka 16 Investiční náklady – Návrh 3.....	85
Tabulka 17 Investiční náklady – Návrh 4.....	86
Tabulka 18 Porovnání jednotlivých řešení	87