



Optimalizace výrobního procesu ventilu OM654 ERG ve firmě KSM Castings CZ s.r.o.

Diplomová práce

Studijní program:

N2301 Strojní inženýrství

Studijní obor:

Strojírenská technologie a materiály

Autor práce:

Bc. Jan Koňas

Vedoucí práce:

doc. Ing. et Ing. Štěpánka Dvořáčková, Ph.D.

Katedra obrábění a montáže





Zadání diplomové práce

Optimalizace výrobního procesu ventilu OM654 ERG ve firmě KSM Castings CZ s.r.o.

Jméno a příjmení: **Bc. Jan Koňas**
Osobní číslo: S19000234
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: Strojírenská technologie a materiály
Zadávací katedra: Katedra obrábění a montáže
Akademický rok: **2020/2021**

Zásady pro vypracování:

1. Shrnutí poznatků o výrobě ventilu OM654 ERG.
2. Analýza stávajícího stavu výroby ventilu OM654 ERG.
3. Návrh řešení pro optimalizaci výroby ventilu OM654 ERG.
4. Realizace řešení.
5. Hodnocení navrhovaného řešení a porovnání se stávajícím způsobem výroby ventilu OM654 ERG.
6. Shrnutí a zhodnocení dosažených výsledků a vyvození závěrů.

Rozsah grafických prací:
Rozsah pracovní zprávy:
Forma zpracování práce:
Jazyk práce:

dle potřeby
50 – 60 stran textu
tištěná/elektronická
Čeština



Seznam odborné literatury:

1. ZELENKA, Antonín a Mirko KRÁL. *Projektování výrobních systémů*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1995. ISBN 80-01-01302-2.
2. SMETANA, Jiří a Jaroslav VESELÝ. *Projektování průmyslových závodů*. Ostrava: Vysoká škola báňská, 1987.
3. VIGNER, M., PŘÍKRYL, Z. a kol. *Obrábění*. Praha: SNTL –Nakladatelství technické literatury, n. p., 1984. 808 s. ISBN -.
4. Firemní podklady.

Vedoucí práce:

doc. Ing. et Ing. Štěpánka Dvořáčková, Ph.D.
Katedra obrábění a montáže

Datum zadání práce:

7. října 2020

Předpokládaný termín odevzdání:

7. dubna 2022

prof. Dr. Ing. Petr Lenfeld
děkan

L.S.

doc. Ing. et Ing. Štěpánka Dvořáčková,
Ph.D.
vedoucí katedry

Prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci jsem vypracoval samostatně jako původní dílo s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé diplomové práce a konzultantem.

Jsem si vědom toho, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu Technické univerzity v Liberci.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti Technickou univerzitu v Liberci; v tomto případě má Technická univerzita v Liberci právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Současně čestně prohlašuji, že text elektronické podoby práce vložený do IS/STAG se shoduje s textem tištěné podoby práce.

Beru na vědomí, že má diplomová práce bude zveřejněna Technickou univerzitou v Liberci v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů.

Jsem si vědom následků, které podle zákona o vysokých školách mohou vyplývat z porušení tohoto prohlášení.

22. května 2021

Bc. Jan Koňas

ANOTACE:

Diplomová práce vznikla ve spolupráci s firmou KSM Castings CZ s.r.o. Jejím tématem bylo navržení optimalizace stávajícího výrobního procesu strojní součásti OM654 EGR ventil.

Celkem byly sepsány 3 návrhy na optimalizaci výrobního procesu. V návrhu č. 1 je navržena komplexní automatická linka, která zahrnuje proces výroby od operace vysokotlakého lití až po operaci vizuální kontroly obrobků. Mezi dílčími operacemi je vedený dopravník. Všechny tyto operace jsou obsluhovány roboty. V návrhu č. 2 bylo počítáno se zavedením automatické linky v prostorách obrobny. Automatická linka v návrhu č. 2 je tvořena soustavou dopravníků, rotační pračkou, 2 roboty a 2 stanicemi pro tlakovou zkoušku vzduchem. Návrh č. 3 je optimalizací návrhu č. 2. V návrhu č. 3 jsou do automatické linky z návrhu č. 2 implementována 2 jednoúčelová zařízení. První z nich zajišťuje odstranění hrotů po obrábění. Druhé zajišťuje ofukování dílů tlakovým vzduchem a 100% měření daných průměrů.

Ze tří navržených optimalizací výrobního procesu byl vybrán pro firmu KSM Castings nejvýhodnější. Vítězný návrh byl podroben detailní analýze z hlediska výrobních časů, počtu pracovníků, množství vyrobených kusů strojní součásti OM654 a celkového ekonomického zhodnocení procesu.

Klíčová slova: STROJNÍ SOUČÁST, NÁVRH, OPTIMALIZACE, AUTOMATICKÁ LINKA

ANNOTATION:

The Master thesis was created in a cooperation with a company KSM Castings CZ s.r.o. The main topic of the thesis was to design an optimization of the actual manufacturing process of the machine part OM654 AGR valve.

It were created three proposals of the optimization of the actual manufacturing process. The first proposal was the design of a complex automatic production line, which includes production process from a Die casting to a visual control. A conveyor is guided between the partial operations. All of the partial operations are operated by robots. The second proposal was the design of an automatic line in a hall for machining. The automatic line from the second proposal is formed of the conveyor systems, a Twister washing machine, two robots and 2 machines for leak testing. The third proposal is optimization of the second proposal. Two single purpose machines are implemented to the automatic line from the second proposal. The first of two single purpose machines removes from machined parts burrs. The second one is used for blowing the parts and 100% measurement of diameters.

One of three proposals, which were designed by the author of the thesis, was chosen as the most appreciate for the company KSM Castings. The winning proposal was analyzed in the detail. It was analyzed productions times, number of workers and number of the manufactured pieces of the machine part OM654 AGR valve. In the end was written economic evaluation of the process in the winning proposal.

Key words: MACHINE PART, PROPOSAL, OPTIMALIZATION, AUTOMATIC LINE

Katedra obrábění a montáže

Evidenční číslo práce: **KOM 1312**

Jméno a příjmení: **Bc. Jan Koňas**

Vedoucí práce: Doc. Ing. Štěpánka Dvořáčková
Konzultant: Ing. Jiří Crha (projektový vedoucí – KSM Castings CZ s.r.o.)

Počet stran: 54
Počet příloh: 0
Počet tabulek: 18
Počet obrázků: 17
Počet diagramů: 0

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucí mé diplomové práce doc. Ing. Štěpánce Dvořáčkové, Ph.D., za trpělivost a poskytnutí cenných rad, pro úspěšné napsání diplomové práce.

Dále bych rád poděkoval za možnost vypracovat diplomovou práci na půdě společnosti KSM Castings CZ s.r.o. Zejména pak vedoucímu technologie obrobny panu Antonínu Toločkovi, který mi umožnil vykonat diplomovou práci ve společnosti KSM Castings CZ s.r.o. Dále pak bych rád poděkoval projektovému vedoucímu panu Ing. Jiřímu Crhovi za sdílení nepřeborného množství informací a poznatků, bez kterých by tato práce nemohla být napsána.

V neposlední řadě bych rád poděkoval své rodině, která mi poskytla ideální podmínky pro sepsání této diplomové práce.

Obsah

Seznam použitých zkratk a symbolů.....	9
1. Úvod.....	11
2. Teoretická část	12
2.1. Charakteristika společnosti KSM Castings s.r.o.....	12
2.2. Výroba strojní součásti OM654 EGR ventil.....	13
2.3. Současný proces výroby strojní součásti OM654 EGR ventilu	17
2.3.1. Časové studie operací současného stavu výroby	24
2.3.2. Počty pracovníků v současném procesu výroby	31
2.3.3. Ekonomické zhodnocení současného procesu výroby.....	31
2.4. Shrnutí poznatků o současném procesu výroby.....	33
3. Experimentální část.....	34
3.1. Metodika experimentální části.....	34
3.2. Návrhy optimalizace výrobního procesu	35
3.2.1. Návrh č. 1	35
3.2.2. Návrh č. 2	38
3.2.3. Návrh č. 3	41
4. Diskuze výsledků	44
4.1. Detailní popis finálního návrhu optimalizace současného výrobního procesu 45	
4.2. Ekonomické zhodnocení finálního návrhu	48
5. Závěr	51
Seznam použité literatury a zdrojů	53
Seznam výkresů	54

Seznam použitých zkratek a symbolů

AG	Akciová společnost (Aktiengesellschaft)	
BOZP	Bezpečnost a ochrana zdraví při práci	
CNC	Číslicové řízení počítačem (Computer Numeric Control)	
ČSN	Česká státní norma	
ČR	Česká republika	
DIN	Německý ústav pro průmyslovou normalizaci (Deutsche Industrie-Norm)	
DP	Diplomová práce	
EGR	Recirkulace výfukových plynů (Exhaust Gas Recirculation)	
GmbH	Společnost s ručením omezeným (Gesellschaft mit beschränkter Haftung)	
ISO	Mezinárodní organizace pro normalizaci (International Organization for Standardization)	
PLC	Programovatelný logický automat (Programmable Logic Controller)	
s.r.o.	Společnost s ručením omezeným	
USA	Spojené státy americké	
i	Číslo měření	[-]
t_{ch}	Čas chlazení	[s]
$t_{c od p}$	Čas cesty od pračky	[s]
t_{cp}	Celkový strojní čas praní	[s]
t_{mp1}	Čas převozu od operace lití a ostřih do skladu	[s]
t_{mp2}	Čas převozu ze skladu k operaci odhrotování	[s]
t_{mp3}	Čas převozu od operace odhrotování k operaci tryskání	[s]
t_{mp4}	Čas převozu od tryskání k danému CNC obráběcímu centru	[s]
t_{mp5}	Čas převozu od operace ofuk, tlaková zkouška vzduchem, vizuální kontrola k operaci 100% měření daných průměrů	[s]
t_{mp6}	Čas převozu od operace 100% měření daných průměrů k operaci 100% vizuální kontrola	[s]
t_o	Čas ofukování dílů	[s]
$t_{o,tzt,vk}$	Čas operace ofuk, tlaková zkouška těsnosti, vizuální kontrola	[s]
t_p	Čas pracího programu	[s]
t_s	Čas sušení	[s]
t_{tch}	Čas transportu k chlazení	[s]
t_{tp}	Čas transportu do pračky	[s]
t_{ts}	Čas transportu k sušení	[s]

t_{tv}	Čas transportu na výstupní výtah	[s]
t_{tz}	Čas tlakové zkoušky těsnosti	[s]
t_{vk}	Čas vizuální kontroly	[s]
t_{v1}	Čas jízdy výtahu nahoru	[s]
t_{v2}	Čas jízdy výtahu dolů	[s]

1. Úvod

Kvůli nutnosti vyrovnat se se stále se rozvíjející konkurencí v oblasti výroby strojních součástí z hliníkových slitin pro automobilový průmysl je nutné, aby se firma KSM Castings CZ s.r.o. (dále jen KSM Castings) posouvala v technologiích vpřed. Aby se tohoto cíle dosáhlo, je zapotřebí vkládat nemalé finanční prostředky do vývoje a zavádění nových technologií do výrobního procesu. Nové technologie zajišťují nejen zvýšení kvality finálních výrobků a produktivity výrobních procesů, ale také snižují potřebu lidské pracovní síly, která do výrobních procesů vstupuje. Při zavádění nových technologií je třeba zohledňovat možnosti jednotlivých strojů a zařízení. Neméně nutné je soustředit se na uspokojení koncového zákazníka, který dbá nejen na množství dodaných kusů finálního výrobku, ale také značnou měrou na jejich kvalitu.

Diplomová práce je zaměřena na optimalizaci výrobního procesu strojní součásti OM654 EGR ventilu.

Hlavním cílem této DP bylo navržení takového výrobního procesu, který by nejen zvedl produktivitu procesu stávajícího, ale také snížil zmetkovitost, množství přidaných extra prací na výrobcích a vliv lidského faktoru na celkovou výrobu.

DP se dělí na dvě části, a to na teoretický úvod a experimentální část. V teoretickém úvodu je čtenář seznámen s firmou KSM Castings, dále je popsána strojní součást OM654 EGR ventil a nakonec je zde detailně rozebrán stávající výrobní proces strojní součásti OM654 EGR ventilu.

Experimentální část obsahuje popis návrhů pro optimalizaci současného výrobního procesu strojní součásti OM654 EGR ventilu. Finální návrh optimalizace výrobního procesu obsahuje zavedení automatické linky v procesu výroby v prostorách obrovny společnosti KSM Castings. Následně je provedeno zhodnocení finálního návrhu optimalizace výroby z hlediska výrobních časů, množství pracovníků podílejících se na celém procesu výroby, produktivity procesu a ekonomické stránky. Součástí experimentální části je i diskuze výsledků, ve které je porovnán současný proces výroby s finálním návrhem optimalizace výroby strojní součásti OM654 EGR ventilu.

2. Teoretická část

V úvodu teoretické části je stručné seznámení se společností KSM Castings. Dále je zde popsána strojní součást OM654 EGR ventil. Jako poslední je v teoretickém úvodu DP detailně popsán současný výrobní proces strojní součásti OM654 EGR ventilu, kterému se celá DP věnuje.

2.1. Charakteristika společnosti KSM Castings s.r.o.

Firma KSM Castings CZ s.r.o. (obr. 1), sídlící v Hrádku n. Nisou, spadá do mezinárodní skupiny KSM Castings Group, která je od roku 2019 ve vlastnictví čínské společnosti Citic Dicastal. Mimo ČR má tato mezinárodní společnost svoje pobočky v Německu, USA a Číně. Jednotlivé pobočky spadající pod skupinu KSM Castings Group, resp. společnost Citic Dicastal, se specializují zejména na výrobu a vývoj odlitků z lehkých kovů a slitin pro automobilový průmysl [1][2].



Obr. 1 KSM Castings CZ s.r.o. [2]

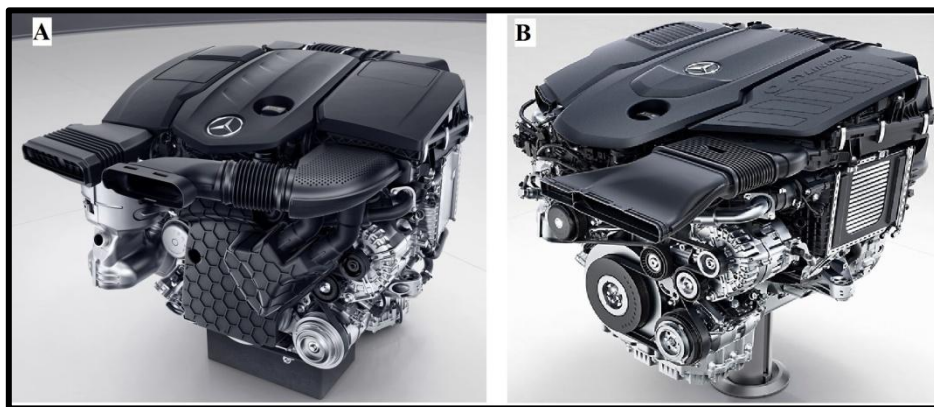
Společnost KSM Castings CZ s.r.o. byla založena 1. listopadu 1996 v Liberci. Roku 2001 byly započaty práce na nové výrobní hale v Hrádku n. Nisou, do které se firma přestěhovala v průběhu roku 2002. Po přestěhování do nově vzniklé výrobní haly se firma začala zabývat mimo tlakového lití i mechanickým obráběním odlitků. Roku 2012 byla postavena nová hala, do které byly přesunuty CNC obráběcí stroje včetně veškerého příslušenství mechanické obrobny [1] [2].

V současné době se ve výrobních prostorech KSM Castings nalézají 24 licích strojů, 34 CNC obráběcích center a soustruhů. Dále byla v Liberci v průmyslové zóně Jih postavena nová výrobní hala s plně automatickou linkou na mechanické obrábění [1].

2.2. Výroba strojní součásti OM654 EGR ventil

V dnešní době se klade důraz zejména na snižování emisí u aut se spalovacím motorem, a to zejména u diesellových motorů. Aby se emise snížily, byly do motorů přidány tzv. EGR ventily. EGR ventil je strojní součást, která se ve spalovacích motorech využívá k recirkulaci výfukových plynů, tedy spalin, jdoucích z motoru. Díky této recirkulaci, dojde k výraznému snížení zejména oxidů dusíku, které vychází z výfukového potrubí automobilů [5] [6].

Jednoduše se princip EGR ventilu dá popsat následovně. Výfukové plyny, které vznikly spalováním směsi paliva a vzduchu ve válcích motoru, jsou po předchozím smíchání s čerstvým vzduchem v určitém množství znovu vráceny zpět do válce. Pro regulaci množství spalin, které jsou zpět do procesu vráceny, slouží právě EGR ventil. EGR ventil slouží také k ochlazení spalin jdoucích z motoru [5] [6].



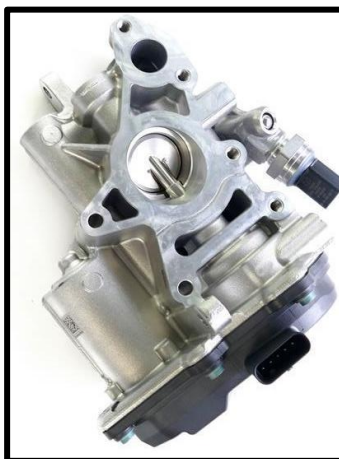
*Obr. 2 Diesellové motory Mercedes-Benz.
A - OM654, B – OM656 [7]*

Rozlišujeme 2 druhy EGR ventilů. Prvním z nich je vysokotlaký EGR ventil, který „sbírá“ spaliny ještě před turbodmychadlem, tedy ve chvíli, kdy mají spaliny vysoký tlak. Druhým typem EGR ventilu je nízkotlaký EGR ventil, který se používá v motorech jako doplňková součást a nebývá tolik běžný. Jeho úkolem je „sbírat“ spaliny až za turbodmychadlem, či až za filtrem pevných částic, tedy v místech, kdy spaliny jdoucí z motoru přes turbodmychadlo již nemají tak vysoký tlak [5] [6].

Strojní součást OM654 EGR ventil (viz obr. 3) je vysokotlaký EGR ventil, který je využíván v diesellových motorech společnosti Daimler AG. Označení OM654 bylo převzato z označení samotného motoru. Motor OM654 (viz obr. 2A) je diesellový čtyřválcový motor, který koncern Daimler AG využívá zejména do aut Mercedes Benz třídy E-Class. Další umístění OM654 EGR ventilu je v šestiválcových diesellových motorech s označením OM656 (viz obr. 2B) používaných do aut Mercedes Benz třídy S-Class. Motory OM656 disponují vyšším výkonem než motory OM654, které byly vyvinuty zejména jako motory

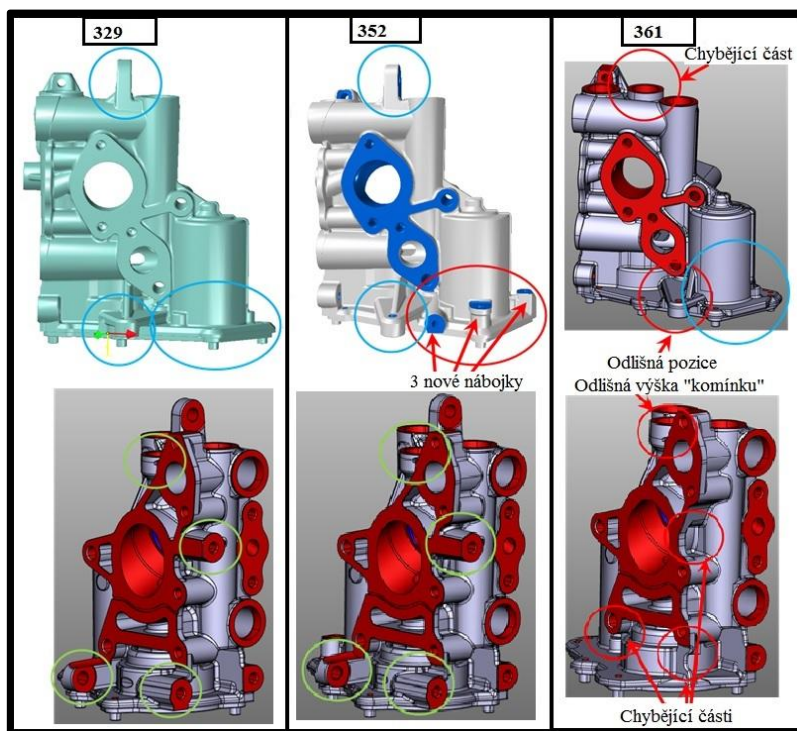
ekologické. Dle společnosti Daimler AG je motor OM656 nejvýkonnějším dieselovým motorem, který kdy byl do aut Mercedes-Benz montován [4] [8].

Strojní součást OM654 EGR ventil je vyráběna pro společnost Vitesco Technologies Czech Republic s.r.o. se sídlem v Trutnově. Tento EGR ventil je po smontování v trutnovské firmě dopravován do společnosti Daimler AG, kde je následně montován do výše zmíněných motorů.



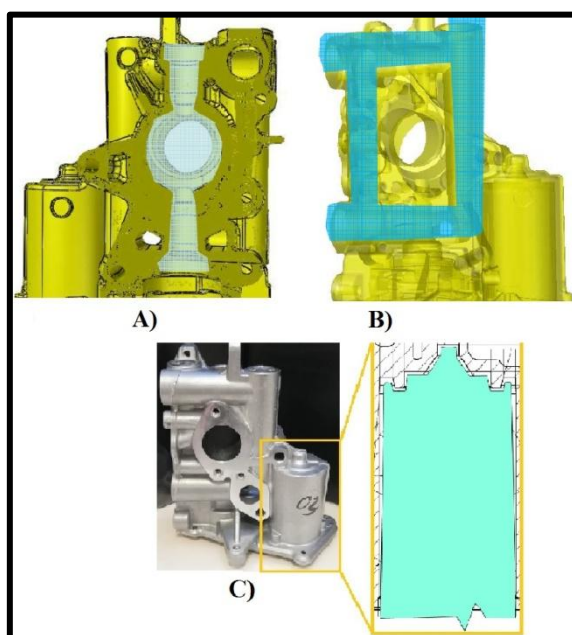
Obr. 3 OM654 EGR ventil - verze s označením 329 [3]

OM654 EGR ventil je vyráběn ve 3 variantách (viz obr. 4). Tyto 3 varianty nesou ve firmě KSM Castings označení 329, 352 a 361. Toto označení z firmy KSM Castings bude dále v práci používáno pro popis výrobní součásti.



Obr. 4 Rozlišení variant strojní součásti OM654 EGR ventilu

Všechny 3 varianty EGR ventilu, tedy varianta 329, 352 i 361, jsou tvořeny dvěma soustavami kanálků. První soustavou kanálků je soustava vodního chlazení. Tato soustava je tvořena sítí předlitých otvorů a slouží pro chlazení spalín. Druhá soustava kanálků je pro průchod spalín a je označována jako vzduchový kanálek. Je tvořena otvorem, kterým proudí spaliny, dále pak otvorem, který slouží pro umístění čidla na kontrolu tlaku spalín, a dále pak systémem na sebe navazujících průchozích otvorů, které slouží pro umístění hřídelky pro regulační klapku. Regulační klapka je umístěna v otvoru pro průchod spalín. Obě soustavy kanálků jsou zobrazeny na obr. 5A a 5B. Další součástí EGR ventilu je oblast pro elektromotorek, který ovládá klapku na přepouštění spalín. Oblast pro motorek je znázorněna na obr. 5C.



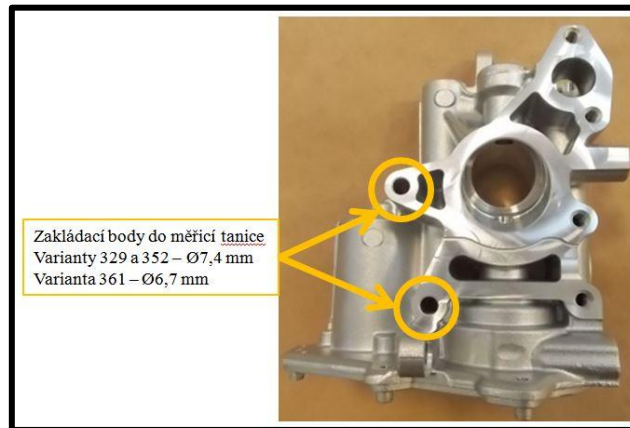
*Obr. 5 Vizualizace oblastí
A) Vzduchový kanálek, B) Vodní kanálek, C) Oblast motorku*

Jak již bylo zmíněno výše, strojní součást OM654 EGR ventil se vyrábí ve 3 variantách. Dle interního označení firmy KSM Castings jsou varianty OM654 EGR ventilu popsány čísla 329, 352 a 361. Varianta s označením 329 je původní. Z ní se postupem času vyvíjely zbylé dvě varianty, tedy varianty s označením 352 a 361. Varianta 352 se montuje do nejvýkonnějších motorů. Varianta 361, která je odlehčenou verzí varianty EGR ventilu 329, byla zkonstruována pro neekologičtější typ motorů, do kterých se EGR ventily používají.

Rozlišení všech 3 variant EGR ventilu, tedy variant 329, 352 a 361 (viz obr. 4), od sebe je velmi důležité. Případné pomíchání dílů totiž může vést k potížím na straně zákazníka. Další problém může nastat přímo v CNC stroji. Pokud je v tomto stroji jiný díl, než na jaký je

nastavený, může to vést ke zlomení nástrojů, či ke špatnému obrobení dílu. Je tedy nutné vědět, čím se jednotlivé verze strojní součásti OM654 EGR ventilu.

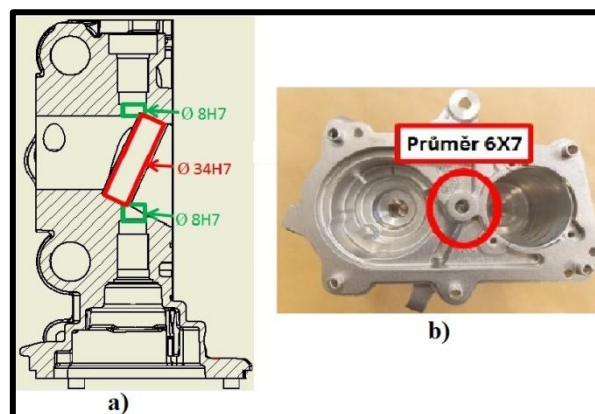
Velmi důležitým rozdílem mezi jednotlivými variantami jsou velikosti průměrů děr, viz obr. 6. Tyto díry slouží jako zakládací body do měřicí stanice pro tlakovou zkoušku vzduchem. U varianty 329 a 352 mají tyto dvě díry průměr 7,4 mm, zatímco varianta 361 má tyto dvě díry o velikosti průměru 6,7 mm. Kvůli tomu není možné provádět na jednom zařízení tlakovou zkoušku vzduchem u všech tří variant bez rozdílu.



Obr. 6 Zakládací otvory do tlakovacího zařízení Aeropon 19035

Všechny 3 typy EGR ventilu jsou komplikované strojní součásti jak z hlediska lití, tak z hlediska obrábění. Z hlediska obrábění jsou nejproblémovější zejména tyto oblasti:

1. oblast montáže klapky ve vzduchovém kanálku průměr 34H7 (viz obr. 7a – červeně označená část),
2. přesně vrtaný průměr 6X7 na spodní přírubě dílu (viz obr. 7b),
3. sdružené průměry v oblasti montáže hřídelky pro otáčení klapky ve vzduchovém kanálku, které končí Ø8H7 (viz obr. 7a – zeleně označená část).



Obr. 7 Vizualizace průměrů

a) Ø34H7 a Ø8H7, b) Ø6X7

Z hlediska dalších parametrů daných výkresem je velmi důležitým aspektem těsnost dílu. Ve výkresové dokumentaci pro jednotlivé varianty EGR jsou předepsány parametry, dle nichž musí být test těsnosti dílu proveden. Parametry tlakové zkoušky těsnosti jsou vypsány v tab. 1. Jak již bylo zmíněno výše, EGR ventil je tvořen dvěma soustavami kanálků. Každá ze soustav kanálků musí být vytěsněna zvlášť a pro každou z nich jsou výkresem předepsány parametry. Tyto parametry jsou pak shodné pro všechny 3 varianty EGR ventilu. Objemem i tvarově se soustavy kanálků u variant EGR ventilu neliší.

Veličina	Jednotka	Hodnota
Testovací médium	-	Vzduch
Tlak tetovacího média	bar	3,5
Teplota okolí	°C	23
Tlak okolí	hPa	1013
Max. povolený únik vzduchu	cm ³ . min ⁻¹	=< 2,6

Tab. 1 Parametry těsnosti pro soustavu vodních kanálků a vzduchového kanálku [11]

Testovací médium je vzduch. Vzduch je u obou soustav kanálků tlakován na 3,5±0,05 bar. Únik vzduchu ze součásti je pro obě soustavy kanálků shodný a musí být roven nebo menší než 2,6 cm³.min⁻¹. Celý proces kontroly by měl být prováděn při teplotě okolí 23 °C a okolním tlaku vzduchu 1013 hPa.

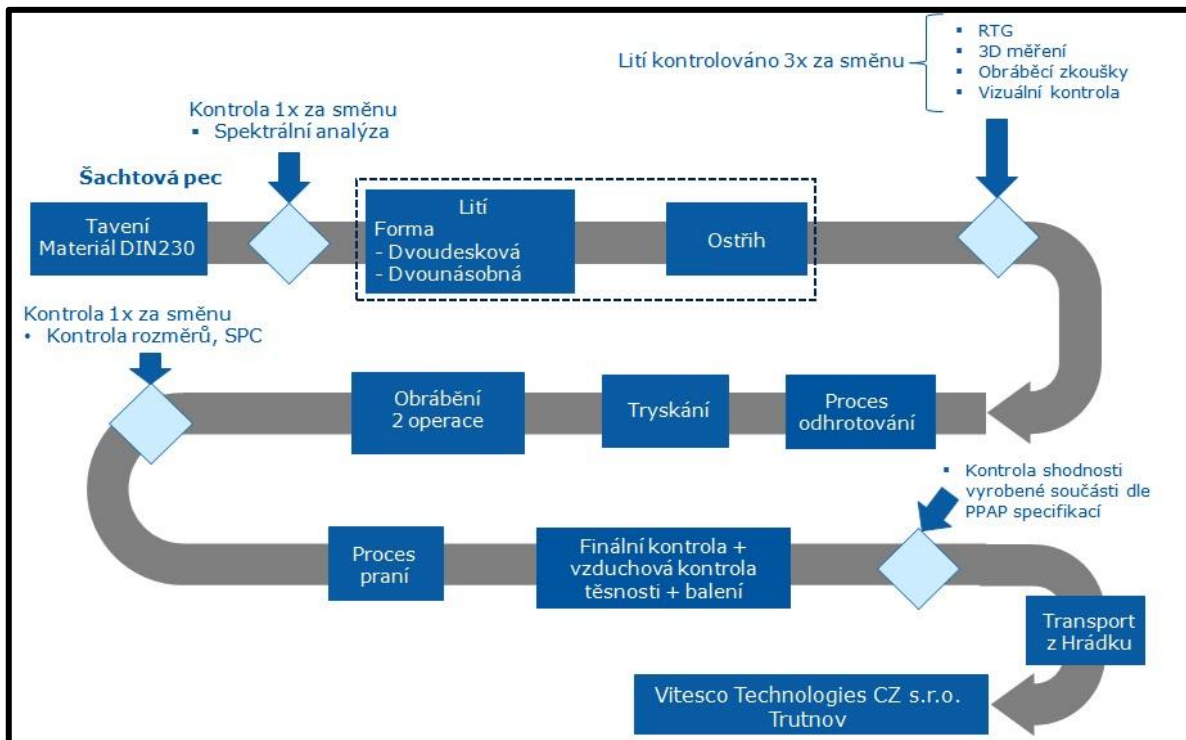
2.3. Současný proces výroby strojní součásti OM654 EGR ventilu

Tato kapitola obsahuje popis současného výrobního procesu strojní součásti OM654 EGR ventil. Proces výroby je popsán od operace tavení slitiny, ze které jsou varianty strojní součásti OM654 odlity, až po konečnou kontrolu obrobků. Z důvodu rozdílných průměrů pro zakládání obrobků (viz obr. 6) do stanic pro tlakovou zkoušku těsnosti, nebude do celé práce zahrnuta výroba varianty 361.

Současný proces výroby je rozdělen do 7 dílčích operací:

1. vysokotlaké lití a ostříh,
2. odhrotování,
3. tryskání,
4. obrábění,
5. praní,
6. ofukování vzduchem, tlaková zkouška těsnosti a vizuální kontrola,
7. vícepráce
 - a. 100% měření daných průměrů,
 - b. 100% vizuální kontrola.

Celý současný proces výroby je znázorněn ve schématu na obr. 8.



Obr. 8 Obecný výrobní proces strojních součástí OM654 EGR ventilu

Vysokotlaké lití, ostřih

Celý proces výroby strojních součástí OM654 EGR ventilu, resp. všech jeho variant (viz obr. 4) začíná operací tavení. Tavení probíhá v šachtových pecích, kde jsou taveny již předem chemicky připravené housky. Housky jsou z materiálu označeném DIN230, což je slitina hliníku s chemickým vzorcem $AlSi_{12}Cu_3$.

Tavenina je z tavního přepravována lidmi, a to v kelímcích. Z kelímků je tavenina nalévána do udržovací pece licího stroje. Z ní je pak tavenina dávkována do licí komory, ze které je vysokým tlakem vháněna do dutiny formy. Forma je dvojnásobná. Hotové odlitky jsou z dutiny formy vytahovány robotem. Robot následně odlitky spojené vtokovou a odvodušňovací soustavou založí do stroje, ostřihu, který odstraní vtokovou a odvodušňovací soustavu. „Ostřižené“ odlitky robot následně z ostřihu odebere a pustí je na skluz, kde jsou zachytávány operátorem licího stroje. Operátor CNC stroje zkontroluje kvalitu odlitků a následně hotové odlitky vloží do mezioperačního balení, tzv. G-boxů.

Celkem jsou pro lití využívány 2 licí stroje ITALPRESS IP900. Na každém z licích strojů je odlévána jiná z 3 variant strojních součástí OM654. Ke každému licímu stroji přísluší 1 robot ABB a 1 ostřihovací stroj Reis Sep 13-65. Každý licí stroj má svou obsluhu tvořenou jedním člověkem. Obsluha licího stroje má za úkol odebírat ostřižené odlitky z místa,

kam jsou odloženy robotem a zakládat je do mezioperačního balení. Z důvodu nutnosti rozlišení 2 současně odlévaných variant jsou mezioperační balení rozlišena barevně. Černá balení jsou pro variantu 329, modrá balení jsou pro variantu 352.

Odhrotování

Operace odhrotování je prováděna na speciálním jednoúčelovém stroji od firmy Q-plus, tzv. odhrotovacím zařízením. Odhrotovací zařízení má za úkol odstranit z dílu pleny a ostré hroty, které jsou na odlitku nepřípustné. Odhrotovací zařízení je tvořeno základním lůžkem a robotickým ramenem. Toto rameno má jako nástroj upnutu pneumatickou fortunku, do které je usazena kulová frézka. Tou jsou odstraňovány pleny v průtokových kanálech dílu a možné ostré hroty. Zařízení je univerzální pro všechny 3 varianty strojní součásti OM654. Obsahuje čidla, kterými jsou rozlišovány jednotlivé varianty strojní součásti OM654.

Celkem jsou používány 2 odhrotovací stroje. Každý z nich je určen pro jednu z variant strojní součásti OM654 EGR ventilu.

Každé zařízení je obsluhováno člověkem. Operátor tohoto stroje má za úkol nejen zakládat a vykládat odlitky do, resp. ze zařízení, ale v případě potřeby i měnit programy pro jednotlivé varianty strojní součásti OM654 (každá varianta má z důvodu rozdílnosti vnějšího designu jiný program).

Tryskání

Pro operaci tryskání je používán univerzální průběžný tryskací stroj Rössler. Na vstupu do tryskacího stroje je pásový dopravník, na který obsluha zakládá odlitky uložené ve speciálních koších. Odlitky založené v koších jsou vstupním dopravníkem transportovány do komory pro tryskání. V tryskací komoře je odlitek „bombardován“ ocelolitinovými kuličkami. Tryskáním se zajišťuje, že je odlitek zbaven ostrých tvarů, odlupenin (slévárenská vada vytvořená špatným tuhnutím odlitku) a odlitkový povrch je opracováván na požadovanou kvalitu povrchu, zejména pak drsnost povrchu. Tryskací stroj je obsluhován lidmi, kteří vkládají do stroje odlitky, a na výstupu ze stroje odlitky odebírají a vkládají je do mezioperačních balení, tzv. G-boxů. Tryskací stroj je jinak plně automatizován, a to zejména z důvodu bezpečnosti.

Z hlediska ideálních vlastností materiálu odlitku byla stanovena doba jeho „stárnutí“. To je doba, po kterou je nutné odlitky odložit před dalším zpracováním. Díky tomu se přechází poškození odlitku kvůli špatnému stavu materiálu odlitku. Doba „stárnutí“ odlitku

byla dlouhodobým pozorováním stanovena na 48 hodin. Po této době jsou odlitky dále zpracovány.

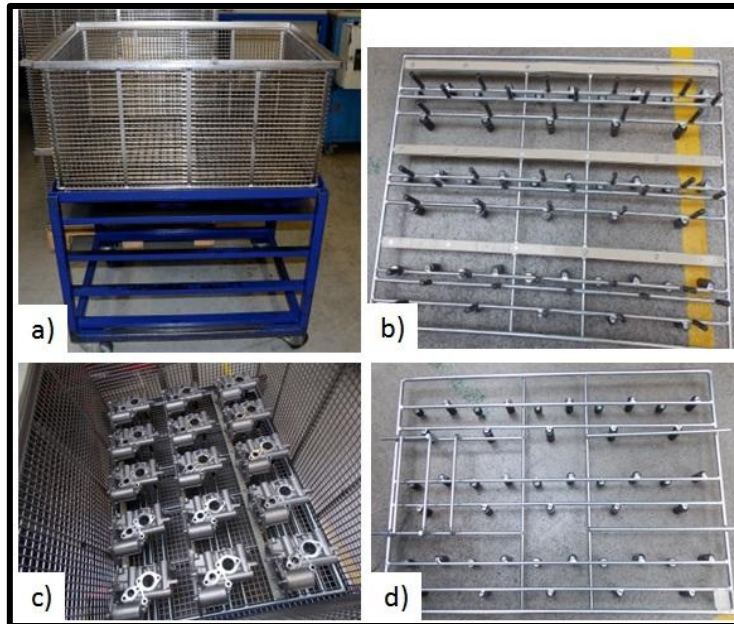
Obrábění

Apretované odlitky jsou dopravovány v mezioperačním balení do prostoru obrobny. První operací na obrobny je obrábění. Obrábění je prováděno na čtyřech horizontálních CNC obráběcích centrech BA322 viz obr. 9. Tyto CNC stroje jsou obsluhováni lidmi. Pracoviště obrábění je více-strojové pracoviště, tzn., že jeden člověk obsluhuje dva CNC stroje. Obrábění strojní součásti OM654 je dvou-operační proces. Odlitky jsou nejprve zakládány do obráběcího přípravku pro 1. operaci. Po obrobení první operace jsou odlitky z přípravku vyjmuty a po otočení stolů ve stroji jsou, nyní již obrobky, založeny do obráběcího přípravku pro 2. operaci, během níž jsou díly zcela doobrobeny. Každý z obráběcích přípravků je čtyřnásobný, tzn., že se na jeden obráběcí přípravek dají založit 4 díly.



Obr. 9 CNC frézovací centrum SW BA 322 [11]

Po skončení každé obráběcí operace jsou obrobky operátorem CNC stroje založeny do poloautomatického oplachovacího zařízení, které slouží ke smytí třísek uvízlých na zakládacích plochách dílu. Po skončení druhé obráběcí operace jsou obrobky dále ručně začištěny od otřepů, které vznikly během obrábění a které není možné v CNC stroji odstranit. Začištěné obrobky jsou operátorem CNC stroje založeny do pracích plat, která jsou umístěna v pracím koši (viz obr. 10). Plně naložený prací koš (se 30 hotovými obrobky) je operátorem CNC stroje odvezen ke vstupnímu výtahu komorové pračky.



Obr. 10

a) prací koš na podvozku, b) prací plato, c) uložení obrobků, d) uzávěr pracího koše

Praní

Po operaci obrábění následuje operace praní. Pro operaci praní slouží komorová pračka BVL 04 2554 ROTOCLEANER Niagara DFS 800 od společnosti BVL Oberflächentechnik. Na pracoviště praní, resp. ke komorové pračce, jsou obrobky dopravovány operátory CNC strojů v tzv. pracích koších (viz obr. 10a), ve kterých jsou obrobky uloženy ve speciálních přípravcích, pracích platech (viz obr. 10b-d). Do každého koše se vejde celkem 30 obrobků. Komorová pračka se skládá ze dvou pneumatických výtahů, soustavou válečkových dopravníků, komorové pračky, vakuové sušičky a větráku pro chlazení dílů. Celá pračka je automatizovaná. Obsluha CNC po naložení pracího koše do pneumatického výtahu spustí zmáčknutím tlačítka naprogramovaný, předem daný program, který zajistí automatický chod komorové pračky a jejího příslušenství. Po skončení programu prací koš vyjede k výstupnímu pneumatickému výtahu, kde apretážní pracovnice obrobny naloží prací koš na podvozek a odveze ho na pracoviště další operace.

Operace praní je nezbytnou součástí celého procesu výroby. Účelem této operace je zejména odmaštění obrobku od řezné kapaliny. Díky operaci praní jsou z obrobku v určité míře odstraněny třísky, které na obrobku po operaci praní zůstaly.

Ofuk, tlaková zkouška těsnosti, vizuální kontrola

Další operací je sdružená operace ofuk, tlaková zkouška vzduchem a vizuální kontrola. Celé pracoviště je rozděleno na několik částí. Do první části pracoviště je pracovníci kontroly

dopravován prací koš s vypranými obrobky. Dále je zde umístěn poloautomatický ofuk. Mezi první a druhou částí pracoviště jsou umístěny dva mezioperační stolky pro 30 obrobků. Druhá část pracoviště je tvořena dvěma poloautomatickými stanicemi Aeropan A19035 pro tlakovou zkoušku vzduchem a dále dvěma výstupními dopravníky. Každý z dopravníků je pro jinou z variant strojní součásti OM654 EGR ventilu. Poslední, třetí část pracoviště, je rozdělena na dvě samostatné části. Každá část obsahuje expediční balení pro danou variantu strojní součásti OM654 EGR ventilu a ke každému z obou dílčích pracovišť je přiveden daný výstupní dopravník.

Sdružená operace ofuk, tlaková zkouška vzduchem a vizuální kontrola je plně obstarávána lidmi. Na tuto operaci je třeba dvou pracovníků kontroly. První z pracovníků má za povinnost přivést prací koš s vypranými díly od výstupu z komorové pračky na první část pracoviště této operace. V první části pracoviště má první z pracovníků kontroly za úkol vyndat vypraný obrobek z pracího koše a zkontrolovat dané otvory na výskyt porózity. V případě, že obrobek splňuje specifikace, založí pracovníce obrobek do poloautomatického ofukovacího zařízení. Sklopením ochranného krytu ofukovacího zařízení se spustí cyklus ofukování dílu tlakovým vzduchem. Ofukovací zařízení má za úkol odstranit z dílu uvízlé třísky po obrábění, které se během procesu praní z dílu neodstranily. Po skončení cyklu ofuku pracovníce díl ze zařízení vyjme a odloží na mezioperační stůl. Po vyprázdnění celého pracího koše se první pracovníce přesune na třetí část pracoviště, tedy na pracoviště, kde jsou obrobky vyndávány z výstupního dopravníku a následně baleny do expedičního balení. Po vyndání obrobku z výstupního dopravníku je obrobek vizuálně zkontrolován na případná mechanická poškození, která by mohla vzniknout nevhodnou manipulací.

Druhý pracovníce kontroly obsluhuje obě stanice pro tlakovou zkoušku vzduchem. Díly po ofuku, které jsou na mezioperačním stolku, jsou touto pracovníkem odebrány a následně založeny do jedné ze stanic. Po vyndání rukou z optické brány stanice pro tlakovou zkoušku vzduchu je spuštěn automatický cyklus měření. Po OK zkoušce, kdy je obrobek těsný (specifikace viz kapitola 2.2 Výroba strojní součásti OM654 EGR ventil a tab. 1), je na obrobek vyražena tečka. V případě, že test je NOK (únik vzduchu z obrobku je větší než předepsaný výkresovou dokumentací, viz tab. 1), musí být pracovníkem kontroly potvrzen reset stanice, následně musí být NOK obrobek prohozen skluzem do bedýnky pro NOK díly. Takto je umožněn další cyklus dané měřicí stanice. OK díl je následně pracovníkem kontroly vizuálně zkontrolován na výskyt třísek, porózity, mechanická poškození a slévárenské vady. Dále je kontrolována vyražená tečka po OK zkoušce těsnosti. V případě, že obrobek splňuje

specifikace uvedené v příslušné dokumentaci, je odložen na výstupní dopravník. Výstupní dopravníky jsou přes PLC svázány s měřicími stanicemi, ve kterých jsou zabudována čidla pro rozlišení variant strojní součásti OM654 (vizualizace rozdílů viz obr. 4). Díky tomu je na příslušný výstupní dopravník poslána informace o variantě a nad dopravníkem je rozsvícen zelený maják. Na jeden výstupní dopravník může být vloženo max. 23 dílů.

Vícepráce

Vícepráce jsou obecně operace, které nepřidávají procesu hodnotu. Každá vícepráce je ztrátou nejen ekonomickou, ale i ztrátou v podobě nutnosti nasadit na danou operaci člověka, který ji bude provádět. Vícepráce jsou do procesu zaváděny z důvodu nekvality výroby. V současném procesu výroby jsou stále dvě vícepráce. První z nich je 100% měření daných průměrů. Druhou víceprací je 100% vizuální kontrola.

100% měření daných průměrů

100% měření daných průměrů bylo do procesu výroby strojní součásti OM654 zahrnuto z důvodu nekvality výrobků a následných zákaznických reklamací na špatně obrobené průměry 8H7, 6X7 a 34H7 (viz obr. 7). Obrábění těchto průměrů je prováděno nástroji s dlouhým tělem. Kvůli tomu jsou náchylné na tzv. jev třísky pod nástrojem. Jedná se o jev, který zapříčiní, že se velmi malá tříska dostane při výměně nástroje v zásobníku nástrojů na vnitřní průměr vřetena, do kterého je nástroj uchycen. Tato špona následně zapříčiní házení dlouhého nástroje, který následně obrobí průměr o větším rozměru, než je výkresem předepsáno. Měření průměrů je prováděno na měřicím zařízení Marposs Merlin. Jedná se o měřicí a vyhodnocovací jednotku, která je napojena na měřicí trny. Měřicí trny jsou kontaktní měřidla, která jsou schopna měřit velice přesné průměry a měření převést s pomocí vyhodnocovací jednotky do grafické podoby. Tato operace, jak již bylo napsáno v úvodu podkapitoly, je plně prováděna lidmi. V procesu je nežádoucí a cílem je tuto operaci minimalizovat, či úplně zrušit.

100% vizuální kontrola

100% vizuální kontrola slouží pro ověření pracovníků vykonávající operaci ofuk, Itaková zkouška vzduchem a tlaková zkouška těsnosti. Cílem této operace je zachytit vady, které se neshodují s výkresovými specifikacemi. Jedná se hlavně o kontrolu třísek, mechanických poškození, porozity a slévárenských vad. 100% vizuální kontrola je v procesu nežádoucí a cílem je tuto operaci eliminovat, či úplně zrušit.

2.3.1. Časové studie operací současného stavu výroby

V této kapitole budou vypsány časy dílčích operací v rámci celého současného výrobního procesu. Dále zde budou vypsány počty lidí, kteří jsou na dílčích operacích potřeba. V případě, že je mezi operacemi nutná mezioperační doprava, bude vypsána přibližná vzdálenost, po kterou jsou výrobky dopravovány na další operaci.

Všechny tyto parametry budou zapsány v tabulkách. V případě zjištění časů budou použity buď časy, které jsou přímo programovatelné na stroji, resp. v programu stroje, nebo bude použita metoda přímého určování času, chronometrů. Chronometrů bude daný úsek operace změřen celkem 5x a následně budou výsledky vyhodnoceny pomocí statistické normy ČSN ISO 2602.

Vysokotlaké lití a ostřih

Operace vysokotlaké lití a ostřih je definována strojním časem celé operace. Tedy časem, za který jsou odlity a „ostřiženy“ celkem 2 odlitky. Celkem bylo provedeno 5 měření strojního času chronometrů. Výsledky jsou zaznamenány v tab. 2 a následně zpracovány dle normy ČSN ISO 2602.

i	Čas vysokotlakého lití a ostřihu [s]
1	65,91
2	66,54
3	66,48
4	67,25
5	67,31
Výsledná hodnota	66,7±0,8

Tab. 2 Strojní čas operace lití a ostřih

Výsledný čas operace vysokotlakého lití a ostřihu je 66,7±0,8 s. Tento čas zahrnuje samotný proces vysokotlakého lití, manipulace s odlitky, které zajišťuje robot, a ostřih, kterým se odstraňuje vtoková soustava, nálitky a odvzdušňovací soustava odlitku.

Následuje doba pro „stárnutí“ odlitků, která je stanovena na 48 hodin, během kterých materiál odlitku dosáhne požadovaných vlastností pro další zpracování.

Operace vysokotlakého lití a ostřihu se provádí celkem na dvou pracovištích. Tedy v rámci jedné směny jsou zapotřebí celkem 2 lidé, kteří obstarávají ukládání odlitků do mezioperačního balení. Celkem je zapotřebí 8 operátorů rozmístěných napříč 4 směnami.

Odhrotování

Čas operace odhrotování je složen z času manipulace s odlitky, které je nutno nejprve vyndat z mezioperačního balení. Následně je operátorem odlitek vložen do zakládacího lůžka automatického zařízení. Po vyndání rukou z prostoru optické brány se spustí cyklus automatického odhrotování robotem. Po skončení cyklu je odlitek z lůžka vyndán a vložen do mezioperačního balení pro odhrotované odlitky. Celkový čas operace je zapsán v tab. 3. Celkem byla operace změřena 5x chronometráží.

i	Čas odhrotování [s]
1	27,65
2	27,44
3	27,71
4	27,55
5	27,59
Výsledná hodnota	27,6±0,1

Tab. 3 Čas operace odhrotování

Pro tuto operaci jsou vyčleněny 2 jednoúčelové automatické odhrotovací stroje. Oba stroje jsou univerzální pro každou ze 3 variant strojní součásti OM654 EGR ventilu a každý je obsluhován jedním člověkem. Tedy ve směně jsou potřeba 2 lidi. Celkem je tedy v rámci 4 směn třeba 8 lidí.

Tryskání

Operace tryskání je definována strojním výkonem průběžného tryskacího stroje. Výkon tohoto stroje je přesně definován, tedy se jedná o přesně určený parametr. Celkem je tryskací stroj schopen otryskat $1200 \text{ ks} \cdot \text{hod}^{-1}$. Tedy každé 3 sekundy z průběžného tryskače vyjede 1 ks odlitku.

Na pracovišti tryskání je zapotřebí v rámci jedné směny celkem 5 lidí. Tedy ve 4 směnách je zapotřebí celkem 20 lidí, kteří operaci tryskání odlitků provádí.

Obrábění

Obrábění je určeno zejména strojním časem CNC stroje. V tabulkách 4, 5 jsou zapsány strojní časy, resp. časy obou obráběcích operací. Obě operace jsou prováděny na obráběcích přípravcích, do kterých jsou upnuty celkem 4 díly stejné varianty.

Varianta 329			
i	Čas operace 1 [s]	Čas operace 2 [s]	Celkový strojní čas [s]
1	147,97	314,95	462,92
2	147,90	315,12	463,02
3	147,99	315,03	463,02
4	148,01	314,89	462,90
5	147,96	314,99	462,95
Výsledná hodnota	147,97±0,06	315,0±0,1	462,96±0,08

Tab. 4 Obráběcí časy varianty 329

Celkový obráběcí čas varianty 329 je roven 463,0±0,1 s. V porovnání s variantou 352 je celkový obráběcí čas varianty 329 kratší o cca 40 s, což je cca 8 % celkového obráběcího času varianty 352.

Varianta 352			
i	Čas operace 1 [s]	Čas operace 2 [s]	Celkový strojní čas [s]
1	171,13	332,37	503,50
2	168,92	333,27	502,19
3	170,96	332,48	503,44
4	171,03	332,17	503,20
5	169,16	333,59	502,75
Výsledná hodnota	170,2±1,5	332,8±0,9	503,0±0,8

Tab. 5 Obráběcí časy varianty 352

Manipulační dráha s obrobky od CNC strojů směrem k operaci praní a zpět k CNC strojům jsou zaznamenány v tab. 6. V tabulce je zapsána manipulační dráha v metrech. Manipulační dráha byla zjištěna z layoutu celé haly obrobny. Dále jsou v tab. 6 zapsány změřené časy, které obsluha CNC stroje stráví na cestě k pracovišti praní obrobků a zpět k CNC stroji.

i	Manipulační dráha [m]	Čas cesty od CNC k pračce [s]	Čas cesty od pračky k CNC [s]	Celkový čas [s]
1	29,5	26,94	22,67	49,61
2	29,3	29,77	22,03	51,80
3	29,0	27,90	25,70	53,60
4	29,3	29,05	22,31	51,36
5	29,0	26,88	22,15	49,03
Výsledná hodnota	29,2±0,3	28,1±1,8	23,0±2,1	51,1±2,5

Tab. 6 Manipulační dráha a manipulační časy pro operaci obrábění

Celkem musí obsluha CNC strojů ujít 29,2 m s 30 obrobky založenými v pracích koších. Stejnou dráhu musí obsluha CNC strojů absolvovat i bez pracího koše zpět od komorové pračky k CNC strojům. Celkem tedy obsluha CNC strojů ujde cca 58,4 m v rámci jedné cesty od CNC strojů a zpět. Čas, který obsluze zabere cesta s plně naloženým pracím košem od CNC stroje k pračce je $28,1 \pm 1,8$ s. Cesta bez pracího koše zpět k CNC stroji zabere obsluze $23,0 \pm 2,1$ s.

Praní

Proces praní je definován časy, teplotami a množstvím kusů, které lze „vyprat“ v rámci jednoho cyklu. Strojní čas pračky se dělí do několika dílčích časů. Tyto dílčí časy, a také teploty dílčích cyklů pračky, je možné v zařízení zvolit jako přesný parametr. Tyto časy jsou vypsány v tab. 7 a nezahrnují transport koše na dopravnících pračky.

Operace	Čas [s]	Teplota [°C]
Mytí + odtok mycí kapaliny	180	60±5
Oplachování + odtok oplachovací kapaliny	102	60±5
Ofuk	60	Teplota okolí
Sušení	150	80±5
Chlazení	180	Teplota okolí
Celkový strojní čas	672	-

Tab. 7 Zvolené časy a teploty operace praní

Tab. 8 obsahuje časy procesu praní, které byly ručně změřené pomocí přímé metody měření za pomoci stopek, tedy pomocí chronometráže. Výsledné hodnoty jsou zpracovány dle normy ČSN ISO 2602.

i	t_{tp} [s]	t_p [s]	t_{ts} [s]	t_s [s]	t_{tch} [s]	t_{ch} [s]	t_{v1} [s]	t_{v2} [s]	t_{tvv} [s]	t_{cp} [s]
1	41,04	407,93	29,34	169,35	31,70	145,02	6,70	4,20	7,91	824,38
2	42,96	397,23	42,34	165,47	31,09	145,42	5,80	5,30	8,21	824,51
3	42,70	403,27	36,25	164,40	31,10	145,30	5,90	4,80	8,40	823,02
4	42,88	399,98	40,50	163,70	31,30	145,29	6,20	4,60	8,33	823,65
5	42,78	397,50	42,00	165,30	31,40	145,12	6,00	5,22	8,17	824,10
Výsledná hodnota	42,47 ± 1,12	401,18 ± 6,23	38,09 ± 7,58	165,64 ± 3,04	31,32 ± 0,35	145,23 ± 0,22	6,12 ± 0,50	4,82 ± 0,63	8,20 ± 0,26	823,93 ± 0,84

Tab. 8 Časy operace praní zjištěné chronometráží

Celkový strojní čas zjištěný chronometráží je roven $823,93 \pm 0,84$ s, což je o cca 151,93 s více, než je tomu u časů nastavených přímo na stroji. Celkový strojní čas, který je dán součtem dílčích časů, které nastavujeme přímo na stroji, je roven 627 s. Rozdíl 151,93 s je dán časy transportu pracího koše s obrobky mezi jednotlivými dílčími operacemi praní. Tedy z času chronometráže vychází, že za hodinu je pračka schopná zpracovat celkem 131 obrobků.

Ofukování dílů, tlaková zkouška těsnosti, vizuální kontrola

Sdružená operace, která zahrnuje ofukování obrobků, tlakovou zkoušku těsnosti a vizuální kontrolu, je dána zejména časy dílčích operací. Dále je důležité zahrnout manipulační dráhy a časy, které musí pracovnice absolvovat při přivezení pracího koše s vypranými obrobky z pracoviště operace praní.

Čas ofukování obrobků včetně dílčích manipulací je zapsán v tab. 9. Celkem ofukování obrobků včetně manipulace s obrobky trvá $13,2 \pm 2,1$ s.

i	Čas ofukování vč. manipulace [s]
1	11,20
2	12,65
3	15,30
4	13,87
5	12,91
Výsledná hodnota	13,2±2,1

Tab. 9 Čas ofukování včetně manipulace s obrobky

Tab. 10 obsahuje časy tlakové zkoušky vzduchem včetně celkového strojního času těsnicího stroje. Časy utěsnění založeného dílu a čas vyjetí všech pístnic s ucpávkami jsou zjištěné pomocí měření stopkami. Celkem bylo měření provedeno 5x a následně výsledky statisticky vyhodnoceny. Zbylé časy uvedené v tab. 10 jsou parametry měření, které se mění přímo ve vyhodnocovací jednotce Ateq F620.

Operace tlakové zkoušky	Čas [s]
Utěsnění dílu	5,6±0,6
Tlakování vzduchem Vodní kanálky	4
Stabilizace natlakovaného vzduchu Vodní kanálky	5
Měření úniku Vodní kanálky	4,5
Vypuštění zbylého tlakovaného vzduchu Vodní kanálky	1
Tlakování vzduchem Vzduchový kanálek	4
Stabilizace natlakovaného vzduchu Vzduchový kanálek	5
Měření úniku Vzduchový kanálek	4,5
Vypuštění zbylého tlakovaného vzduchu Vzduchový kanálek	1
Odjetí ucpávek	5,7±0,5
t_{zt}	40,3±0,6

Tab. 10 Časy pro tlakovou zkoušku vzduchem pro všechny varianty strojní součásti OM654 EGR ventil

Celkový strojní čas tlakové zkoušky vzduchem t_{zt} , který je získán součtem změřených časů a časů z vyhodnocovací jednotky Ateq F620, je roven 40,3±0,6 s. Pro tlakovou zkoušku těsnosti jsou používány celkem 2 měřicí stanice. Tedy každých 20,2±0,6 s je zkontrolován právě jeden obrobek.

Čas vizuální kontroly je zaznamenán v tab. 11. Vizuální kontrola dílu zabere pracovnícím 34,0±3,8 s bez ohledu na to, jakou z variant strojní součásti OM654 EGR ventilu pracovníce kontroluje.

i	t_{vk} [s]
1	30,29
2	36,7
3	35,44
4	31,98
5	35,67
Výsledná hodnota	34,0±3,8

Tab. 11 Čas vizuální kontroly

Celkový čas, za který je na této operaci vyroben 1 ks obrobku, je roven součtu dílčích časů zahrnujících tuto operaci. Celkový čas lze stanovit dle vzorce 1:

$$t_{o,tzt,vk} = \frac{t_{c\text{ odp}}}{30} + t_o + \frac{t_{tzt}}{2} + t_{vk} \quad [1]$$

$$t_{o,tzt,vk} = \left(\frac{51,1}{30} + 13,2 + \frac{40,3}{2} + 34,0 \right) s \doteq 69,1 s$$

Celkový čas sdružené operace ofuk, tlaková zkouška těsnosti, vizuální kontrola je roven $69,1 \pm 3,8$ s.

Vícepráce

První ze dvou víceprací prováděných na variantách strojní součásti OM654 je 100% měření daných průměrů. Tato operace je dána pracovní normou, která byla určena změřením dané operace na 5 obrocích. Norma, která tak byla stanovena je $99 \text{ ks} \cdot \text{hod}^{-1}$. V rámci stanovení pracovní normy bylo přihlédnuto i k náročnosti dané operace. Měřicí trny jsou kovové a snadno může dojít k poškození obrobené plochy.

Druhá vícepráce je 100% vizuální kontrola. Zde byla pracovní norma stanovena chronometráží. Chronometráž byla provedena u 3 různých pracovních a na 50 kontrolovaných obrocích. Tedy byl měřen čas, který pracovníce potřebuje na vizuální kontrolu 50 obrobků. Následně byl tento čas pomocí přímé úměry přepočten na pracovní normu, tedy počet ks za 1 hodinu. Výsledkem je pracovní norma $99 \text{ ks} \cdot \text{hod}^{-1}$.

Mezioperační transport

Mezioperační transport zahrnuje převoz odlitků a obrobků v mezioperačních baleních manipulanty ve firmě KSM Castings. Mezioperační balení je koncipováno na založení celkem 150 ks odlitků.

První mezioperační převoz odlitků založených v mezioperačním balení se koná od prostoru operace vysokotlakého lití po sklad odlitků. Další mezioperační převoz odlitků se koná mezi skladem odlitků a operací odhrotování. Třetí cesta, kterou odlitky v mezioperačním balení musí absolvovat, je mezi operací odhrotování a operací tryskání. Následně jsou odlitky dopraveny do prostoru obrobny. Zde jsou převezeny k příslušnému CNC obráběcímu centru. Všechny časy včetně celkového času mezioperačních převozů mezioperačních balení s odlitky jsou zapsány v tab. 12. Všechny dílčí časy byly zjištěny chronometráží.

i	t _{mp1} [s]	t _{mp2} [s]	t _{mp3} [s]	t _{mp4} [s]	t _{mp5} [s]	t _{mp6} [s]
1	30,2	20,2	15,7	505,3	30,3	15,2
2	29,7	18,8	14,7	530,9	31,9	15,7
3	29,5	18,1	14,5	505,7	32,5	12,9
4	30,3	16,5	14,7	540,5	30,7	14,6
5	35,8	16,9	15,5	535,1	29,8	13,9
Výsledná hodnota	31,1±3,7	18,1±2,1	15,0±0,8	523,5±23,3	31,0±1,6	14,5±1,5

Tab. 12 Časy mezioperačních převozů dílů

Celkový čas mezioperačních převozů dílů je dán součtem dílčích časů mezioperačních převozů viz vzorec 2. Celkový čas mezioperačních převozů dílů je roven 633,2±23,3 s.

$$t_{mpc} = \sum_{i=1}^6 t_{mp_i} = t_{mp1} + t_{mp2} + t_{mp3} + t_{mp4} + t_{mp5} + t_{mp6}, \quad [2]$$

$$t_{mpc} = (31,1 + 18,1 + 15,0 + 523,5 + 31,0 + 14,5) \text{ s} = 633,2 \text{ s.}$$

2.3.2. Počty pracovníků v současném procesu výroby

V tab. 13 jsou vypsány celkové počty lidí, které jsou třeba ve všech 4 směnách k zajištění procesu současné výroby strojní součásti OM654 EGR ventilu.

	Lití a ostříh	Odhrotování	Tryskání	Obrábění	Tlaková zkouška těsnosti	Vícepráce	Celkem za směnu
Směna 1	2	2	5	2	2	4	17
Směna 2	2	2	5	2	2	4	17
Směna 3	2	2	5	2	2	4	17
Směna 4	2	2	5	2	2	4	17
Pracovníků celkem	8	8	20	8	8	16	68

Tab. 13 Počet lidí v rámci současného procesu výroby strojní součásti OM6654 EGR ventilu ve 4 směnném provozu

Celkový počet lidí potřebných pro zachování současného procesu výroby strojní součásti OM654 EGR ventilu je dán součtem všech lidí umístěných na všech operacích v rámci všech 4 směn. Celkový počet lidí, kteří zaštiťují proces výroby, je 68.

2.3.3. Ekonomické zhodnocení současného procesu výroby

Jeden pracovník pobírá roční plat cca 442.000 Kč (jedná se o přibližnou částku, která byla záměrně zkrácena kvůli ochraně firemních a osobních údajů). V rámci jedné směny od operace vysokotlakého lití po 100% vizuální kontrolu pracuje, jak bylo napsáno výše, celkem 17 lidí. Pro všechny 4 směny potřebuje firma celkem 68 pracovníků. Celkem na výdajích za platy pracovníků firma KSM Castings během současného procesu výroby zaplatí 30.560.000 Kč ročně.

V případě produkce kusů je nutné rozdělit proces na dílčí operace. Pro dílčí operace bude spočítáno, kolik se na dané operaci vyrobí kusů jedné varianty za 1 pracovní směnu, tedy za 11 hodin práce. Počty jsou získány z časů operací, nebo parametrů strojů a následného použití přímé úměry.

Operace vysokotlakého lití a ostříhu probíhá současně na 2 licích strojích. Jeden licí stroj je přiřazený pro výrobu varianty 329, druhý pro variantu 352. Každý licí stroj vyprodukuje cca 1187 ks za 11 hodin. Tedy z této operace celkem dostaneme 2374 ks za jedenáctihodinovou pracovní směnu. Odlitky zbavené vtokové soustavy jsou následně uloženy po 200 ks do mezioperačního balení a uschovány na 48 hodin z důvodu „stárnutí“ materiálu odlitku.

Operace odhrotování probíhá současně na dvou strojích. Každý stroj zpracovává jednu z variant strojní součásti OM654 EGR ventilu. Za 1 směnu, tedy za 11 hodin, je jeden stroj schopen zpracovat celkem 1434 ks. Z toho tedy vyplývá, že odhrotování je rychlejší než operace vysokotlakého lití a ostříhu. Průběžný tryskový stroj je schopen vyprodukovat až 1200 ks za 1 hodinu práce. Tedy za 11 hodin je schopný vyrobit až 13.200 otryskaných odlitků.

Operace obrábění je prováděna na 4 CNC strojích, přičemž 2 CNC obráběcí stroje jsou určeny pro variantu 329 a 2 stroje pro variantu 352. Za 1 pracovní směnu je možné obrobít cca 342 ks varianty 329 na jednom obráběcím stroji, tedy celkem 684 ks ze 2 CNC obráběcích center. Obrábění varianty 352 je pomalejší a jeden obráběcí stroj je schopný vyrobit cca 314 ks za pracovní směnu. Tedy 2 obráběcí stroje vyprodukují celkem 628 ks obrobků varianty 352.

Operace praní je univerzální pro všechny varianty strojní součásti OM654. Celkem je schopna komorová pračka vyprat 1441 ks za 11 hodin v případě, že obrobky pereme v pracích koších, do kterých se celkem dá založit 30 obrobků.

Sdružená operace ofukování, tlakové zkoušky vzduchem a vizuální kontroly je opět společná pro obě popisované varianty strojní součásti OM654. Celkem jsou pracovnice a stroje určené pro tuto operaci schopny vyprodukovat 573 ks obrobků za 11 hodin bez rozdílu varianty. Za předpokladu, že obrábění varianty 329 je o 40 s rychlejší než varianty 352, což je cca 8 % z času varianty 352, je na pracovišti operace ofukování, tlakové zkoušky a vizuální kontroly vyrobeno cca 332 ks varianty 329 a 241 ks varianty 352. Po započítání průměrné zmetkovitosti na obou dílech cca 10 % je výsledná hodnota počtu vyrobených kusů varianty 329 rovna 299 ks a varianty 352 rovna 217 ks.

V rámci obou víceprací byla momentovým pozorováním operací stanovena norma na 99 ks . hod⁻¹. Tedy za jednu směnu se na každé z víceprací zkontroluje celkem 1089 ks od každé z variant strojní součásti OM654.

Nejužším místem celé současné výroby je operace ofukování, tlakové zkoušky vzduchem a vizuální kontroly. Tato operace trvá $69,1 \pm 3,8$ s.

2.4. Shrnutí poznatků o současném procesu výroby

Současný proces výroby (viz obr. 8) strojní součásti OM654 EGR ventilu je plně závislý na lidské síle. Díky značnému lidskému faktoru dochází k chybám, které mohou mít za následek nekvalitu dílů, pomíchání jednotlivých variant strojní součásti OM654, poškození strojů, poškození nástrojů a vše může vyústit až v reklamaci podanou zákazníkem. Z těchto důvodů je potřeba eliminovat lidský faktor, a tím i zefektivnit celý výrobní proces.

Další problém, který se v současném procesu výroby strojní součásti OM654 EGR ventilu vyskytuje, jsou značné manipulační časy. Pouze převoz mezioperačních balení v součtovém čase zabere cca $633,2 \pm 23,3$ s, během kterých je mezi dílčími operacemi v mezioperačním balení převáženo celkem 150 ks odlitků. Veškerá mezioperační manipulace je prováděna lidmi, což vede k prostojům strojů, časovým ztrátám a dále pak ke značnému zvýšení únavy pracovníků. Dále každá manipulace nese za následek možnost poškození dílů.

Celkem je současný proces výroby strojní součásti OM654 EGR ventilu tvořen 7 dílčími operacemi. V rámci těchto dílčích operací je počítáno se dvěma tzv. vícepracemi. Tyto vícepráce jsou nežádoucí. Jsou to operace, které nepřidávají výrobní hodnotu a slouží pouze pro kontrolu kvality dílů, kterou nejsme schopni zajistit a zkontrolovat běžným procesem.

Během celého procesu současné výroby může docházet k poškozování výrobků vlivem neopatrné manipulace ze strany člověka. Tento nežádoucí aspekt, který značně navyšuje zmetkovitost a tedy i ztrátovost, je nutné eliminovat.

3. Experimentální část

Experimentální část DP je věnována návrhům optimalizace současného procesu výroby strojní součásti OM654 EGR ventilu a dále finálnímu návrhu optimalizace současného procesu výroby, který bude detailněji rozebrán. Nedílnou součástí experimentální části DP je ekonomické zhodnocení finálního návrhu a také porovnání se stávajícím výrobním procesem strojní součásti OM654.

3.1. Metodika experimentální části

Současný stav výroby strojní součásti OM654 EGR ventilu je velmi neefektivní. Vstupuje do něj ve značné míře lidský faktor, což vede k chybám. Tyto chyby mají za následek defekty na výrobcích, dále pak prostoje a s tím spojenou nízkou produktivitu a ekonomické ztráty. Dalším problémem jsou manipulační dráhy a časy. Veškerá manipulace s obrobky je prováděna lidmi. Praktická, neboli experimentální část této DP, se zabývá návrhy pro optimalizaci výroby strojní součásti OM654 EGR ventilu. Celkem jsou navrženy 3 způsoby optimalizace výrobního procesu. Všechny tři navržené výrobní procesy jsou zhodnoceny z hlediska:

1. výrobních časů,
2. počtu lidí vstupujících do procesu výroby,
3. ekonomického faktoru.

Výrobní časy jsou určeny několika metodami. První z nich je určení časů z parametrů stroje nebo zařízení. Druhá metoda je určení časů z časů kalkulovaných. Kalkulované časy jsou časy určené v předprojektové fázi výroby. Třetí metoda pro získání výrobních časů je využití chronometráže. Chronometráž je metoda měření pomocí stopek. Chronometráž je použita v případě, že je zařízení, stroj, nebo pracoviště z daného návrhu optimalizace již v provozu. V rámci chronometráže bude použito tzv. momentové pozorování, což je měření pouze určitého úseku výrobního procesu daného stroje, zařízení nebo pracovníka na pracovišti. V případě měření chronometráží bude každá operace změřena celkem 5x a následně proběhne statistické vyhodnocení dle normy ČSN ISO 2602. Pomocí této normy bude určena střední hodnota měření a odchylka měření. Výsledky budou zaneseny v tabulkách.

Celkovým výstupem této DP bude navržení neoptimalnějšího řešení procesu výroby strojní součásti OM654 EGR ventilu. Dále bude uvedeno stanovisko firmy, ke které z variant se společnost KSM Castings přiklonila, tedy která z variant byla dle společnosti

neoptimálnější. Tento proces výroby bude na závěr porovnán se současným stavem výroby, a to včetně ekonomického zhodnocení.

3.2. Návrhy optimalizace výrobního procesu

Optimalizace výrobního procesu strojní součásti OM654 je nezbytná z důvodu omezení lidského faktoru, který vstupuje do výrobního procesu. Dále je třeba zrychlit časy dílčích operací a zkrátit manipulační dráhy. Velmi důležitým aspektem, proč je nutná optimalizace stávajícího výrobního procesu, je snížení nebo úplné zrušení víceprací, které jsou ve stávajícím procesu obsaženy. Jedná se o 100% vizuální kontrolu a 100% měření daných průměrů. Optimalizace stávajícího výrobního procesu má také přinést zlepšení kvality vyráběných dílů, tedy snížení možnosti mechanického poškození, nebo zamezení nevykonání některé z dílčích operací (tlaková zkouška vzduchem, kalibrace daných průměrů,...).

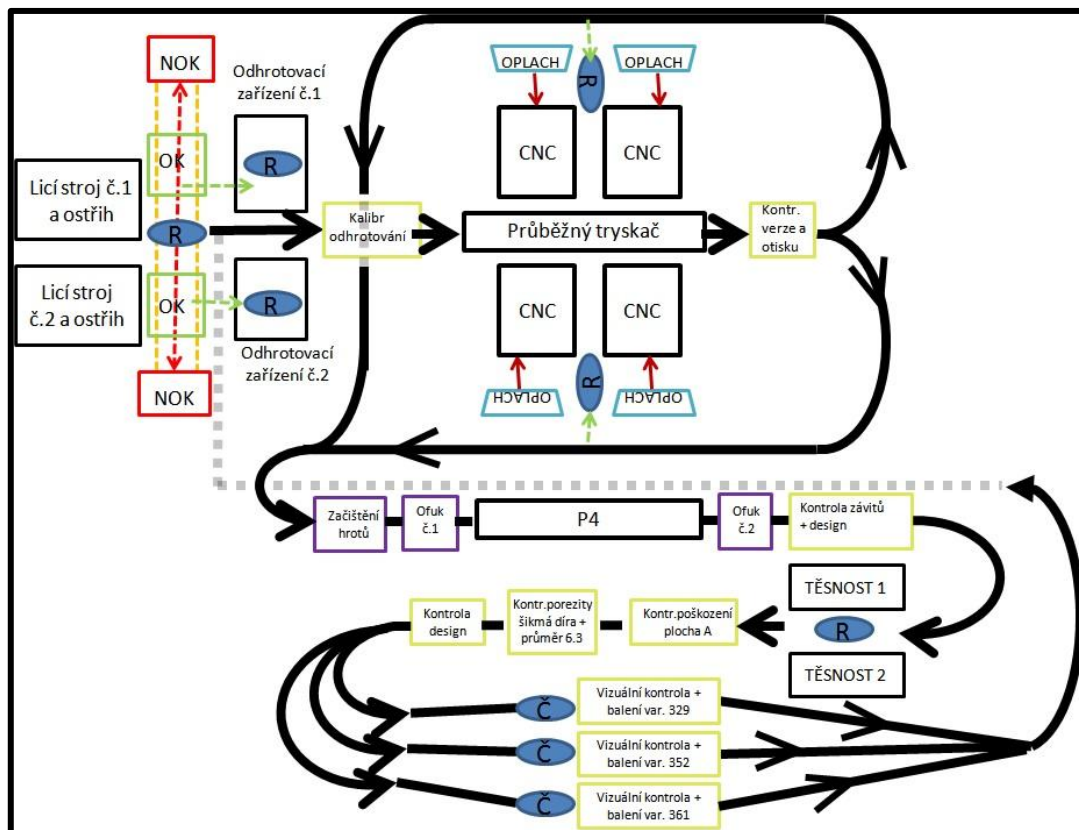
V následujících podkapitolách budou navrženy celkem 3 možnosti pro optimalizaci současného stavu výroby. Následně bude vybrán nejvýhodnější optimalizovaný proces, který bude porovnán se současným stavem.

3.2.1. Návrh č. 1

Návrh č. 1 zahrnuje automatizování celého procesu výroby strojní součásti OM654. Tedy procesu začínajícím vysokotlakým litím slitiny hliníku DIN230 a končícím finální kontrolou. Návrh celého procesu je na obr. 11. Celý tento návrh počítá se stavbou nové výrobní haly, do které by byla celá automatická linka umístěna.

V procesu výroby v návrhu č. 1 je počítáno s výrobou strojní součásti OM654 v rámci jedné automatické linky, která zahrnuje operace slévárenské, apretážnické, obráběčské i kontrolní.

Na začátku celého procesu výroby je tlakové lití, které je prováděno na 2 licích strojích. Oba licí stroje jsou stejně jako v současném procesu výroby obsluhováni robotem. Ke každému licímu stroji přísluší jednoúčelové zařízení, tzv. ostřih. Ostřih automaticky odstraňuje vtokovou soustavu a soustavu pro odvzdušnění odlitku. Ostřižené odlitky jsou prohazovány skluzem pomocí robota.



Obr. 11 Schéma návrhu č. 1

Skuzem od licího stroje se odlitky dostávají do prostoru robota, který je zakládá do 2 jednoúčelových odhrotovacích strojů. V každém odhrotovacím stroji je robotické rameno s nástrojem pro odstranění plen a ostrých hrotů. Z odhrotovacího stroje jsou apretované odlitky robotem vkládány na dopravník do linky.

Na začátku dopravníku je automatické kalibrování daných přelitých průměrů. Po kalibraci následuje operace tryskání, která je prováděna na průběžném tryskači Rössler. Tryskání má za cíl dosáhnout na odlitku požadované drsnosti povrchu a odstranit povrchové slévárenské vady. Po výjezdu z průběžného tryskacího stroje následuje kontrola varianty.

Kontrola varianty před obráběním je důležitá z hlediska toho, k jakému CNC obráběcímu stroji bude odlitek přiveden. Pro obrábění v lince jsou využity celkem 4 CNC obráběcí centra BA322 (viz obr. 9). Každá 2 obráběcí centra jsou obsluhována robotem ABB. Jak již bylo napsáno dříve, kontrolou verze se dosáhne rozhodnutí, k jakému ze 4 CNC bude odlitek přiveden. Následně je odlitek robotem odebrán z dopravníku a vložen do obráběcího přípravku pro 1. obráběcí operaci. Po skončení 1. obráběcí operace jsou obrobky z přípravku vyjmuty, nahrazeny dalšími odlitky a vloženy do automatického splachovacího zařízení. Následně jsou obrobky vloženy do přípravku pro druhou obráběcí operaci. Po jejím skončení jsou hotové obrobky vloženy robotem zpět na dopravník linky.

Hotové obrobky jsou dopravníkem dopraveny k jednoúčelovému stroji, který je určen pro odstranění hrotů napříč celým obrobkem, které nejsme schopni odstranit v CNC stroji. Následuje automatické ofukování odhrotovaného obrobku. Obrobky po odhrotování putují na dopravníku do průběžné pračky. Na konci pračky je nainstalováno automatické ofukovací zařízení, které má za úkol odstranit z dílu třísky, které vznikly obráběním.

Tlaková zkouška těsnosti je prováděna na dvou měřicích stanicích, které jsou obsluhovány robotem. Obrobky, které byly vyhodnoceny tlakovou zkouškou těsnosti jako OK, jsou následně robotem odloženy na dopravník. Na něm jsou nainstalovány automatické kontroly mechanického poškození obrobených ploch a kontroly porozity v daných oblastech. Následuje kontrola rozlišení variant. Kontrola varianty určí pracoviště finální kontroly, kam je obrobek dopravníkem dopraven.

Na pracovišti pro finální kontrolu jsou umístěny celkem 3 pracovnice. Pracovnice kontroly mají za úkol zkontrolovat díl na vady, které nebylo možné zkontrolovat v automatické lince. Hotové obrobky jsou následně baleny do expedičního balení.

Výhody

Tento návrh počítá se zavedením plně automatické linky, do které vstupuje lidský faktor pouze na jejím konci. Díky tomuto návrhu je možné eliminovat následující příčiny nekvality:

- a) možnost pomíchání variant na konci celého procesu,
- b) možnost mechanického poškození vlivem nevhodné manipulace,
- c) založení špatné varianty do CNC obráběcího centra,
- d) nezkontrolování porozity na daných plochách,
- e) eliminace výskytu třísek.

Tento proces výroby dále potřebuje pro svůj chod pouze 3 pracovnice finální kontroly na 1 směně. Tedy z celkového počtu 67 pracovníků, kteří jsou v současném procesu výroby potřeba ve 4 směnách, se v procesu výroby v mém návrhu č. 1 počítá s 12 pracovníky. Dojde tedy k úspoře pracovní síly o 55 pracovníků, což přinese značné úspory z hlediska výdajů na mzdy pracovníků. Přibližná uspořená částka za mzdy pracovníků činí 24.310.000 Kč za jeden pracovní rok.

Nevýhody

Značnou nevýhodou celého procesu návrhu č. 1 je nutnost postavit zcela novou výrobní halu, do které by tato linka byla umístěna. Se stavbou nové výrobní haly jsou spojeny nejen velké investice, ale také nutnost povolení příslušných úřadů.

Další velkou nevýhodou je spojení tzv. špinavé zóny slévárny s čistou zónou obrobny. Vysokotlakým litím, odhroťováním a tryskáním odlitků se do ovzduší uvolňuje velké množství prachu a jiných nečistot. Tyto nečistoty by se mohly následně dostat na čisté obrobky na finální kontrole a kontaminovat je. Z důvodu nutnosti kontrolovat statisticky obrobky na zbytkové nečistoty není možné kombinovat „čistou“ zónu kontroly se „špinavou“ zónou výroby, a to zejména výroby slévárenské a apretážnické po vysokotlakém lití.

Shrnutí

Návrh optimalizace výroby strojní součásti OM654 EGR ventilu č. 1 nebyl vedením společnosti KSM Castings přijat v samotném zárodku, a to zejména z důvodu nutnosti stavby nové výrobní haly. Z tohoto důvodu nebyl návrh č. 1 detailněji rozebírán a byl zástupcům společnost KSM Castings představen pouze jako možný koncept.

3.2.2. Návrh č. 2

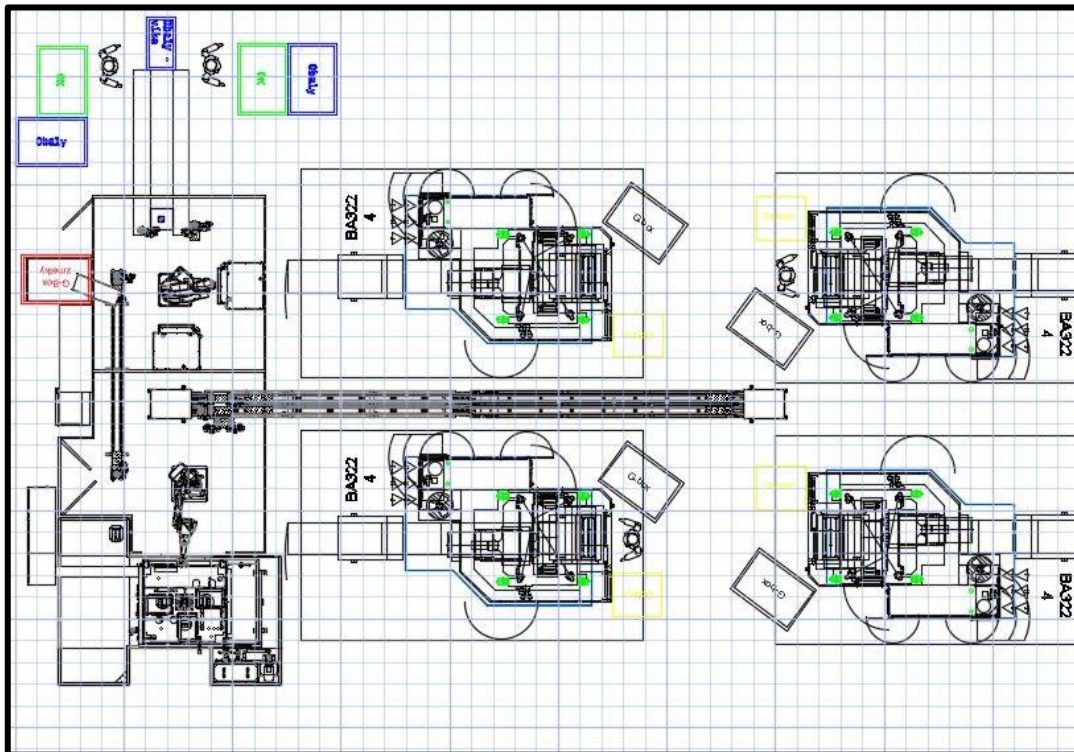
Navržená optimalizace výrobního procesu strojní součásti OM654 v návrhu č. 2 (viz obr. 12) je zaměřena na výrobní proces pouze v rámci obrobny. Proces výroby v prostorách slévárny je ponechán v režimu současné výroby.

V rámci konceptu č. 2 je navržena v prostorách obrobny automatická linka, která má za cíl částečně eliminovat lidský faktor, který na obrobně ve značné míře vstupuje do celého procesu výroby. Snížení vlivu lidského faktoru má přinést snížení defektů na obrobkách, které vznikají lidskou chybou (mechanická poškození, neprovedené operace, atd.). Dále by pak došlo k zefektivnění mezioperační dopravy, a to zejména snížením vzdálenosti mezioperační dopravy, zrušením mezioperační dopravy prováděné lidmi (převoz obrobků v pracích koších) a snížením manipulace s obrobky v rámci jednotlivých dílčích operací prováděných na obrobně. Zavedením linky v návrhu č. 2 by v konečném důsledku mělo dojít ke zrušení operace 100% vizuální kontroly.

Na vstupu do linky jsou 4 CNC obráběcí centra BA322. Tato CNC obráběcí centra jsou postavena ve dvou řadách naproti sobě. Každá dvě CNC obráběcí centra jsou obsluhována jedním operátorem CNC strojů. Tedy pracoviště pro operaci obrábění je rozděleno na 2 víceobslužná pracoviště.

Od CNC obráběcích center, resp. mezi CNC stroji, jsou vedeny 2 vstupní dopravníky. Oba dopravníky jsou tvořeny dvěma drahami, které jsou umístěny nad sebou. Vrchní dráha slouží k transportu hotových obrobků z pracoviště obrábění na následující pracoviště, pracoviště praní. Transport obrobků je zajištěn pomocí paletků umístěných na obou vstupních

dopravnících. Každá paletka je koncipována pro založení 4 obrobků z CNC stroje, což koresponduje se 4 základními pozicemi do obráběcího přípravku v CNC stroji. Dopravníky slouží pro mezioperační dopravu mezi pracovištěm pro obrábění a pracovištěm pro praní obrobků.



Obr. 12 Layout návrhu č. 2

Pracoviště pro praní obrobků je tvořeno rotační pračkou BVL Twister RT 200-2T (viz obr. 13) od společnosti BVL Oberflächentechnik. Tato pračka je společností BVL Oberflächentechnik speciálně navržena právě pro tuto linku a jedná se o první pračku tohoto druhu vyrobenou ve společnosti BVL Oberflächentechnik. Pračka je rozdělena do 4 oddělených komor. První komora slouží pro nakládání a vykládání obrobků. Druhá komora slouží pro „mytí“ obrobků. Na komoru pro „mytí“ navazuje komora pro oplachování obrobků od mycí emulze a jako poslední je komora pro sušení obrobků ofukováním vzduchem. Rotační pračka je koncipována pro nakládání 3 obrobků. Současně může být v pračce umístěno 12 obrobků rozmístěných do 4 oddělených komor. Rotační pračka je obsluhována robotem. Robot zde slouží k manipulaci s obrobky, resp. k vykládání vstupního dopravníku a nakládání pračky, a dále pak k vykládání pračky a nakládání vypraných obrobků na mezioperační dopravník, který vede z pracoviště pro praní obrobků na pracoviště pro tlakovou kontrolu vzduchem.



Obr. 13 Rotační pračka BVL TWISTER RT 200-2T [10]

Pracoviště pro tlakovou zkoušku vzduchem je tvořeno 2 měřicími stanicemi. Obě měřicí stanice jsou obsluhovány robotem. Obrobky jsou na toto pracoviště dopravovány mezioperačním dopravníkem. Z mezioperačního dopravníku jsou jednotlivé obrobky odebírány robotem, který zakládá obrobky do měřicích stanic. Změřené obrobky, které jsou OK, jsou robotem odebírány a následně odkládány na výstupní pásový dopravník. Obrobky, které vyjdou v rámci tlakové zkoušky vzduchem jako NOK, jsou robotem z měřicí stanice odebrány a následně prohozeny skluzem do bedny s NOK díly.

Poslední operací v automatické lince je vizuální kontrola. Vizuální kontrola je plně v režii lidí. Na konci linky jsou 2 výstupní dopravníky. Každý ze dvou dopravníků je určený pro jinou ze 3 variant strojní součásti OM654 EGR ventilu. Na výstupu z každého dopravníku je jedna pracovnice kontroly, která má za úkol vizuálně zkontrolovat celý díl dle specifikací určených danou dokumentací.

Tento návrh nepočítá se zrušením víceprací, tedy 100% měřením. Vícepráce 100% vizuální kontrola je díky zavedení tohoto procesu výroby zrušena. Celý tento návrh by měl v rámci obrobny zrychlit manipulační časy. Dále pracovnice kontroly vykonávají pouze vizuální kontrolu, bez dalších přidaných úkonů.

V automatické lince v návrhu č. 2 není možné vyrábět 3. z variant strojní součásti OM654 EGR ventilu. Jedná se o problém, který vznikne až v rámci operace tlakové zkoušky vzduchem. Jak je napsáno v popisu strojní součásti OM654, varianta 361 má menší průměr zakládacích děr do měřicích stanic. Tento fakt by mohl mít za následek zničení měřicích stanic vlivem nabourání ucpávacích výplní, poškození robota obsluhujícího měřicí stanice atd.

Výhody

Největší výhodou optimalizace popsané v návrhu č. 2 oproti současnému procesu výroby je zrušení jedné z víceprací, resp. zrušení 100% vizuální kontroly. Díky tomu se uspoří 2 pracovnice kontroly v rámci jedné pracovní směny, tedy celkem 8 pracovníků v rámci 4 pracovních směn. Další výhodou je eliminace manipulace, kterou zajišťují lidé. Většina mezioperační manipulace je zajišťována dopravníky a roboty. Mezi další výhody procesu v návrhu č. 2 patří zrychlení celého procesu a s tím spojená větší produktivita.

Nevýhody

Největší nevýhodou procesu popsaného v návrhu č. 2 je samotná rotační pračka BVL Twister RT 200-2T (viz obr. 13). Jedná se o prototyp od společnosti BVL Oberflächentechnik. S tím jsou spojené možné problémy s provozem a postupná inovace tohoto stroje.

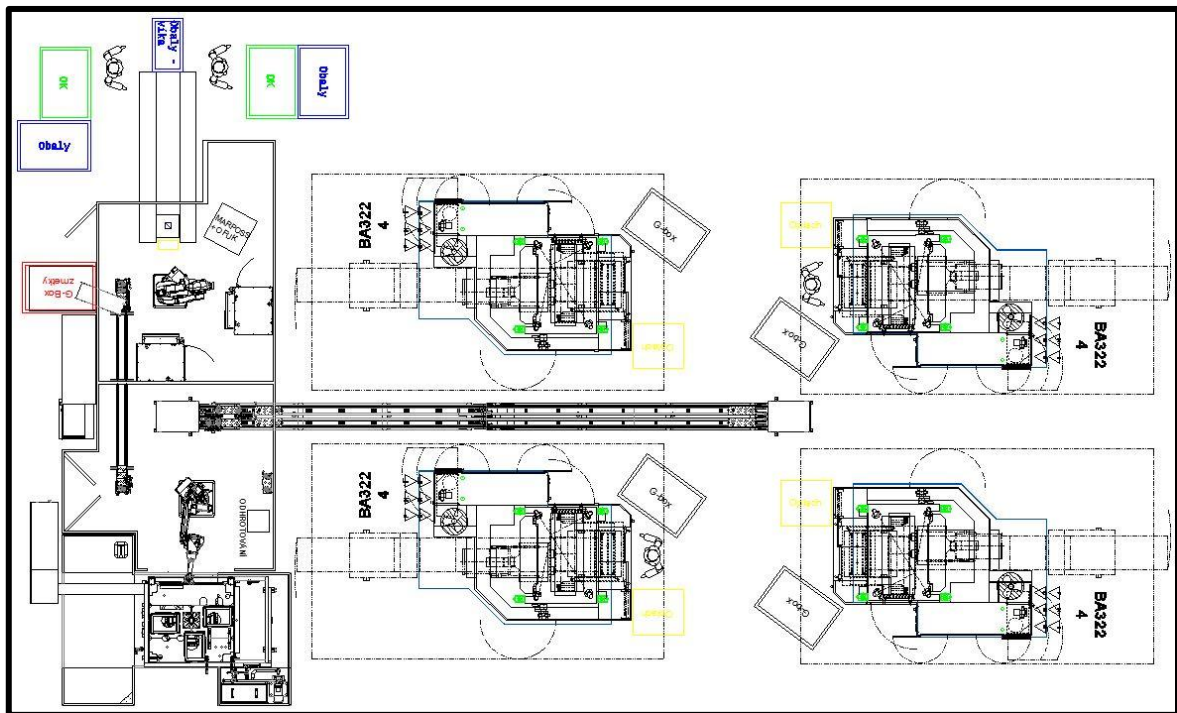
Další nevýhoda, která je taktéž spojena s rotační pračkou, je rozdíl v počtu zakládacích míst pro obrobky v pračce a na paletkách, které jsou umístěny na vstupním dopravníku. Do rotační pračky se dají založit pouze 3 obrobky v rámci jedné zakládací pozice. Oproti tomu na paletkách jsou umístěny 4 obrobky, což koresponduje se 4 obrobky, které jsou obrobny v CNC strojích. Z tohoto důvodu je nutno odkládat 4. obrobek z paletky na odkládací stůl.

Shrnutí

Výrobní proces popsaný v návrhu č. 2 se týká optimalizace současného výrobního procesu v rámci obrobny společnosti KSM Castings. V návrhu č. 2 je počítáno se zavedením automatické linky. Automatická linka by měla zefektivnit celý proces obrábění 2 variant strojní součásti OM654 EGR ventilu (varianty 329 a 352, viz obr. 4). Zavedením automatické linky bude dále docíleno zrušení jedné operace v rámci procesu výroby. Bude zrušena 100% vizuální kontrola obrobků, která je v procesu výroby nežádoucí.

3.2.3. Návrh č. 3

Návrh č. 3 je optimalizací návrhu č. 2. V rámci návrhu č. 3 je do linky z návrhu č. 2 implementováno automatické odhroťování a dále automatické měření průměrů. Odhroťování je prováděno pomocí kulové frézy, která je upevněna do pneumatické přímé brusky. Odhroťování má za cíl odstranit hroty v hraně mezi průměry 34H7 a 8H7 (viz obr. 7). Automatické měření průměrů má za cíl zrušit 100% měření daných průměrů, které v současném procesu výroby provádí 2 pracovníci. Layout návrhu č. 3 je na obr. 14.



Obr. 14 Layout návrhu č. 3

Přidáním nových zařízení nedojde ke snížení výrobní kapacity linky. Obě dvě nově přidaná zařízení jsou projektovaná tak, aby jejich cyklový čas nenarušoval chod celé linky a nijak ji nezpomaloval.

Díky přidání odhrotování se sníží potenciální riziko výskytu hrotů po obrábění na daném přechodu průměrů. Dále se uleví obsluhám CNC strojů, které tyto hroty doposud musí ručně strhávat. Kvůli ručnímu strhávání hrotů dochází k riziku trvalého pracovního úrazu vlivem nadměrné zátěže. 100% automatické měření daných průměrů má za cíl zrušit víceprací 100% měření daných průměrů. Díky této optimalizaci se oproti návrhu č. 2 sníží počet pracovníků o 2. Tito lidé byli doposud potřební právě pro 100% manuální měření daných průměrů.

Výhody

Mezi výhody výrobního procesu v návrhu č. 3 patří možnost zrušení všech víceprací rámci procesu výroby v prostorách obrobny. Všechny operace, které se dělaly mimo linku, byly přesunuty do linky. Díky zrušení všech víceprací dojde ke značné úspoře pracovníků v rámci procesu výroby strojní součásti OM654.

Další výhodou tohoto procesu výroby je přesunutí začišťování hrotů po obrábění do linky. Díky tomu se eliminuje riziko vzniku nemoci z povolání, resp. se sníží na minimum svalová zátěž, kterou pociťuje operátor CNC stroje.

Nevýhody

Nevýhody procesu popsaného v návrhu č. 3 jsou stejné jako u návrhu č. 2.

Shrnutí

Předložený návrh počítá se zavedením zejména automatického měření do linky uvedené v návrhu č. 2. Díky tomuto měření dojde k úplnému zrušení všech víceprací, které jsou na strojní součásti OM654 resp. na jejích variantách prováděny. Díky tomu dojde ke značné úspoře pracovníků a dále pak ke zrychlení celého procesu výroby. Díky automatickému odhrotovacímu zařízení je přesunuto ruční začišťování dovnitř automatické linky. Dojde tak k zefektivnění výroby, eliminaci možného přeskočení tohoto začištění člověkem a v neposlední řadě k eliminaci možného poškození, ke kterému může dojít při neopatrné manipulaci či přímo při ručním začištění hrotem po obrobení.

4. Diskuze výsledků

Hlavním cílem této DP byl návrh neoptimálnějšího výrobního procesu strojní součásti OM654 ve společnosti KSM Castings. Pro dosažení tohoto cíle bylo nutné stanovit, čeho by se mělo optimalizací současného výrobního procesu dosáhnout. Následně bylo nutné určit metodiku pro stanovení nebo změření parametrů pro porovnání optimalizovaného výrobního procesu se současným procesem výroby.

Základní informace o současném výrobním procesu jsou obsaženy v kapitole 2. Kapitola obsahuje informace o samotné strojní součásti OM654 (podkapitola 2.2), dále je zde detailně popsán výrobní proces (podkapitola 2.3). V rámci popisu procesu výroby jsou uvedeny časové studie operací (podkapitola 2.3.1), počty pracovníků (podkapitola 2.3.2) a ekonomické zhodnocení (podkapitola 2.3.3). Finální shrnutí poznatků o současném procesu výroby strojní součásti OM654 EGR ventilu je v podkapitole 2.4.

Experimentální část DP je popsána v kapitole 3. V rámci popisu experimentální části DP je v podkapitole 3.1 napsána metodika experimentální části. Podkapitola 3.2 a dílčí podkapitoly 3.2.1 až 3.2.3 jsou věnovány popisu návrhů optimalizace současného výrobního procesu strojní součásti OM654 EGR ventilu.

Celkem byly v rámci DP navrženy 3 optimalizace současné výroby strojní součásti OM654 EGR ventilu. První návrh představil komplexní automatickou linku, která zahrnovala operace od tlakového lití po finální kontrolu obrobků. Celý proces mimo finální kontrolu obrobků byl plně automatizován a lidská síla byla nahrazena roboty. Manipulace byla obstarávána dopravníky. Od tohoto návrhu bylo ustoupeno z důvodu nutnosti stavby nové výrobní haly a propojení „špinavého“ procesu slévárenských a apretážnických operací s „čistými“ operacemi obrábění a dokončovacích operací po obrábění.

V návrhu č. 2 byla navržena automatická linka v prostoru obrobny. Tato linka byla navržena tak, aby byla minimalizována mezioperační manipulace s obrobky, kterou v současném procesu výroby zajišťují lidé. Dále byla tato automatická linka navržena pro zrušení jedné z víceprací, které jsou v současném procesu výroby strojní součásti OM654 EGR ventilu prováděny.

Návrh č. 3 byl optimalizací návrhu č. 2. V něm bylo počítáno s automatickou linkou z návrhu č. 2, která byla doplněna o 2 jednoúčelová zařízení. Prvním z nich bylo zařízení pro odstraňování hrotů, které vznikají na obrobkách během obrábění. Druhé jednoúčelové zařízení byl automatický ofukovací stroj pro odstranění třísek z obrobků. Toto zařízení také měří

předem určené průměry. Díky tomuto návrhu by byly zrušeny všechny vícepráce, které v současném procesu výroby strojní součásti OM654 jsou vykonávány.

V rámci získaných poznatků byl navržen finální návrh optimalizace současného výrobního procesu strojní součásti OM654 EGR ventilu. Finální návrh optimalizace je detailněji popsán v následujících podkapitolách.

4.1. Detailní popis finálního návrhu optimalizace současného výrobního procesu

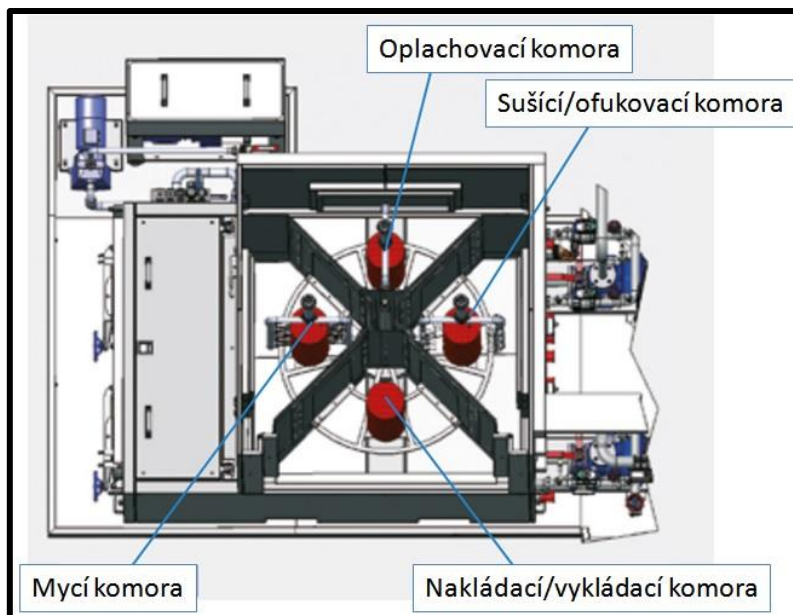
Ze všech 3 návrhů pro optimalizaci výroby strojní součásti OM654 EGR ventilu byl nakonec vybrán návrh č. 2. Ten zahrnuje optimalizaci výroby pomocí automatické linky v prostorách obrobny, proces výroby v rámci slévárny je stejný jako v režimu současné výroby. Jako dodavatel linky byla zvolena jihočeská společnost Montekord. Layout celého návrhu je na obr. 12. Automatická linka z finálního návrhu č. 2 je rozdělena celkem na 4 sekce.

Na vstupu do automatické linky, tedy v první sekci, jsou umístěna 4 CNC obráběcí centra BA322 a jedná se o pracoviště obrábění. Tato obráběcí centra jsou obsluhována 2 operátory. Každý operátor obsluhuje právě 2 CNC obráběcí centra. Od obráběcích center jsou vedeny 2 dopravníky. Oba dopravníky jsou tvořeny 2 drahami, které jsou umístěny nad sebou. Vrchní dráha slouží pro dopravu od CNC strojů, spodní naopak zpět k CNC strojům. Na každém z dopravníků jsou umístěny 4 paletky. Na každou z paletků se dají umístit celkem 4 obrobky, což koresponduje s počtem kusů na obráběcím přípravku.

Druhá sekce je přiřazena operaci praní. Pracoviště operace praní je plně automatizováno. Je tvořeno vstupními dopravníky, které dopravují obrobky od CNC strojů, dále robotem, rotační pračkou a mezioperačním dopravníkem. Rotační pračka je tvořena 4 komorami (viz obr. 15). Obrobky jsou do pračky zakládány do speciálních držáků, tzv. stromečků. Celkem jsou v pračce 4 stromečky, které jsou na jednom rotujícím rámu. Tento rám se otáčí o 90° tak, aby v každé z komor byl právě jeden stromeček. Každý stromeček je pro 3 obrobky.

Jak již bylo napsáno výše, pračka je tvořena 4 komorami. První z komor je komora pro nakládání a vykládání obrobků ze stromečku na stromeček. O 90° nalevo je umístěna komora pro mytí obrobků. Mytí obrobků je prováděno pomocí rotujícího rámu trysek. Následuje komora pro oplachování obrobků od mycí emulze. Oplachování je stejně jako mytí

prováděno rotujícím rámem trysek. Poslední z komor je komora pro sušení obrobků. Obrobky jsou sušeny pomocí tlakového vzduchu, který je přiváděn do rotujícího rámu trysek.



Obr. 15 Schéma rotační pračky BVL TWISTER RT 200-2T [10]

Pračka vykonává celkem 3 nezávislé operace najednou. V jeden okamžik je prováděno mytí obrobků, oplachování obrobků a sušení obrobků. Po skončení všech operací v rámci jednoho cyklu (mytí, oplachování, sušení) se otočí celý rám, na kterém jsou umístěny 4 „stromečky“. Po otočení celého rámu o 90° jsou cykly pračky spuštěny znovu.

Robot v prostoru pro praní obrobků provádí manipulaci s obrobky. Jako nástroj má 2 chapadla pro nabírání obrobků. Jedno z chapadel slouží pro nabírání „špinavých“ obrobků, druhé chapadlo slouží pro nabírání čistých obrobků. Na začátku cyklu se robot nejprve otočí ke vstupnímu dopravníku a odebere z paletky „špinavý“ obrobek. Následně se otočí k nakládací/vykládací komoře rotační pračky. Z té nejprve vyndá jeden kus, který je založen na jedné z pozic „stromečku“. Následně na volnou pozici ve stromečku založí „špinavý“ obrobek. Vypraný obrobek následně po otočení vloží na jednu z pozic mezioperačního dopravníku. Z důvodu možnosti vložení pouze 3 obrobků na stromeček v pračce, bylo nutné do prostoru operace praní umístit odkládací stolek se 3 pozicemi pro „špinavé“ obrobky. Tento stolek slouží pro odložení 4. obrobku z paletky na vstupním dopravníku. Po naplnění odkládacího stolku, jsou z něj obrobky robotem odebírány a vkládány do pračky.

Mezioperační dopravník je tvořen separátními odkládacími pozicemi. Mezioperační dopravník je tvořen celkem 69 základními pozicemi. Tyto pozice na dopravníku rotují. Proto je možné umístit na dopravník maximálně 30 obrobků.

Třetí část linky je tvořena 2 stanicemi pro tlakovou zkoušku vzduchem, mezioperačním dopravníkem, robotem a 2 výstupními dopravníky. Mezioperační dopravník je tvořený samostatnými základními pozicemi. Celkem je možné najednou na dopravník položit 30 obrobků. Na výstupu z dopravníku je umístěno pyrometrické čidlo, které měří teplotu obrobků. Dle teploty obrobků se následně spouští příkon dmyhadla, které je umístěno v tunelu na mezioperačním dopravníku. Toto dmyhadlo vhání do tunelu vzduch, který chladí obrobky jdoucí z pračky. Na výstupu z dopravníku mají obrobky teplotu viz tab. 14.

i	Teplota [°C]
1	38,9
2	39,3
3	38,1
4	38,7
5	39,9
Výsledná hodnota	39,0 ± 0,9

Tab. 14 Teplota obrobků na konci mezioperačního dopravníku

Z mezioperačního dopravníku jsou obrobky odebírány robotem. Stejně jako robot pro obsluhu rotační pračky tak i robot v prostoru operace tlakové zkoušky vzduchem má za nástroj 2 chapadla. Jedno chapadlo sloužící pro nabírání obrobků z mezioperačního dopravníku, druhé chapadlo pro odebírání zkontrolovaných obrobků ze stanice pro tlakovou zkoušku vzduchem. Zkontrolované nebo jinak vytěsněné obrobky jsou následně robotem odloženy na jeden z výstupních dopravníků. Každý dopravník je určený právě pro jednu z variant strojní součásti OM654. Rozlišení variant probíhá v měřicích stanicích, a to dle rozdílů popsaných v kapitole 2.2. Z důvodu rozdílného průměru obou základních otvorů do stanic pro tlakovou zkoušku vzduchem (viz obr. 6) není možné v lince těsnit variantu 361, a tedy není možné v rámci automatické linky variantu 361 vyrábět.

Poslední sekce automatické linky je na konci výstupních dopravníků. Poslední operací, která je na lince prováděna, je vizuální kontrola. Vizuální kontrola je prováděna lidmi, resp. dvěma pracovníky. Každá z pracovníků kontroluje právě jednu variantu strojní součásti OM654. Pracovníci kontroly musí zkontrolovat celý díl a to jak obrobené, tak i odlitkové části. Kontrola probíhá dle předem stanovených kritérií, které jsou zaznamenány buď v interní dokumentaci, nebo jsou pro dané vady vytvořeny hraniční díly s maximální možnou vadou. Po vizuální kontrole jsou OK obrobky vkládány do expedičního balení.

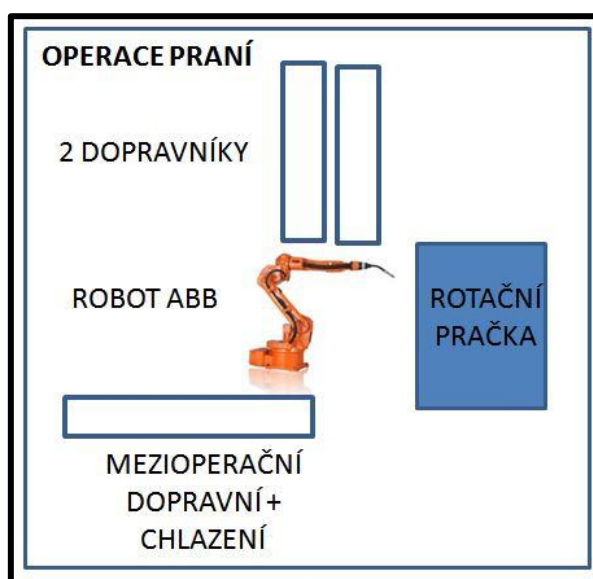
V rámci finálního návrhu došlo k redukci víceprací ze dvou na jednu. Díky zavedení automatické linky byla zrušena 100% vizuální kontrola. Víceprací, která nebyla eliminována,

je 100% měření daných průměrů a to průměrů 34H7, 8H7 a 6X7, viz obr. 7. Pro tuto operaci jsou vyčleněny 2 pracovnice. Každá z nich měří právě jednu z variant strojní součásti OM654 EGR ventil.

4.2. Ekonomické zhodnocení finálního návrhu

Náklady

Náklady spojené s návrhem č. 2 jsou tvořeny především cenou za vybavení pro automatickou linku. Do pořizovacích nákladů se nezapočítávají ceny obráběcích strojů a měřicích zařízení pro tlakovou zkoušku vzduchem. Všechny tyto stroje a zařízení jsou již v současném procesu výroby, nebylo tedy třeba kupovat je jako nová zařízení. Naopak byly do nové automatické linky potřeba koupit 2 vstupní dopravníky, rotační pračka, 2 roboti, mezioperační dopravník včetně zařízení potřebných pro chlazení obrobků a 2 výstupní dopravníky.



Obr. 16 Schéma operace praní návrh č. 2

Investice spojené s operací praní jsou zaznamenány v tab. 15 a týkají se zařízení, viz schéma na obr. 16. Tedy pro operaci praní jsou koupeny 2 vstupní dopravníky, které dopravují obrobky od CNC strojů směrem k pračce. Dále je koupen robot, který obsluhuje rotační pračku, a také rotační pračka a jako poslední je koupen mezioperační dopravník včetně potřebného vybavení pro chlazení obrobků.

Zařízení	Cena [KČ]
Robot	650.000
Rotační pračka	4.199.000
2 vstupní dopravníky + mezioperační dopravník + chlazení	3.716.154

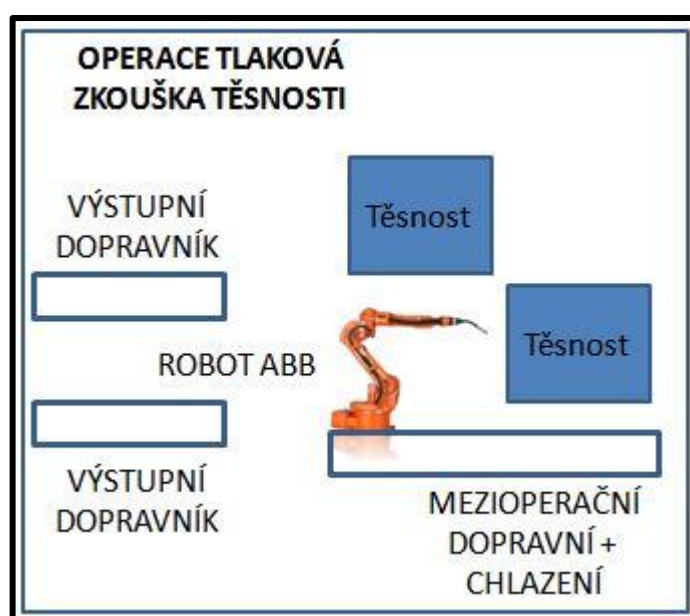
Tab. 15 Ceny zařízení pro operaci praní

Další zařízení, která jsou potřeba pořídit do automatické linky, jsou na pracovišti pro tlakovou zkoušku vzduchem (viz schéma na obr. 17). Zde jsou koupeny 2 výstupní dopravníky a robot ABB. Pořizovací částky jsou zapsány v tab. 16.

Zařízení	Cena [KČ]
Robot	650.000
2 výstupní dopravníky	974.948

Tab. 16 Ceny zařízení pro tlakovou zkoušku vzduchem

Celkové náklady spojené s pořízením nových zařízení do automatické linky jsou 10.190.102 Kč. Tyto náklady jsou včetně montáže, programování a přidružených komponentů linky jako jsou elektronika, kabeláž, pneumatika apod.



Obr. 17 Schéma operace tlaková zkouška těsnosti návrh č. 2

Náklady spojené s lidmi jsou zaznamenány v tab. 17. Jedná se o platové náklady spojené s jedním člověkem potřebným v procesu výroby v rámci jedné směny v návrhu č. 2. Cena jednoho pracovníka je počítána dle přibližného průměru firmy. Do ceny jsou započteny i odvody státu, které firmy musí za každého pracovníka zaplatit. Finance jsou počítány na jeden kalendářní rok. Do výpočtu jsou zahrnuti pracovníci napříč celým procesem výroby (od slévárny po 100% měření daných průměrů).

Typ pozice	Cena [KČ]
Operátor licího stroje	442.000
Operátor odhrotovacího stroje	442.000
Operátor průběžného tryskače	442.000
Operátor CNC	442.000
Pracovnice kontroly	442.000
Pracovník/pracovnice kontroly pro 100% měření daných průměrů	442.000

Tab. 17 Výdaje spojené s lidskou silou

Pro výrobu v návrhu č. 2 je zapotřebí celkem 15 lidí v 1 směně. V případě společnosti KSM Castings je zavedená 12hodinová směnová výroba. Tedy jsou zapotřebí celkem 4 směny pro výrobu. Celkem je pro výrobu v návrhu č. 2 potřebných 60 pracovníků, tedy 8 operátorů licích strojů, 8 operátorů odhrotovacích strojů, 20 operátorů průběžného tryskače, 8 operátorů CNC strojů, 8 pracovníků pro vizuální kontrolu a 8 pracovníků/pracovnic pro 100% měření daných průměrů. Celkové náklady na lidskou sílu počítané na 1 kalendářní rok jsou 26.520.000 Kč.

Poptávky obrobků

V tab. 18 jsou vypsány počty poptávaných kusů jednotlivých variant strojní součásti OM654 EGR ventilu. Množství poptávaných výrobků je od roku 2020 (zahájení provozu linky) do roku 2024. V tab. 18 není zaznamenána varianta 361, která nemůže být vyráběna na automatické lince.

	2020	2021	2022	2023	2024
Varianta 329	464.701	477.419	469.707	347.037	234.286
Varianta 352	233.950	155.589	151.648	92.432	73.308
Celkem	730.043	802.169	862.365	799.847	689.062

Tab. 18 Kalkulované počty dodávaných výrobků od r. 2020 do r. 2024

Počet možných vyrobených obrobků

Počet obrobků, které je schopná linka v návrhu č. 2 vyrobit, se odvíjí od strojního času CNC obráběcích strojů. V případě, že 2 obráběcí stroje vyrábí variantu 329 a 2 obráběcí stroje variantu 352, za hodinu linka vyrobí celkem 66 ks varianty 329 a 58 ks varianty 352 (dle časů viz tab. 4 a 5). Se započtením průměrné zmetkovitosti 8 % u obou z variant strojní součásti OM654 se v rámci jedné pracovní směny vyrobí celkem 668 ks varianty 329 a 587 ks varianty 352.

V roce 2021 je celkem 361 pracovních dní (vč. placených svátků a víkendů). Tedy za rok 2021 je možné v lince vyrobit celkem 482.296 ks varianty 329 a 423.814 ks varianty 352. Výrobou v automatické lince je možné pokrýt odvolávky na vyrobené množství kusů obou variant.

5. Závěr

DP práce se zabývá optimalizací současného procesu výroby strojní součásti OM654 EGR ventilu. Celkem byly v DP předloženy 3 návrhy pro optimalizaci současného stavu výroby. Ze všech návrhů byl vybrán finální návrh optimalizace současného procesu výroby.

Současný proces výroby strojní součásti OM654 EGR ventilu, resp. dvou z jeho 3 součástí, je plně závislý na lidské síle. Pro tento proces byly navrženy celkem 3 optimalizace. Ze všech 3 předložených návrhů byl vybrán návrh č. 2. Ten počítá se zavedením automatické linky v prostoru obrobny, zatímco proces výroby v prostoru slévárny zůstává stejný jako v současném stavu.

Současný stav je tvořen celkem 7 dílčími operacemi, kterými jsou:

1. vysokotlaké lití a ostříh,
2. odhrotování,
3. tryskání,
4. obrábění,
5. praní,
6. ofukování vzduchem, tlaková zkouška těsnosti, vizuální kontrola,
7. vícepráce
 - a. 100% měření daných průměrů,
 - b. 100% vizuální kontrola.

Z těchto 7 operací je vysokotlaké lití a ostříh, odhrotování a tryskání prováděno v prostorách slévárny. Zbylé operace jsou prováděny v prostoru obrobny. Jsou jimi obrábění, praní, ofukování vzduchem, tlaková zkouška těsnosti a vizuální kontrola a 2 vícepráce.

V návrhu č. 2 je navržena automatická linka, která spojuje operace obrábění, praní a ofukování vzduchem a tlaková zkouška těsnosti a vizuální kontrola. Operace, která zůstává mimo linku, je vícepráce.

Automatická linka z návrhu č. 2 byla zástupci společnosti KSM Castings schválena z důvodu možnosti eliminace jedné z víceprací prováděných v procesu výroby na obrobň. Eliminace se týká 100% vizuální kontroly obrobků. Dalším hnacím motorem pro schválení této linky je zvýšení produktivity celého procesu výroby v prostoru obrobny. Zatímco v současném procesu výroby strojní součásti OM654 EGR ventilu je produkováno maximálně 332 ks varianty 329 a cca 241 ks varianty 352, mohou tato čísla díky automatické lince vzrůst až na celkem 668 ks obrobků varianty 329 a 587 ks obrobků varianty 352 za 1 pracovní

směnu, tedy za 11 hodin. Díky automatické lince došlo ke zefektivnění procesu výroby strojní součásti OM654, resp. jejích dvou variant, o cca 123 % u varianty 329 a o cca 170 % u varianty 352. V počtech kusů došlo k nárůstu výroby varianty 329 o 369 ks za jednu pracovní směnu a varianty 352 o 370 ks za jednu pracovní směnu.

Zavedením automatické linky se snížil počet manipulací s obrobky prováděných lidmi. Jediné manipulace, které jsou s obrobky prováděny, jsou odnos obrobků z prostoru pro obrábění na zakládací paletky na vstupním dopravníku do linky a dále pak odebírání obrobků z výstupního dopravníku pracovníci kontroly, které následně obrobek zkontrolují na defekty a po kontrole hotové kusy vkládají do expedičního balení. Tedy díky zavedení automatické linky došlo ke zefektivnění mezioperační dopravy obrobků, která byla majoritně zautomatizována.

Poslední výrazná úspora, která nastala zavedením automatické linky z návrhu č. 2, bylo zrušení jedné z víceprací, která byla v současném procesu výroby zavedena. Jedná se o 100% vizuální kontrolu. Tato operace je v procesu nežádoucí. Do procesu výroby je vložena pouze kvůli nutnosti zachování kvality dílů a je vyžadována zákazníkem, pro kterého jsou díly strojní součásti OM654 vyráběny. Díky zrušení 100% vizuální kontroly došlo k úspoře 2 pracovníků kontroly v rámci jedné pracovní směny. V přepočtu na 4 pracovní směny se jedná již o 8 pracovníků. Tato úspora lidské síly přinesla značnou úsporu na mzdových nákladech.

Závěrem je nutno dodat, že automatická linka z návrhu č. 2 je pro firmu KSM Castings výhodná investice, která se vrátí nejen finančně. Dále díky tomuto návrhu byly sníženy prostoje strojů, které byly způsobeny manipulací s obrobky. Do značné míry bylo eliminováno riziko mechanického poškození obrobků vlivem neopatrné manipulace s obrobky. Celkově dolo díky zavedení automatické linky ke zvýšení produktivity, a to o stovky vyrobených kusů za jednu pracovní směnu.

Návrh č. 2 je dále možné optimalizovat. Možná optimalizace návrhu č. 2 je popsána v návrhu č. 3, který nebyl společností KSM Castings zvolen jako nejoptimálnější. Návrh č. 3 počítá se zavedením automatického měření daných průměrů, čímž by se z procesu výroby odstranila poslední vícepráce. Díky tomu by došlo opět ke snížení počtu pracovníků v procesu výroby a ke zrychlení toku vyrobených kusů.

Seznam použité literatury a zdrojů

- [1] KOŇAS, Jan. Vliv řezných podmínek na parametry drsnosti frézovaných povrchů ve společnosti KSM Castings Liberec, 2019. Bakalářská práce. Technická univerzita v Liberci.
- [2] HANUSCHKE, Volker Hanuschke. Společnost KSM Castings CZ a.s. KSM Castings CZ a.s. – odlitky z lehkých kovů [online]. Oldřichovská 726 | 46334 Hrádek nad Nisou: KSM Castings, 2017 [cit. 2018-02-15]. Dostupné z: <http://www.ksmcastings.cz/ksm-castings/>
- [3] -, -. AGR Ventil Mercedes Benz 2.0 & 3.0 CDI OM654 OM656 A6541406900 egr valve. Ebay [online]. -: eBay-AGB, 2020 [cit. 2020-11-08]. Dostupné z: <https://www.ebay.de/itm/AGR-Ventil-Mercedes-Benz-2-0-3-0-CDI-OM654-OM656-A6541406900-egr-valve-/153075066643>
- [4] -, -. The new OM 654 diesel engine. Mercedes-Benz [online]. Německo: Mercedes-Benz, 2020 [cit. 2020-11-08]. Dostupné z: <https://www.mercedes-benz.com/en/vehicles/the-new-om-654-four-cylinder-diesel-engine/>
- [5] LAŽANSKÝ, Milan. Jak funguje EGR ventil? A proč je slabým místem moderních motorů? *Autorevue.cz* [online]. Česká republika: CZECH NEWS CENTER, 2020, 26.1.2018 [cit. 2020-11-08]. Dostupné z: <https://www.autorevue.cz/jak-funguje-egr-ventil-a-proc-je-slaby-mistem-modernich-motoru>
- [6] -, -. EXHAUST GAS RECIRCULATION. *HELLA TECH WORLD NEWS* [online]. Německo: HELLA GmbH & Co., - [cit. 2020-11-08]. Dostupné z: <https://www.hella.com/techworld/uk/Technical/Car-electronics-and-electrics/Exhaust-gas-recirculation-3491/#>
- [7] DAIMLER AG. Introduction of the Inline Engine Generation 4-Cylinder OM654: Introduction into Service Manual. -. Stuttgart: Daimler, 2015. ISBN -. ISSN -.
- [8] -, -. OM656: Most powerful diesel car in Mercedes-Benz history. Daimler [online]. -: Daimler, 2020 [cit. 2020-11-12]. Dostupné z: <https://www.daimler.com/innovation/diesel/om656-2.html>
- [9] SW BA 322. Machine Tools Worldwide [online]. The USA: MachineWeb, 2018 [cit. 2018-05-03]. Dostupné z: <https://www.machinetools.com/en/models/sw-ba-322>

- [10] Twister-EN-GB-Web: Brochure. In: BvL Oberflächentechnik: Intelligent cleaning systems, customised cleanliness [online]. Německo: BvL Oberflächentechnik, 2021 [cit. 2021-02-13]. Dostupné z: <https://www.bvl-cleaning.com/fileadmin/media/bvl-otech/reinigungsanlagen/twister/broschueren/Twister-EN-GB-Web.pdf>

Seznam výkresů

Výkresy byly poskytnuty firmou KSM Castings a nejsou určeny ke zveřejnění, ale slouží pouze pro vlastní účely řešení diplomové práce.

- [11] Continental AG, Německo, Housing, 2018, počet stran: 2