

Technická univerzita v Liberci

Fakulta strojní

Katedra obrábění a montáže

Magisterský studijní program: Strojírenská technologie

Zaměření: Obrábění a montáž

**RACIONALIZACE VÝROBY ŘADÍCÍCH KOL 1.A 2. RYCHLOSTI PRO PŘEVODOVKU
MQ 200 URČENOU PRO VOZY KONCERNU VOLKSWAGEN AG**

**RACIONALIZATION OF THE FIRST AND SECOND GEAR WHEEL PRODUCTION FOR
MQ 200 GEARBOXES DESTINED FOR VOLKSWAGEN GROUP CARS**

KOM – 1062

Pavel Šimek

Vedoucí diplomové práce: Ing. Jan Frinta, CSc.

Konzultant diplomové práce: Ing. Jaroslav Brabec, Škoda Auto a.s.

Počet stran: 63

Počet tabulek: 11

Počet grafů: 10

Počet obrázků: 25

Počet příloh: 9

Datum: 13. 4. 2007

**RACIONALIZACE VÝROBY ŘADÍCÍCH KOL 1.A 2. RYCHLOSTI PRO PŘEVODOVKU
MQ 200 URČENOU PRO VOZY KONCERNU VOLKSWAGEN AG**

ANOTACE:

Diplomová práce je zaměřena na optimalizaci výroby řadících kol 1. a 2. rychlosti. Cílem optimalizace je zvýšení produktivity práce, snížení spotřeby času, zlepšení ergonomie práce a redukce ztrátových časů a časů na měření v jednotlivých výrobních operacích.

**RACIONALIZATION OF THE FIRST AND SECOND GEAR WHEEL PRODUCTION FOR
MQ 200 GEARBOXES DESTINED FOR VOLKSWAGEN GROUP CARS**

ANNOTATION:

The thesis is directed to the optimalization of the first and second gear wheel production. The target is the increase of the work productivity, production time shortening, work ergonomoy improvement, time loses reduction and time reduction for measurement in individual work operations.

Klíčová slova: RACIONALIZACE, OPTIMALIZACE, PŘEVODOVKA

Zpracovatel: TU v Liberci, KOM

Dokončeno: 2007

Archivní označení zprávy:

Počet stran:	63
Počet tabulek:	11
Počet grafů:	10
Počet obrázků:	25
Počet příloh:	9

MÍSTOPŘÍSEŽNÉ PROHLÁŠENÍ

Místopřísežně prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně s využitím uvedené literatury pod vedením vedoucího diplomové práce a konzultantů.

V Liberci 13. 4. 2007

.....



OBSAH

Použité zkratky a symboly	6
1. Úvod.....	7
1.1 Cíl a struktura práce	8
1.2 Škoda Auto a.s., historie a současnost výroby vozů	8
1.3 Výroba převodovek MQ 200	12
2. Optimalizace výrobních procesů a technologie výroby	15
2.1 KVP, KAIZEN	15
2.3 Devět druhů plýtvání.....	15
3. Výroba ozubených kol 1. a 2. rychlostí	17
3.1 Popis jednotlivých výrobních operací a výrobní postup	18
3.2 Norma spotřeby času.....	27
3.3 Vybavení pracovišť	30
3.4 Týmová práce.....	31
3.5 Dokumentace výrobních operací.....	32
4. Analýza procesu	33
4.1 Materiálový tok	33
4.2 Uspořádání pracovišť a personální obsazení výrobní linky	34
4.2.1 Layout výrobní linky	34
4.2.2 Personální obsazení	37
4.3 Vytížení pracovníků	39
5. Optimalizace vybraných operací výrobní linky	41
5.1 Operace 5 – soustružení	41
5.2 Operace 17 – praní dílů	45
5.2.1 Opatření ke snížení časů na manipulaci a měření	45
5.3 Operace 52 – praní dílů	50
5.4 Operace 130 – broušení.....	51
5.4 Operace 150 – kontrola ozubení dvoubokým odvalem.....	52
5.5 Obsazení výrobní linky a vytížení pracovníků po optimalizaci.....	54
5.6. Ekonomické vyhodnocení optimalizace	56
6. Závěr.....	57
7. Seznam použité literatury.....	63
8. Seznam příloh.....	64

Použité zkratky a symboly

KVP	proces neustálého zlepšování	[-]
MQ	označení převodovky (Mechanische Quer)	[-]
CNC	počítačem řízený stroj (computer numery kontrol)	[-]
NS	nákladové středisko	[-]
KPO	kontrolní plán operace	[-]
prům.	průměr	[mm]
z	počet zubů ozubených kol	[-]
m	modul ozubených kol	[mm]
Nmin	normo-minuta	[-]
t_A	čas jednotkový	[Nmin]
t_{A1}	čas jednotkové práce	[Nmin]
t_{A11}	čas jednotkové práce uskutečněné za klidu stroje	[Nmin]
t_{A12}	čas jednotkové práce uskutečněné za chodu stroje	[Nmin]
t_{A13}	čas jednotkové práce strojně – ruční	[Nmin]
t_{AS}	strojní čas	[Nmin]
t_{Ax}	čas nepravidelné obsluhy	[Nmin]
t_{A3}	čas jednotkových podmíněčně nutných přestávek	[Nmin]
t_{A31}	čas podmíněčně nutných přestávek za klidu stroje	[Nmin]
t_{A32}	čas podmíněčně nutných přestávek za chodu stroje	[Nmin]
t_{C1}	čas směnové práce	[Nmin]
t_{C2}	čas směnových nutných přestávek	[Nmin]
t_{C3}	čas směnových podmíněčně nutných přestávek	[Nmin]
t_{AC}	norma jednotkového času s přírážkou směnového času	[Nmin]
t_C	směnový čas	[Nmin]
k_c	koeficient přírážky směnového času	[-]
T	fond pracovní doby	[min], [h]
VD	výrobní dělník	[-]
VŠŠ	výrobní systém Škoda	[-]
SPC	statistická regulace procesu	[-]
Cp, Cpk	parametry statisticky sledovaného procesu	[-]
TPM	autonomní údržba (Total Productivity Maintenance)	[-]

1. Úvod

Současný světový i domácí trh je charakteristický velmi silnou konkurencí. Požadavky zákazníků na nízkou cenu, vysokou kvalitu a užitnou hodnotu výrobků se neustále zvyšují. Významným segmentem trhu, kde hrají velmi vysoké požadavky zákazníků rozhodující roli v konkurenceschopnosti výrobců, je automobilový průmysl. Automobilové společnosti jsou srovnávány médii a nezávislými agenturami nejen v oblasti cen, kvality nebo nákladů, ale i v oblasti produktivity práce nebo časů potřebných na výrobu jednoho vozu. Cílem je získat co největší počet zákazníků a udržet si jejich věrnost co možná nejdelší dobu. Automobilky musí velmi rychle reagovat jak na požadavky zákazníků, tak i na legislativní předpisy státu a evropské unie, týkající se životního prostředí nebo bezpečnosti posádky vozu a chodců.

Všechna tato nařízení a předpisy spolu s vysokými nároky zákazníků, velice zvyšují náklady na vývoj, technologii a výrobu vozů. Ekonomický růst a s ním spojené zvyšování platů, zejména v zemích východní Evropy, přispívá k růstu personálních nákladů, které se do celkových nákladů na vůz samozřejmě též promítají. Možností, jak snížit personální náklady, je velmi mnoho, od přesunutí výroby směrem dál na východ, kde je pracovní síla levnější, po razantní opatření v oblasti zvyšování produktivity a snižování výrobních časů.

Strojírenský a automobilový průmysl v České republice už nebude moci dlouho spoléhat na levnější pracovní sílu. Tato výhoda se zmenšuje právě s růstem platů a životní úrovně. Technikou, technologií a strojním vybavením na naprosto srovnatelné úrovni se západní Evropou nebo Japonskem je řada českých podniků již vybavena. Takto je tomu i v případě nejvýznamnější a největší automobilové společnosti na domácím českém trhu, společnosti Škoda Auto a.s. V současné době probíhá ve Škoda Auto program, jehož cílem je snížení nákladů a výrobních časů a zvýšení produktivity v řádech desítek procent.

Tato diplomová práce je rovněž zaměřena na zvyšování produktivity práce ve společnosti Škoda Auto a.s., v oblasti výroby převodovek s pomocí aplikace moderních metod řízení.

1.1 Cíl a struktura práce

Cílem diplomové práce je navrhnout řešení, které povede k nárůstu produktivity nejméně o 15 % vzhledem k současným hodnotám normy spotřeby času stanovených na výrobu řadicích kol 1. a 2. rychlosti. Součástí řešení je optimální vytížení pracovníků na všech výrobních operacích linky za předpokladu zlepšení ergonomie a materiálového toku a minimálních nákladů na realizaci jednotlivých opatření. Pro řešení bude použito principů KVP a systému devíti druhů plýtvání.

Práce je rozčleněna do několika bloků. V úvodu jsou základní informace o společnosti a výrobě převodovek. Pak následuje část teoretická, která se týká procesu obrábění a optimalizačního procesu.

V další části je detailně popsán proces výroby, uspořádání strojů a dokumentace. Analytická část definuje ztrátové časy v oblasti manipulace, měření a materiálových toků. Následují návrhy opatření pro vybrané výrobní operace s předpokládanými náklady na realizaci.

V poslední části bude provedeno ekonomické vyhodnocení optimalizace výroby řadicích kol a vyhodnocena návratnost nákladů.

1.2 Škoda Auto a.s., historie a současnost výroby vozů

Škoda Auto a. s. je dceřiným podnikem zahrnutým do konsolidačního celku v rámci svého mateřského podniku Volkswagen AG se sídlem ve Wolfsburgu, SRN. Konsolidační celek společnosti Škoda Auto a.s. je tvořen mateřskou společností a jejími plně konsolidovanými dceřinými společnostmi: ŠkodaAuto Deutschland GmbH, Škoda Auto Slovensko, s.r.o., Skoda Auto Polska S.A., Skoda Auto India Private Ltd.

Koncern Volkswagen je tvořen skupinou značek Volkswagen s výrobními liniemi: Volkswagen osobní vozy, Škoda, Bentley, Bugatti, Audi, Seat, Lamborghini, Volkswagen užitkové vozy a ostatní společnosti.



Historie podniku sahá na konec devatenáctého století. Počátkem roku 1895 začal mechanik Václav Laurin a knihkupec Václav Klement v Mladé Boleslavi vyrábět jízdní kola značky Slávia. Za několik let, roku 1899, mohla firma Laurin & Klement zahájit výrobu motocyklů provázenou úspěchy v mezinárodních soutěžích.

Po prvních pokusech na přelomu století přešla firma postupně na výrobu automobilů. První automobil, Voiturette A, vyrobený v roce 1905, byl stejně jako motocykly prodejním úspěchem a mohl se později stát klasikem mezi českými veterány.

V roce 1925 došlo ke spojení se Škodou Plzeň, což také znamenalo konec samostatné značky Laurin & Klement.

Již v roce 1930 se produkce automobilů v rámci koncernu Škoda opět rozdělila. Vznikla samostatná Akciová společnost pro automobilový průmysl (ASAP), které se po odeznění světové hospodářské krize opět podařilo uspět na mezinárodním automobilovém trhu modelem Škoda 422 a 420 Populár.

Tento vývoj však brzy přerušila 2. světová válka, jež ochromila civilní program a výrobu zaměřila na vojenské potřeby. Škoda se stala součástí německého koncernu Hermann - Göring - Werke a musela se plně orientovat na válečnou výrobu.

Po roce 1946 začala výroba osobních vozidel Škoda 1101/1102 Tudor, která ještě vycházela z technických úspěchů předválečných let. I přes národohospodářské a politické souvislosti dané doby si firma dokázala podržet relativně dobrý standard, o němž svědčí modely padesátých a šedesátých let - Škoda 1200, Spartak, Octavia, Felicia.

Vozy vyráběné v šedesátých až osmdesátých letech měly pohon zadní nápravy - Škoda 1000 MB, 100/110, 105/120/130.



Nový vzrůst prožila výroba teprve uvedením vozidel řady Škoda 781 Favorit v roce 1987, jichž bylo spolu s vozy Forman 785 a pick-up 787 vyrobeno více než milion kusů.

Po politických změnách roku 1989 začala Škoda v Mladé Boleslavi v nových podmínkách tržního hospodářství hledat silného zahraničního partnera, který by prostřednictvím svých zkušeností a investic zajistil dlouhodobou mezinárodní konkurenceschopnost podniku. V prosinci 1990 se česká vláda rozhodla pro spolupráci s německým koncernem Volkswagen. 16. dubna 1991 zahájil svou činnost společný podnik ŠKODA AUTO a.s., jenž se stal vedle firem VW, AUDI a Seat čtvrtou značkou koncernu.

Díky řadě modernizačních opatření v managementu, marketingu, jakožto i ve výrobních procesech, mohla být dosavadní řada vozidel Favorit nahrazena v roce 1994 modelem Škoda Felicia.

Zároveň byla připravována výroba druhé modelové řady nižší střední třídy - Octavia, a to již na koncernovém podvozku. Škoda Octavia byla na český trh uvedena koncem roku 1996 a o dva roky později následovala Škoda Octavia Combi (obr. 1).

Další kapitolou firmy je výroba vozu Škoda Fabia (obr. 2), která byla zahájena koncem roku 1999. Na tento vůz bylo navázáno typem Škoda Fabia Combi a nakonec i typem Škoda Fabia Sedan.



Obr. 1: Škoda Octavia Combi



Obr. 2: Škoda Fabia

Na počátku roku 2002 se rozjíždí výroba luxusní limuzíny. Je více jak symbolické, že novinka dostává jméno Škoda Superb (obr. 3). Po 55 letech se vůz s tímto názvem opět vrací do zdejšího závodu. Rozdíl mezi vozem Superb z roku 47 a dnešní limuzínou je obrovský, tak jako je obrovská i proměna, kterou za uplynulých 70 let prošla zdejší automobilka.

V roce 2004 se dočkal svého nástupce model Octavia. Nová Škoda Octavia, vyráběná v provedení liftback a Combi (obr.4), byla v té době nejmodernějším modelem ve výrobním programu značky.



Obr. 3: Škoda Superb



Obr. 4: Nová Škoda Octavia Combi

O dva roky později v roce 2006 představila automobilka čtvrtou modelovou řadu Škoda Roomster (obr. 5). Tento vůz spojuje v sobě prvky mnoha typů vozů od hatchbacku, kombi až po velkoprostorový vůz, čímž si získává nový tržní segment.

Hned v dalším roce 2007 byla veřejnosti představena nová Škoda Fabia (obr. 6), druhá generace jednoho z nejúspěšnějších modelů v historii automobilky.



Obr. 5: Škoda Roomster



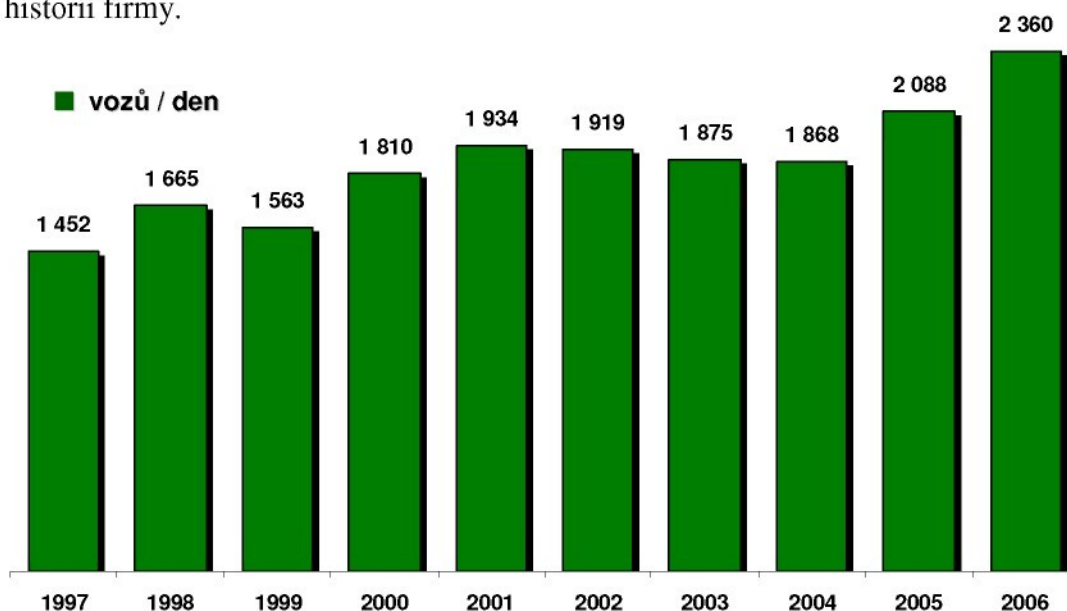
Obr. 6: Nová Škoda Fabia

V současné době se Škoda Auto a.s. v České republice skládá ze tří výrobních závodů - v Mladé Boleslavi, ve Vrchlabí a v Kvasinách. V závodě v Mladé Boleslavi pracuje 22 200 zaměstnanců a vyrábí se zde 410 000 vozů ročně – modely Octavia a Fabia. Ve Vrchlabí je zaměstnáno 1 360 lidí a jsou zde vyráběny modely Octavia v počtu 100 000 vozů za rok. V Kvasinách pracuje 3 100 zaměstnanců a tento závod vyprodukuje v současnosti 45 000 aut ročně. Zde se vyrábí modely Superb a Roomster.

V roce 2006 dosáhla Škoda Auto a.s. rekordních výsledků v historii firmy. Důležité ukazatele jsou znázorněny v následujícím přehledu:

- Odbyt r. 2006: 555 202 vozů
- Vyrobeno r. 2006: 556 433 vozů
- Tržby r. 2006: 189,8 mld. Kč
- Zisk po zdanění: 10,9 mld. Kč

Na dalším grafu je znázorněn vývoj produkce vozů za den v posledních deseti letech. Z tohoto grafu je zřejmé, že rok 2006 byl nejúspěšnějším rokem v novodobé historii firmy.



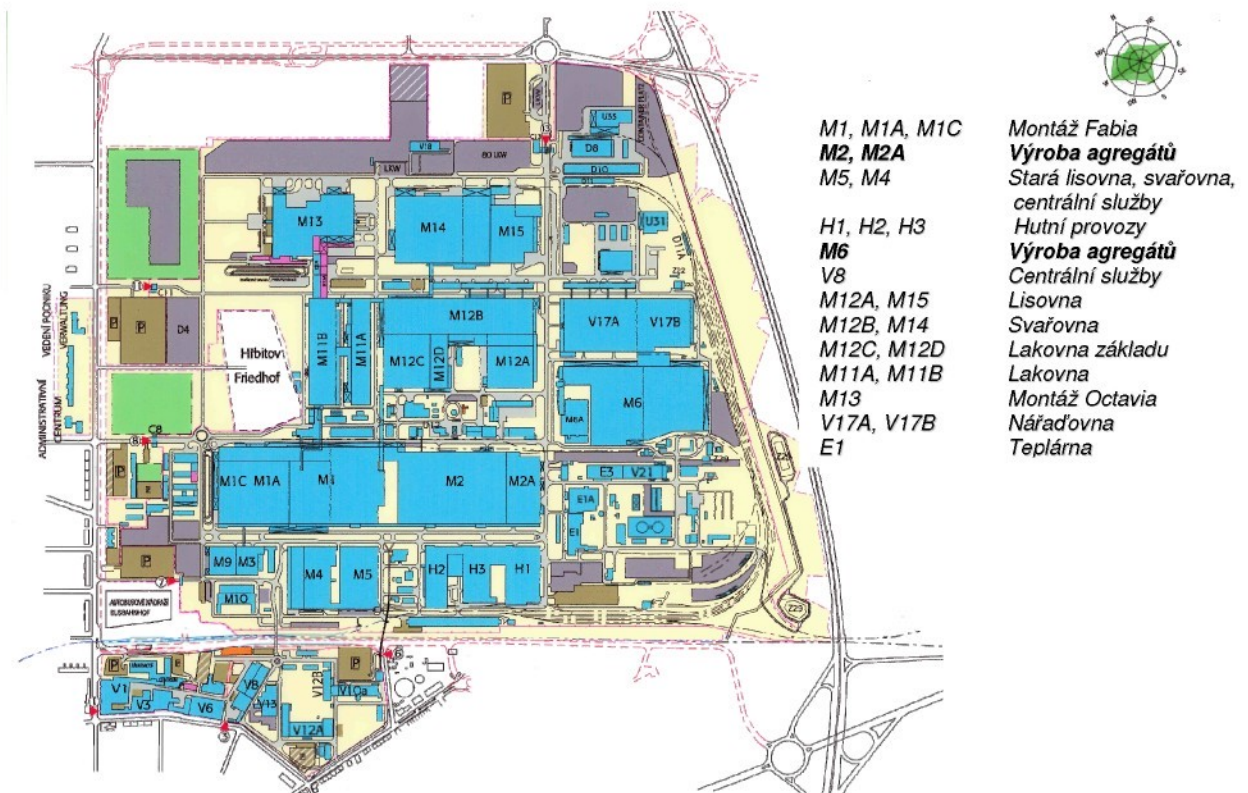
Graf 1: Průměrná výroba vozů za den v období 1997 – 2006

Na obrázku na následující straně (obr. 7) je mapa závodu v Mladé Boleslavi, který se rozprostírá na ploše 2 287 100 m². Jsou zde vyznačeny jednotlivé výrobní haly i budovy, ve kterých se nacházejí obslužné útvary. V dalších částech své diplomové práce se zaměřím na výrobu agregátů, konkrétně na výrobu převodovek, která se nachází v halách M2 a M6.

1.3 Výroba převodovek MQ 200

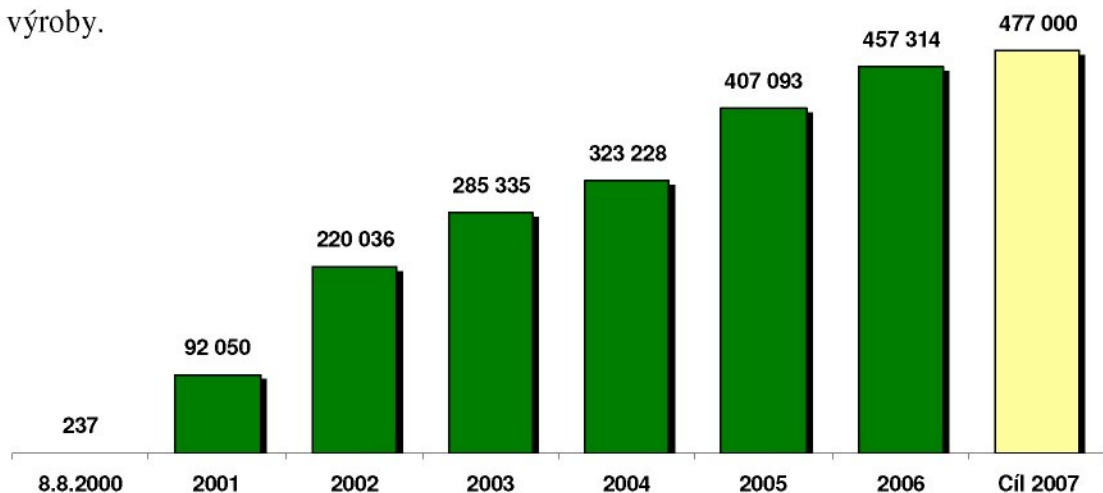
Ve výrobě převodovek je k 1. 1. 2007 zaměstnáno 671 přímých pracovníků (dělníků) a 43 nepřímých pracovníků (techniků). V současné době pokrývá výroba

plnou kapacitu výrobních zařízení, což je 2 000 převodovek MQ 200 denně v 15ti směnném týdenním režimu.



Obr. 7: Plán závodu v Mladé Boleslavi

V hale M6 byla první převodovka smontována 8. 8. 2000. Od té doby výroba převodovek neustále narůstá. Miliontá převodovka byla vyrobena 8. 3. 2005 a v květnu tohoto roku se očekává dosažení 2 000 000 převodovek od začátku této výroby.



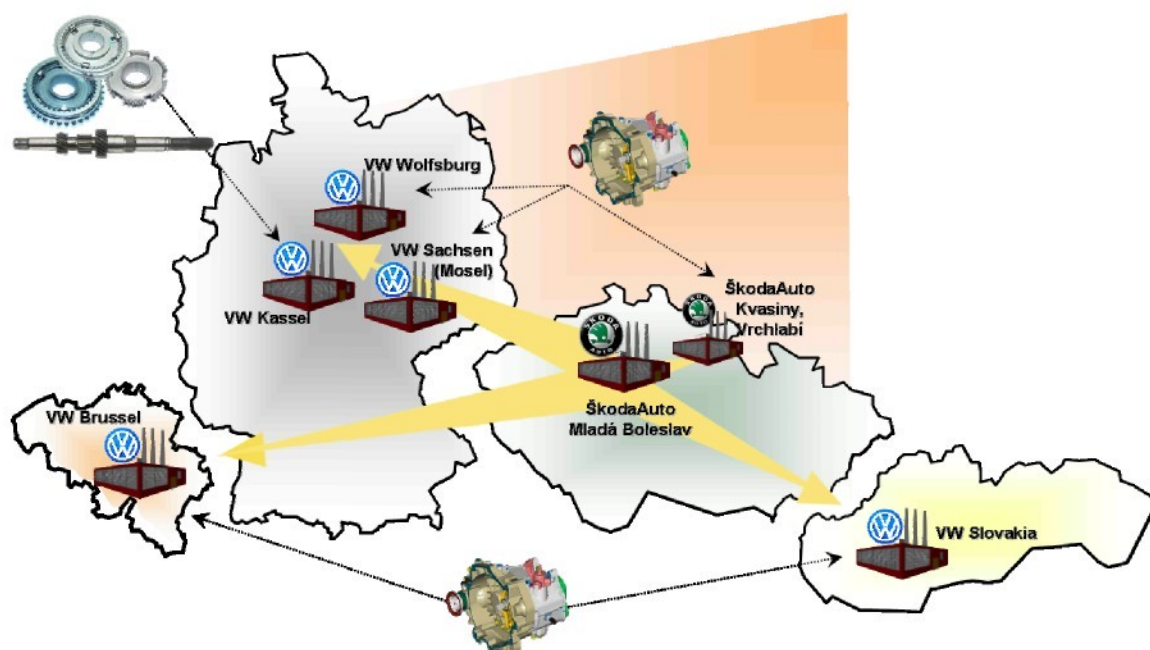
Graf 2: Celková roční výroba převodovek

Co se týče technických parametrů převodovky MQ 200, jedná se o 5ti stupňovou manuální převodovku, která má hliníkovou skříň, hmotnost 33 kg a maximální krouticí moment 200 Nm. V současnosti je ve Škoda Auto a.s. vyráběno 18 typů převodovek MQ 200, které jsou vypsány v následujícím přehledu.

02T 300 057 C	pro motor 1,2/44 kW	02T 300 054 B	pro motor 1,4/74 kW
02T 300 057 K	pro motor 1,2/47 kW	02T 300 054 D	pro motor 1,9/47 kW
02T 300 057 A	pro motor 1,6/77 kW	02T 300 054 R	pro motor 1,4/51 kW
02T 300 057 J	pro motor 1,4/51 kW	02T 300 054 F	pro motor 2,0/85 kW
02T 300 057 E	pro motor 1,4/59 kW	0AF 300 040 N	pro motor 1,6/75 kW
02T 300 057 D	pro motor 1,4 TDI/51 kW	0AF 300 040 P	pro motor 1,4/59 kW
02T 300 057 B	pro motor 1,2/47 kW	0AF 300 040 R	pro motor 1,6/85 kW
02T 300 054 E	pro motor 1,2/47 kW	0AF 300 040 S	pro motor 2,0/55 kW
02T 300 054 C	pro motor 1,4/55 kW	0AF 300 040 Q	pro motor 1,6/75 kW

Tab. 1: Typy vyráběných převodovek

Ve firmě Škoda Auto a.s. jsou převodovky vyráběny nejen pro modely Škoda, ale i pro další závody mateřské společnosti Volkswagen. Smontované převodovky jsou dodávány do VW Slovakia, VW Brusel, VW Sachsen v Moselu a VW Wolfsburg. Jednotlivé díly pro převodovku jsou prodávány do VW Kassel, kde je také montáž převodovek pro další koncernové společnosti.



Obr. 8: Dodávky převodovek a dílů do dalších závodů

2. Optimalizace výrobních procesů a technologie výroby

Optimalizace výrobních procesů a technologie výroby je nástrojem ke zvyšování produktivity a snižování nákladů. Optimalizace lze dosáhnout použitím systematických kroků a metod jako KVP, KAIZEN, redukování ztrát, nadbytečných pohybů a časů, apod.

2.1 KVP, KAIZEN

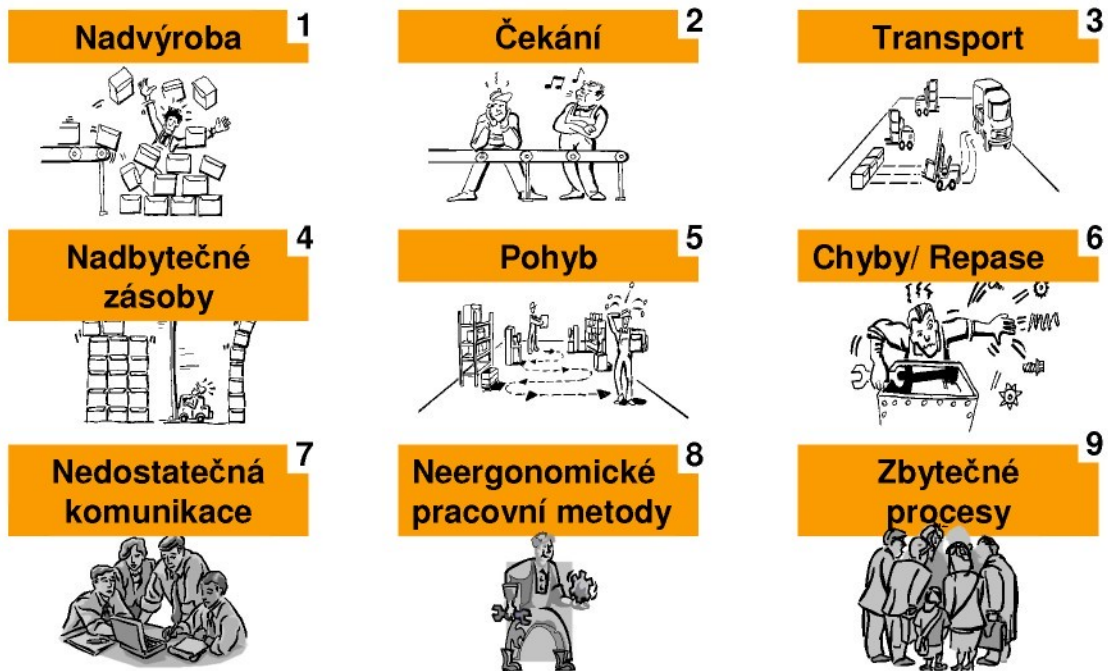
KAIZEN (nebo také KVP) je termín pro proces neustálého analyzování a zlepšování činností výrobního nebo obchodního systému, který je potřebný nejen k racionalizaci výroby a zvýšení konkurenceschopnosti, ale také ke schopnosti reagovat na změny, jako jsou nové požadavky zákazníků, nové výrobky, nová výrobní zařízení, vznik úzkých míst ve výrobě atd.

Při kontinuálním zlepšování se hledá a realizuje zlepšení zejména v oblastech využívání strojního parku, materiálů, lidské práce i pracovních postupů prostřednictvím realizace návrhů lidí zejména z výroby, kteří pracují v týmu. Oproti inovacím, které obvykle představují velké a dramatické změny v relativně krátkém čase, s nimiž jsou spojeny větší investice a rizika, je KAIZEN založen na relativně malých, ale neustálých zlepšeních, které vykonávají všichni pracovníci. Vychází se z myšlenky využití potenciálu pracovníků, kteří vědí, jak daný výrobní proces probíhá a jak by mohl probíhat lépe. Filozofie KAIZEN sebou přináší potřebu zavádět decentralizované formy organizace práce, přenášet kompetence na nižší složky a vytvářet týmy přispívající k větší spolupráci pracovníků.

2.3 Devět druhů plýtvání

Jako první definoval plýtvání již v roce 1913 Henry Ford: „Často peníze vložené do surovin nebo do zásob hotových výrobků jsou považovány za živé peníze. Jsou to sice peníze v obchodě, to je pravda, ale mít zásobu surovin nebo hotových výrobků přesahující požadavky, je *plýtvání*, které jako každé jiné *plýtvání* má za následek zvýšení cen a nižší mzdy.“

S předchozí metodou KAIZEN úzce souvisí i devět druhů plýtvání. Tato metoda rozlišuje následujících devět zdrojů plýtvání.



Obr. 9: 9 druhů plýtvání

- Nadvýroba – veškeré výrobky, které zákazník nepožaduje
- Čekání – zpoždění způsobená nedostatky, schváleními, prostoji (čekání na dokončení strojní operace, opravu stroje, dodání materiálu...)
- Transport – zbytečné přepravy materiálů, polotovarů i hotových výrobků
- Nadbytečné zásoby – veškeré zásoby bezprostředně nepotřebné pro splnění požadavků zákazníků
- Pohyb – zbytečné pohyby při výrobě nebo přesunu materiálů způsobující zvyšování výrobních časů
- Chyby / repase – spotřeba času, materiálů, strojů použitých k opravě výrobků
- Nedostatečná komunikace – nesprávné, nedostatečné nebo nečasné informace
- Neergonomické pracovní metody - nadbytečné časy a únava způsobená nevhodnou ergonomií pracoviště
- Zbytečné procesy – procesy, činnosti a operace nepřidávající hodnotu, kterou je zákazník ochoten zaplatit

3. Výroba ozubených kol 1. a 2. rychlosti

Výroba ozubených kol 1. a 2. rychlosti je umístěna v hale M2 spolu s výrobou hřídelů, kol 3., 4., a 5. rychlosti, hnaného kola rozvodovky a kola zpětného chodu.

Obráběcí stroje jsou uspořádány do výrobní linky a vybaveny manipulatory a zásobníky obrobků. Každý stroj je vybaven vlastním CNC řízením SINUMERIK S4 od firmy SIEMENS. Obrobené díly se ukládají do speciálních kovových schránek, které jsou uzpůsobeny tak, aby nedocházelo k jejich poškození. Materiálový tok celou výrobní linkou je zařízen manipulačními vozíky. Každý manipulační vozík obsahuje příslušný počet schránek s díly a tvoří vždy jednu výrobní dávku. Jednotlivé výrobní dávky, umístěné na vozících, se ručně posouvají mezi obráběcími stroji, kde se provádí jednotlivé výrobní operace.

Výroba kol 1. a 2. rychlosti je součástí nákladového střediska NS 2141, kde jsou dále vyráběny hnací hřídele a věnec synchronního ozubení pro řadící kola 3, 4., 5. rychlosti.

Ve středisku NS 2141 pracuje 85 pracovníků z nichž 80 % je zařazeno v 15-ti směnném a 20% ve 20-ti směnném provozu. Různé modely směnných systémů jsou zde zavedeny z důvodu nedostatečné kapacity některých strojů na požadovaný objem výroby. Pracovníci jsou organizováni do výrobních týmů, kterých je v celém středisku 8. Každý tým má 8 – 12 členů a je řízen koordinátorem. Týmy jsou rozděleny podle jednotlivých dílů do příslušných směn. Společně zodpovídají za plynulý výrobní proces a kvalitu vyráběných dílů. Týmy č.1, č.2, č.3, č.4 vyrábí hnací hřídele, pod označením 02T 311 103J, 103K, 103P, týmy č.5, č.6, č.7 vyrábí řadící kola 1. a 2. rychlosti pod označením 02T 311 251 ,251B a 02T 311 261, 261A, 261G poslední tým č.8 vyrábí věnec kola 3.-5. rychlosti 02T 311 291B. Týmy jsou za své výkony odměňováni podle stanovených kritérií sepsaných v cílových dohodách. Cílové dohody se vyhodnocují jednou za měsíc a na základě dosažených výsledků je každému pracovníku v týmu vyplácena týmová prémie. Mezi hlavní kritéria patří produktivita, kvalita, náklady a pořádek na pracovišti.

Řízení a organizaci NS zabezpečuje tým čtyřech supervizorů a jednoho referenta řízení výroby. Vedením střediska je pověřen hlavní supervizor, ostatní supervizoři se střídají v jednotlivých směnách.

3.1 Popis jednotlivých výrobních operací a výrobní postup

Výroba kol je rozčleněna do jednotlivých výrobních operací před kalením, potom následuje kalení, pevnostní tryskání, dále broušení a nakonec kontrola ozubení odvalem. Operace před kalením a po kalení jsou prováděny v jedné výrobní lince v NS 2141. Kalení a tryskání probíhá v kalírně - NS 2144.

Výrobní operace obrábění jsou označeny čísly 5, 15, 17, 45, 50, 52, 70, 72, 130, 132, 150. Operace v kalírně jsou označeny čísly 90, 110.

Výrobní linka sestává z 18 obráběcích strojů, 2 kontrolních a 2 pracích strojů. Vzhledem ke stejné konstrukci obou kol, se 1. i 2. rychlost vyrábí v jedné výrobní lince na stejných strojích. Výroba probíhá ve 3 směnách. Každá směna je obsazena jedním pracovním týmem. Celkem zde pracuje ve 3 týmech 39 pracovníků.

Postup bude uveden pouze pro kolo 1. rychlosti. Pro kolo 2. rychlosti je technologický postup výroby totožný, rozdíly jsou jen v některých rozměrech.

Operace 5 – soustružení

Stroj: dvouřetenný vertikální soustruh

Označení: EMAG VSC 200 DUO

Vstupující díl: výkovek 02T 311 251

Vystupující díl: kompletně soustružený obrobek

CNC program č.: WKS.DIR\02T311251.WPD



*Obr. 10: Operace 5 - soustružení**Postup:*

Technologická základna: ve dvou upnutích

1. za prům. 103,8-150-předkovaný na prům. 105,8; pravá strana na kótě 15,3-0,1
 2. za prům. 32 G6 předpracovaný na prům. 31,8 H7; pravá strana na kótě 0,8+0,1
- Kolo vložit do zásobníku, automaticky upnout a opracovat.

1. upnutí

Soustružit levou stranu na kótě 34,44-0,05 a pravou stranu na kótě 0,8+0,1 hotově. Dodržet odstup mezi levou stranou nábojky a levou stranou oz. věnce na 0,8+0,1. Sražení levé strany u 103,8-0,150 na 0,5x45°. Veškeré ostré (nezakótované) hrany - sražení 0,2x45° jako je u sražení dvou průměrů u kovaného odlehčení. Sražení levé strany u prům. 31,8 H7 do prům. 32,4+0,2 pod úhlem 30°. Soustružit prům. 32 G6 na prům. 31,8 H7. Díru prům. 35,3+0,2 na kótu 24-0,5 hotově. Sražení levé strany u prům. 35,3+0,2 na 0,3+0,5x45° a sražení pravé strany u prům. 35,3+0,2 do prům. 35,9+0,2 pod úhlem 60°. Pravou stranu na kótě 34,44-0,05 hotově.

2. upnutí

Sražení pravé strany u kužele z prům. 41+0,2 pod úhlem 60°. Kužel pod úhlem 9°35', na prům. 43,5 rozměr 28,05-0,1 předpracovat na 28,75-0,2. Zápich za kuželem a zápich mezi synchronem a hlavním ozubením dle detailu „R“. Pravou stranu na kótě 21,8-0,1 hotově. Prům. 68,7-0,2 hotově. Pravou stranu na kótě 15,3-0,1 hotově při odstupu tohoto čela 0,2-0,2 od prům. 77-0,5. Prům. 103,8-0,150 na prům. 103,75-0,150 bez značícího zápichu dle prováděcího předpisu č. 11/01/06. Sražení z obou stran na 0,5+0,5x45°.

Kontrolovat: rozměry a četnost dle KPO.

Opravy:

Postup při provádění oprav: Díly opravit na požadované rozměry dle KPO po seřízení stroje. Díly opravit před skončením tavby.

Operace 15 – obrázení synchronního ozubení

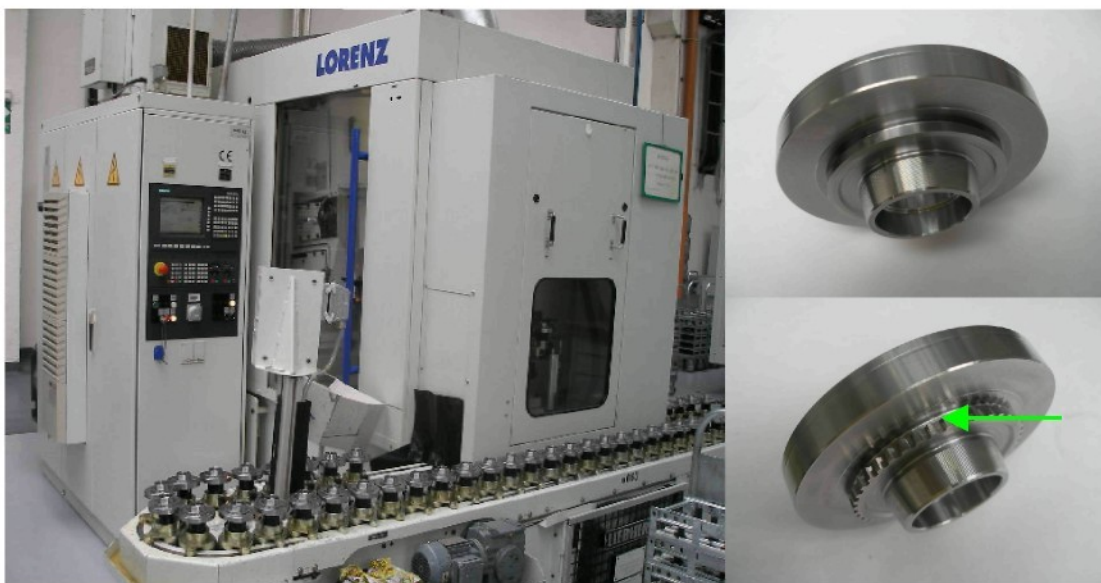
Stroj: stroj na obrázení ozubení

Označení: LORENZ LS 122

Vstupující díl: soustružený obrobek 02T 311 251

Vystupující díl: obrobek se synchronním ozubením

CNC program č.: W 251 - % SZ



Obr. 11: Operace 15 - obrázení

Postup: Technologická základna : za prům. 32 G6 předpracovaný na prům. 31,8 H7 levá strana věnce. Kolo vložit na zásobník, automaticky naloží kus, upne, opracuje a odloží do zásobníku. Obrázit synchronní ozubení s úkosem 4+-45' hotově, na rozměr přes kuličky 72,920-72,980, $z = 42$, $m = 1,6$

Odstranit otřepy po obrazení u spojkového ozubení.

Kontrolovat: Rozměry a četnost dle KPO.

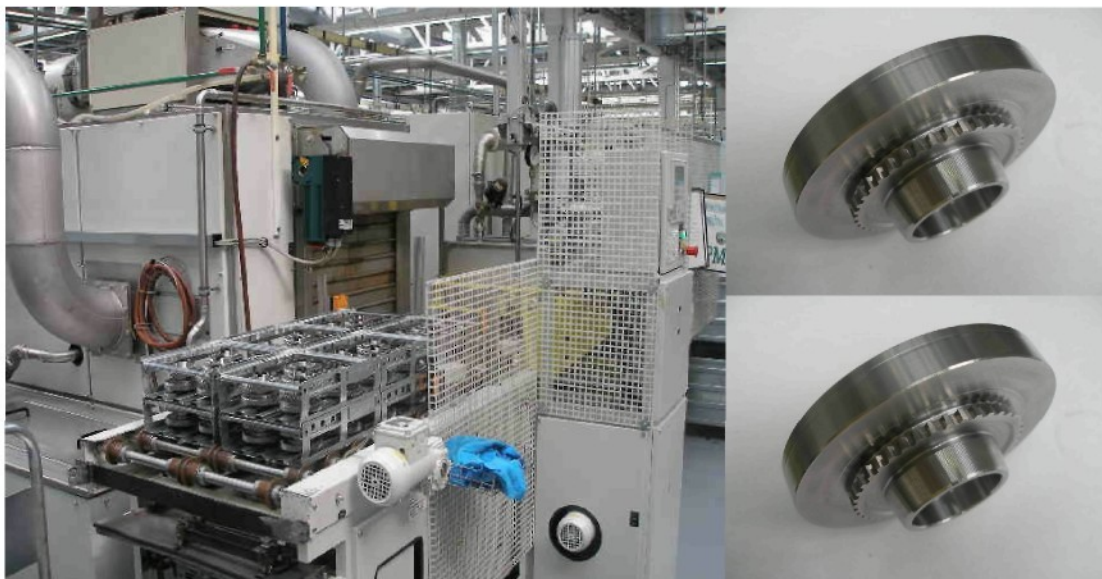
Operace 17 – mezioperační praní

Stroj: pračka

Označení: ROLL RSET

Vstupující díl: obrobek se synchronním ozubením 02T 311 251

Vystupující díl: obrobek se synchronním ozubením



Obr. 12: operace 17 - praní

Postup: Vyprat dle skupinového postupu pro praní č. 4.

Společný stroj pro 1. a 2. rychlost hnanou.

Celková doba pracovního cyklu: 1 šarže, tj. 4 schránky / 9 min.

Popis manipulace:

Kusy uloženy ve speciální schránce typ: 02T 311 251

Počet kusů ve schránce: 10

Schránky naplněné díly vyjímat postupně z mezioperačního vozíku a naložit na vstupní část poháněného dopravníku pračky (provádí pracovník z op.15). Schránky ukládat ve dvou vrstvách se zapořováním na fixační kolíky. Po skončení pracího, oplachového a sušícího cyklu vyprané díly se schránkami odkládat z výstupní části dopravníku stroje na mezioperační vozíky. Při praní a manipulaci dodržovat výrobní dávky.

Plata z mezioperačních vozíků dle potřeby vyprat na průběžné pračce AKTIVIT inv.č. 46361-257 ve středisku 2142.

.

Operace 45 – frézování hlavního ozubení

Stroj: odvalovací frézka

Označení: OFA 32 CNC

Vstupující díl: obrobek se synchronním ozubením 02T 311 251

Vystupující díl: obrobek s vyfrézovaným hlavním ozubením

CNC program č.: MPF 5



Obr. 13: Operace 45 - frézování

Postup: Technologická základna: prům. 32 G6 předpracovaný na prům. 31,8 H7, levá a pravá strana věnce

Automaticky naloží kus, upne, opracuje a odloží do zásobníku.

Frézovat hlavní ozubení s přídavkem pro ševingování se sražením podélných hran ozubení, $z = 38$, $m = 2,22$

Po každé výměně nástroje a dále 1x za směnu předat kus k proměření na KMS.

Kontrolovat: Rozměry a četnost dle KPO.

Operace 50 – frézování úkosů synchronního ozubení, frézování výřezů pro sestavu synchronních kroužků a sražení hran a odstranění otřepů na hlavním ozubení

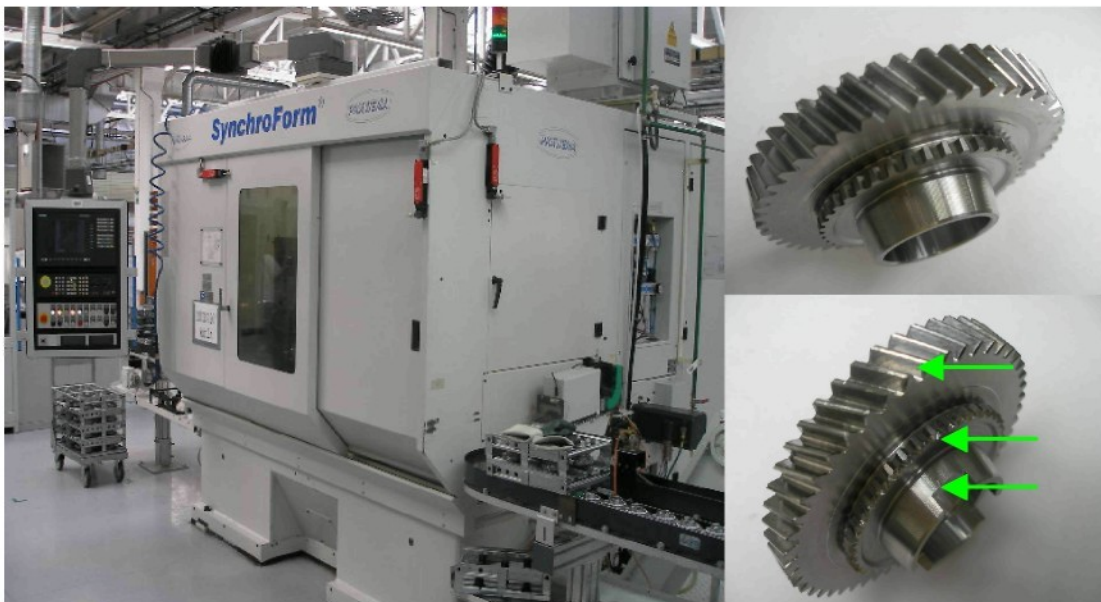
Stroj: vícevřetenná frézka

Označení: PRÄWEMA WFSFSL

Vstupující díl: obrobek s vyfrézovaným hlavním ozubením 02T 311 251

Vystupující díl: obrobek s vyfrézovanými výřezy pro synchronní kroužky, vyfrézovanými úkosy na synchronním ozubení a sražením hran a odstraněnými otřepy na hlavním ozubení 02T 311 251

CNC program č.: \WKS.DIR\02T 311 251.WPD



Obr. 14: Operace 50 – frézování

Postup: Technologická základna: za prům. 32 G6 předpracovaný na prům. 31,8 H7 a levá strana na kótě 34,44-0,05.

Kolo vložit na zásobník, automaticky upnout a opracovat.

Opracovat:

Úkosa spojkového ozubení pod úhlem $45^\circ + 30'$, $z = 42$, $m = 1,6$, 3x čelní drážky po 120° dle detailu „T“ a odjehlit. Sražení 150° na 14-0,4. Odjehlit hlavní ozubení 0,3+0,3 dle detailu F-F hotově.

Naložit díly z mezioperačních vozíků na vstupní část poháněného dopravníku pračky na op.52. Vykládat díly z výstupní části dopravníku pračky na op.52 na mezioperační vozíky.

Kontrolovat: Rozměry a četnost dle KPO

Operace 52 – mezioperační praní

Stroj: pračka

Označení: ROLL RSET

Vstupující díl: obrobek s vyfrézovanými výřezy pro synchronní kroužky, vyfrézovanými úkosy na synchronním ozubení a sražením hran a odstraněnými ořepky na hlavním ozubení 02T 311 251

Vystupující díl: díl stejného provedení jako vstupující

Postup: shodný s operací č. 17

Operace 70 – ševingování hlavního ozubení

Stroj: ševingovací stroj

Označení: SV 30 CNC

Vstupující díl: obrobek s vyfrézovanými výřezy pro synchronní kroužky, vyfrézovanými úkosi na synchronním ozubení a sražením hran a odstraněnými otřepy na hlavním ozubení 02T 311 251

Vystupující díl: obrobek s ševingovaným ozubením

CNC program č.: PGM 1 MM



Obr. 15: Operace 70 – ševingování

Postup: Technologická základna: za prům. 32 G6 předpracovaný na prům. 31,8 H7 čelní strany věnce

Kolo automaticky upnout, opracovat, odložit.

Ševingovat ozubení s podélnou modifikací $0,006+/-0,005$ a výškovou modifikací $0,006+/-0,005$ hotově, $z = 38$, $m = 2,22$

Kontrolovat: Rozměry a četnost dle KPO.

Operace 72 – mezioperační praní

Stroj: pračka

Označení: ROLL RSET

Vstupující díl: obrobek s ševingovaným ozubením 02T 311 251

Vystupující díl: díl stejného provedení jako vstupující

Postup: shodný s operací č. 17

Po operaci ševingování následuje chemicko-tepelné zpracování a další operace, které nejsou předmětem optimalizace. Proto zde budou jen stručně popsány, tak aby byla patrná návaznost technologického toku výroby dílů. Jako první operace tepelného zpracování je kalení, které probíhá v průběžné peci AICHELIN. Díly jsou kaleny v oleji. Následuje popouštění v popouštěcí peci, která je součástí průběžné pece. Dále se díly vyperou a provádí se další operace, pevnostní tryskání ozubení.

Díly se po tryskání opět vyperou a odcházejí zpět do NS 2141.

Operace 130 – broušení kužele a díry

Stroj: speciální bruska

Označení: REINECKER ISAA 200

Vstupující díl: zakalený díl 02T 311 251

Vystupující díl: obroušený díl

CNC program č.: \MPF.DIR GRIND 1.MPF, \MPF.DIR GRIND 2.MPF



Obr. 16: Operace 130 – broušení

Postup: Technologická základna: ozubení, levá strana nábojky
Kolo vložit na zásobník, automaticky upnout a opracovat.
Brousit díru na prům. 32 G6 a kužel pod úhlem $9^{\circ}35'6''$ hotově.
Kontrolovat: Rozměry a četnost dle KPO.

Operace 132 – mezioperační praní

Stroj: pračka

Označení: ROLL RSET

Vstupující díl: obrobek s obroušeným kuželem a dírou 02T 311 251

Vystupující díl: díl stejného provedení jako vstupující

Postup: shodný s operací č. 17.

Operace 150 – kontrola ozubení

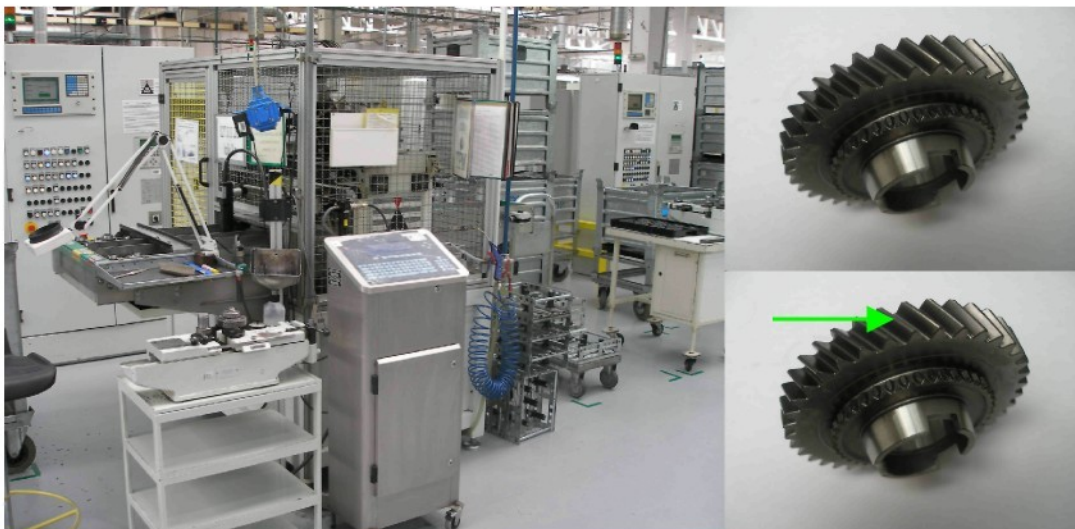
Stroj: stroj na kontrolu ozubení

Označení: CM-DIGIT

Vstupující díl: obrobek s obroušeným kuželem a dírou 02T 311 251

Vystupující díl: díl stejného provedení jako vstupující

CNC program č.: 251



Obr. 17: Operace 150 – kontrola ozubení

Postup: Ozubené kolo automaticky naložit, vyhodnotit na hlučnost, označit poškozená (potlučená) místa na ozubení a odložit.

Vyhodnocené díly třídit do tří skupin:

- 1) dobré díly
- 2) opravitelné díly
- 3) neopravitelné zmetky

Vyřazené díly z 2. skupiny označit nesmazatelným fixem. Na přístroji Parkson vyhledat poškozené zuby a tyto opravit ručním brouskem a očistit silonovým kartáčem. U většího poškození opravit díly vzduchovou bruskou. Opravené kusy znovu uložit do zásobníku a znovu odzkoušet. Dvakrát označený díl, který byl zaříděn znovu do 2. skupiny, vyřadit jako neopravitelný díl. Na začátku směny a při ověřování funkce stroje kontrolovat správné vyhodnocení technologických dílů (technologických pomůcek) – současně očistit vzorové kolo silonovým kartáčem.

U každého kusu stanovit kontrolní prohlídkou, zda jsou provedeny všechny operace.

3.2 Norma spotřeby času

Celkový čas potřebný na výrobu řadicích kol 1. nebo 2. rychlosti je dán součtem dílčích časů jednotlivých operací. V čase jsou obsaženy technické a směnové ztráty a pro 1. i 2. rychlost má stejnou hodnotu 6,355 Nmin.

Celková kapacita výrobní linky je dána operací s nejdelším časem. Jedná se o operaci č. 45 – frézování hlavního ozubení, kde čistý takt je 0,536min. Na příkladu rozboru výpočtu normy času na konkrétní operaci bude ukázán princip tvorby pracovní, ze kterého se vychází pro plánování personálu. Příklad bude uveden pouze pro jeden stroj.

Výpočet normy času – operace 45

t_{A1} – čas jednotkové práce – je součet všech časů jednotkové práce (1)

$$t_{A1} = (t_{A11} + t_{A13} + t_{AS}) + t_{AX} \quad [\text{Nmin}] \quad (1)$$

t_{A11} – čas jednotkové práce uskutečněné za klidu obsluhovaného stroje

t_{A12} – čas jednotkové práce uskutečněné za chodu obsluhovaného stroje

t_{A13} – čas jednotkové práce strojně – ruční

t_{AS} – strojní čas (takt stroje)

t_{AX} – čas nepravidelné obsluhy - je součet všech časů vznikajících v nepravidelných intervalech při obsluze zařízení, jako např. nepravidelná výměna opotřebovaného nebo zničeného nástroje, náradí nebo montážní pomůcky. Jde tedy o ztráty na zařízení definované výrobcem v procentech. Pro operaci frézování hlavního ozubení je t_{AX} stanoven výrobcem frézky Strojírny Čelákovice na 8%.

$$t_{A1} = (t_{A11} + t_{A13} + t_{AS}) + t_{AX} = (0 + 0 + 0,536) + 8\% = 0,5789 \text{ Nmin} \quad (2)$$

t_{A3} – čas jednotkových podmínečně nutných přestávek – je úhrn všech časů těchto přestávek pracovníka v normě t_A . Jsou to například čekání na dokončení předchozí operace na montážní lince, čekání na ukončení automatického – strojního času stroje apod. Jsou to tedy přestávky v práci pracovníka, které jsou nevyhnutelné a z hlediska současné úrovně techniky a organizace neodstranitelné. Do normy t_A se započítávat musí, ale v průběhu výrobního procesu je nutno tyto přestávky průběžně prověřovat, zda je není možno novými technickoorganizačními podmínkami zkrátit či odstranit.

t_{A31} – čas jednotkových podmíněně nutných přestávek – všechny časy těchto přestávek pracovníka za klidu stroje

t_{A32} – čas jednotkových podmíněně nutných přestávek – všechny časy těchto přestávek pracovníka za chodu stroje

$$t_{A3} = t_{A31} + t_{A32} = 0 + 0,3194 = 0,3194 \text{ Nmin} \quad (3)$$

Čas podmíněně nutných přestávek t_{A3} bychom správně měli přičíst k času t_{A1} ($t_A = t_{A1} + t_{A3}$). Pracovník však čeká na dokončení obrábění v rámci taktu stroje, takže čas t_A zůstane stejný jako čas t_{A1} , i když čas čekání je vyčíslen na 0,3194 Nmin. Hodnota času t_{A3} bude použita pro optimalizaci vytížení pracovníků. Čas jednotkové práce dle uvedeného vzorce (2) je vypočítán na 0,5789 Nmin a je povýšen o ztráty zařízení t_{Ax} .

$$t_A = t_{A1} = 0,5789 \text{ Nmin} \quad (4)$$

Tento čas je nutné ještě povýšit o přírážku směnového času danou koeficientem k_c .

k_c – koeficient přírážky směnového času – vychází ze směnového času t_c , který je stanoven na základě normativů (příloha č. 4) užívaných ve Škoda Auto. Výpočet směnového času t_c je dle vzorce (5)

$$t_c = t_{c1} + t_{c2} + t_{c3} \quad [\text{min}] \quad (5)$$

t_{c1} – čas směnové práce – příprava a úklid nástrojů, náradí a pomůcek, nezbytný úklid pracoviště, předání směny a zápis denní práce

t_{c2} – čas směnových nutných přestávek – přestávka na přirozené potřeby a hygienu

t_{c3} – čas směnových podmíněně nutných přestávek

Směnové časy t_c pro frézování hlavního ozubení jsou dle normativu: (příloha č. 4)

$$t_{c1} = 12 \text{ min}$$

$$t_{c2} = 10 \text{ min}$$

$$t_{c3} = 0 \text{ min}$$

$$t_C = t_{C1} + t_{C2} + t_{C3} = 12 + 10 + 0 = 22 \text{ min} \quad (6)$$

Výpočet času směnového dle uvedeného vzorce (5) je podle normativu spočítán na 22 min (6). Odtud se spočítá koeficient přírážky směnového času k_c (7), o který se zvyšuje čas jednotkové práce t_A .

$$k_c = \frac{T}{T - t_c} = \frac{450}{450 - 22} = 1,05 \quad [-] \quad (7)$$

$$t_{AC} = t_A \cdot k_c = 0,5789 \cdot 1,05 = 0,608 \text{ Nmin} \quad (8)$$

Celkový čas i s přírážkou koeficientu k_c je norma jednotkového času s přírážkou směnového času t_{AC} vypočítán dle uvedeného vztahu (8) na 0,608 Nmin.

t_{AC} – norma jednotkového času s přírážkou směnového času (8), v praxi často označován jako hrubý takt stroje, nebo brutto takt.

Dle uvedeného výpočtu (8) je tedy zřejmé, že za každou 0,6 minuty je vyroben jeden kus a za směnu se vyrobí celkem 740 kusů.

Součtem časů t_{AC} všech operací dostaneme celkovou pracnost na výrobu dílu od první po poslední operaci. Podle jednoduchého vztahu (9) dostaneme počet pracovníků potřebných na požadovaný plán výroby.

$$VD = \frac{\text{pracnost} \cdot ks}{T} \quad [\text{výrobní dělník}] \quad (9)$$

Celkový počet pracovníků a obsazení jednotlivých směn bude uvedeno v kapitole analýza současného stavu.

3.3 Vybavení pracovišť

Stroje jsou připojeny k centrálnímu rozvodu elektrické energie 400/230 V a centrálnímu rozvodu tlakového vzduchu 0,6 MPa, který je nutný pro pohon manipulátorů některých strojů. V hale je také centrální rozvod vody, potřebný pro doplňování nádrží na řeznou kapalinu. Pracoviště jsou vybavena skříněmi na nářadí a ochranné pomůcky. Pro mezioperační měření je u každého stroje měřicí a kontrolní pracoviště, kde se kromě měřidel a kontrolních přípravků nachází také dokumentace pro danou výrobní operaci (pozn. dokumentaci bude věnována samostatná kapitola).

3.4 Týmová práce

Dle standardů platných ve Škoda Auto v rámci Výrobního systému Škoda (VSS) je na montážních linkách zavedena týmová práce a pracovníci pracují v týmech. Každý tým řídí týmový koordinátor, který zodpovídá za výrobu v rámci svého pracovního týmu. Pro svou činnost je částečně nebo úplně uvolněn podle složitosti výroby a velikosti týmu. Uvolnění znamená, že v tomto čase nevyrábí, ale provádí seřizovací nebo organizační činnosti. Zodpovídá za aktuální dokumentaci a plynulý chod výroby. V případě potřeby zaskakuje za pracovníky v krátkodobé nepřítomnosti. Provádí zaučení nových pracovníků. Dle náročnosti v jeho úseku je uvolnění pro koordinování 35 až 100 %. V rámci týmové práce je zavedena rotace pracovníků na jednotlivých operacích. Rotace se provádí dle předem definovaného plánu, přispívá k odbourání monotónního charakteru práce a ke zvyšování kvalifikace pracovníků.

Týmy jsou rozděleny do směn. Výroba kol 1. a 2. rychlosti je organizována tak, že každé směně odpovídá jeden tým, který má svého koordinátora uvolněného na 35% svého pracovního fondu (cca 3 hod.). Ostatní pracovníci jsou v týmech rozdělení na jednotlivé výrobní operace podle své kvalifikace a profese (tab.2).

Název profese	Číslo profese	Operace
soustružník	660	5
frézař	617	15, 45, 70
brusič	603	130
kontrolor	627	150

seřizovač	654	všechny op.
-----------	-----	-------------

Tab. 2: Profese v týmech

3.5 Dokumentace výrobních operací

Dokumentace na výrobních operacích je provedena dle předpisů a organizačních pokynů Škoda Auto a.s. Pravidelně se aktualizuje příslušnými zodpovědnými odbornými útvary. Za platnost a aktuálnost dokumentace zodpovídají pracovníci a koordinátor týmu. Dokumentace je umístěna v kontrolním pracovišti u každé výrobní operace.

Základní dokumentací nezbytně nutnou pro pracovníka je návodka s technologickým postupem (příloha č.1) a kontrolní plán operace KPO (příloha č.2).

V technologické návodce je uveden výrobní postup a veškeré informace, které pracovník potřebuje ke své činnosti. Výrobnímu postupu odpovídá CNC program, zadaný ve stroji, podle kterého probíhá obrábění dílu. Čísla programů pro všechny varianty dílů jsou uvedeny v návodce a pracovník je v případě změny typu dílu zadává do stroje.

Kontrolní plán operace obsahuje všechna předepsaná měření a kontrolní činnosti na operaci. Předepisuje také četnost měření, měřidlo nebo kontrolní přístroj, na kterém se měření provádí. V kontrolním plánu je také uvedeno, zda se měření zaznamenává, jakou formou a jaký druh formuláře musí pracovník použít k záznamu příslušných rozměrů. V zásadě se rozlišují čtyři základní druhy formulářů pro písemný záznam.

Formulář o záznamu 1. kusu – na začátku práce na operaci, nejčastěji na začátku směny, je pracovník povinen provést uvolnění výroby proměřením všech rozměrů předepsaných v KPO. Pokud díl odpovídá předpisům provede záznam do formuláře a může pokračovat v práci. První kus zůstává uložen v kontrolním pracovišti, aby bylo možno kdykoli provést ověření kvality

Záznam o kontrole atributivního znaku – slouží k zaznamenávání rozměrů, které se kontrolují kalibry a dávají informaci „dobrý“ nebo „špatný“

Záznam o kontrole variabilního znaku– slouží k zaznamenávání rozměrů, které se kontrolují kontrolními přístroji elektronickými nebo přístroji s číselníkovým

úchylkoměrem, kde pracovník může odečíst přesnou hodnotu a je zřejmé, v jaké části tolerance se pohybuje.

Záznamy do karet SPC – Statistic proces control – karty statistického sledování procesu slouží k velmi přesné regulaci výroby. Provádění záznamů SPC předepisuje zvláštní návodka. Na základě záznamů je v pravidelných intervalech vyhodnocována stabilita procesu C_p , C_{pk} .

Dalším důležitým dokumentem je Záznam zaškolení o kvalitě na pracovišti. V tomto formuláři jsou podepsáni pracovníci, kteří byli na operaci zaškoleni a mohou tedy na operaci pracovat.

Povinností každého pracovníka je pečovat také o stroje a zařízení. Péče o zařízení se nazývá autonomní údržba TPM. Rozsah činností autonomní údržby je rozdělen pro obsluhu zařízení a pro údržbu. TPM se předepisuje v denních, týdenních, měsíčních, půlročních a ročních intervalech. Provedení příslušných činností se písemně zaznamenává. Součástí TPM je také řezný plán, seznam všech položek náradí používaných na stroji s předepsanou životností.

Tato dokumentace se nachází na každé operaci. Dokumentace, která se na jednotlivých výrobních operacích může dále vyskytovat jsou různé interní pokyny platné pro jednu konkrétní operaci, fotografické návodky, upozornění na závady atd.

4. Analýza procesu

4.1 Materiálový tok

Logistika a tok materiálu začíná ve skladu materiálu B3. Výkovky kol 1. a 2. rychlosti jsou dodávány z koncernového závodu VW Kassel. Pracovníci závodové logistiky naváží palety s díly na základě telefonické odvolávky z výrobního střediska na přípravnou plochu před první operací. Z přípravné plochy jsou palety podle plánu vyráběného typu kola umístěny již pracovníkem výroby na speciální podvozky s ergonomickým rámem. Podvozek s paletou zaveze pracovník z první operace na určené místo k nakládacímu dopravníku stroje. Díly se odebírají přímo z palety a vkládají na dopravník stroje. Po obrobení na první operaci jsou díly vkládány do speciálních schránek v počtu 10 ks. Naplněné schránky pracovník odkládá na

manipulační vozík. Maximální počet kusů na manipulačním vozíku je 110 ks a tvoří jednu výrobní dávku určitého typu kola.

Výroba všech dílů pro převodovku MQ 200 obráběných ve Škoda Auto je organizovaná jako dávková. Tato organizace je velmi výhodná pro přehlednost plánování a zpětnou identifikaci dílů v případě výskytu problémů na montáži nebo ve voze. Velikost dávky je definována podle kapacity sestavy kalících roštů. Rošty musí být maximálně naplněny, aby se neztrácela kapacita kalících pecí

Jestliže pracovník na první operaci dokončí dávku, vyplní identifikační kartu s předepsanými údaji (číslo dílu, číslo dávky, datum, číslo operace, označení tavby, počet dobrých dílů, počet neshodných dílů, osobní číslo pracovníka). Identifikační karta prochází společně s výrobní dávkou celým tokem výroby. Pracovníci na jednotlivých operacích zapisují do karty potřebná data. Pro lepší orientaci v materiálovém toku jsou karty barevně odlišeny dle typu dílu (př. bílá pro 02T 311 251, modrá pro 02T 311 251B).

Mezi jednotlivými operacemi, na kterých probíhá obrábění, procházejí dávky na manipulačních vozících. Operace č. 70 – ševingování ozubení, je poslední před tepelným zpracováním. Po vyprání se díly ve speciálních schránkách překládají do palet a převážejí vysokozdvizným vozíkem do kalírny. V kalírně jsou díly přeloženy na kalící rošty a tepelně zpracovány. Z kalících roštů se překládají zpět do speciálních schránek a po provedení potřebných operací v kalírně se ve stejných paletách převážejí zpět do výrobního střediska. Následuje broušení, praní a kontrola ozubení. Mezi těmito operacemi se díly pohybují opět na manipulačních vozících.

Po provedení poslední operace se díly vkládají do plastových proložek a v proložkách potom do palet určených k expedici na montáž. Plastové proložky jsou použity z důvodu ochrany dílů před poškozením a z důvodu možnosti většího počtu dílů v expediční paletě 220 ks. Materiálový tok linkou je naznačen v příloze č. 5.

4.2 Uspořádání pracovišť a personální obsazení výrobní linky

4.2.1 Layout výrobní linky

Stroje ve výrobní lince jsou uspořádány s ohledem na plynulý tok materiálu a návaznost výrobních operací. Konstrukčně jsou kola 1. a 2. rychlosti provedena velmi podobně (obr. 18). Shodná konstrukce umožňuje vyrábět obě kola na jedné výrobní lince. Typy strojů jsou na jednotlivých operacích stejné, pouze seřízené na kolo 1. rychlosti nebo 2. rychlosti.



Obr. 18: Kolo 1. a 2. rychlosti

Přehled uspořádání strojů je uveden v tabulce 3.

Operace	Název operace	Stroj	Kapacita [ks]
5	soustružení 1. R.	EMAG (1)	485
5	soustružení 1. R.	EMAG (2)	485
5	soustružení 2. R.	EMAG (3)	485
5	soustružení 2. R.	EMAG (4)	485
15	obrážení 1. R.	LORENC (1)	883
15	obrážení 2. R.	LORENC (2)	883
17	praní 1. a 2. R.	ROLL (1)	3000
45	frézování 1. R.	OFA 32 CNC (1)	740
45	frézování 2. R.	OFA 32 CNC (2)	740
50	frézování a odjehlení 1. R.	PRÄWEMA (1)	885
50	frézování a odjehlení 2. R.	PRÄWEMA (2)	885
52	praní 1. a 2. R.	ROLL (1)	3000
70	ševingování 1. R.	SV 30 CNC (1)	749

70	ševingování 2. R.	SV 30 CNC (2)	749
72	praní 1. a 2. R.	ROLL (2)	3000
130	broušení 1. R.	REINECKER (1)	704
130	broušení 2. R.	REINECKER (2)	704
132	praní 1. a 2. R.	ROLL (2)	3000
150	zkouška 2 bokým odvalem 1. R.	CM-DIGIT (1)	944
150	zkouška 2 bokým odvalem 2. R.	CM-DIGIT (2)	944

Tab. 3.: Přehled operací

Z tabulky vyplývá, že pro většinu operací jsou dva stejné stroje. Na operaci 5 jsou z kapacitních důvodů dva stroje pro 1. rychlost a dva stroje pro 2. rychlost. U ostatních operací jsou také stejné stroje, ale každý na jiný díl. Prací stroje jsou ve výrobní lince také dva. První (op. 17, 52) je určen pro praní po operacích obrážení synchronního ozubení, frézování a odjehlení. Druhý (op. 72, 132) slouží pro praní po operacích ševingování a broušení. Kapacita strojů je dána taktem, technickými a směnovými ztrátami pro každý stroj bez ohledu na organizaci pracovníků.

U každého stroje se nachází kontrolní pracoviště (obr.19) , kde jsou umístěna měřidla a předepsaná dokumentace. Další součástí vybavení pracoviště je pracovní skříňka, ve které jsou uloženy řezné nástroje a nářadí na jejich výměnu a základní seřizování strojů. Layout výrobní linky je uveden v příloze 4.



Obr. 19: Kontrolní pracoviště

4.2.2 Personální obsazení

Linka pro výrobu řadících kol 1. a 2. rychlosti je obsazena 42 pracovníky včetně koordinátorů týmů. Výroba probíhá ve 3 směnách, každé směně tedy odpovídá obsazení počtu 14 pracovníků (příloha č. 5) a vyrábí se 2000 ks kol 1. rychlosti a 2000 ks kol 2. rychlosti. Vzhledem k rozdílné výrobní kapacitě strojů, náročnosti na obsluhu a seřizování je buď jeden stroj obsazen jedním pracovníkem – jednostrojová obsluha nebo dva stroje obsazeny jedním pracovníkem – dvoustrojová obsluha (detailní analýza vytížení pracovníků je uvedena v následující kapitole).

Organizace s jednostrojovou obsluhou je na operacích soustružení 4 stroje = 4 pracovníci, broušení 2 stroje = 2 pracovníci a kontrola ozubení 2 stroje = 2 pracovníci. Dvoustrojová obsluha je zavedena na operacích obrážení 2 stroje = 1 pracovník, frézování ozubení 2 stroje = 1 pracovník, frézování a odjehlení 2 stroje = 1 pracovník a ševingování ozubení 2 stroje = 1 pracovník.

Obsazení pračky vzhledem k její vysoké výrobní kapacitě vychází matematicky na 0,5 pracovníka na jeden stroj. V praxi to ovšem znamená, že obě pračky ve výrobní lince obsluhuje 1 pracovník v každé směně.

Za organizaci práce a činnosti pracovníků je zodpovědný koordinátor týmu v každé směně, v technologickém postupu uvedený pod operací č. 970. Koordinátor týmu koordinuje a řídí svůj tým v rámci odborných a organizačních úkolů zadaných supervizorem směny. Podporuje motivaci zaměstnanců k zajištění kvality, nákladů a dodržování bezpečnosti práce a ekologie. Soustavně porovnává aktuální výsledky s cíli týmu a případně navrhuje opatření k jejich dosažení. Je zodpovědný za interní rozvržení úkolů a předávání směny. Přípravuje a vede týmové rozhovory, urovnává názorové neshody, které se v rámci týmu mohou objevit. Zajišťuje výměnu informací, aktualizuje informace na týmových tabulích a zastupuje tým navenek. Zaskakuje za zaměstnance v případě krátkodobé nepřítomnosti a zajišťuje rotaci pracovníků. Zajišťuje zapracování nových pracovníků. Provádí denní péči a údržbu strojů a zařízení tak, aby byl zajištěn bezporuchový provoz zařízení..

Vytížení každého koordinátora týmu je vyjádřeno pomocí koláčového grafu činností podle Výrobního systému Škoda.

Přehled obsazení jednotlivých operací je uveden tabulce 4 na následující straně.

Operace	Název operace	Stroj	Obsazení [počet prac.]
5	soustružení 1. R.	EMAG (1)	1
5	soustružení 1. R.	EMAG (2)	1
5	soustružení 2. R.	EMAG (3)	1
5	soustružení 2. R.	EMAG (4)	1
15	obrážení 1. R.	LORENC (1)	1
	obrážení 2. R.	LORENC (2)	
17,52	praní 1. a 2. R.	ROLL (1)	0,5
45	frézování 1. R.	OFA 32 CNC (1)	1
	frézování 2. R.	OFA 32 CNC (2)	
50	frézování a odjehlení 1. R.	PRÄWEMA (1)	1
	frézování a odjehlení 2. R.	PRÄWEMA (2)	
70	ševingování 1. R.	SV 30 CNC (1)	1
	ševingování 2. R.	SV 30 CNC (2)	
72,132	praní 1. a 2. R.	ROLL (2)	0,5

130	broušení 1. R.	REINECKER (1)	1
130	broušení 2. R.	REINECKER (2)	1
150	zkouška 2-bokým odvalem 1. R.	CM-DIGIT (1)	1
150	zkouška 2-bokým odvalem 2. R.	CM-DIGIT (2)	1
970	koordinátor týmu	celá linka	1
Celkem			14

Tab. 4 : Obsazení operací

4.3 Vytížení pracovníků

Obsazení výrobních operací pracovníky je provedeno na základě analýzy činností nezbytně nutných pro obsluhu jednotlivých strojů. Tyto činnosti jsou popsány ve výpočtových listech normy času (příloha č. 7) a provádí se z velké části v taktu obrábění stroje. Jedná se především o nakládání a vykládání obrobků, mezioperační manipulaci s díly, kontrolu a měření nebo přecházení, pokud jde o vícestrojovou obsluhu. Takt stroje a časová náročnost uvedených činností rozhoduje o zavedení jednostrojové nebo vícestrojové obsluhy. Dalším důležitým faktorem pro zavedení vícestrojových obsluh jsou technické ztráty (časy t_{Ax}). Mezi technické ztráty patří především výměna nástrojů a seřízení stroje a pohybují se v průměru 10% až 20%. Časy činností pracovníků se stanovují měřením jednotlivých úkonů během snímku pracovního dne. Snímek pracovního dne trvá zpravidla jednu směnu, kdy průmyslový inženýr měří a zapisuje všechny činnosti pracovníka. Časy činností se vyhodnotí, přičtou se směnové ztráty t_C a stanoví se počet kusů, který se na příslušné operaci bude vyrábět. Přehled normativu směnových časů je uveden pro všechny činnosti v příloze č. 10. Technické a směnové ztráty se uvádějí v procentech a určují konečný výkon, který pracovník na operaci musí odvést (tab. 5).

Operace	Takt [min]	TZ [%]	SZ [%]	Výkon [ks]
5	0,800	10	5	485
15	0,450	15	4	833
17,52,72,132	0,172	5	4	2380
45	0,536	17	5	683
50	0,440	15	5	846

70	0,520	15	5	716
130	0,545	10	7	704
150	0,417	10	4	944

Tab. 5: Technické, směnové ztráty a výkon

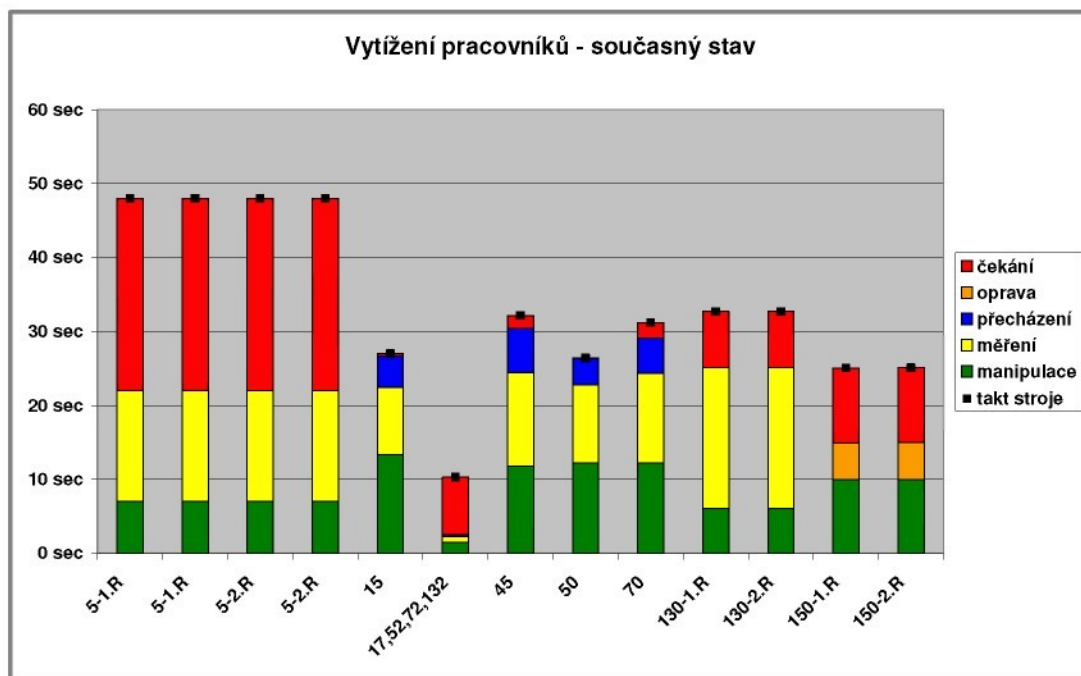
Vytížení pracovníků na operacích linky pro výrobu kol 1. a 2. rychlosti je podrobně popsáno v tabulce 6. Tabulka detailně popisuje všechny činnosti, které pracovník provádí v taktu stroje. Jedná se o manipulaci, kdy pracovník nakládá a vykládá díly ze stroje, měření a kontrolu dílů, předepsané v kontrolním plánu operace. Přecházení provádí pracovník jen u operací, u kterých musí obsluhovat v jedné operaci dva stroje. Čekáním se rozumí čas, kdy pracovník nevykonává žádnou předepsanou činnost a čeká až stroj dokončí operaci. Časy, kdy čeká pracovník na stroj by měly být co nejkratší, protože se jedná o časy neproduktivní, tedy ztrátové.

Operace	Prac.	Manipulace	Měření/oprava	Přecházení	Čekání	Takt stroje
5 1.R	1.	0,117 min	0,250 min	0,000 min	0,433 min	0,800 min
5 1.R	2.	0,117 min	0,250 min	0,000 min	0,433 min	0,800 min
5 2.R	3.	0,117 min	0,250 min	0,000 min	0,433 min	0,800 min
5 2.R	4.	0,117 min	0,250 min	0,000 min	0,433 min	0,800 min
15	5.	0,222 min	0,152 min	0,070 min	0,006 min	0,450 min
17,52,72,132	6.	0,025 min	0,013 min	0,004 min	0,130 min	0,172 min
45	7.	0,197 min	0,210 min	0,100 min	0,029 min	0,536 min
50	8.	0,204 min	0,175 min	0,060 min	0,001 min	0,440 min
70	9.	0,204 min	0,202 min	0,080 min	0,034 min	0,520 min
130 1.R	10.	0,101 min	0,317 min	0,000 min	0,127 min	0,545 min
130 2.R	11.	0,101 min	0,317 min	0,000 min	0,127 min	0,545 min
150 1.R	12.	0,166 min	0,083 min	0,000 min	0,169 min	0,417 min
150 2.R	13.	0,116 min	0,083 min	0,000 min	0,169 min	0,417 min

Tab. 6: Prováděné činnosti dle operací

Všechny činnosti, které pracovníci provádí jsou přehledně znázorněny v sloupcovém grafu č. 3 a jsou přepočteny na takt potřebný pro výrobu jednoho kusu. Z grafu je patrné, jak rozdílný čas čekání (červená část sloupce) je u jednotlivých

operací. Takové ztráty jsou v dnešní době, kdy se personální náklady na pracovníka stále zvyšují, nežádoucí.



Graf 3: Vytížení pracovníků

5. Optimalizace vybraných operací výrobní linky

Snahou průmyslových inženýrů technologů je maximální vytížení pracovníka v čase, kdy stroj obrábí. Pokud je takt stroje delší než všechny plánované činnosti, pak pracovník čeká na dokončení operace a je neproduktivní. Největší neproduktivní časy se vyskytují na soustružení – operace 5, na pračce – operace 17, 52, 72, 132, a v menší míře na operaci 130 – broušení a operaci 150 – kontrole ozubení. Optimalizace procesu a rovnoměrné vytížení pracovníků bude zaměřeno právě na tyto operace.

5.1 Operace 5 – soustružení

Operace jsou organizovány jako jednostrojové obsluhy, každý stroj je tedy obsazen jedním pracovníkem. První dvojice soustruhů slouží pro výrobu kola 1. rychlosti, druhá dvojice pro výrobu kola 2. rychlosti. Činnosti, které pracovník

provádí, jsou na každé dvojici soustruhů stejné. Uspořádání strojů a stejné činnosti pracovníka jsou ideálními předpoklady pro změnu organizace z jednostrojové obsluhy na dvoustrojovou. Z grafu vytížení (graf 3) vyplývá, že čas čekání na dokončení operace je dlouhý a může být redukován právě přidáním obsluhy druhého stroje jednomu pracovníku. Provedeme tedy rozbor navrhované změny organizace soustruhů.

Prováděné činnosti v taktu přepočtené na jeden vyrobený díl – současný stav

Výměna kusů, manipulace	0,1170 min
Kontrola a měření dílu	0,2500 min
<u>Čekání na dokončení operace</u>	<u>0,4330 min</u>
Celkem	0,8000 min
Takt	0,8000 min

Pokud bude dle navrhovaného řešení pracovník obsluhovat dva stroje, budou časy potřebné na prováděné činnosti dvojnásobné. Nesmíme zapomenout přidat čas potřebný na přecházení mezi stroji, který byl měřením stanoven na 0,1200 min. Je nutné prověřit, zda nebude za předpokladu dvojnásobných časů na kontrolu a manipulaci a přidáním času na přecházení, celkový čas činností pracovníka delší než takt stroje. Čas čekání uvažujeme 0 min.

Prováděné činnosti v taktu přepočtené na jeden vyrobený díl – nový stav

Výměna kusů, manipulace	0,2340min
Kontrola a měření dílu	0,5000 min
Přecházení k 2 stroji a zpět	0,1200 min
<u>Čekání na dokončení operace</u>	<u>0 min</u>
Celkem	0,8540 min
Takt	0,8000 min
Rozdíl	0,0540 min

Podle výpočtu je čas všech činností pracovníka delší než takt. To je nežádoucí, protože v takovém případě dochází ke ztrátě kapacity strojů. Takové řešení není cílem optimalizace.

Pokud chceme navrhované opatření realizovat, musíme se zaměřit na ostatní činnosti a prověřit, jestli není možné redukovat časy kontroly dílů nebo manipulace.

Manipulace, kterou pracovník provádí, zahrnuje přivezení palety s výkovky ke stroji, vkládání výkovků do zásobníku obrobků stroje a vykládání obrobených dílů ze zásobníku do speciálních schránek na manipulační vozík. Když je manipulační vozík naplněn požadovaným počtem dílů, pracovník vozík odveze na určené místo k následující operaci. Nejvíce času ze všech uvedených manipulačních činností stráví pracovník nakládáním a vykládáním dílů. Zredukovat čas potřebný na vkládání a vykládání dílů lze za předpokladu zavedení automatizace. Takové řešení je však příliš finančně nákladné a v tomto úseku výrobní linky nevhodné.

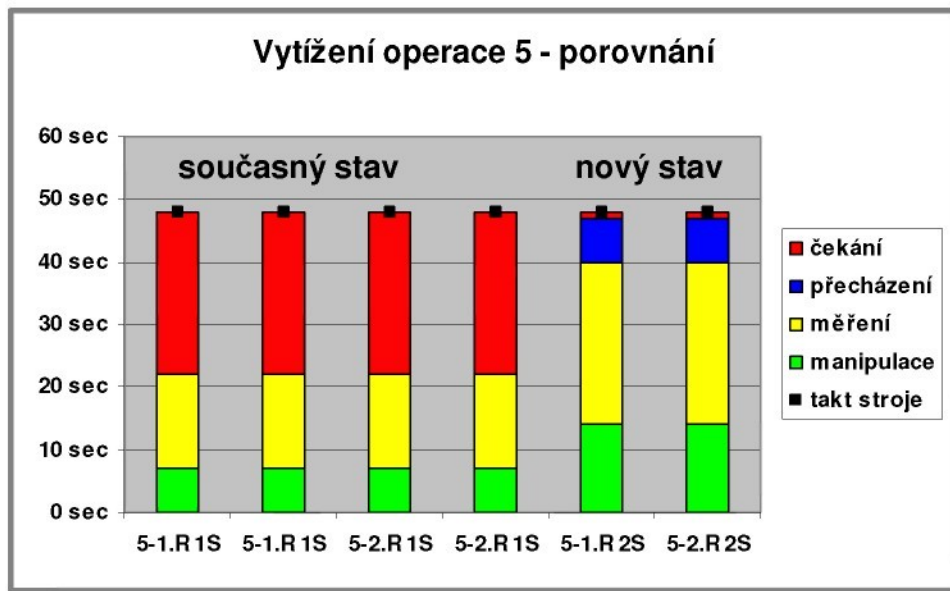
Činnost, která má větší časovou náročnost než manipulace, je měření a kontrola obrobených dílů. Všechny rozměry, které musí pracovník kontrolovat jsou předepsány v kontrolním plánu operace (příloha č. 2). V KPO jsou definovány také četnosti měření, intervaly po jakých je nutné jednotlivé rozměry kontrolovat a zaznamenávat do příslušných formulářů.

Většina předepsaných rozměrů v KPO se záznamem i bez záznamu jsou v četnosti 3 kusy po sobě jdoucí v časových intervalech 30, 60, 120 min. Navrhují u rozměrů, které se měří bez písemného záznamu, snížit počet měřených kusů ze 3 na 1 kus (příloha č. 3). Stroje mají dobrou stabilitu procesu a tolerance rozměrů jsou v řádech desetin milimetru, takže není ohrožena kvalita výroby. Zavedením tohoto opatření výrazně zredukujeme celkový čas na kontrolu na výsledný čas z původních 0,50 min na 0,43 min, to znamená o 0,070 min na 1 kus. Abychom nenavýšili časy činností pracovníka potřebujeme snížení minimálně o 0,0540 min.

Prováděné činnosti v taktu přepočtené na jeden vyrobený díl – nový stav po optimalizaci kontroly a měření

Výměna kusů, manipulace	0,2340min
Kontrola a měření dílu	0,4300 min
Přecházení k 2 stroji a zpět	0,1200 min
Čekání na dokončení operace	0,0160 min
Celkem	0,8000 min
Takt	0,8000 min
Rozdíl	0,0000 min

Z výpočtu vyplývá, že navrhované opatření na odstranění ztrátových časů a vytížení pracovníků na operaci 5 – soustružení je reálné a může být ve výrobě zavedeno. Na grafu 4 můžeme porovnat původní a nový stav vytížení operace 5. Je zřejmé, že zavedením obsluhy dvou strojů jedním pracovníkem, došlo k výrazné redukci ztrátových časů.



Graf 4: Porovnání současného a nového stavu vytížení op. 5

Se zavedením dvoustrojové obsluhy, je nutné přepočítat technické a směnové normy času t_{Ax} a t_C . Pracovník bude nově obsluhovat dva stroje a to znamená delší čas na výměnu nástrojů a seřízení stroje a také delší čas na úklid strojů a celého pracoviště. Navýšením směnových a technických ztrát snížíme výkon operace při dvoustrojové obsluze z 485 ks na 451 ks za směnu pro jeden stroj. Kapacita 2000 ks ve 3 směnách ale ohrožena není, protože op. 5 není kapacitní úzké místo ve výrobní lince. Úsporu jednoho pracovníka pro kolo 1. rychlosti a jednoho pracovníka pro kolo 2. rychlosti lze na této operaci realizovat. V tabulce 7 je uveden současný a nový stav technických a směnových norem času.

	Současný stav	Nový stav
Takt [min]	0,800	0,800
t_{Ax} [%]	10	17
t_C [%]	5	7
t_{Ac} [min]	0,927	0,998

Výkon [ks]	485	451
------------	-----	-----

Tab. 7: Technické a směnové normativy

5.2 Operace 17 – praní dílů

První praní obrobených dílů (op. 17) následuje po operaci obrázení synchronního ozubení. Podle grafu vytížení pracovník na této operaci čeká na dokončení cyklu stroje téměř 8 sekund v přepočtu na jeden kus. To je 75% celého pracovního cyklu, V praxi to znamená, že je pracovník ze tří čtvrtin své pracovní doby nevytížen a čeká na dokončení práce stroje. Podobně je tomu i na operacích 52, 72, 132. Podíváme-li se na vytížení ostatních operací, mohli bychom praní přesunout na operaci 130 – broušení a 150 kontrolu ozubení a zredukovat tím časy čekání pracovníka na stroj. V případě operací 72 a 132 to je možné, protože pračka se nachází v dosahu pracoviště broušení a kontroly ozubení.

V případě praní v operaci 17 to možné není, protože by pracovníci z op. 130 a 150 museli chodit téměř na začátek výrobní linky a ztráty čekáním by se změnily pouze ve ztráty přecházením.

Navrhují rozdělit praní z operace 17 mezi operaci 15 – obrázení a operaci 45 – frézování hlavního ozubení. Činnosti budou rozděleny tak, že pracovník z operace 15 díly do pračky naloží, spustí prací cyklus a pracovník z operace 45 díly vyloží. Pračka pracuje jako automatický stroj, takže nehrozí nebezpečí poškození stroje nebo vypadnutí dílů, pokud není obsluha trvale přítomna.

Vzhledem k tomu, že vytížení pracovníků na operaci 15 a 45 je poměrně velké a ztrátové časy čekáním velmi malé lze opatření zrealizovat za předpokladu zredukování časů na manipulaci a měření.

5.2.1 Opatření ke snížení časů na manipulaci a měření

Operace 15 – manipulace současný stav

Pracovník přiveze manipulační vozík s hotovými díly z předchozí operace. Díly postupně odebírá z vozíku, vkládá na dopravník stroje a obrobené zase vkládá do připravených schránek na jiný vozík stejného typu (obr. 20).

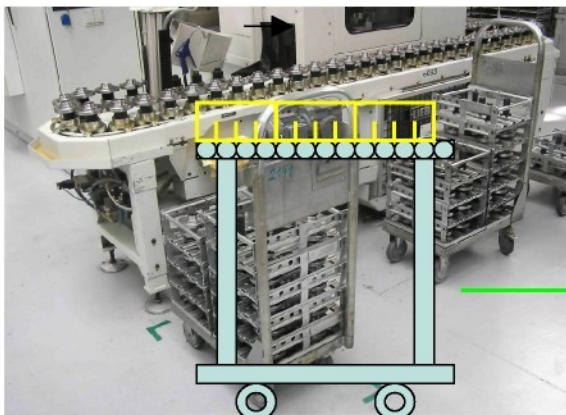


Obr. 20: Manipulace na op. 15 – současný stav

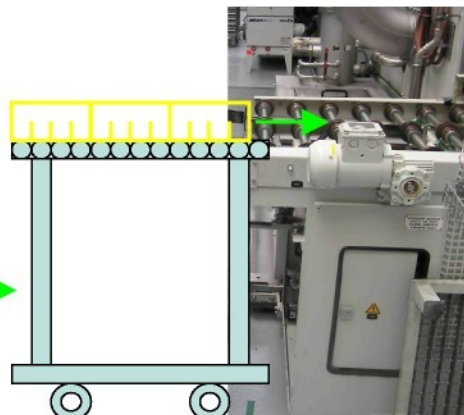
Operace 15 – manipulace nový stav

Aby mohl pracovník provádět nakládání dílů do pračky s menší fyzickou námahou, stávající manipulační vozík je pro tuto činnost nevhodný. Navrhují vyrobiť nový vozík s válečkovou dráhou ve stejné úrovni jako válečková dráha pračky. Na vozík bude možno umístit celou výrobní dávku. Pracovník převezve vozík k pračce, po válečkové dráze přesune výrobní dávku na dopravník pračky a zapne pracovní cyklus praní. Vozík je schematicky naznačen na obrázku 21 a 22.

Úspora času manipulace vznikne nahrazením stávajícího vozíku na obrobené díly novým vozíkem. Pracovník nebude muset manipulovat s prázdnými speciálními schránkami dvakrát. Po vyprázdnění jedné speciální schránky na dopravník stroje položí prázdnou schránku na nový manipulační vozík, do které vkládá již obrobené díly. Zavedením nového manipulačního vozíku dojde úspoře času manipulace ze současných 0,222 min nově na 0,172 min. Nový stav manipulačních činností pracovníka je patrný z obrázku 21. a 22.



Obr. 21: Manipulace na op.15



Obr. 22: Manipulace na pračce

Operace 15 – měření současný stav

Všechny rozměry, které musí pracovník kontrolovat, jsou stejně jako u operace 5 předepsány v kontrolním plánu operace (příloha č. 2), v potřebných četnostech a intervalech. I zde jsou všechny rozměry se záznamem i bez záznamu předepsány v četnosti 3 kusy po sobě jdoucí v časových intervalech 30, 60, 90 min. Zde se díly měří na kontrolních přístrojích AMEST. Princip měření je, že pracovník vloží díl do kontrolního přístroje a spustí automatický cyklus měření. Po ukončení cyklu odečte pracovník naměřené hodnoty.

Operace 15 – měření nový stav

Navrhují u rozměrů, které se měří bez písemného záznamu, snížit počet měřených kusů ze 3 na 1 kus (příloha č. 3). Stroje vykazují dobrou stabilitu procesu, takže není ohrožena kvalita výroby. Měření v automatickém cyklu je časově poměrně náročné a snížením na 1 měřený kus dojde k výrazné úspoře času kontroly a měření. Zavedením tohoto opatření zredukujeme celkový čas na kontrolu na výsledný čas z původních 0,152 min na 0,102 min.

Prováděné činnosti v taktu přepočtené na jeden vyrobený díl – nový stav po optimalizaci kontroly a měření u op. 15

Výměna kusů, manipulace	0,1720min
Kontrola a měření dílu	0,1020 min
Přecházení k 2 stroji a zpět	0,0700 min
Praní	0,1060 min

Celkem	0,4500 min
Takt	0,4500 min
Rozdíl	0,0000 min

Operace 45 – manipulace současný stav

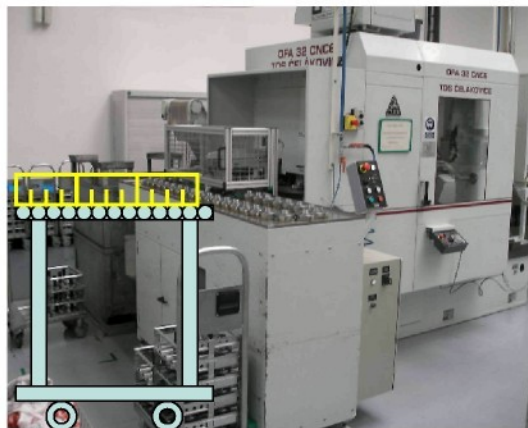
Na operaci frézování hlavního ozubení jsou použity stejné manipulační vozíky jako u ostatních operací. Systém práce je také shodný, pracovník nakládá díly z vozíku na dopravník stroje a po obrobení zase skládá zpět do manipulačního vozíku.

Operace 45 – manipulace nový stav

Pracovník přesune z válečkového dopravníku pračky vypranou dávku dílů na nový manipulační vozík, odveze ho ke stroji a pokračuje v práci na operaci. K velké úspoře času manipulace nedojde, ale použitím nového manipulačního vozíku se výrazně zlepši ergonomie pro pracovníka při nakládání dílů do stroje, vzhledem k tomu, že nový manipulační vozík je ve stejné výškové úrovni jako dopravník stroje (obr.23, 24).



Obr. 23: Manipulace současný stav



Obr. 24: Manipulace nový stav

Operace 45 – měření současný stav

Zde jsou rozměry, které se měří na kontrolních přístrojích AMEST, předepsány v četnosti 3 kusy po sobě jdoucí se záznamem i bez záznamu. Měření na kontrolních stanicích je relativně časově náročné podobně jako u operace 15.

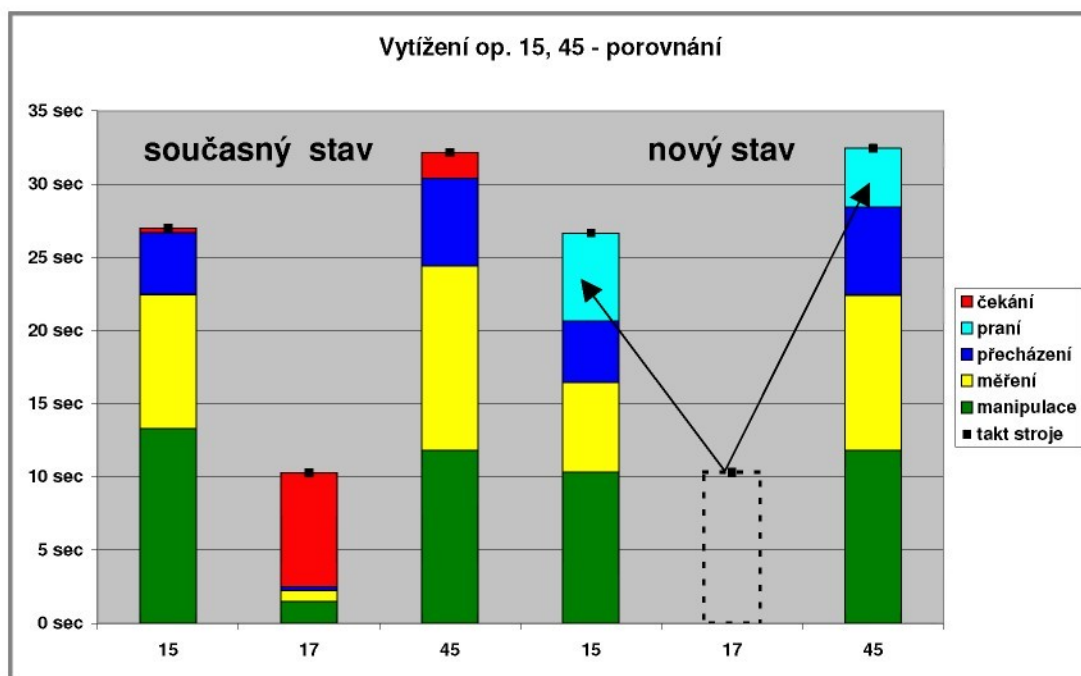
Operace 45 – měření nový stav

Navrhuji četnost měření rozměrů se záznamem zredukovat ze tří na jeden kus při zachování intervalu měření (příloha č. 3). Zavedením tohoto opatření dojde k úspoře času na kontrolu a měření ze současných 0,210 min. na 0,177 min.

Prováděné činnosti v taktu přepočtené na jeden vyrobený díl – nový stav po optimalizaci kontroly a měření u op. 45

Výměna kusů, manipulace	0,1970min
Kontrola a měření dílu	0,1770 min
Přecházení k 2 stroji a zpět	0,1000 min
Praní	0,0620 min
Celkem	0,5360 min
Takt	0,5360 min
Rozdíl	0,0000 min

Na grafu 5 můžeme porovnat původní a nový stav rozdělení činností pracovníka na op.17 mezi operace 15 a 45.



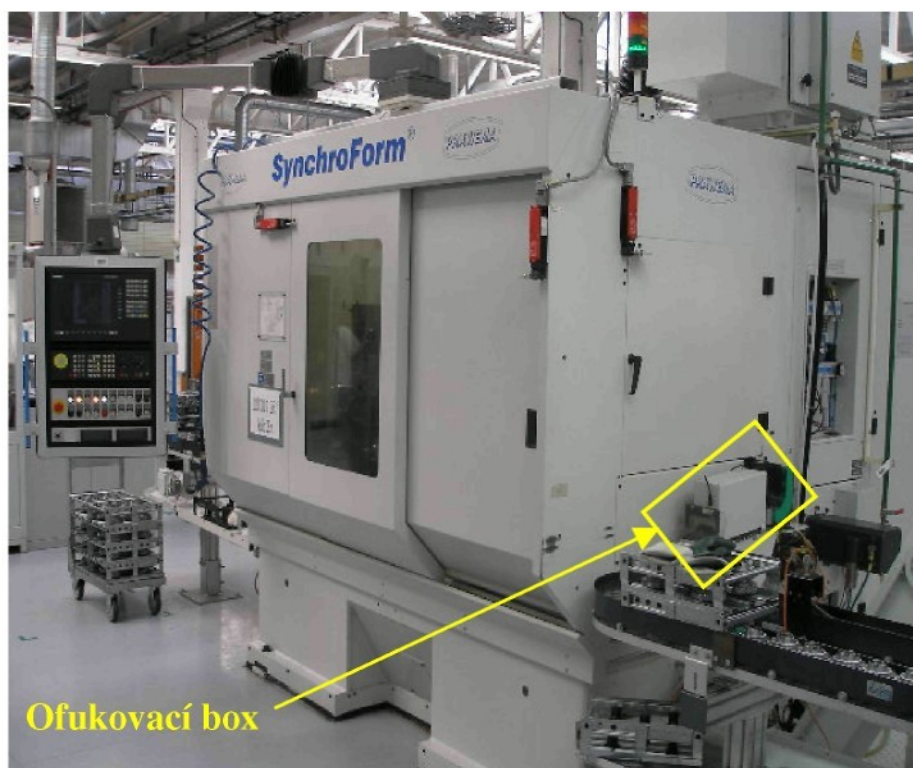
Graf 5: Vytížení pracovníků na op. 15 a 45

5.3 Operace 52 – praní dílů

Druhé mezioperační praní následuje po operaci 50 – frézování úkosů synchronního ozubení a odjehlení otřepů po předchozí operaci frézování hlavního ozubení. Obrábění na této operaci stejně jako na operaci předchozí není pod řeznou kapalinou nebo olejem. Praní je však nutné, protože na dílech zůstávají z obrábění drobné třísky a na další operaci by mohlo dojít k chybnému upnutí a vzniku neshodného dílu. Pracovník na operaci 50 obsluhuje dva stroje a je plně vytížen (viz graf 3, str.40), takže praní nemůže provádět.

Obrábění na operaci 50 probíhá bez použití procesních kapalin, díly nejsou mastné a třísky, které na obrobcích zůstávají, lze lehce mechanicky nebo stlačeným vzduchem odstranit.

Navrhují na výstupní dopravníky strojů na operaci 50 umístit ofukovací box (obr. 25). Konstrukčně bude ofukovací box proveden jako plechová uzavřená krabice, do které bude přiveden stlačený vzduch. Uvnitř boxu budou umístěny dvě trysky nasměrované na obrobek, aby docházelo k odstranění zbylých třísek po obrábění. Realizace tohoto technického opatření je velmi jednoduchá, protože není nutné zasahovat do konstrukce stroje a na rozvod stlačeného vzduchu je možno se připojit přímo ze stroje. Náklady na výrobu a instalaci ofukovacího boxu jsou mnohem nižší než předpokládaná úspora dosažená zrušením operace 52 – praní. Zavedením tohoto technického řešení odpadne manipulace s díly při nakládání do pračky a tím i fyzická námaha pro pracovníky.



Obr. 25: Zrušení operace 52

5.4 Operace 130 – broušení

Další mezioperační praní následuje po operaci 70 – ševingování ozubení. Navrhují operaci 72 zrušit a činnost přesunout na operaci 130 – broušení. Pracovníci na této operaci budou vytíženi a jejich ztrátové časy čekáním na stroj se tím odstraní.

Na operaci 130 jsou jednostrojové obsluhy a čas potřebný pro praní rozdělíme mezi tyto dva pracovníky. Rozdělení činností je znázorněno v grafu 6.

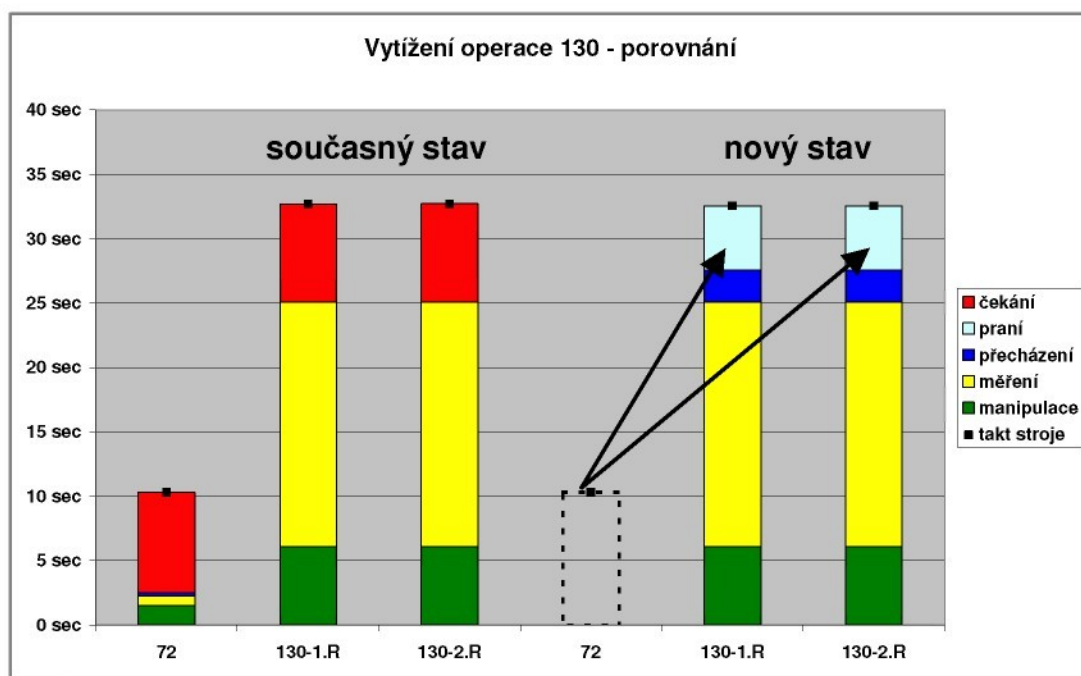
Operace 130 – broušení

Prováděné činnosti v taktu přepočtené na jeden vyrobený díl – současný stav

Výměna kusů, manipulace	0,101 min
Kontrola a měření dílu	0,317 min
Čekání na dokončení operace	0,127 min
Celkem	0,545 min
Takt	0,545 min

Prováděné činnosti v taktu přepočtené na jeden vyrobený díl – nový stav

Výměna kusů, manipulace	0,101 min
Kontrola a měření dílu	0,317 min
Praní	0,086 min
Přecházení k pračce a zpět	0,041 min
Celkem	0,545 min
Takt	0,545 min
Rozdíl	0,000 min



Graf 6: Vytížení operace 130

5.4 Operace 150 – kontrola ozubení dvoubokým odvalem

Kontrola ozubení je poslední operací výroby kol 1. a 2. rychlosti. Ozubení se kontroluje na hlučnost a poškození. Jedná se o poslední operaci před montáží a díly musí být připraveny ke kontrole čisté. Proto je před operací 150 zařazeno poslední praní ve výrobní lince – operace 132. V současné době praní provádí samostatný pracovník.

Navrhuji operaci 132 zrušit a činnosti přesunout na pracovníky operace 150. Tím dojde k jejich vytížení a zredukují se ztrátové časy čekáním na dokončení operace. Rozdělení činností je znázorněno v grafu 7.

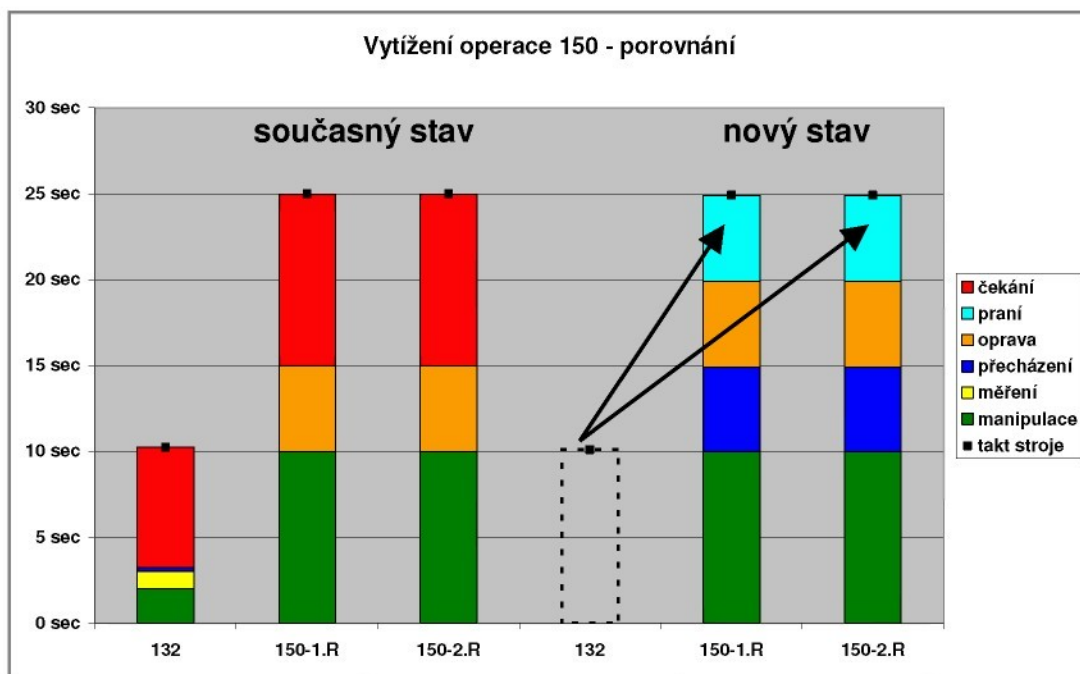
Operace 150 – kontrola ozubení

Prováděné činnosti v taktu přepočtené na jeden vyrobený díl – současný stav

Výměna kusů, manipulace	0,166 min
Oprava dílu	0,083 min
Čekání na dokončení operace	0,168 min
Celkem	0,417 min
Takt	0,417 min

Prováděné činnosti v taktu přepočtené na jeden vyrobený díl – nový stav

Výměna kusů, manipulace	0,166 min
Oprava dílu	0,083 min
Praní	0,086 min
Přecházení k pračce a zpět	0,082 min
Celkem	0,417 min
Takt	0,417 min
Rozdíl	0,0000 min



Graf 7: Vytížení operace 150

5.5 Obsazení výrobní linky a vytížení pracovníků po optimalizaci

Po provedených optimalizačních opatření na vybraných výrobních operacích pracuje na výrobní lince o 3 pracovníky na každou směnu méně oproti výchozímu stavu při zachování minimální výrobní kapacity 2000 ks za den (tab.8). Navrhované obsazení výrobní linky je znázorněno na layoutu v příloze č. 6.

Na operaci 5 byla zavedena dvoustrojová obsluha a nově provádí činnosti vždy jeden pracovník, který obsluhuje oba stroje najednou. Úspora dvou pracovníků na této operaci ve směně, byla provedena využitím neproduktivního času čekáním pracovníka na dokončení obrábění a redukováním četnosti měření, které mohlo být realizováno na základě stability výrobního procesu.

Úspora třetího pracovníka ve směně byla docílena sérií opatření, které se týkají praní dílů v celém výrobním procesu obrábění. První praní v technologickém toku – op. 17, bylo rozděleno mezi pracovníky op. 15 a op. 45. Předpokladem pro realizaci je, kromě redukce měření a využití neproduktivního času čekáním na stroj, technické opatření. Jedná se o nové manipulační vozíky, které tvoří uzavřený okruh mezi op. 15, pračkou a op. 45. Pracovníkům obou operací se zlepší i ergonomie práce.

Druhé praní v technologickém toku – op. 52 je řešeno čistě technickým opatřením, které spočívá v umístění ofukovacího boxu na výstupní dopravníky strojů pro frézování úkosů synchronního ozubení op. 50.

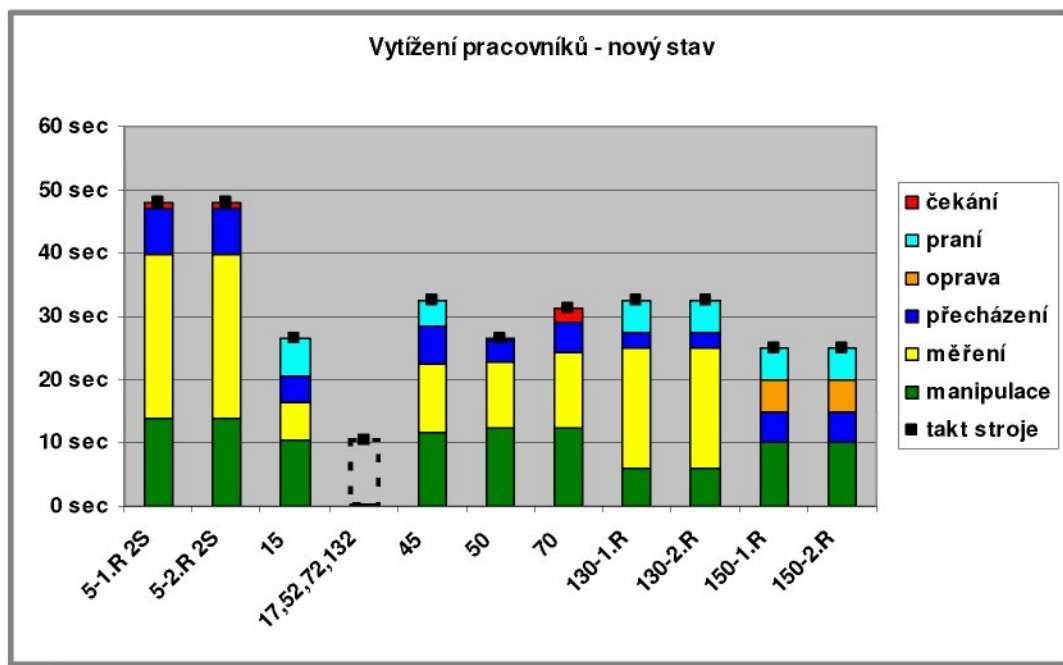
Třetí a čtvrté praní – op. 72 a op. 132 je rozděleno mezi pracovníky operací broušení op. 130 a kontrolu ozubení op. 150. Úspora mohla být provedena obdobně jako v případě operace 5, využitím neproduktivních časů a redukcí četnosti měření dílů.

Operace	Název operace	Stroj	Obsazení [počet prac.]
5	soustružení 1 .R.	EMAG (1)	1
		EMAG (2)	

5	soustružení 2. R.	EMAG (3) EMAG (4)	1
15	obrážení 1. R. obrážení 2. R.	LORENC (1) LORENC (2)	1
17, 52	praní 1. a 2. R.	ROLL (1)	0
45	frézování 1. R. frézování 2. R.	OFA 32 CNC (1) OFA 32 CNC (2)	1
50	frézování a odjehlení 1. R. frézování a odjehlení 2. R.	PRÄWEMA (1) PRÄWEMA (2)	1
70	ševingování 1. R. ševingování 2. R.	SV 30 CNC (1) SV 30 CNC (2)	1
72,132	praní 1. a 2. R.	ROLL (2)	0
130	broušení 1. R.	REINECKER (1)	1
130	broušení 2. R.	REINECKER (2)	1
150	zkouška 2 bokým odvalem 1. R.	CM-DIGIT (1)	1
150	zkouška 2 bokým odvalem 2. R.	CM-DIGIT (2)	1
970	koordinátor týmu	celá linka	1
Celkem			11

Tab. 8: Obsazení výrobní linky po optimalizaci

Vytížení pracovníků po optimalizaci neproduktivních časů je znázorněno v grafu 8. Z grafu je patrné rozdělení praní dílů mezi operace 15, 45, 130, 150 a zavedení dvoustrojové obsluhy na op. 5. Nové rozdělení činností je detailně uvedeno ve výpočtových listech normy obsluhy (příloha č. 8).



Graf 8: Vytížení pracovníků po optimalizaci

5.6. Ekonomické vyhodnocení optimalizace

Racionalizace výroby kol 1.a 2. rychlosti je zaměřena na zvýšení produktivity práce prostřednictvím snížení celkového výrobního času, potřebného na obrobění dílů od první do poslední operace ve výrobní lince. Zvýšení produktivity bylo dosaženo snížením neproduktivních ztrátových časů a rovnoměrným vytížením všech pracovníků na jednotlivých pracovištích.

Na základě navržených opatření došlo ke snížení personálního obsazení výrobní linky z původních 42 pracovníků na současných 33 pracovníků. Celková úspora ve třech směnách je tedy 9 pracovníků. Pracnost potřebná na výrobu jednoho dílu se snížila o 1,612 Nmin z 6,355 Nmin na 4,743 Nmin.

Počet pracovníků potřebných na výrobu je základem pro stanovení personálních nákladů, které jsou součástí nákladů na vyrobený díl. Personální náklady na jednoho pracovníka v roce 2007 jsou ve Škoda Auto stanoveny na 300 000 Kč za rok. Celková úspora v personálních nákladech činí 2 700 000 Kč za rok.

Součástí optimalizace jsou kromě organizačních i technická opatření. V komplexním ekonomickém zhodnocení je třeba započítat náklady na technická

řešení. Prvním z těchto řešení jsou nové manipulační vozíky mezi operacemi 15, 17, 45. Náklady na jeden vozík činí 21 600 Kč a celková potřeba je 6 ks. Celkové náklady na manipulační vozíky činí 129 600 Kč. Druhým technickým řešením jsou ofukovací boxy na operaci 50, které nahrazují praní. Náklady na jeden box jsou 155 200 Kč a boxy jsou potřeba v počtu 2 ks, dohromady 310 400 Kč. Konečná úspora navrhovaného racionalizačního řešení činí po odečtení nákladů na technická opatření 2 384 000 Kč a je uvedena v tabulce 9.

Náklady na manipulační vozíky	129 600 Kč
Náklady na ofukovací boxy	310 400 Kč
Celkem náklady na technická opatření	440 000 Kč
Úspora personálních nákladů	2 700 000 Kč
Celková úspora	2 384 000 Kč

Tab. 9: Celková úspora racionalizace

Návratnost a rentabilitu vložených prostředků stanovíme podílem nákladů na technická řešení a ušetřených personálních nákladů za rok.

$$\frac{440000}{2700000} = 0,16 \text{ roku} \quad (10)$$

Návratnost nákladů je 0,16 roku což odpovídá přibližně 2 měsícům. Realizace navržených opatření může být provedena, protože návratnost vložených prostředků je velmi vysoká.

6. Závěr

Cílem diplomové práce bylo zvýšení produktivity výroby řadících kol 1. a 2. rychlosti převodovky MQ 200, minimálně o 15 % při zachování kapacity nejméně 2000 ks ve třech směnách. Zaměřil jsem se především na eliminaci ztrátových a neproduktivních časů pracovníků na jednotlivých operacích výrobní linky.

V úvodu jsem podal stručnou informaci o akciové společnosti Škoda Auto a výrobě převodovek. Dále popisují technickou dokumentaci, normu spotřeby času, týmovou práci a technologický postup.

Další část se zabývá analýzou procesu, zejména vytížením pracovníků, materiálovým tokem, personálním obsazením výrobní linky a uspořádáním pracovišť.

Následuje část racionalizace a optimalizace jednotlivých operací. Zde vycházím z detailní analýzy činností pracovníků a odstraňuji časy čekání pracovníka na dokončení cyklu stroje a snižuji četnosti měření.

Optimalizace op. 5 spočívá v zavedení obsluhy dvou strojů jedním pracovníkem, které jsem dosáhl využitím časů čekání a redukcí četnosti měření u rozměrů se stabilitou procesu, aby nedošlo k vyrobení neshodných dílů. Optimalizací činností jsem dosáhl úspory 2 pracovníků na směnu.

Další racionalizační opatření se týkají praní dílů v celém výrobním toku linky. Jako první jsem se zabýval praním dílů op. 17. Na základě technického opatření, které spočívá v novém provedení manipulačních vozíků, se mi podařilo operaci 17 rozdělit mezi pracovníky operací 15 a 45. Technickým opatřením jsem vyřešil také praní po operaci frézování úkosů a výřezů op.52. Frézování probíhá za sucha, bez použití řezných kapalin, takže díly nejsou mastné nebo mokré, je však nutné odstranit drobné třísky po obrábění. S výhodou jsem zde použil ofukování stlačeným vzduchem, který je centrálně rozveden po výrobní hale. Výsledným řešením jsou ofukovací boxy umístěné na dopravníku hotových dílů. Realizací tohoto opatření jsem op. 52 zrušil a zlepšil ergonomii práce v oblasti manipulace s díly. Manipulace v tomto případě odpadá úplně a zjednoduší se i materiálový tok tím, že pracovník nemusí převážet díly k pračce (příloha č. 6) . V přepočtu z normy obsluhy činí úspora 0,5 pracovníka na směnu. Následné praní na operacích 72 a 132 jsem rozdělil mezi operace broušení 130 a kontrolu dvoubokým odvalem 150 a tím vytížil pracovníky. Úspora je obdobně jako v případě první pračky také 0,5 pracovníka na směnu.

Navrženými opatřeními se mi podařilo uspořít 9 pracovníků ve třech směnách a zredukovat celkové obsazení výrobní linky z původních 42 na 33 pracovníků (tab. 10).

Operace	Název operace	Obsazení původní [počet prac.]	Obsazení nové [počet prac.]
---------	---------------	-------------------------------------	----------------------------------

5	soustružení 1. R.	1	1
5	soustružení 1. R.	1	
5	soustružení 2. R.	1	1
5	soustružení 2. R.	1	
15	obrážení 1. R.	1	1
	obrážení 2. R.		
17,52	praní 1. a 2. R.	0,5	0
45	frézování 1. R.	1	1
	frézování 2. R.		
50	frézování a odjehlení 1. R.	1	1
	frézování a odjehlení 2. R.		
70	ševingování 1. R.	1	1
	ševingování 2. R.		
72,132	praní 1. a 2. R.	0,5	0
130	broušení 1. R.	1	1
130	broušení 2. R.	1	1
150	zkouška 2 bokým odvalem 1. R.	1	1
150	zkouška 2 bokým odvalem 2. R.	1	1
970	koordinátor týmu	1	1
Celkem		14	11

Tab. 10: Porovnání původního a nového stavu obsazení operací v jedné směně

Výrobní čas kol 1 a 2. rychlosti jsem zredukoval vytížením pracovníků z 6,355 Nmin na výsledných 4,743 Nmin. Porovnání původního a nového stavu vytížení pracovníků je ukázáno v grafu 9 a 10 a výpočtové listy norem času po optimalizaci v příloze č. 8. Úspora pracnosti je uvedena v tabulce 10.

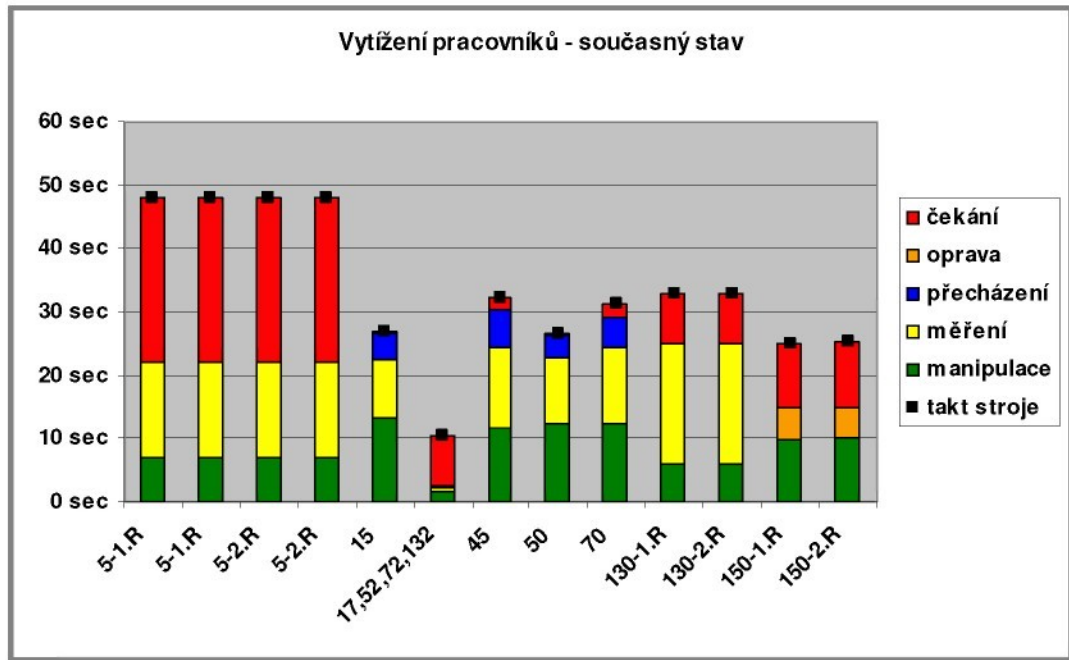
Na základě úspory pracnosti je možno vypočítat i procento navýšení produktivity práce. Realizací úsporných opatření bylo dosaženo zvýšení produktivity

o 25,3%. Nárůst produktivity se stanoví jako podíl nové a původní pracnosti s dopočtem do 100% (11).

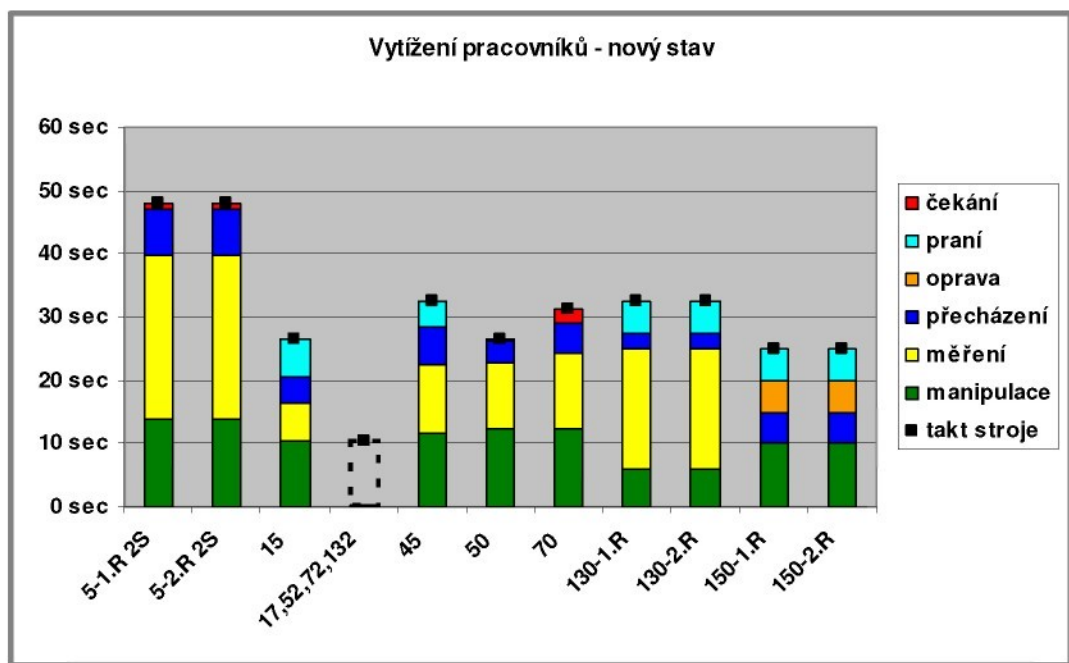
Operace	Pracnost současný stav [Nmin]	Pracnost nový stav [Nmin]
5	0,927	0,998
5	0,927	
15	0,540	0,540
17	0,189	0,000
45	0,659	0,659
50	0,532	0,532
52	0,189	0,000
70	0,628	0,628
72	0,189	0,000
130	0,639	0,639
132	0,189	0,000
150	0,477	0,477
970	0,270	0,270
Celkem	6,355	4,743

Tab11: Pracnost současný a nový stav

$$\text{ZVÝŠENÍ PRODUKTIVITY} = 1 - \frac{4,743}{6,335} \cdot 100\% = 25,3\% \quad (11)$$



Graf 9: Současný stav vytížení pracovníků



Graf 10: Nový stav vytížení pracovníků

Zavedením optimalizačních opatření vznikne pro firmu Škoda Auto a.s. finanční úspora v personálních nákladech. Úspora spočívá ve snížení personálu o 9 pracovníků a snížení pracnosti o 1,612 Nmin na každém díle.

Podle pravidel stanovených controllingem závodu výroby agregátů jsem vypočítal úsporu personálních nákladů, která činí 2 700 000 Kč. Od této částky je



třeba odečíst náklady na technická opatření, které činí 440 000 Kč. Celkovou roční úspora mohu vyčíslit na 2 384 000 Kč. Návratnost vložených prostředků je také na velmi dobré úrovni, přibližně 2 měsíce. Z plánovaného počtu výroby převodovek, podle výrobního programu v roce 2007 mohu stanovit úsporu na jednu převodovku. Plán výroby převodovek je stanoven pro rok 2007 na 477 000 ks. Předpokládaná úspora bude 4,997 Kč na jednu převodovku.

7. Seznam použité literatury

- [1] ZELENKA, A. A KOL: *Projektování procesů obrábění a montáží*. ČVUT Praha, 1999. ISBN 80-01-02013-4.
- [2] ZELENKA, A. – KRÁL, M.: *Projektování výrobních systémů*. ČVUT Praha, 1995. ISBN 80-01-01-302-2.
- [3] MAŠÍN, I., VYTLAČIL, M.: *Nové cesty k vyšší produktivitě, Metody průmyslového inženýrství*. Institut průmyslového inženýrství, 2000. ISBN 80-902235-6-7.
- [4] CERHA, J., VĚCHET, V.: *Obráběcí a montážní stroje*. VŠST Liberec, 1981. 55-801-81.
- [5] ŠKODA AUTO A.S., MLADÁ BOLESLAV: *Katalog normování výkonu a racionalizace výrobního procesu*. Škoda Auto a.s., 1997.
- [6] ŠKODA AUTO A.S., MLADÁ BOLESLAV: *Katalog ergonomie*. Škoda Auto a.s., 2005.
- [7] ŠKODA AUTO A.S., MLADÁ BOLESLAV: *Normativy směnových časů t_C* . Škoda Auto a.s., 1997.

8. Seznam příloh

Příloha č. 1	Technologický postup op. 150 (příklad)
Příloha č. 2	Kontrolní plán operací 5, 15, 45 – současný stav
Příloha č. 3	Kontrolní plán operací 5, 15, 45 – nový stav
Příloha č. 4	Uspořádání strojů ve výrobní lince
Příloha č. 5	Obsazení operací a materiálový tok – současný stav
Příloha č. 6	Obsazení operací a materiálový tok – nový stav
Příloha č. 7	Normy času operací 5, 15, 17, 52, 72, 132, 45, 50, 70, 130, 150 – současný stav
Příloha č. 8	Normy času operací 5, 15, 45, 70, 130, 150 – nový stav
Příloha č. 9	Normativ směnových časů