ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ

KATEDRA TECHNOLOGIÍ A MĚŘENÍ

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Optimalizace výrobního procesu v konkrétním podniku s elektrotechnickou výrobou

Bc. Tomáš Fajfr

Plzeň 2014

Anotace

Tato diplomová práce se zabývá optimalizací procesů. V první části jsou popsány základní principy a směry optimalizace a řízení výroby. Druhá část popisuje základní metodiky a nástroje. Praktická část je věnována optimalizaci výrobních procesů ve společnosti Brush SEM. Je zde popsán výběr pracovišť, původní stav, návrhy na zlepšení a zhodnocení. Pro optimalizaci byly vybrány pracoviště drážkování rotorů Heller, finální opracování rotorů soustruhem SR1250 a proces měření ovality v ložiskovém čepu rotoru.

Klíčová slova

Štíhlá výroba, Toyota production system, Kaizen, optimalizace, 5S, glitch, Heller, SR1250, rotor, turbogenerátor, Brush

Abstract

This thesis deals with process optimization. The first part introduces basic principles and ways of optimization and production management. The second part describes basic methodology and tools of optimization. The practical part is dedicated to the optimization of the production processes in the Brush SEM Company. This part also includes the explanation of the choice of the workplace, its original state, a draft of the optimization process, and evaluation. Following workplaces were selected for the optimization: slotter Heller used for slotting rotors, final rotor machining on the SR1250 lathe, and process of the ovality measurement.

Key words

Just in time, Toyota production system, Kaizen, optimization, 5S, glitch, Heller, SR1250, rotor, turbogenerator, Brush

Prohlášení

Tímto předkládám k posouzení a obhajobě diplomovou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě elektrotechnické Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce. Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této diplomové práce, je legální.

V Plzni dne 7.5.2014 Tomáš Fajfr

……..

Poděkování

Rád bych poděkoval svému vedoucímu bakalářské práce Ing. Radkovi Soukupovi Ph.D., za velmi vstřícné konzultace a poskytnutí základních materiálů pro tuto práci. Dále bych chtěl poděkovat manažerovi výrobního oddělení obráběcí dílny Ing. Michalovi Novému ve společnosti Brush SEM v Plzni za umožnění provedení praktické části právě v tomto oddělení a za poskytnutou podporu při řešení.

OBSAH

OBSAH **7**
SEZNAM ZKRATEK A SYMBOLŮ **9**
ÚVOD **10**
1 ÚVOD DO OPTIMALIZACE PROCESŮ **11**
1.1 HISTORIE 11
1.2 FUNKČNÍ A PROCESNÍ ŘÍZENÍ PODNIKŮ 12
1.3 ZÁKLADY VÝROBNÍHO PROCESU 13
1.4 ÚROVNĚ ŘÍZENÍ VÝROBY 14
1.4.1 Strategické řízení *14*
1.4.2 Taktické řízení *15*
1.4.3 Operativní řízení *15*
1.5 ŠTÍHLÁ VÝROBA, TOYOTA PRODUCTION SYSTEM 15
1.6 SIX SIGMA 17
2 METODY A NÁSTROJE PRO OPTIMALIZACE PROCESŮ **18**
2.1 METODA INFORMATION SYSTEM WORK AND ANALYSIS OF CHANGES ISAC 19
2.2 METODA PRODUCT DATA INTEGRATION TECHNOLOGIES PDIT 20
2.3 METODA BUSINESS OBJECT RELATION MODELLING BORM 22
2.4 BIONIKA 23
2.5 METODA KRITICKÉ CESTY CPM, METODA KRITICKÉHO ŘETĚZCE CCM 24
2.6 NÁVRH EXPERIMENTU DOE 24
2.7 ANALÝZA ROZPTYLU ANOVA 26
2.8 PROCESS FLOW DIAGRAM PFD 27
2.9 METODA 5S 27
2.10 DIAGRAM PŘÍČIN A DŮSLEDKŮ 29
2.11 ANALÝZA PŘÍČIN A NÁSLEDKU FMEA 29
2.12 PARETŮV DIAGRAM 31
3 OPTIMALIZACE VÝROBNÍHO PROCESU V PODNIKU BRUSH SEM **32**
3.1 SPOLEČNOST BRUSH SEM 32
3.2 VÝBĚR PRACOVIŠTĚ A ANALÝZA NESHOD 33
3.3 PRACOVIŠTĚ DRÁŽKOVAČKA HELLER 34
3.3.1 Tok materiálu, zmapování procesu *35*
3.3.2 Návrhy na zlepšení *37*
3.3.3 Zhodnocení přínosů *40*
3.4 PRACOVIŠTĚ SOUSTRUH SR1250-2 42
3.4.1 Zmapování pracoviště *42*
3.4.2 Zlepšení *43*
3.4.3 Zhodnocení přínosů *44*

3.5 MĚŘENÍ GLITCHOVÉ DRÁHY NA ROTORU 45
3.5.1 Rozdíly měřící soustavy na pracovišti soustruhu a v balančním tunelu 46
3.5.2 Ověření vlivu různých dodavatelů výkovků 47
3.5.3 Vliv upínaní a vyrovnání rotoru do osy soustruhu 48
3.5.4 Vliv měření ovality ve více drahách 49
3.5.5 Vliv podepření rotoru v jednom místě na měření ovality 49
3.5.6 Vliv zbytkového magnetického pole a formování vinutí na měření ovality 50
ZÁVĚR 51
POUŽITÁ LITERATURA 52

SEZNAM ZKRATEK A SYMBOLŮ

σ	[-]	směrodatná odchylka
n	[-]	počet pokusů
k	[-]	počet faktorů
x_c	[-]	kódová proměnná
x_0	[-]	proměnná v původních jednotkách
x_{max}	[-]	horní úroveň proměnné
x_{min}	[-]	dolní úroveň proměnné
A_{efekt}	[-]	efekt faktoru
S_D	[-]	průměr skupin
S_T	[-]	součet mezi skupinami
S_R	[-]	vnitroskupinový součet
y	[-]	naměřená hodnota
S	[-]	míra závažnosti problému
O	[-]	míra výskytu problému
D	[-]	míra odhalení problému
DPMO		Defects per million opportunities
ISAC		Information system and analysis of changes
PDIT		Product data Integration technologies
BORM		Business relation modelling
CPM		Critical path method
CCM		Critical chain manage
DOE		Design of experiments
ANOVA		Analysis of variability
PFD		Process flow diagram
BFD		Block flow diagram
FMEA		Failure Mode and Effects Analysis
ST		Strana turbíny
SB		Strana budiče

ÚVOD

Na trhu neustále přibývá více podniků a je čím dál tím těžší si udržet konkurenceschopnost. Aby byl podnik na trhu úspěšný, měl by mít dobrý podnikatelský záměr, základní kapitál, kontakty a měl by se neustále vyvíjet. Vysoké náklady na výrobu, pozdní dodání a nízká spolehlivost produktů jsou aspekty, kvůli kterým dochází ke ztrátám. Tyto ztráty v podniku snižují konkurenceschopnost, a to může vést až k jeho krachu. Z těchto důvodů je téma diplomové práce zaměřeno na optimalizaci výrobních procesů v podniku.

Optimalizací procesů se rozumí jakákoliv změna procesu, která je přínosem buď ve formě úspory, anebo v zabezpečení kvality produktu. Může se jednat o optimalizaci toku informací, materiálu nebo samotného výrobního procesu. Výrobní proces se skládá ze strojního času, který přidává hodnotu produktu, a vedlejšího času, který žádnou hodnotu produktu nepřidává. Zpravidla vedlejší čas převyšuje strojní čas a bývá předmětem optimalizace.

Cílem této práce je definovat základní metody a nástroje pro optimalizaci výrobních procesů. Dále v konkrétním podniku s elektrotechnickou výrobou stanovit klíčová pracoviště pro optimalizaci procesů, provést jejich analýzu, na základě které navrhnout nápravná opatření ke zlepšení výrobních procesů.

1 ÚVOD DO OPTIMALIZACE PROCESŮ

Optimalizace výrobních procesů vychází z vývoje automobilového průmyslu, proto bude úvod do optimalizace procesů věnován historii tohoto průmyslu.

1.1 Historie

První automobil poháněný párou byl sestrojen už v roce 1769 panem Nicolasem Josephem Cugnotem. Následně v celém 19. století dominoval vývoj těchto parostrojů, zvyšovala se jejich účinnost, rychlost a síla. V roce 1836 sestrojil německý konstruktér Brackenburg první spalovací vůz na vodík. Avšak provoz tohoto vozu byl nebezpečný, náročný a neměl žádné významné výhody oproti parnímu stroji, z tohoto důvodu se od tohoto typu upustilo. V roce 1862 si jako první nechal patentovat čtyřdobý spalovací motor francouz Alphonse Beau de Rochas. První automobily se spalovacím motorem byly postaveny v roce 1886 nezávisle na sobě Karlem Benzem a Wilhemem Maybachem. Od tohoto roku začala řemeslná výroba automobilů. [1, 2]

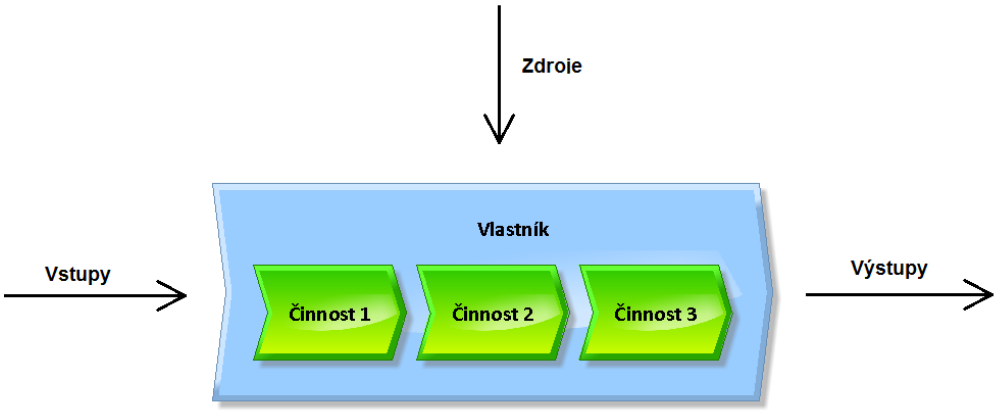
Pro řemeslnou výrobu byl typický velký počet pracovní síly, univerzální nástroje a byl kladen důraz na cílový počet výrobků. To vedlo k velkým nákladům, vysoké zmetkovitosti a vysokým zásobám. Na počátku 20. století Henry Ford zavedl významný prvek poloautomatické výroby, montážní pásy. Pásová výroba měla za důsledek snížení lidských zdrojů a snížení kvalifikace pracovníků. Každý pracovník stál u pásu, měl své místo a svou dílčí činnost, kterou opakoval po daný časový úsek. Tato metodika se později rozšířila i do Čech do Baťových závodů a později i do Škodových závodů. Po druhé světové válce, kdy Američané přinesli své technologie do Japonska, Taichii Óno, Šigeo Šingó a Eidži Tojoda vyvinuli Toyota Production System (TPS). Jak je patrné z názvu, tento systém vznikl v koncernu Toyota a jeho vývoj a zdokonalování trvalo okolo 27 let. Cílem bylo dohnat americký průmysl do tří let. Zavedl se systém, kdy jeden pracovník z jednoho místa obsluhoval více strojů. Odstraňovaly se zbytečné kroky procesu a různé druhy plýtvání. TPS zahrnuje mnoho metodik a nástrojů, pro snížení nákladů, zvýšení produktivity, snížení zmetkovitosti a má orientaci na zákazníka, je základem pro štíhlou výrobu, jak ji známe dnes. [1, 2, 3]

1.2 Funkční a procesní řízení podniků

Důležitým faktorem je způsob řízení podniku, který je funkční, anebo procesní. Funkční řízení podniku je založeno na soustavě oddělení. Každé oddělení má svoji předem danou úlohu, a té se striktně drží. Například oddělení výroby vytváří nové produkty, oddělení informační technologie (IT) má na starosti firemní síť a počítače, personální oddělení se stará o zaměstnance atd. Řízení je tedy orientováno na cíl. Funkční řízení sleduje nepříznivé vlivy a odchylky až po vyskytnutí. U procesního řízení se naopak stanoví jednotlivé procesy a k nim příslušné týmy, přičemž v týmu mohou být lidé z různých oddělení. To vede ke zlepšení firemní komunikace a lepší zpětné vazbě. Procesy se řídí průběžně a nepříznivé stavy se řeší preventivně. Toto řízení se zaměřuje na přidanou hodnotu a sleduje samotný děj. [7, 8]

Proces je děj, při kterém se účelně vstupní hodnota změní na výstupní hodnotu pro dosažení cíle. Model procesu je zobrazen na obr. 1.1 a skládá se z následujících 4 atributů:

1) Vstupu - to, co je potřeba pro přeměnu,
2) Výstupu - to, co je výsledek přeměny,
3) Zdroje - to, co je potřeba k realizaci (finanční, lidské, technologie),
4) Vlastníka - ten, který zodpovídá za průběh procesu.



Obr. 1.1 Model procesu [8]

Každý proces by měl být zdokumentován a kontrolován pro názornější orientaci. Procesy můžeme rozdělit podle několika faktorů. Tato práce je zaměřena především na procesy dlouhodobé, hlavní, u kterých je výstupní hodnota předem známa. [7, 8]

Dle pořadí činností

- tvrdé - sled činností je pevně dán
- měkké - sled činností je možno měnit

Dle směru zpracování

- sériové - procesy se zpracovávají po sobě
- paralelní - procesy se zpracovávají současně

Dle změny podmínek

- vratné - po změně podmínek se proces vrátí do původního stavu
- nevratné - po změně podmínek se proces nevrátí do původního stavu

Dle výstupu předchozího procesu

- deterministický - předchozí stav procesu je předem známý
- stochastický - předchozí stav procesu je možno odhadnout s určitou pravděpodobností

Dle přidané hodnoty

- hlavní - má přidanou hodnotu
- řídící - nepřidává přidanou hodnotu, řídí hlavní procesy
- podpůrné - nepřidává přidanou hodnotu, podporují hlavní a řídící procesy [4, 8]

1.3 Základy výrobního procesu

Výrobní proces je cílevědomá činnost, která je prováděná za cílem vytvoření materiálních nebo nemateriálních statků. Výsledkem výroby je tedy produkt nebo služba. Vstupy výrobního procesu jsou suroviny, materiály, polotovary, energie, informace a lidé. Okolí procesu tvoří konkurence, trh, zákazníci, dodavatelé, právní prostředí atd. Výrobní proces musí být řízen, aby bylo zajištěno jeho optimální fungování a stabilita. Řízením se rozumí působení manažerů na výrobní systémy (pracovníci, logistika, procesy, stroje). Řízení výroby je reakce na změny podmínek okolí, které musí podnik uskutečnit v zájmu udržení svého postavení na trhu. [7]

Průběh výroby se liší v závislosti na povaze produktu a na způsobech jejich přeměny. Pro stabilní výrobu je nutné sledovat výrobní ukazatele, které nám udávají obraz o dosažené úrovně zpracování. Tyto ukazatelé udávají kvantitativní vyjádření a nikdy nejsou totožné se skutečností. Doba, za kterou se vyrobí materiální produkt, se dělí na strojní a vedlejší čas. Strojní čas udává pouze dobu, kdy je stroj v činnosti a přidává výrobku hodnotu. Naopak vedlejší čas je doba, která nepřidává hodnotu výrobku (výměna nástrojů, transport, údržba, zápis hodnot, nastavení stroje atd.). Cílem optimalizace je prioritně snížit vedlejší čas a poté, pokud to technologie umožní, snížit strojní čas. [5]

1.4 Úrovně řízení výroby

Řízení podniku vychází z podnikatelského záměru, sleduje cíle a průběh procesu. Řízením výroby se navíc sleduje produktivita, efektivita, kvalita a průběh výroby. Někdy může dojít k rozporu mezi výrobou a marketingem, a proto je důležité najít v těchto případech optimální kompromis. Vlastní řízení výroby lze rozdělit do tří úrovní strategické, taktické a operativní. [7]

Obr. 1.2 Úrovně řízení podniku [7]

1.4.1 Strategické řízení

Strategické řízení vytváří především strategii podniku, zabývá se plánováním zásadních opatření a všeobecným předpokladem pro fungování podniku. Posuzuje a vytváří cíle, opatření, orientaci a předpoklady pro fungování podniku. Strategické řízení tvoří vrcholový management, který je zejména složen z generálního ředitele a odborných ředitelů jednotlivých útvarů. Má úzké vazby na taktické a operativní řízení výroby. [7]

1.4.2 Taktické řízení

Taktické řízení rozpracovává strategii podniku vytvořenou vrcholovým managementem do konkrétní podoby a podmínek, navazuje tedy na předchozí úroveň řízení. Cílem je definovat konkrétní podobu výroby a upřesnit počet typů výrobků a jejich parametry. Taktické řízení je tvořeno středním managementem, do kterého patří manažeři oddělení konstrukce, technologie a zásobování. [7]

1.4.3 Operativní řízení

Operativní řízení výroby je nejnižší úrovní a jeho cílem je uvést rozpracovanou strategii výroby do konkrétní podoby výroby, tzn. provozní náklady, pracovníci, pracoviště a čas výroby. Dále se stará o průběh výroby a plánování. Do této skupiny převážně patří mistři, plánovači, nástrojáři a dělníci. [7]

1.5 Štíhlá výroba, Toyota production system

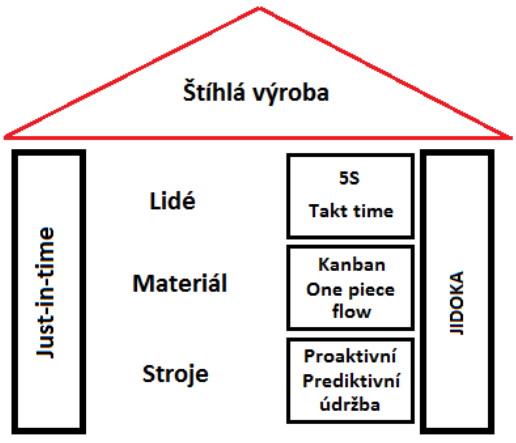
Toyota production system vychází ze štíhlé výroby a byl vyvinut v 50. a 60. letech 20. století. Je to soubor metodik a nástrojů, které se zaměřují na výrobní proces. Výsledkem štíhlé výroby je standardizovaná a stabilní výroba. Koncept vychází z toho, že všechny činnosti, nepřidávající hodnotu výrobku, jsou plýtváním a musejí být omezeny. Snaží se tedy, při zachování úrovně požadované kvality, minimalizovat zbytečné výrobní kroky. Štíhlá výroba leží na dvou základních principech, Just-in-time a Jidoka, a na několika dalších základních nástrojích viz obr. 1.3. V této kapitole jsou popsány tyto dva základní principy a nástroje jsou popsány kapitole 2 zahrnující i ostatní nástroje. [6]

Just-in-time je přístup k výrobě, který umožňuje podniku vyrábět produkty v určeném množství a v daném čase dle požadavků zákazníka. Někdy se v češtině používá termín právě včas, svévolně přeloženo včasná výroba. Tento přístup dbá na to, aby se vyrábělo jen to, co opravdu zákazník chce, v přesném množství, daném čase a kvalitě. K tomuto se váže 7+1 druhů plýtvání a ztrát ve výrobě, které jsou:

1. **Čekání** - prostoje stroje v důsledku čekání na materiál, poruchy stroje, čekání na další operaci,
2. **Zásoby** - příliš vysoké zásoby materiálu,
3. **Zbytečná doprava a manipulace** - zbytečná doprava vlivem špatného layoutu,
4. **Nekvalita** - výroba nekvalitních dílů,
5. **Nadvýroba** - vyrobení příliš mnoho produktů než je požadováno,
6. **Nepotřebné procesy** - zbytečné úkony při výrobě,
7. **Zbytečné pohyby** - zbytečné pohyby s výrobkem nebo nástroji při výrobě,
8. **Nevyužitá tvořivost zaměstnanců** - nevyužitý potenciál zaměstnanců.

Tyto druhy ztrát se snaží koncept štíhlé výroby omezit.

Dalším základním pilířem je Jidoka. Jedná se o japonský termín pro vynikající kvalitu, kde se usiluje o kvalitu absolutní. Jakmile se objeví nějaká neshoda ve výrobě, okamžitě je výroba zastavena a všechny aktivity jsou zaměřeny na odstranění této nekvality, dokud se nezjistí příčiny této nekvality a nezabrání se jejímu opakování. Jidoka hledá příčinu přímo u vzniku problému. Pojem Kaizen pochází z Japonska a znamená trvalé zlepšování v podniku. Jde o kontinuální hledání příležitosti zlepšení v každé části procesu. Toto neustálé zlepšování procesů vede ke zvýšení produktivity a zvyšování přidané hodnoty produktu. [6, 16]



Obr. 1.3 Základní pilíře Total productive maintance [16]

1.6 Six Sigma

Six Sigma je soubor metod matematicko-statistických, jejímž cílem je dosažení kvality na úrovni 6, které odpovídá 3,4 neshod na milión možností (DPMO defects per milion opportunities), kde σ je standardní odchylka od střední hodnoty. U většiny standardních podniků je kvalita na úrovni 99 %, která odpovídá 3,8 σ. Six sigma má 6 σ úrovní kvality 99,9996 %. To znázorňuje obr. 1.4. Zvýšením kvality se uspoří náklady na odstranění nekvality, a tím i produktivita. Na druhou stranu jsou podniky, kde takto vysoká míra kvality nemá velký význam. [12]

Metoda Six Sigma zastřešuje matematicko-statistické metody a opírá se o poznatky staré více než 200 let. Vychází se z normálního rozdělení, které popsal pomocí rovnic matematik Carl Friedrich Gauss.

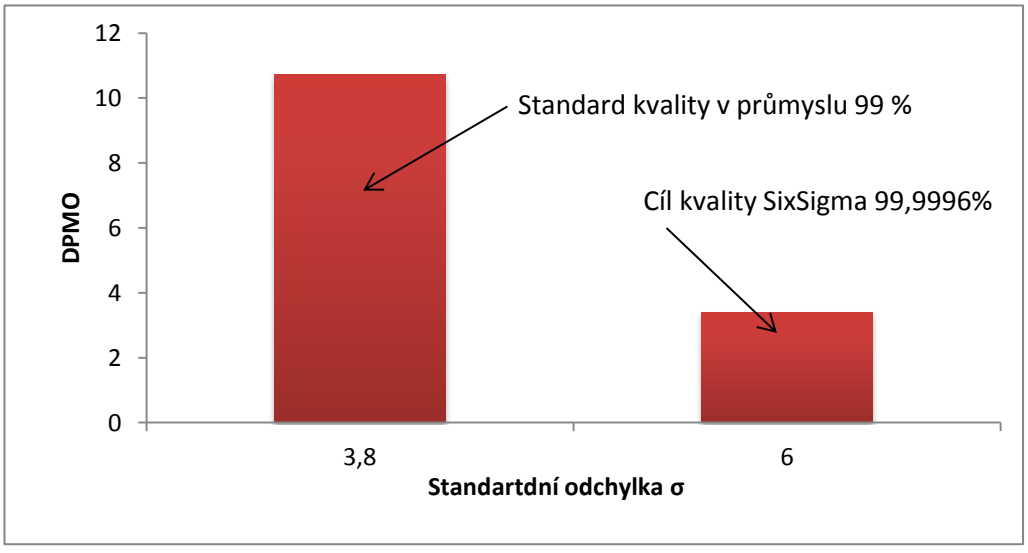
K dosažení 6 σ vedou tři kroky:

1) snížení variability,

2) zvětšení toleranční oblasti v souladu s požadavky zákazníka,

3) zjednodušení komplexnosti.

Aby bylo možno dosáhnout cíle, je nutné zapojit všechny úrovně managementu. Pro rozpoznání výchozích příčin neshod slouží měrné ukazatele kvality. [12]



Obr. 1.4 Srovnání kvality standardního průmyslu a cíle Six Sigma [12]

2 METODY A NÁSTROJE PRO OPTIMALIZACE PROCESŮ

Pro optimalizaci procesů se používají metody a nástroje, které pomáhají řešit optimalizaci. Metoda se v některých literárních zdrojích též nazývá metodika, ve které je předem definovaný postup a návod, jak by se mělo postupovat při optimalizaci. Nástroj je zpravidla grafická, textová nebo statistická pomůcka, která pomáhá jednotlivé fáze metodik vyřešit. V následující kapitole budou popsány základní metodiky, nástroje pro optimalizaci procesů. Obecný postup pro hledání optimalizace je možné shrnout do následujících šesti kroků:

1) seznámení se s problémem, definování problému a projektu,
2) měření, zmapování procesu, zjištění zákazníkovy potřeby, požadavky, parametry,
3) analýza příčin problémů, analýza omezení a úzkých míst, kritické procesy a funkce,
4) hledání řešení a alternativ, překonání protiřečení, generování nápadů, hledání analogií a inspirace,
5) realizace nápadů, testování řešení, pilotní projekty, prototypy, testy na trhu, experimenty,
6) plošné rozšíření inovace, podnikatelské plány, investice, kontrola.

Procesem hledání a řešení problému se zabývají metody DMAIC, PDCA a SDCA, které jsou si velice podobné a liší se pouze v interpretaci jednotlivých kroků. U posledních dvou zmíněných metod je navíc grafický záznam dokončených jednotlivých kroků. [14]

Obr. 2.1 Metoda DMAIC

Další pomyslnou skupinou metodik a nástrojů optimalizace jsou ty, které jsou založeny na statistických výpočtech a na pravděpodobnosti. Tyto metodiky slouží k rozhodnutí nebo určení, zda je nutno proces stabilizovat na základě měření, výpočtů nebo porovnávání např. s regulačními diagramy. Nejčastěji se tyto nástroje používají pro posouzení kvality měření a nalezení stability tohoto procesu. [13]

Obr. 2.2 Postup řešení optimalizace

2.1 Metoda Information System Work and Analysis of Changes ISAC

Metoda ISAC se zaměřuje na hledání příčin a problémů, které pociťují uživatelé. Základem této analýzy je znalost samotných uživatelů, kteří zvládnou nejlépe najít problémy a příčiny na základě svých znalostí a motivace. [14]

Metoda se skládá z pěti fází:

1. fáze – Analýza požadavků na změny

Výstupem této fáze je návrh změn. Nejprve se v této fázi zanalyzují problémy tak, že se vytvoří seznam všech problémů, utřídí se a vytvoří se mapa procesu s popisem jednotlivých činností. Dále se zanalyzují zainteresované skupiny. V poslední řadě se posoudí současný stav a vybere se nejvhodnější přístup ke změně.

2. fáze – Studie činností

Aby mohl být vytvořen nový systém, je nutno analyzovat záměry, vytvořit úrovně realizace a zhodnotit jejich realizovatelnost. Poté je nutné zhodnotit náklady a přínosy.

3. fáze – Informační analýza

Tato fáze se provádí pouze tehdy, pokud byl určen informační podsystém formulovatelný jako analýza původu informací, analýza logiky procesů nebo analýza vlastností systémů.

4. fáze – Návrh systému

V této části se navrhne technologické řešení. Určí se způsob provádění procesů, návrh datových struktur, určení hranic automatizace, návrh programů a návrh ručních postupů.

5. fáze – Úprava prostředí

Ve čtvrté fázi byla navržená čistá technologie řešení, proto se v této fázi navrhuje technické prostředí a uspořádání pracoviště. [14]

2.2 Metoda Product Data Integration Technologies PDIT

Metoda PDIT je založena na zmapování podnikových procesů, navržení procesního modelu, který obsahuje všechny procesy věcné oblasti, seznam událostí, procesní model navrhnutého systému, model realit, popisy uživatelských postupů, komunikační síť a model organizační struktury. Tato metodika je rozdělena do sedmi fází: [14]

1. fáze - Zmapování procesů věcné oblasti

Aby mohl být vytvořen model procesů, je nutno nejprve zanalyzovat a zdokumentovat procesy. Model procesů se následně stává východiskem k navržení hrubé funkční struktury aplikaci. Výstupem této fáze je seznam používané dokumentace, obsahující popis činností procesu. Dalším výstupem je předběžný seznam problémů a konfliktů v procesu.

2. fáze – Zmapování organizační struktury

Organizační struktura je spojena s probíhajícími procesy, proto je článkem k analýze problémů a konfliktů. Je nutné popsat stávající organizační strukturu, základní organizační potřeby, řídící strukturu a popis funkce organizačních jednotek. Organizační struktura musí být jednoznačná, u každé jednotky musí být popis funkcí.

3. fáze – Popsání funkční struktury

Tato fáze popisuje definování výchozí procesního modelu navrhovaného systému, ze kterého je možné určit funkční přírůstky a zobrazit vazby mezi hlavními funkcemi. Výchozím stavem je struktura oblasti, globální datový tok a organizační model.

4. fáze – Popsání událostí věcné oblasti

Zde se popisují veškeré události věcné oblasti, které jsou z hlediska řešeného problému podstatné. To jsou ty, na které mají vliv na problémy a konflikty.

5. fáze – Popis uživatelských postupů

Uživatelský postup je posloupnost činností uživatele s daty, analytik dále odvodí systémové události. Výstupem je seznam uživatelských činností, který je následně vstupem pro návrh sítě komunikace.

6. fáze – Vytvoření modelu reality

Model reality obsahuje vnitřní vazby a funkce procesu vytvářeného systému. Tyto procesy zajišťují aktualizaci datové základny systému a její integritu.

7. fáze – Návrh dialogové funkce

Při návrhu je použita technika grafického uživatelského rozhraní. Je zde proveden návrh prvotních oken.

8. fáze – Návrh komunikační sítě.

Výchozím stavem je seznam uživatelských činností, je zde navržena navigace mezi okny.

9. fáze – Dokončení návrhu funkční struktury

Funkční struktura se doplní o stávající návrhy, podpůrné procesy a rozhraní k jiným aplikacím.

10. fáze – Propojení procesního modelu s ostatními částmi návrhu aplikace.

Návrh procesního modelu se zakomponuje do celkového návrhu aplikace. [14]

2.3 Metoda Business Object Relation Modelling BORM

BORM je obecná metoda pro analýzu a návrh řešení problémů a konfliktů procesu, která se vyvíjí od roku 1993. Tato metoda vychází z podrobných domněnek, předpokladů a představ. BORM začíná systematicky od vymezení problémů a dále poskytuje podrobné metody a techniky pro transformaci návrhu řešení do podoby přijatelné zákazníkem. Metodika obsahuje šest základních fází:

1. fáze – Strategická analýza

V první řadě je opět nutné definovat, schválit a publikovat projekční záměr. Toho se docílí stanovením cílů projektu a klíčových faktorů úspěchu (CSF critical success factor) a vytvořením výchozí sady systémových funkcí a scénářů.

2. fáze – Vstupní analýza

Dále se vymezí a vyhodnotí současné procesy a sestaví se nový model systému. Stanoví se základní problémy a konflikty, nastíní se jejich možné příčiny.

3. fáze – Podrobná analýza

Vstupní analýza se převede do softwarové podoby a obohatí se další nalezené problémy. Vytvoří se podrobné modely a mapy procesů.

4. fáze – Výchozí návrh

Na základě analýz se určí možné příčiny problémů a nastíní se možné řešení. Tento návrh se rovněž převede do softwarové podoby.

5. fáze – Podrobný návrh

Vzniklý model se propracuje, doplní se chybějící vazby.

6. fáze – Implementace

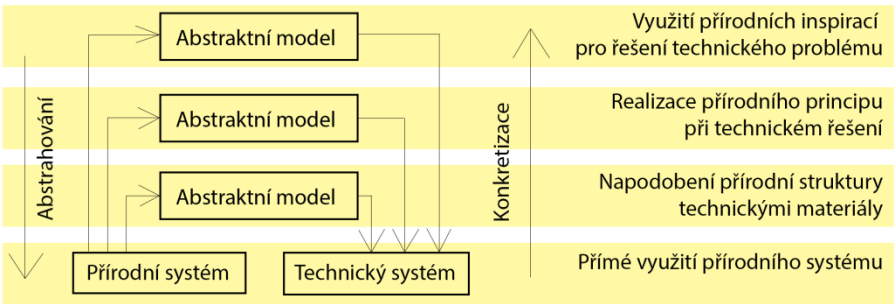
Navrhované řešení se implementuje do praxe a sleduje se jeho funkčnost a ověří se předpokládaný výsledek. [14]

2.4 Bionika

Bionika je zvláštní metodou, kde se daný problém přenáší na biologickou úroveň, v této struktuře se problém vyřeší a následně se zpět převede do technické úrovně. Jinými slovy se vytvoří tým z techniků a biologů. Tito lidé navzájem spolupracují, biologové se snaží daný problém promítnout do jejich oboru, naleznou řešení a technici toto řešení následně převedou zpět na skutečné řešení. [15]

Bionické principy:

1) princip minima a maxima, s minimem materiálu a energie se dosahuje maximálního výkonu,
2) princip multifunkčnosti, jeden orgán má více funkcí,
3) princip specializace, jednotlivé prvky systému mají specializované funkce,
4) princip využívání energie z okolí,
5) princip dynamiky a flexibility: živé systémy dynamicky reagují na změny v okolí,
6) princip optimálního uspořádání: struktura systémů se přizpůsobuje podmínkám v okolí,
7) princip uzavřeného cyklu, recyklace, koloběh materiálů v přírodě, podnik jako živý organismus,
8) princip kompatibility systémů, například orgány živočichů jsou kompatibilní s prostředím, aby si dokázaly získávat potravu. [15]

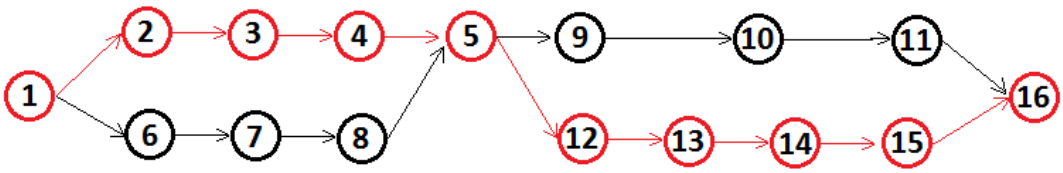


Obr. 2.3 Bionika[převzato z 15]

2.5 Metoda kritické cesty CPM, metoda kritického řetězce CCM

Kritická cesta CPM (Critical Path Method) je definována jako časově nejdelší možná cesta z počátečního bodu až do koncového bodu procesu. Každý model procesu má většinou aspoň jednu paralelní větvi, díky které je možno určit právě tuto nejdelší cestu. Tato nejdelší cesta nás upozorňuje, že bychom si měli na tyto procesy dát pozor, protože pokud nastane nějaká odchylka a proces se zdrží, bude to mít vliv na výsledný čas průběhu procesů. Tato metoda se nejvíce používá pro odhad trvání projektů. [9, 10]

Metoda kritického řetězce přeloženo z anglického jazyka Critical Chain Method CCM navazuje na metodu kritické cesty CPM (Critical Path Method). Oproti CPM zahrnuje disponibilitu a dispozici zdrojů. Cílem je opět stanovení doby trvání celého procesu, zohledňuje navíc omezení zdroji a přesunuje část těchto zdrojů do nárazníkových činností (buffers). Na obr. 2.4 je znázorněn síťový diagram, kde červené činnosti představují kritickou cestu. [9, 10, 11]



Obr. 2.4 Síťový diagram kritické cesty

2.6 Návrh experimentu DOE

Návrh experimentu DOE je statistický nástroj, který má za cíl nalézt nejvhodnější podmínky a interakce na při změnách pracovních podmínek výrobního procesu. Experiment se dá dělit na plánovaný a neplánovaný, který je například důsledkem živelné pohromy. Plán experimentu stanovuje počet pokusů a podmínky, ze kterých se jednotlivé pokusy skládají. V DOE jsou rozlišovány dva základní pojmy, pokus a experiment. Pokus je děj, při kterém zjistíme hodnoty ukazatele kvality za předem definovaných podmínek. Experiment je soustava všech pokusů. Postup plánování a řešení experimentu:

1) Stanovení faktorů a úrovní - například délka, horní a dolní mez působící síly.

2) Plán experimentu - tabulka, kde řádek představuje jeden pokus a sloupec představuje faktor. Počet řádků (pokusů) je dán vztahem

$$n = 2^k \tag{2.5}$$

kde n je počet pokusů a k je počet faktorů.

3) Přepočet původních proměnných na kódové proměnné podle rovnice 2.5

$$x_c = \frac{x_0 - \frac{x_{max} + x_{min}}{2}}{\frac{x_{max} - x_{min}}{2}} \tag{2.6}$$

kde x_0 je proměnná v původních jednotkách, x_c je kódová proměnná, x_{max} je horní úroveň x, x_{min} je dolní úroveň x. [12]

4) Následně se provedou jednotlivá měření a zaznamenají se do tabulky.

5) Vypočítá se efekt jednotlivých faktorů. Tento efekt značí změnu kvality naměřených hodnot vlivem daného faktoru. Spočítá se tak, že se sečtou naměřená data tak, že každému naměřenému číslu přísluší znaménko příslušného řádku (pokusu) daného faktoru. To se pak vydělí polovinou počtu pokusů n. Názorný výpočet pro faktor A je znázorněn následujícím vzorcem:

$$A_{efekt} = \frac{(-10{,}8 - 11{,}6 + 9{,}4 + 5{,}3)}{\frac{4}{2}} \tag{2.7}$$

6) Porovnání odhadu efektů. Čím je číslo větší, tím více ovlivňuje výsledek.

n	Faktor A	Faktor B	Naměřená hodnota Y
1	-1	-1	10,8
2	-1	1	11,6
3	1	1	9,4
4	1	-1	5,3

Tab. 2.8 DOE a rozpis faktorů

7) Dále se může provést rozptyl výsledků a test významnosti. [2, 9]

2.7 Analýza rozptylu ANOVA

ANOVA je další statistická metoda, která umožňuje vhodným rozptylem zjistit příčinu variability. Podobně jako metoda DOE se zvolí vhodné faktory, u kterých předpokládáme, že by mohly být zdrojem variability. Provede se měření napříč těmito faktory a vhodným výpočtem se potvrdí nebo vyvrátí zdroj variability. Zde je popsána analýza rozptylu jednoduchým tříděním. Další druhy ANOVA jsou dvojné třídění, latinské čtverce aj.

1) Stanoví se faktory měření a provede se vlastní měření. Dále se vypočítají průměry skupin dle následujícího vzorce:

$$S_D = \sum_{j=1}^{k} \sum_{i=1}^{n_j} (y_{ij} - \bar{y})^2 \tag{2.9}$$

kde *k* je počet skupin, j číslo skupiny, i číslo pokusu, n_j počet pokusů, y průměrná hodnota.

2) S_D lze rozdělit na součet čtverců x mezi skupinami S_T a vnitroskupinový S_R

$$S_D = S_T + S_R \tag{2.10}$$

3) Výpočet součtu mezi skupinami S_T

$$S_T = \sum_{j=1}^{k} n_j * (y_j - \bar{y})^2 \tag{2.11}$$

4) Výpočet vnitroskupinového součtu S_R

$$S_R = \sum_{j=1}^{k} \sum_{i=1}^{n_j} (y_{ij} - \bar{y_j})^2 \tag{2.12}$$

5) Sestavení tabulky podle výsledků rozkladu

Součet čtverců	Stupeň volnosti	Rozptyl	Test. kritérium	Porovnávací hodnota
S_T	k-1	S_T^2	S_T^2/S_R^2	0,61
S_R	n-k	S_R^2	S_T^2/S_R^2	0,61
S_D	n-1	-	-	-

Tab. 2.13 Výsledná tabulka ANOVA

6) Potvrzení nebo zamítnutí hypotézy. Pokud porovnávací hodnota je menší jak testovací kritérium, pak hypotéza platí. [2,9]

2.8 Process flow diagram PFD

Proces flow diagram nazývaný taktéž jako vývojový diagram pomocí logických značek pomáhá pochopit proces a poté snáze nalézt příčinu problému. Je to grafická mapa popisující fungování celého nebo části procesu. Jednoduchý PFD lze vytvořit například v programu ArisExpress, kde jsou základní členy diagramu, viz následující obrázek:

Obr. 2.14 Základní členy PFD v program ArisExpress [převzato z programu ArisExpress]

Dalším typem diagramu je Block flow, diagram BFD, který pro znázornění používá jednoduché bloky. [18]

2.9 Metoda 5S

Pro štíhlé pracoviště je typické, že obsahuje pouze potřebné věci k výrobě, které jsou na místech, k tomu určená. Nepotřebné věci se odstraní, a naopak nejvíce používané pomůcky a nástroje se umístí na dostupná místa ideálně do úrovně pasu. K tomu slouží metoda 5S, která redukuje plýtvání jako je například:

Nadvýroba - označením minimální a maximální úrovně výroby,

Nekvalita - označením pomůcek a nástrojů se eliminuje použité chybného nástroje,

Zásoby - označením minimální a maximální úrovně zásob,

Plývání pohyby - odstranění hledání nástrojů a pomůcek, ergonomie. [19]

Zároveň se díky této metodě zlepší prostředí pracoviště, tok materiálů a přispívá k autonomnímu pracovišti.

Metoda 5S se skládá z pěti následujících kroků: [19]

1) Separovat, vytřídit

V tomto prvním kroku se roztřídí materiál, který na pracovišti nemá být, který by na pracovišti mohl být, a které musí na pracovišti být. V automobilovém průmyslu je celkem

snadné vytřídit položky, jelikož je intenzita používání vysoká a lze pak rozpoznat potřebné a nepotřebné věci. Naopak u přesných strojírenských společností je to vzhledem k delšímu procesu výroby obtížnější. Veškeré pomůcky na pracovišti se označí, vyfotí a rozdělí do skupin podle intenzity používaní.

2) Systematizovat, vizualizovat

V druhém kroku se pro každou položku najde příslušné místo na pracovišti, skladu, externím skladu, anebo se zlikviduje. Dbá se na snadné uchopení, vrácení nazpět a pohyb k místu uložení. Místo se viditelně označí.

3) Stále čistit

Cílem třetího kroku je definování oblastí, které je nutno čistit a uklízet. Určí se kde, jak a čím se bude čistit. Nutné je rovněž nalézt zdroj znečištění a eliminovat ho.

4) Standardizovat

Pracoviště by se mělo standardizovat a zvolit měřítko pro určení, zda je pracoviště v souladu se standardem.

5) Sebedisciplína, zlepšování. [19]

V posledním kroku by se měla provádět kontrola dodržování standardu, zlepšovat pracoviště a odladit nedostatky. [19, 20]

Obr. 2.15 5 kroků metody 5S[20]

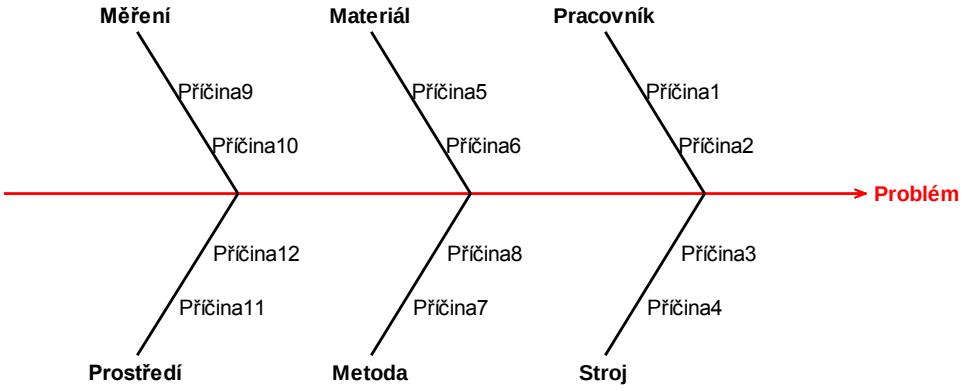
2.10 Diagram příčin a důsledků

Diagram příčin a důsledků se též často nazývá Ishikawův diagram nebo také diagram rybí kosti. Slouží k vizualizaci možných příčin problému, kde se vychází z toho, že každý problém má svoji příčinu. S pomocí této vizualizace se snadněji nalezne příčina, která se následně odstraní (nekvalita). Postup tvorby diagramu:

1) zakreslení tzv. hlavy ryby, kde se zapíše hledaný problém, od této hlavy zakreslit vodorovnou čáru tzv. páteř. Páteř bude spojovat veškeré možné příčiny,

2) k páteři zakreslit čáry tzv. ploutve, které představují oblasti možných příčin. Nejčastěji jsou to oblasti měření, materiál, metoda, vedení, dělník, stroj,

3) k ploutvím se zakreslí jednotlivé konkrétní možné příčiny. Následně se získá celý diagram, podle kterého je možné postupovat. Vytipuje se skupina lidí, které vyšetří nejpravděpodobnější příčiny. Další obdobnou metodikou pro vizualizaci příčin je stromový diagram. [21]



Obr. 2.16 Diagram příčin a následků

2.11 Analýza příčin a následku FMEA

Tato analýza se převážně používá v předvýrobních etapách a v preventivních opatření snižující nekvalitu ve výrobě. Pomocí této analýzy je možné určit závažnost a možný dopad příčin problémů. Předchází se tedy možným poruchám a vzniku nekvality. FMEA vychází z toho, že pro jakoukoliv malou součást stroje nebo procesu se definuje možnost dopadu na lokální část a na celek stroje nebo procesu. [22]

Postup analýzy FMEA:

1) Sběr základních informací o procesu/stroji.

2) Analýza chyb.

3) Hodnocení chyb.

4) Definování kritických chyb.

5) Návrh na odstranění chyb.

6) Ověření. [22]

Při hodnocení chyb se může použít systém hodnocení Risk Priority Number RPN. Tento systém je založený na obodování podle tří skupin závažnosti *S*, možný výskyt *O* a možnost odhalení problému *D*. Každá skupina se oboduje v rozmezí od 1 až 10, kdy 1 je nejmenší priorita a 10 největší priorita. Následně se tyto body vynásobí a získá se výsledný koeficient, který může nabývat hodnot 1 až 1000. Koeficient lze rozdělit do tří skupin podle rozmezí hodnoty. Od 0 do 100 je příčina nedůležitá, od 101 do 800 středně důležitá a od 801 do 1000 velmi důležitá. Určení rozmezí bývá individuální.

$$RPN = S * O * D \tag{2.17}$$

FMEA analýzy lze rozdělit do čtyř základních skupin podle zaměření:

FMEA konstrukce FMEA - K

Zabývá se analýzou systému z hlediska jeho funkcí. Možné příčiny mohou být konstrukčního nebo výrobního charakteru. Skupinu většinou vede konstruktér.

FMEA procesu FMEA - P

Zabývá se možnými poruchami výroby a montáže a hledá nápravná opatření. Skupinu vede pracovník výrobního oddělení, kvality nebo průmyslového inženýrství.

FMEA výrobku FMEA - V

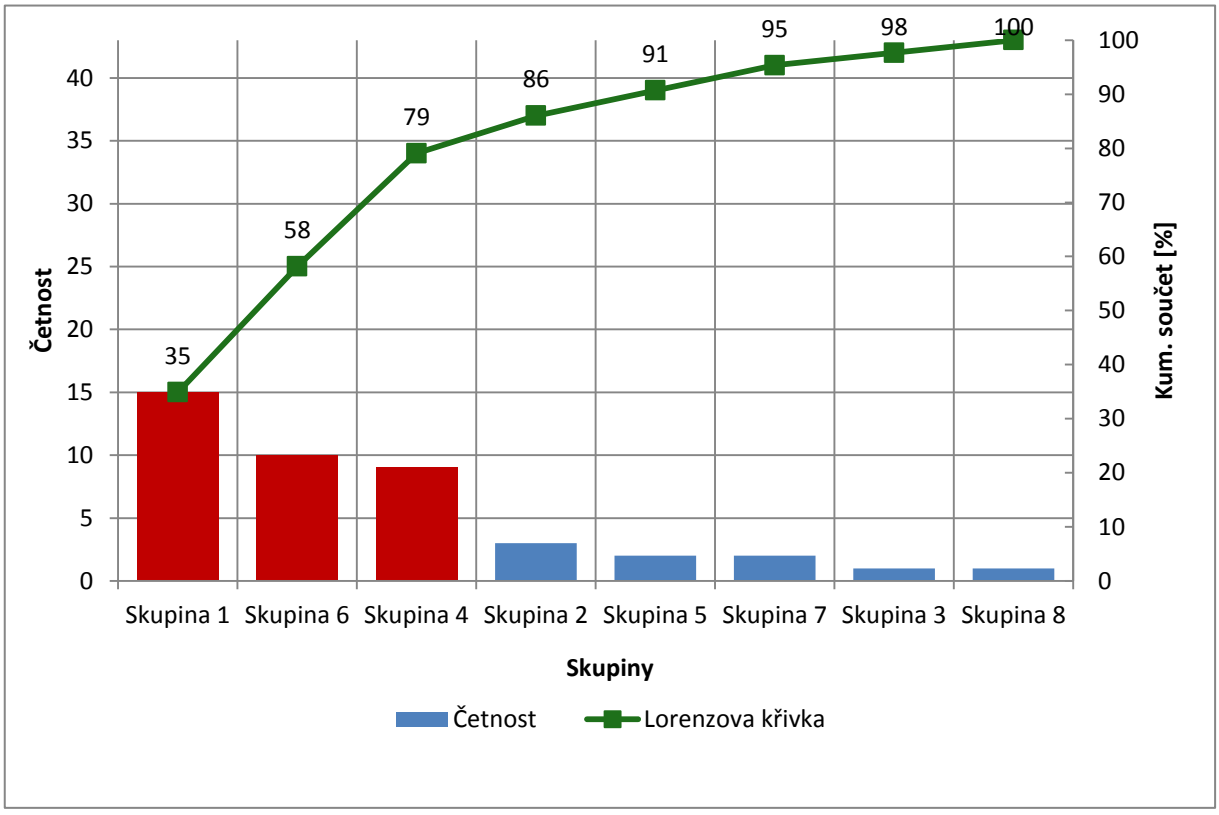
Zkoumá konstrukci a výrobní proces výrobku a na rozdíl od předchozích skupin, analýzu řídí zákazník nebo odběratel.

FMEA výrobních prostředků FMEA - VP

Optimalizuje výrobní prostředky převážně jako součást TPM [22]

2.12 Paretův diagram

Paretův diagram je grafický nástroj, který poskytuje informaci o tom, jaké jsou problémy závažné. Vychází z Paretova pravidla, které říká, že 80 % problémů způsobuje 20 % příčin. To znamená, že pokud se zaměříme na 20 % nejpodstatnějších příčin, vyřešíme tím 80 % všech problémů, proto je důležité se zaměřit nejprve na prioritní příčiny a nezabývat se nevýznamnými. Paretův diagram se skládá z histogramu a Lorenzovy křivky. Histogram zobrazuje jednotlivé skupiny nasbíraných z monitorování dat z oblasti neshod, poruch strojů a jiných dat. Lorenzova křivka reprezentuje kumulativní součet jednotlivých skupin histogramu. [23]



Obr. 2.18 Paretův diagram.

3 OPTIMALIZACE VÝROBNÍHO PROCESU V PODNIKU BRUSH SEM

3.1 Společnost Brush SEM

Pro praktickou část optimalizace výrobního procesu byla vybrána společnost BRUSH SEM s.r.o., která má sídlo v Plzni. BRUSH SEM je klíčovým výrobcem dvoupólových turbogenerátorů a navazuje na tradici dřívější Škoda Electric Motor, která byla založena roku 1924. Spojení se skupinou BRUSH generators s hlavním sídlem v Anglii došlo v roce 1992 a během této doby se ztrojnásobila produkce a proběhla modernizace výrobních prostorů. Celkově bylo vyrobeno v Plzni BRUSH SEM více než 1500 turbogenerátorů a 700 hydrogenerátorů. Skupina BRUSH má dále pobočku v Holandsku a v současné době se provádí výstavba nové výrobní haly v Číně, která by měla být dokončena v roce 2015.

Společnost BRUSH SEM je rozdělena do několika oddělení. Pro tuto práci bylo vybráno oddělení výroby, obráběcí dílna. Obráběcí dílna zahrnuje veškerá pracoviště, která obrábí součásti turbogenerátorů, a pracoviště spojená s přípravou a montáží těchto součástí. Převážně se jedná o pracoviště, kde se obrábí rotory, statory, obruče, štíty kostry statoru, mezikruží a další součásti. Hlavními výrobními jednotkami jsou soustruhy, karusely, horizontky, vrtačky a drážkovačky.

Obr. 3.1 Fotografie společnosti Brush SEM

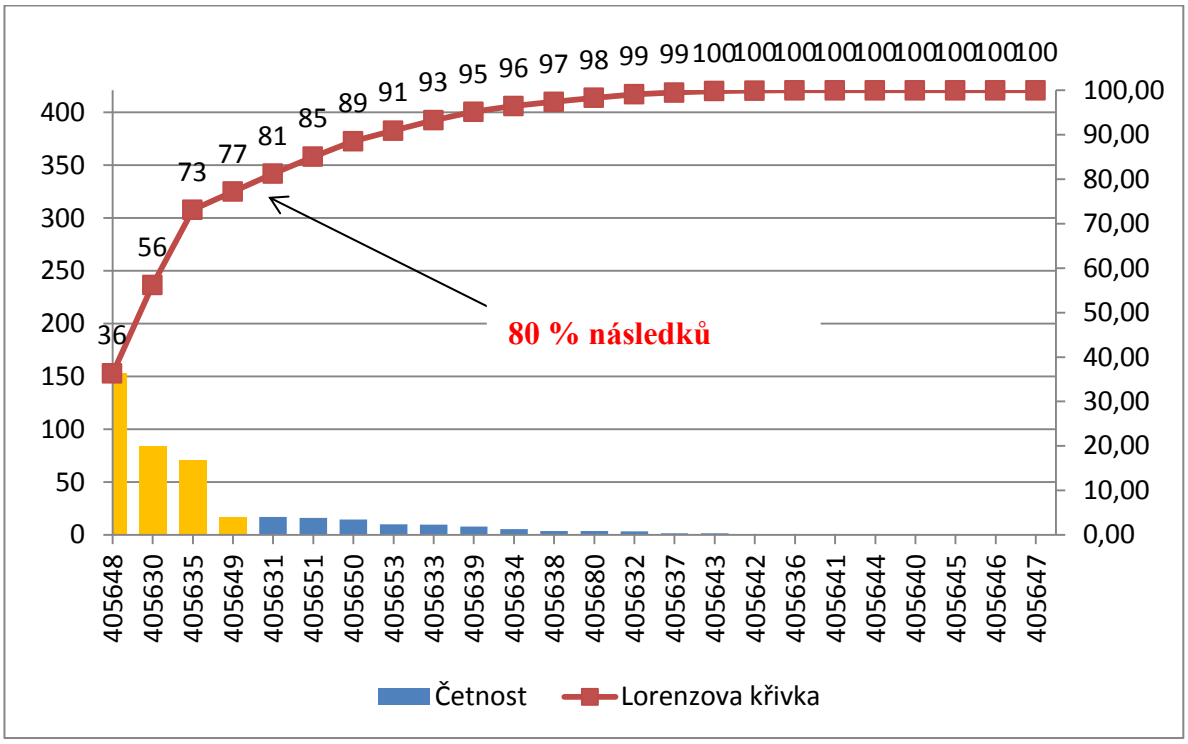
3.2 Výběr pracoviště a analýza neshod

Pro výběr pracoviště byla zhotovena analýza veškerých neshod na oddělení výroby obrobna od roku 2007 až do září roku 2013. Tabulka 3.2 znázorňuje počet neshod jednotlivých pracovišť a náklady na odstranění neshody. Celkový počet neshod bylo 545 a celkové náklady na odstranění neshod činily 13 243 519 Kč. Z tabulky lze spatřit, že pracoviště 405648 má nejvyšší náklady, jde o pracoviště soustruhy velké. Dále pracoviště 405631 soustruhy mají největší počet neshod. Rozhodujícím koeficientem je součin počtu neshod a náklady a pro přehlednost vyděleno 1 000 000, jak je uvedeno v následující rovnici.

$$Roz.koeficient = \frac{součet\ neshod\ \ pracovišť * náklady\ na\ odstranění}{1\ 000\ 000}$$

Název střediska	Období							Součet	Náklady [Kč]
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013		
405630	34	25	19	8	19	10	3	118	709 987,94
405631	6	8	7	9	7	6	6	49	347 287,48
405632	2	7	1	2	2	2	1	17	196 879,23
405633	4	5	4	2	4	3	1	23	428 332,58
405634	14	11	3	3	4	5	0	40	137 484,34
405635	13	10	5	4	3	5	3	43	1 652 560,04
405636	2	0	0	2	1	0	0	5	69 744,00
405637	1	5	1	2	0	5	3	17	99 422,10
405638	1	6	1	1	4	3	2	18	212 300,08
405639	4	7	3	5	8	3	1	31	258 560,13
405640	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
405641	0	1	0	0	0	0	0	1	10 576,19
405642	2	0	1	0	0	2	0	5	77 648,59
405643	5	2	0	2	2	4	1	16	90 610,25
405644	0	1	1	0	0	0	0	2	0,00
405645	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
405646	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
405647	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
405648	4	6	11	10	4	4	3	42	3 635 304,30
405649	6	9	5	2	10	4	6	42	406 860,92
405650	0	0	6	3	6	1	1	17	861 623,33
405651	0	0	0	0	0	5	2	7	2 295 703,75
405653	0	0	0	0	0	5	1	6	1 666 558,50
405680	17	4	2	9	8	3	3	46	82 059,20
Součet NCR	**115**	**107**	**70**	**64**	**82**	**70**	**37**	**545**	**13 243 519,95**

Tab. 3.2 Souhrnná tabulka neshod v období od roku 2007 do 2013

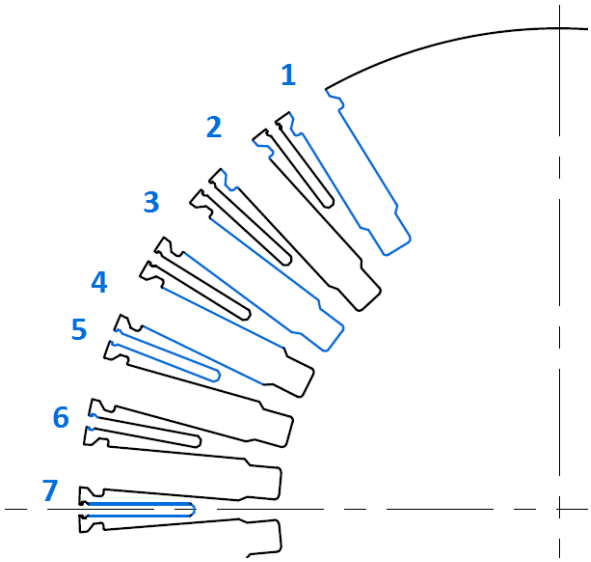


Obr. 3.3 Paretův diagram četnosti neshod na obrábění

Podle Paretova pravidla 80/20 by se mělo zaměřit na pracoviště 405648, 405630, 405635 a 405649. Vzhledem k faktu, že po dokončení výstavby výrobní haly v Číně, kde se budou vyrábět pouze statory, se zvýší produkce rotorů v BRUSH SEM v Plzni, sníží se okruh pracovišť pouze na pracoviště obrábějící rotory. Jako další kritérium pro výběr pracoviště je stoupající trend neshod. Po konzultaci s manažerem výroby byla vybrána pracoviště 405651 Drážkovačka Heller a pracoviště 405631 Soustruh SR1250-2.

3.3 Pracoviště Drážkovačka Heller

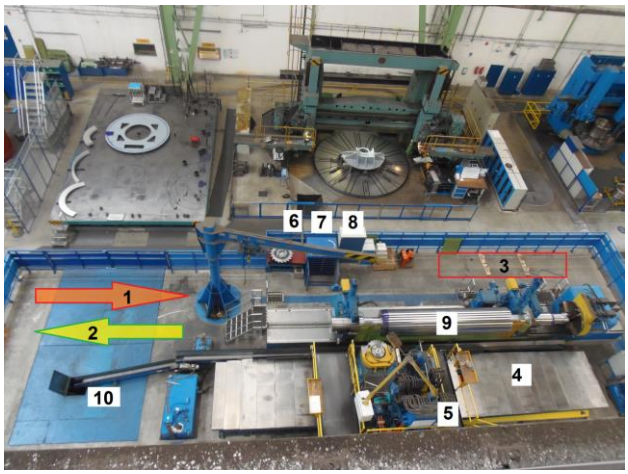
Na tomto pracovišti je CNC frézovací stroj Heller, který podélně frézuje drážky a vyvrtává díry do těla rotoru. Obrábí se zde převážně rotory typu DAX62 a DAX7, což jsou nejmenší vyráběné rotory. Drážkovačka Heller se skládá ze supportu obr. 3.5 č. 5, ze kterého obsluha ovládá stroj, dále ze dvou hydraulických podpěr č. 12, vřeteníku č 11. a pásového dopravníku č. 10. Na obr. 3.4 je znázorněn průřez rotoru DAX62 a jsou vyznačeny druhy a části drážek. Hlavní drážka slouží pro uložení vinutí rotoru, ve spodní části hlavní drážky je tzv. poddrážka, kterou proudí vzduch a ochlazuje vinutí. V horní části hlavní drážky a ventilační drážky je rybina pro klín. Klín slouží jako zábrana proti vypadnutí vinutí z těla rotoru. Ventilační drážka slouží pro ochlazení těla rotoru.



Obr. 3.4 popis drážek v rotoru

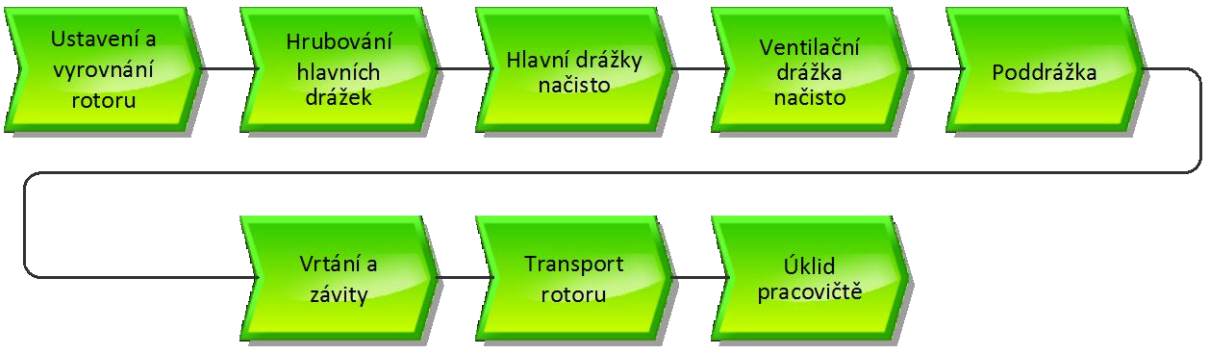
3.3.1 Tok materiálu, zmapování procesu

Na obr. 3.5 je znázorněn tok materiálu č. 1, 2 a layout pracoviště. Na pracovišti jsou stojany č. 3, na kterých se odkládá rotor před opracováním. Opracovaný rotor je přepraven mostovým jeřábem na odkládací prostor u hlavní uličky. Následně je převezen do předmontáže na očištění a sražení ostrých hran. Malý jeřáb se používá pro výměnu kotoučové frézy ze skříně č. 7 na vřeteno stroje. Na každou operaci se používá jiná kotoučová fréza. Pásový dopravník se stará o odpadávání třísek do kontejneru uloženého v zemi. Na pracovišti jsou skříně č. 8, které slouží pro uložení břitových destiček, kazet, šroubů a ostatních nástrojů. Úložné prostory pro tyto nástroje jsou popsány a je k dispozici rozpis nástrojů pro každou výrobní činnost.



Obr. 3.5 Layout pracoviště Drážkovačka Heller

Celý výrobní proces lze rozdělit na činnosti podle obr. 3.6. Mostový jeřáb uloží rotor na předem připravené hydraulické podpěry. Obsluha vyrovná rotor do osy stroje. Frézování drážek začíná operací vyhrubování drážky do šířky 29 mm a hloubky 100 mm, následně se rotor otočí přibližně o 180˚ a vyfrézuje se protilehlá drážka. Po vyhrubování všech 24 hlavních drážek se musí vyměnit kotoučová fréza a následuje opracování na čisto na výkresovou šířku 30 mm a hloubku 117 mm. Při zpětným pohybu supportu stroje čepová fréza vyfrézuje rybinu pro klín. Rotor se opět otočí na protilehlou drážku. Jako další operace je frézování ventilační drážky šířky 8 mm a hloubky 80 mm, která se provádí až po vyztužení rotoru klíny v hlavní drážce, čímž se zafixují drážky a eliminují se vibrace při frézování. Opět se při zpětném pohybu do ventilační drážky vyfrézuje rybina pro klín. Následuje vyfrézování poddrážky v hlavní drážce a očištění rotoru od zbylých třísek. Jako poslední se vyvrtají do těla rotoru díry s příslušným závitem. Mostový jeřáb přemístí hotový rotor na odkládací místo a obsluha uklidí pracoviště. Detailní rozpis dílčích operací je v příloze A, kde jsou veškeré naměřené časy operací. V tabulce 3.7 je souhrn naměřených strojních časů a vedlejších časů. Během frézování je nutné otočení nebo výměna břitových destiček z důvodu opotřebení řezné hrany. Interval otáčení závisí na typu destičky a prováděné operaci.



Obr. 3.6 Zjednodušený proces drážkování rotoru

Název procesu	Celkový čas [hh:mm:ss]	Strojní čas [hh:mm:ss]	Vedlejší čas [hh:mm:ss]
Výměna rotoru	1:36:45	0:00:00	1:36:45
Hrubování hlavní drážky	4:51:12	3:57:12	0:54:00
Opracování hlavní drážky na čisto	15:22:00	11:13:12	4:08:48
Opracování ventilační drážky	12:31:00	11:42:00	0:49:00
Opracování ventilační rybina	2:38:48	2:02:48	0:36:00
Vrtání	3:05:20	1:11:50	1:53:30
Opracování poddrážky	4:52:36	2:59:20	1:53:16
Úklid stroje	3:00:00	0:00:00	3:00:00
Výměna fréz	1:40:00	0:00:00	1:40:00
Výměna plátků	4:30:00	0:00:00	4:30:00
Celkem	54:07:41	33:06:22	21:01:19

Tab. 3.7 Naměřené časy dílčích operací DAX62 na pracovišti Drážkovačka Heller

Z naměřených hodnot byla stanovena výroba jednoho rotoru DAX62 na 54 hodin, z nichž je 21 hodin vedlejší čas, který nepřidává hodnotu výrobku. Podle časových plánů trvá vyrobit tento rotor 56 hodin za podmínky, že předchozí výroba byla stejného typu rotoru (méně náročná přestavba stroje). Nejvíce ztrátový vedlejší čas je výměna plátků a frézování hlavní drážky načisto, spojené s nutným umístěním fixačních klínů. Výměna břitových destiček je důležitá pro zaručení kvality obrobení materiálu. Musí se dbát na čistotu stykových ploch, dostatečné utažení a správnosti otočení nebo výměny destičky. Obsluha při výměně odjede supportem mimo rotor, akumulátorovým šroubovákem odšroubuje všechny destičky a vyjme je správnou stranou čelem. Následně očistí vzduchem a hadříkem stykovou plochu. Zpátky přišroubuje otočené nebo vyměněné destičky.

3.3.2 Návrhy na zlepšení

V následující kapitole jsou popsány návrhy na zlepšení, které byly následně zavedeny do procesu výroby.

Zavedení výměny břitových destiček firemním nástrojářem

Po dokončení procesu drážkování vymění nástrojař všechny použité břitové destičky na kotoučových frézách. Obsluha stroje bude otáčet nebo měnit břitové destičky pouze v průběhu výroby. Pro přehlednost jsem zavedl jednoduchý systém kartiček, který signalizuje stav výměny břitových destiček na kotoučové fréze. Na každé polici, kde je uložena fréza, je kapsička s kartičkou. Kartička je oboustranná, z jedné strany má zelenou barvu a z druhé strany červenou. Zelená barva znamená, že všechny destičky jsou vyměněny a fréza je

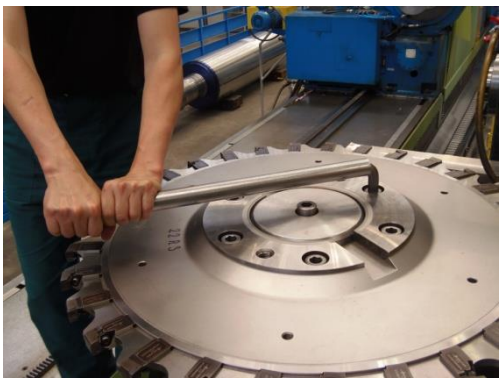
připravena k použití. Červená barva označuje informaci pro nástrojáře, že je nutno destičky vyměnit. Pokud obsluha po výrobě vrátí frézu do police, otočí kartičku červenou stranou směrem ven. Následně druhý den ráno přijde nástrojař, a pokud vidí červenou kartičku, vymění břitové destičky a kartičku opět otočí zelenou barvou směrem ven. Nástrojař chodí každé ráno kontrolovat stav fréz.

Obr. 3.8 Skříň s kartičkami

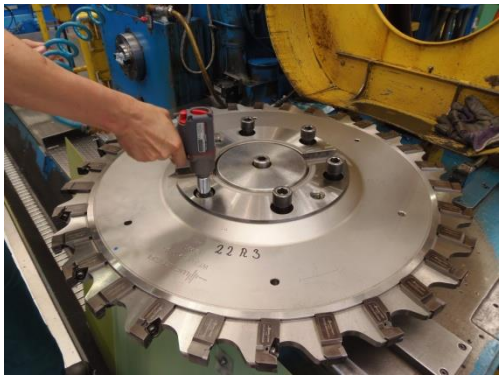
Obr. 3.9 Detail kartičkového systému

Povolování a utahování šroubu držící frézu pneumatických rázovým utahovákem

Při výměně kotoučové frézy obsluha povolovala 6 ks šroubů a následně je na nové fréze utahovala. Koupí nového rázového utahováku se zkrátí doba výměny kotoučové frézy.



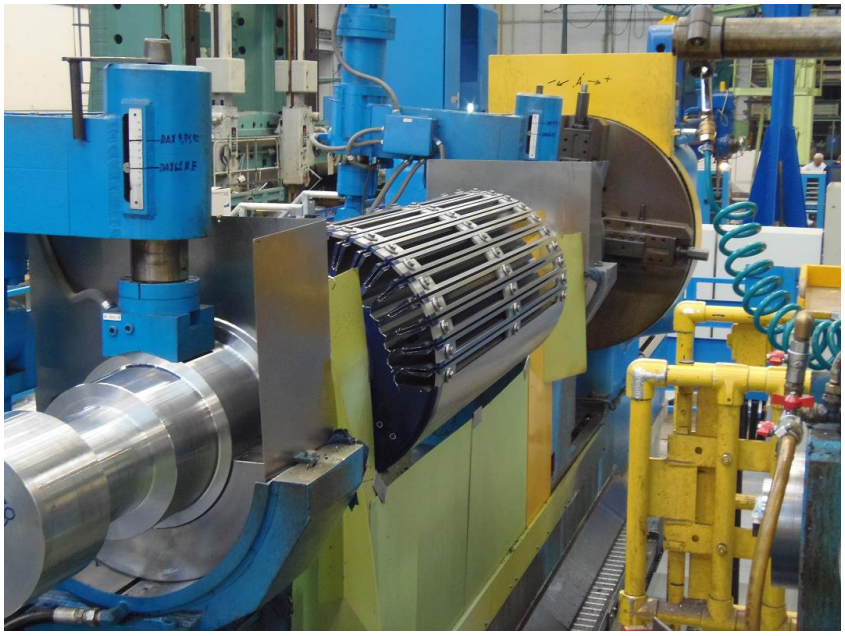
Obr. 3.10 Utahování klasickým klíčem



Obr. 3.11 Utahování pneumatickým utahovákem

Zrychlení natáčení rotoru

Natočení rotoru se provede během doby zhotovení rotoru více než 96 krát. Samotné natočení trvá 54 s a aretace 10 s, a to je celkem více než 2,8 hodin natáčení rotoru za jednu výrobu. Metodou 5x proč bylo zjištěno, proč se natáčí rotor pomalejším pracovním posuvem a ne rychloposuvem. Důvodem byl technický problém, který nastával nepravidelně bez ohledu na posuv natáčení. Když nastala tato porucha, systém stroje nahlásil chybovou hlášku o pozici vřetena a stroj musel být restartován. S pomocí výrobce stroje z USA, byla tato chyba dálkovou správou odstraněna, a to opravou SW v řízení stroje. Pracovní posun má rychlost 200 ot./min a rychloposuv 360 ot./min.



Obr. 3.12 Vydrážkovaný rotor na pracovišti Heller

Natáčení rotoru o sousedící drážku

Po vyfrézování jedné drážky se vždy rotor otočí o 180˚, aby se ubíral materiál souměrně vůči ose rotoru. Avšak při frézování poddrážky a ventilační drážky se neubírá tolik materiálu, aby to mělo zásadní vliv na kvalitu výroby. Změna tedy spočívá v natáčení rotoru při frézování poddrážky a ventilační drážky o jednu sousedící drážku.

Popis břitových destiček

Každý šuplík je popsán pro každý typ rotoru a uvnitř jsou uloženy břitové destičky. Změna spočívá v popisu každého místa v šuplíku tak, aby každý typ břitové destičky měl své místo a pracovník se nemohl splést při výběru.

Obr. 3.12 Popisky břitových destiček

3.3.3 Zhodnocení přínosů

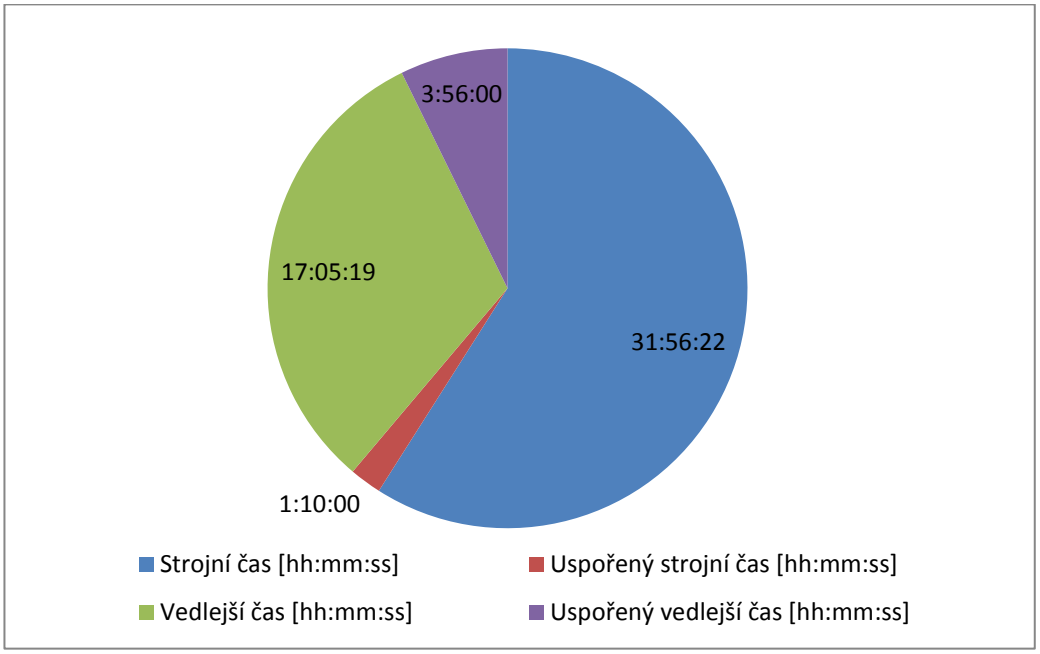
Tabulky 3.13 a 3.14 zobrazují naměřené hodnoty procesů výroby rotoru DAX62 před zavedením změn a po zavedení změn. Strojní čas je nižší z důvodu zavedení nových břitových destiček a zvýšením řezných podmínek při měření pracovníky technologie.

Název procesu	Celkový čas [hh:mm:ss]	Strojní čas [hh:mm:ss]	Vedlejší čas [hh:mm:ss]
Výměna rotoru	1:36:45	0:00:00	1:36:45
Hrubování hlavní drážky	4:51:12	3:57:12	0:54:00
Opracování hlavní drážky na čisto	15:22:00	11:13:12	4:08:48
Opracování ventilační drážky	12:31:00	11:42:00	0:49:00
Opracování ventilační rybina	2:38:48	2:02:48	0:36:00
Vrtání	3:05:20	1:11:50	1:53:30
Opracování poddrážky	4:52:36	2:59:20	1:53:16
Úklid stroje	3:00:00	0:00:00	3:00:00
Výměna fréz	1:40:00	0:00:00	1:40:00
Výměna plátků	4:30:00	0:00:00	4:30:00
Celkem	54:07:41	33:06:22	21:01:19

Tab. 3.13 Výrobní časy před úpravou

Název procesu	Celkový čas [hh:mm:ss]	Strojní čas [hh:mm:ss]	Vedlejší čas [hh:mm:ss]
Výměna rotoru	1:36:45	0:00:00	1:36:45
Hrubování hlavní drážky	4:01:36	3:17:12	0:44:24
Opracování hlavní drážky na čisto	15:12:24	11:13:12	3:59:12
Opracování ventilační drážky	12:21:24	11:42:00	0:39:24
Opracování ventilační rybina	2:38:48	2:02:48	0:36:00
Vrtání	2:58:44	1:11:50	1:46:54
Opracování poddrážky	4:13:00	2:29:20	1:43:40
Úklid stroje	3:00:00	0:00:00	3:00:00
Výměna fréz	1:32:00	0:00:00	1:32:00
Výměna plátků	2:30:00	0:00:00	2:30:00
Celkem	50:04:41	31:56:22	18:08:19

Tab. 3.14 Výrobní časy po úpravě



Obr. 3.15 Uspořený čas

Úspora vedlejšího času je 2,95 hodin a úspora strojního času je 1,16 hodin. Celková úspora tedy činí 4,1 hodin z výrobního času jednoho rotoru. Hodinová sazba stroje Heller je 2500 Kč. Odhadovaná peněžní úspora při výrobě 60 rotorů DAX62 za jeden rok je 615 000 Kč.

$$úspora\ za\ rok = hodinová\ sazba * počet\ vyrobených\ rotorů * uspořený\ čas =$$
$$= 2500 * 60 * 4{,}1 = \mathbf{615\ 000\ Kč}$$

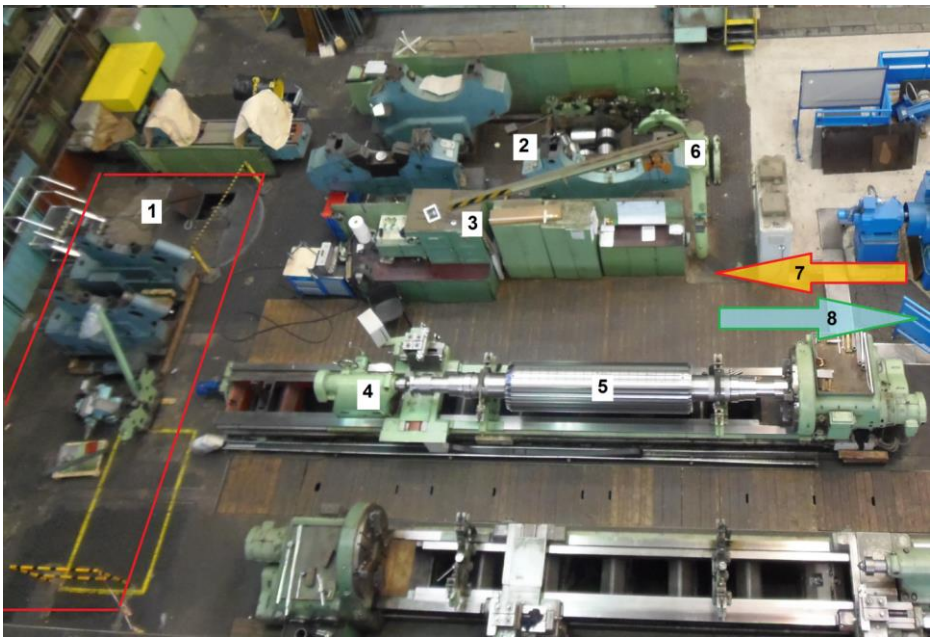
(3.16)

3.4 Pracoviště Soustruh SR1250-2

Cílem tohoto pracoviště je finální opracování průměrů, délek fazon a zhotovení glitchové dráhy rotoru typu DAX62 nebo DAX7. Proces tohoto pracoviště je znázorněn na obr. 3.22. Po ustavení a vyrovnání rotoru se hrubovací břitovou destičkou opracují všechny průměry s přídavkem 0,5 mm na plochu. Dále se provede zkouška ovality čepu pro ložisko, která musí být do 10 µm. Dále se všechny průměry kromě čepu ložiska opracují na výkresový rozměr. Následně se opracují všechny délky, rádiusy a zkosení. Následně se stahovacím nožem a honováním opracuje povrch ložisek. Safírovým nástrojem se vyrobí glitchová dráha, což je zhutněný materiál tvořící pásek na čepu a slouží pro měření vibrací sondou na principu měření vířivých proudů. Ovalita čepu pro ložisko a glitchové dráhy nesmí být vyšší jak 12 µm. Tento proces je podrobněji vysvětlen v následující kapitole 3.5.

3.4.1 Zmapování pracoviště

Pracoviště se skládá z jednoho klasického soustruhu SR1250 obr. 3.16 č. 4 a starých dřevěných skříní č. 3, ve kterých je mnoho nepoužívaných nástrojů a nepořádku. Okolo pracoviště č. 1 a 2 jsou neuspořádané přípravky, náhradní díly a příslušenství stroje. Dále na pracovišti je jeřáb č. 6, kterým se přestavuje stroj. Tok materiálu je znázorněn na obr. 3.16 č. 7 a 8, kde rotor na pracoviště je převážen z odkládacího prostoru u hlavní uličky. Na tomto pracovišti se zpravidla střídá ranní a noční směna. Po dohodě s manažerem výroby se opatření pro zlepšení zaměřila na vybavení a prostředí pracoviště.



Obr. 3.16 Layout pracoviště soustruh SR1250

3.4.2 Návrhy na zlepšení

V následující kapitole budou popsány návrhy na zlepšení, které byly provedeny. Vzhledem k tomu, že se převážně jedná o zlepšení prostředí, ergonomie atd., tak jsou tyto návrhy rozděleny do dvou skupin podle umístění.

5S na pracovišti

Nepotřebné nástroje, pomůcky a měřidla byly vráceny do výdejny. Staré skříně byly vyřazeny z provozu a byly nakoupeny nové standardní dílenské skříně. Původních 6 ks skříní bylo zredukováno na 2 ks skříní a 1 ks dílenského stolu. Jedna dílenská skříň bude sloužit pro ukládání mikrometrů a vzhledem k rozměrům mikrometrů, bylo nutné objednat skříň s atypickými rozměry. Druhá dílenská skříň bude sloužit pro ukládání řezných olejů, konzervantů, nožů a ostatních pomůcek. Skříně jsou umístěny tak, aby při výrobě pracovník k nim měl co nejkratší cestu, nejpoužívanější měřidla jsou uloženy v úrovni pasu. Čisté hadry, které byly původně ukládané ve skříni, jsou nyní uložené v plastové popelnici. Dílenský stůl obsahuje zadní děrovanou desku s kapsou pro průvodku. Na této stěně bude vyvěšen výkres pomocí magnetů. Stůl dále obsahuje na levé straně elektrické zásuvky, které usnadní elektrické připojení glitchmonitoru. Všechny skříně jsou opatřeny popiskami a štítky s maximálním zatížením. Smotaná vzduchová hadice na zemi byla nahrazena navijákem se stojem. Nerovnosti na soustruhu byly zatmeleny, zabroušeny a následně celý soustruh s příslušenstvím natřen na světle modrou barvu RAL5015.

5S v okolí pracoviště

V okolí pracovišť soustruhů je mnoho nepoužívaných přípravků, nástrojů a velkého nepořádku. V příloze B je znázorněn soupis a fotografie všech těchto položek, kde ke každé položce byl zapsán účel, intenzita použití a pořízena fotka. U některých položek nebylo možné dohledat účel. Podle intenzity použití a po domluvě s obsluhou byla část položek ponechána na pracovišti, část uskladněna v externím skladu umístěného v Nýřanech, část uskladněna ve výdejně a část zlikvidována. Každé pracoviště soustruhu obsahuje tento soupis pro případ, kdyby uskladněné přípravky bylo potřeba použít. Celkem bylo zaevidováno 118 položek, kde 34 položek zůstalo na pracovišti, 24 položek bylo uskladněno v externím skladu, 11 položek uskladněno ve výdejně a 49 položek zlikvidováno.

3.4.3 Zhodnocení přínosů

5S na pracovišti

Nový dílenský nábytek zlepšil ergonomii pracoviště. Popisky nástrojů a pomůcek sníží vedlejší časy vzniklé při hledání, avšak tato úspora nebude tolik viditelná vzhledem k relativní dlouhé době zpracování jednoho výrobku. Tzv. "elektrická noha" na dílenském stolu zkrátí elektrické přípojné místo ke glitchmonitoru, tudíž se sníží riziko vzniku úrazu zakopnutím o kabel. Natření stroje přispěje k lepšímu prostředí pracoviště a tím i motivaci pracovníka. Další výhodou je dobrý dojem zákazníka při opakovaném auditu.

Obr. 3.17 Starý dílenský nábytek

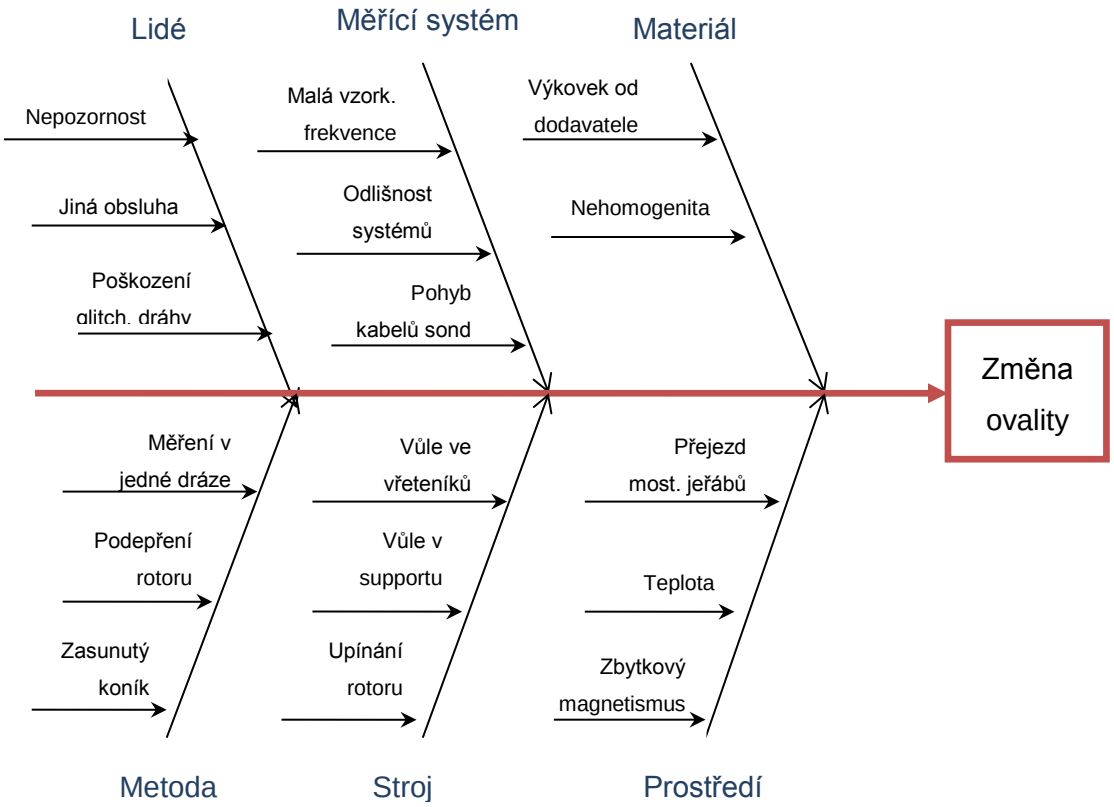
5S v okolí pracoviště

Utříděním položek v okolí soustruhu se opět sníží riziko úrazu a sníží se vedlejší čas při hledání přípravku. Kabelový most přes vzduchovou hadici opět sníží riziko úrazu zakopnutím.

Obr. 3.18 Neuspořádané přípravky a nástroje

3.5 Měření glitchové dráhy na rotoru

Při finálním opracování rotoru na pracovišti soustruhu je jedna z operací vyhotovení čepu pro ložisko a glitchovou dráhu s definovanou ovalitou. Po dokončení procesu je rotor přepraven na další pracoviště, kde se provádí navinutí a v balančním tunelu se provede kontrolní měření ovality. U jednoho z deseti rotorů se stává, že naměřená ovalita je nadlimitní a rotor se musí přepravit zpět na soustruh, kde se tato nadlimitní hodnota opětovným měření potvrdí a musí se opravit. Tato nekvalita způsobuje významné finanční ztráty a v následujících odstavcích budou popsány měření, která byla provedena pro zjištění příčiny nekvality. Problém se vyskytuje převážně u rotorů typu DAX62 a DAX7x a náhodně na straně turbíny ST a na straně budiče SB. Interní předpis PS2835 popisuje postup měření, způsob ochranného zabalení a limitní hodnoty pro měření. V balančním tunelu je povolená limitní hodnota přibližně o 6 µm vyšší. Vlastní měření je velmi citlivé. Pouhé zvednutí rotoru a opětovné usazení na soustruh způsobí rozdíl až 2 µm. Při popisované nekvalitě nastane skoková změna ovality přibližně o 6 až 15 µm. Popisovaná měření hledají příčinu tohoto velkého skoku. Na obr. 3.19 jsou znázorněny možné příčiny problému pomocí diagramu příčin a důsledků.



Obr. 3.19 Diagram příčin a následků změny ovality

Vzhledem k tomu, že se příčina hledá již několik let současně s mateřskou společností Brush v Anglii, tak se vycházelo z některých již provedených analýz, které byly:

1) vliv zanesení chyby měření vlivem přejezdu mostového jeřábu nad pracovištěm – nezjištěna abnormalita,

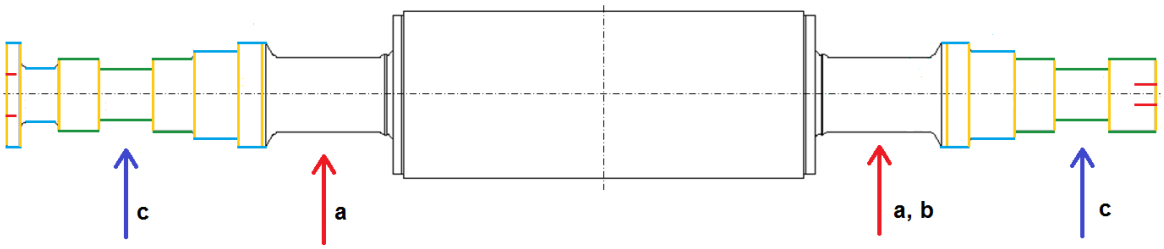
2) materiálová zkouška na homogenitu materiálu – nezjištěna abnormalita,

3) opakovatelnost měření systémem Glitchmonitor a ADRE – naměřená data byly shodná.

3.5.1 Rozdíly měřící soustavy na pracovišti soustruhu a v balančním tunelu

Na soustruhu je rotor podepřen dvě podpěrami, každá podpěra se skládá ze tří lunet. Podepření je v místech viz obr. 3.20a. Při měření se používá měřící systém Glitchmonitor, dvě dotykové sondy (A a B), jedna bezdotyková sonda Bently Nevada (C). Rychlost otáčení rotoru jsou přibližně 4 ot./min. Vzhledem k vinutí není možné rotor při opravě podepřít ve stejných místech. Rotor je tudíž podepřen pouze jednou podpěrou v místě, viz obr. 3.20b. Měření se skládá z měření ovality čepu a ovality glitchové dráhy. Ovalita čepu ložiska se měří dvěma sondami A+B, které jsou umístěny naproti sobě. Protější sonda B eliminuje rzivost rotoru. Po dosažení požadované ovality, se změří ovalita glitchové dráhy. Toto měření se provádí sondami A+C, kdy se měří rozdíl mezi těmito dvěma ovalitami. Laicky řečeno, musí být dosaženo stejné „brambory“ v čepu ložiska jako na glitchové dráze, aby bylo zaručeno přesného měření vibrací ložiskové čepu turbogenerátoru.

V balančním tunelu je rotor podepřen přímo v ložiskovém čepu hydraulickými ložiskovými pánvemi v místech obr. 3.20c. Používá se měřící systém ADRE, dvě bezdotykové sondy Bently Nevada a rychlost otáčení rotoru je přibližně 120 ot./min. Bezdotykové sondy jsou vůči sobě otočeny o 90 stupňů, aby mohla být ovalita měřena ve dvou osách. Vzhledem k dlouhodobému problému nestability měření se dohodlo, že rozhodující sonda bude vždy ta, která naměří menší ovalitu. V současném stavu není možné sjednotit měřící podmínky na obou pracovištích.



Obr. 3.20 Podepření rotoru na soustruhu

3.5.2 Ověření vlivu různých dodavatelů výkovků

Pro ověření příčiny vlivem různých dodavatelů výkovků, byla sestavena tabulka 3.21, kde je záznam posledních 12 neshod. Z tabulky vyplývá, že neshoda se vyskytuje nezávisle na dodavateli a na pracovišti.

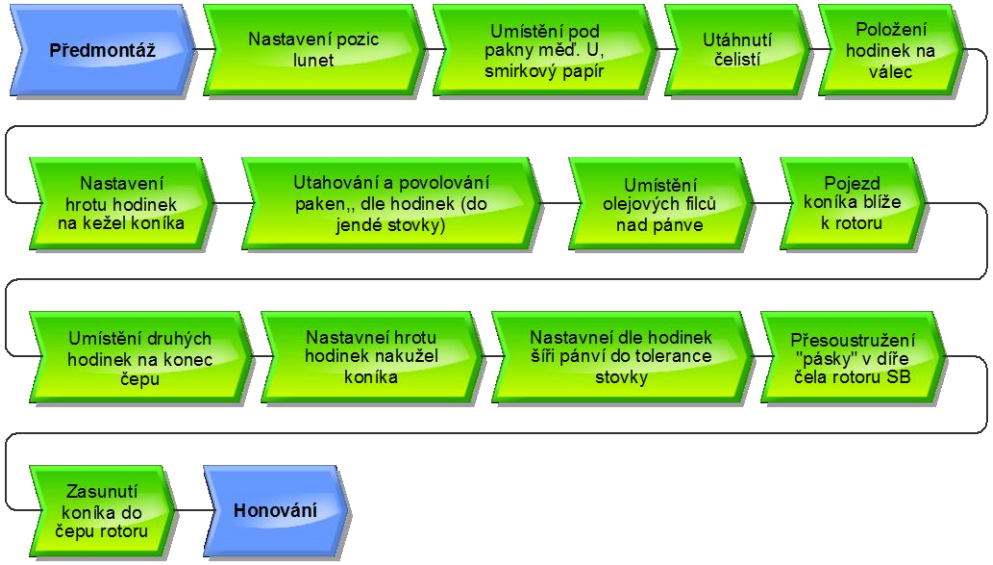
NCR	Typ rotoru	Popis neshody	Číslo výkovku	Pracoviště	Dodavatel
035/2014	BDAX 7-290ERHJT	Excessive value of slow roll on NDE side	SEMF 6909	SR 1250	CELSA
553/2013	BDAX 62-170ER	Excessive value of slow roll on NDE side	SEMF 6786	SR 1250	FOMAS
428/2013	BDAX 7-290ERJT	Excessive value of slow roll on NDE side	SEMF 6185	SR 2500	CELSA
402/2013	BDAX 7-290ERJT	Excessive value of slow roll on NDE side	SEMF 6086	SR 2000 CNC	BUDERUS
371/2013	BDAX 62-170ER	Excessive value of slow roll on NDE side	SEMF 6172	SR 2000 CNC	FOMAS
318/2013	BDAX 7-290ERJT	Excessive value of slow roll on NDE side	SEMF 6036	SR 1250	CELSA
291/2013	BDAX 62-170ER	Excessive value of slow roll on NDE side	SEMF 5911	SR 1250	FOMAS
180/2013	BDAX 62-170ER	Excessive value of slow roll on NDE side	SEMF 5774	SR 1250	FOMAS
115/2013	BDAX 62-170ER	Excessive value of slow roll on NDE side	SEMF 4959	SR 1250	PILSEN STEEL
94/2013	BDAX 62-170ER	Excessive value of slow roll on DE side	SEMF 4677	SR 2000 CNC	SAARSCHMIEDE
42/2013	BDAX 7-290ERJT	Excessive value of slow roll on NDE side	SEMF 4953	SR 1250	CELSA
6.13	BDAX 7-290ERJT	Excessive value of slow roll on NDE side	SEMF 4683	SR 1250	FOMAS

Tab. 3.21 Soupis NCR ovality glitchové dráhy

3.5.3 Vliv upínaní a vyrovnání rotoru do osy soustruhu

Na obr. 3.22 je znázorněn sled operací opracování rotoru na soustruhu. Další možnou příčinou může být způsob upínání a vyrovnání rotoru do osy soustruhu, proto byl proces upínání a vyrovnání podrobněji prozkoumán a je podrobněji znázorněn na obr. 3.23. Pro ověření bylo uskutečněno měření opakovatelnosti v závislosti na vyrovnání rotoru. Na opracovaném rotoru DAX62 byla naměřena ovalita, následně obsluha pakny na vřeteníku soustruhu povolila, vyrovnala rotor do osy soustruhu a znovu změřila ovalitu. Toto měření se provedlo 5 krát. Z měření vyplynulo, že vyrovnání rotoru není příčina problému.

Obr. 3.22 Proces obrábění na soustruhu SR1250



Obr. 3.23 Podrobná mapa procesu upínání a vyrovnání rotoru

3.5.4 Vliv měření ovality ve více drahách

Ovalita čepu ložiska a ovalita glitchové dráhy se měří vždy v jedné dráze, proto další měření ověřilo závislost opakovatelnosti na změně dráhy měření. Čep ložiska byl rozdělen do 15 drah po 10 mm. Měření proběhlo při dvou opakování, kdy se pokaždé rotor znovu vyrovnal. Měření ukázalo tab. 3.24, že ovalita se může změnit až o 2 um, tato změna však probíhá spojitě nikoli skokově. Při nalezení neshody se ovalita měří na stejné dráze, kde může dojít k maximálnímu posunu několik mm, proto měření ovality ve více drahách nemá vliv na daný problém.

	Ovalita čepu ložiska A+B [µm]	
Číslo dráhy	**1. upnutí**	**2. upnutí**
1	8,6	8,2
2	8,7	9,1
3	9,8	9,3
4	9,1	9
5	7,4	8,8
6	7,9	8,5
7	8,2	6,9
8	8,7	8
9	8,1	7,5
10	7	7,3
11	7,5	6,3
12	8,2	7,1
13	9,1	7,7
14	9,5	8,8
15	9,8	9

Tab. 3.24 Měření ovality sondami A+B v různých drahách

3.5.5 Vliv podepření rotoru v jednom místě na měření ovality

Dále byla prověřena hypotéza opakovatelnosti měření v závislosti na podepření rotoru v jiném místě. Po opracování rotoru DAX62, byl rotor podepřen ve stejném místě, jako když je rotor opravován viz obr. 3.20b, a bylo provedeno nové měření ovality. Naměřená ovalita se shodovala s původní ovalitou, takže hypotéza nebyla potvrzena.

3.5.6 Vliv zbytkového magnetického pole a formování vinutí na měření ovality

Po opracování rotoru na pracovišti soustruhu, je rotor přemístěn na pracoviště navijárny, kde je rotor navinut. Toto vinutí je na každé straně rotoru staženo obručí, které se indukčním ohřevem roztáhne, nasadí na rotor a chlazením stáhne čela vinutí. Vzhledem k tomu, že bezdotyková sonda pracuje na principu vířivých proudů, tak se další ověření zabývalo zbytkovým magnetismem v rotoru a následným ovlivněním měření. Po stažení rotoru obručí, bylo provedeno měření magnetického pole Fluxmetrem. Největší intenzita magnetického pole byla naměřena v rádiusech a úkosech, ale její velikost byla zanedbatelná.

Při formování je vinutí v rotoru pomocí stejnosměrného zdroje proudu zahřáno až na 120˚C, tato teplota se měří termočlánky umístěnými mezi jednotlivými cívkami. Teplota na koncích rotorů při tomto formování zůstává beze změn, protože prostup teploty z vinutí není tak velký, a tudíž teplota při formování vinutí nemůže změnit ovalitu čepu ložiska.

Závěr

Optimalizaci výrobních procesů popisuje mnoho nástrojů a metodik. Nejrozšířenější je metodika štíhlé výroby, která je založena na základních pilířích Kaizen a Jidoka. Zahrnuje nástroje 5S, Paretova analýza, Kaizen, Total Productive Maintance, Kanban karty a mnoho dalších. Cílem štíhlé výroby je minimalizovat všechny činnosti, které nepřidávají hodnotu výrobku. Další významnou filozofií je Six Sigma, která usiluje o dosažení kvality 6σ, tudíž 99,9996 %. Zastřešuje dalších mnoho nástrojů, které velmi dobře dokážou analyzovat stabilitu procesu a nalézt jeho příčiny nestability. Všechny výše uvedené metody a nástroje byly popsány v teoretické části této práce.

V praktické části diplomové práce byla provedena analýza pracovišť na oddělení výroby obrábění ve firmě Brush SEM z hlediska interních neshod. Podle Paretova pravidla 80/20 byla stanovena pracoviště s největšími ztrátami - velké soustruhy, horizontky, karusely 2,5 m + 1 m a soustruhy SR1250. Po dohodě s manažerem výroby byla praktická část zaměřena na optimalizaci výrobních časů pracoviště drážkování rotorů Heller a soustruh SR1250-2.

Na pracovišti Heller bylo zavedeno pět zlepšovacích návrhů, které snížily výrobní čas jednoho rotoru DAX62 o 4,05 hod. Při roční výrobě 60 rotorů DAX62 úspora činí 615 000 Kč. Na pracovišti finálního opracování rotoru SR1250 bylo metodou 5S navrženo nové uspořádání pracoviště, díky kterému se zlepší ergonomie pracoviště, bezpečnost, prostředí a zavede se standardizace nástrojů podle 5S, což povede ke snížení rizika nekvality vlivem použití chybného nástroje. Proces měření ovality ložiskového čepu rotoru byl pečlivě prozkoumán a následně vytvořen diagram příčin a následků. Bylo provedeno celkem 7 různých měření a experimentů, ale nebyla zjištěna kořenová příčina hledaného problému. Mé doporučení pro následující ověření možné kořenové příčinu problému je rozdílnost měřící soustavy na pracovišti soustruhu a na pracovišti vyvažovacího tunelu, konkrétně různý způsob podepření rotoru. Všechny měření a experimenty byly pečlivě zdokumentovány, aby mohly být použity pro další pokračování hledání kořenové příčiny problému.

Použitá literatura

[1] Automobilový průmysl. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2013-12-04]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Automobilov%C3%BD_pr%C5%AFmysl

[2] LEAN Company: Historie. *LEAN company: historie* [online]. 2006 [cit. 2013-12-04]. Dostupné z: http://www.leancompany.cz/historie.html

[3] ŌNO, Taiichi. *Toyota production system: beyond large-scale production*. Cambridge, Mass.: Productivity Press, c1988, xix, 143 p. ISBN 09-152-9914-3.

[4] MALÝ, Jiří. Procesní řízení jako zdroj efektivity. *System online* [online]. roč. 2005, č. 6, s. 1 [cit. 2013-12-04]. Dostupné z: http://www.systemonline.cz/clanky/procesni-rizeni-jako-zdroj-efektivity.htm

[5] *Sbírka příkladů z inženýrské ekonomiky a managementu*. 2. přepr. vyd. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 2004, 142 s. ISBN 80-708-0544-7.

[6] Plánování a řízení výroby: Štíhlé principy a procesně orientovaná výroba. In: *System online* [online]. Praha, 2013 [cit. 2013-12-04]. Dostupné z: http://www.systemonline.cz/rizeni-vyroby/stihle-principy-a-procesne-orientovana-vyroba.htm

[7] HEŘMAN, Jan. *Řízení výroby*. Vyd. 1. Slaný: Melandrium, 2001, 167 s. ISBN 80-861-7515-4.

[8] Doc. Ing. Vlastimil Skočil CSc. Proces, jeho vlastnosti, prostředí, identifikace, popis. [přednáška]. Plzeň: ZČU FEL, 10. října 2012.

[9] KEŘKOVSKÝ, Miloslav a Ondřej VALSA. *Moderní přístupy k řízení výroby*. 3., dopl. vyd. V Praze: C.H. Beck, 2012, xxi, 153 s. C.H. Beck pro praxi. ISBN 978-80-7179-319-9.

[10] Hlavní rozdíly mezi TPS (Toyota production systém - Štíhlá výroba) a TOC (Theory of Constraints – Teorie omezení). *Komunikační agentura Sagita* [online]. 2010 [cit. 2013-12-15]. Dostupné z: http://www.teorieomezeni.cz/nabidka-sluzeb/stihla-vyroba-vs-toc

[11] Metoda CCM (Critical Chain Method). *Managment Mania* [online]. 2011 [cit. 2013-12-15]. Dostupné z: https://managementmania.com/cs/metoda-ccm

[12] TÖPFER, Armin a kol. *Six Sigma: koncepce a příklady pro řízení bez chyb*. 1. vyd. Brno: Computer Press, 2008. x, 508 s. Business books. Praxe manažera. ISBN 978-80-251-1766-8.

[13] *Analýza systémů měření (MSA): příručka*. 3. vyd. Praha: Česká společnost pro jakost, 2003, 233 s. ISBN 80-020-1562-2.

[14] CARDA, Antonín a KUNSTOVÁ, Renata. *Workflow: nástroj manažera pro řízení podnikových procesů*. 2., rozš. a aktualiz. vyd. Praha: Grada Publishing, 2003. 155 s. Management v informační společnosti. ISBN 80-247-0666-0.

[15] KOŠTURIAK, Ján a CHAĽ, Ján. *Inovace: vaše konkurenční výhoda!*. Brno: Computer Press, 2008. 164 s. ISBN 978-80-251-1929-7.

[16] DOMBROSKI, Stephen a Lukáš DOLNÍČEK. Štíhlé principy a procesně orientovaná výroba. *SystemOnline* [online]. 2013, roč. 2013, 7-8 [cit. 2014-04-13]. Dostupné z: http://www.systemonline.cz/clanky/stihle-principy-a-procesne-orientovana-vyroba.htm

[17] TOŠENOVSKÝ, Josef. *Statistické metody pro zlepšování jakosti*. 1. vyd. Ostrava: Montanex, 2000, 362 s. ISBN 80-722-5040-X.

[18] PFD - Process Flow Diagram - Example. *The Engineering tool box* [online]. 2010 [cit. 2014-04-13]. Dostupné z: http://www.engineeringtoolbox.com/pfd-process-flow-diagram-d_865.html

[19] 5S. *Wikipedia* [online]. 2013, č. 1 [cit. 2014-04-13]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/5S

[20] Metoda 5S je základním elementem každého štíhlého systému. *e-api* [online]. 2012, č. 1 [cit. 2014-04-13]. Dostupné z: http://e-api.cz/page/68391.5s/%5D

[21] Diagramy příčin a následků. *Ikvalita* [online]. 2007, č. 1 [cit. 2014-04-13]. Dostupné z: http://www.ikvalita.cz/tools.php?ID=26

[22] FMEA Analýza příčin a důsledků. *Svět produktivity* [online]. 2012, č. 1 [cit. 2014-04-13]. Dostupné z: http://www.svetproduktivity.cz/slovnik/FMEA-Analyza-pricin-a-dusledku.htm

[23] Pareto diagram. *Svět produktivity* [online]. 2012, č. 1 [cit. 2014-04-13]. Dostupné z: http://www.svetproduktivity.cz/slovnik/Pareto-diagram.htm

Příloha A - Naměřené hodnoty procesu frézování rotoru DAX62

Hrubování hlavní drážky		
1	Najetí frézy	2:10:00
2	Otevření hlavní drážky	8:36:00
3	Odjezd frézy od rotoru v ose Z	0:04:00
4	Posun frézy na VP v ose X	0:36:00
5	Aretace rotoru	0:06:00
6	Natočení rotoru	0:54:00
7	Aretace rotoru	0:04:00
8	Najetí frézy	0:20:00
9	Otevření hlavní drážky	9:43:00
10	Odjezd frézy od rotoru v ose Z	0:09:00
11	Posun frézy na VP	0:30:00
12	Měření drážky	0:43:00
13	Aretace rotoru	0:05:00
14	Natočení rotoru	0:54:00
15	Aretace rotoru	0:05:00
16	Manipulace	0:32:00
17	Otevření hlavní drážky	10:03:00
18	Odjezd frézy od rotoru v ose Z	0:06:00
19	Měření drážky	0:34:00
20	Posun frézy na VP	0:30:00
21	Měření drážky	0:44:00
22	Aretace	0:05:00
23	Natočení rotoru	0:56:00
24	Aretace rotoru	0:05:00

Hrubování hlavní drážky - na jednu drážku	
Celkový čas	12:08:00
Strojní čas (frézování)	9:53:00
Vedlejší čas	2:15:00

Hrubování hlavní drážky - na 24 drážek	
Celkový čas [hh:mm:ss]	4:51:12
Strojní čas (frézování) [hh:mm:ss]	3:57:12
Vedlejší čas [hh:mm:ss]	0:54:00

	Frézování hlavní drážky na čisto	Čas [mm:ss:ms]
1	Odjezd frézy ze středu v ose X	0:08:00
2	Montáž klínů + ometení	3:28:00
3	Měření	0:09:00
4	Posun frézy v ose X	0:10:00
5	Montáž klínů druhá strana	1:07:00
6	Odjezd frézy od rotoru v ose Z	0:21:00
7	Frézování rybiny pro klín	13:43:00
8	Odjezd od rotoru v ose Z	0:11:00
9	Měření	1:16:00
10	Zametení špon	0:16:00
11	Posun frézy v ose X	0:15:00
12	Měření druhého konce	0:40:00
13	Aretace rotoru	0:06:00
14	Natočení rotoru	0:55:00
15	Aretace rotoru	0:04:00
16	Posun frézy v ose Z	0:09:00
17	Frézování na čisto	14:20:00
18	Odjezd frézy v ose Z	0:11:00
19	Čištění	0:52:00
20	Umístění klínů	2:52:00
21	Klíny utáhnutí	0:38:00
22	Posun frézy	0:22:00
23	Montáž posledního klínu	1:11:00
24	Posun k rotoru v ose Z	0:24:00
25	Frézování rybiny pro klín	13:22:00

Frézování hlavní drážky na čisto - na jednu drážku	
Celkový čas [mm:ss:ms]	38:25:00
Strojní čas na čisto [mm:ss:ms]	14:20:00
Strojní čas rybiny hl. drážky	13:32:30
Vedlejší čas [mm:ss:ms]	10:22:00

Frézování hlavní drážky na čisto - na 24 drážek	
Celkový čas [hh:mm:ss]	15:22:00
Strojní čas na čisto [hh:mm:ss]	5:44:00
Strojní čas rybiny [hh:mm:ss]	5:25:00
Vedlejší čas [hh:mm:ss]	4:08:48

Ventilační drážka		
	Název operace	**Čas [mm:ss:ms]**
1	frézování ventilační drážky	11:42:00
2	posun frézy v ose X do VP	0:51:00
3	upnutí rotoru	0:04:00
4	natočení rotoru	0:52:00
5	upnutí rotoru	0:05:00
6	očištění rotoru	0:10:00
7	frézování ventilační drážky	11:42:00
8	posun v ose Z od rotoru do VP v ose X	0:34:00
9	čištění drážky	0:49:00
10	upnutí rotoru	0:08:00
11	natočení rotoru	0:55:00
12	upnutí rotoru	0:07:00
13	očištění	0:06:00

Ventilační drážka - na jednu drážku	
Celkový čas	14:02:30
Strojní čas (frézování)	11:42:00
Vedlejší čas	2:20:30

Ventilační drážka - na 24 drážek	
Celkový čas [hh:mm:ss]	5:37:00
Strojní čas (frézování) [hh:mm:ss]	280:48:00
Vedlejší čas [hh:mm:ss]	56:12:00

Frézování poddrážky		
	Název operace	**Čas [mm:ss:ms]**
1	očištění frézy, otření štítů, povolení štítu	2:59:00
2	fréza 2 VP	1:29:00
3	posun k rotoru	0:50:00
4	zametení, špony v kanálu	2:06:00
5	aretace	0:06:00
6	natočení rotoru	0:47:00
7	aretace	0:05:00
8	očištění rotoru od tekutiny	1:10:00
9	nastavení parametrů	0:13:00
10	posun frézy k rotoru + měření	1:05:00
11	kontrola osy, vystředění frézy	2:55:00
12	aretace	0:05:00
13	aretace	0:05:00
14	hrubování poddrážky	7:25:00
15	odjezd frézy	0:09:00

16	čištění drážky	2:02:00
17	posun frézy do středu	0:07:00
18	kontrola	0:21:00
19	posun frézy do VP	0:36:00
20	aretace	0:05:00
21	natočení rotoru	0:55:00
22	aretace	0:06:00
23	očištění rotoru hadrem	0:48:00
24	nastavení parametrů + posun do drážky	0:35:00
25	frézování poddrážky	7:27:00
26	odjezd frézy	0:14:00
27	čištění drážky	0:58:00
28	posun frézy na střed	0:10:00
29	měření	0:20:00
30	posun frézy do VP	0:22:00
31	měření	0:25:00
32	aretace	0:06:00
33	natočení rotoru	0:53:00
34	aretace	0:04:00
35	najeto do drážky	0:15:00
36	frézování poddrážky	7:33:00

Frézování poddrážky - na jednu drážku	
Celkový čas	12:11:30
Strojní čas (frézování)	7:28:20
Vedlejší čas	4:43:10

Frézování poddrážky - na 24 drážek	
Celkový čas [hh:mm:ss]	4:52:36
Strojní čas (frézování) [hh:mm:ss]	2:59:20
Vedlejší čas [hh:mm:ss]	1:53:16

Výměna hrubovací frézy za frézu na čisto		
Č.	**Popis operace**	**Čas [mm:ss]**
1	Posun frézy mimo rotor (+ zametání)	1:17:00
2	Zametání pod frézou, žlab	1:27:00
3	Odkrytování, povolení šroubů (6 ks), pootočení frézy	2:49:00
4	Našroubování háků, ruční jeřáb, usazení staré frézy	3:24:00
5	Přešroubování háků, přesun nové frézy, zametení špon pod frézou	5:34:00
6	Odšroubování háků	0:33:00
7	Zašroubování šroubů frézy (6 ks)	2:04:00
8	Pojezd kousek zpátky	2:04:00
10	Kontrola plátků	4:38:00

11	Montáž drát. Kotouče, nasazení vzduchu	4:16:00
12	Manipulace + posun frézy k rotoru	2:02:00
Celkový čas na jednu drážku [mm:ss]		**30:08:00**
Celková čas na celý rotor [hh:mm:ss]		**2:00:32**

Vrtání		
	Název operace	**Čas [mm:ss:ms]**
1	Odšroubení klínů + očištění klínů	6:30:00
2	odepnutí frézy	2:10:00
3	sundání krytů	2:24:00
4	odsun frézy od rotoru	0:11:00
5	posun frézy vlevo	1:18:00
6	korekce na sinumeriku	2:48:00
7	celkové natočení rotoru	1:37:00
8	nastavení os, nulové body, upnutí čepu, vrátku, chlazení	8:12:00
9	posuny, měření kalibrem, korekce	2:31:00
10	Montáž krytí vrtání	2:53:00
11	roztočení pojezd, kontrola správnosti polohy, úprava krytů	1:10:00
12	Vrtání	0:54:00
13	pojezd	0:34:00
14	vrtání	1:00:00
15	posun	0:17:00
16	vrtání	1:00:00
17	pojezd	0:15:00
18	aretace	1:00:00
19	pootočení	0:09:00
20	vrtání	0:05:00
21	posun	0:11:00
22	vrtání	1:00:00
23	posun	0:13:00
24	vrtání	1:00:00
25	natočení	0:58:00
26	vrtání 1	1:00:00
27	posun	0:14:00
28	vrtání	1:05:00
29	posun	0:11:00
30	vrtání	1:02:00
31	posun	0:16:00
32	vrtání	1:05:00
33	posun	0:12:00
34	vrtání	1:02:00
35	posun	0:13:00
36	vrtání	1:02:00

37	odjezd vedle rotoru	0:10:00
38	výměna destiček - hledání nástroje 5S :-)	8:00:00
39	sundání bočního krytu, profuk, výměna nástroje	1:50:00
40	úklid nástroje	1:00:00
41	natočení rotoru	1:20:00
42	posun frézy vlevo	0:25:00
43	nasazení zpět krytů	1:30:00
44	rozšíření díry	0:38:00
45	posun	0:11:00
46	rozšíření díry	0:40:00
47	posun	0:11:00
48	rozšíření díry	0:40:00
49	natočení	0:16:00
50	rozšíření díry	0:49:00
51	posun	0:11:00
52	rozšíření díry	0:43:00
53	posun	0:11:00
54	rozšíření díry	0:42:00
55	natočení rotoru	1:06:00
56	rozšíření díry	0:38:00
57	posun	0:11:00
58	rozšíření díry	0:40:00
59	posun	0:11:00
60	rozšíření díry	0:42:00
61	posun	0:11:00
62	rozšíření díry	0:49:00
63	posun	0:11:00
64	rozšíření díry	0:43:00
65	posun	0:11:00
66	rozšíření díry	0:42:00
67	výměna nástroje	2:30:00
68	natočení	1:01:00
69	odsun frézy od rotoru	0:16:00
70	promazání	0:15:00
71	posun	0:03:00
72	závitování + mazání	1:35:00
73	posun	0:13:00
74	Zkouška závitu, měření	1:09:00
75	závitování + mazání	1:23:00
76	posun	0:11:00
77	závitování + mazání	1:34:00
78	natočení	0:16:00
79	závitování + mazání	1:33:00

80	posun	0:10:00
81	závitování + mazání	1:33:00
82	posun	0:10:00
83	závitování + mazání	1:34:00
84	posun	0:11:00
85	natočení rotoru	1:09:00
86	závitování + mazání	1:35:00
87	posun	0:13:00
88	Zkouška závitu, měření	1:09:00
89	závitování + mazání	1:23:00
90	posun	0:11:00
91	závitování + mazání	1:34:00
92	natočení	0:16:00
93	závitování + mazání	1:33:00
94	posun	0:10:00
95	závitování + mazání	1:33:00
96	posun	0:10:00
97	závitování + mazání	1:34:00
98	Výměna nástroje	1:52:00
99	natočení	0:53:00
100	posun	0:18:00
101	úprava krytů, nastavení chlazení	1:20:00
102	vrtání	0:33:00
103	posun	0:08:00
104	vrtání	0:50:00
105	posun	0:11:00
106	vrtání	0:44:00
107	posun	0:06:00
108	vrtání	0:44:00
109	natočení rotoru	0:20:00
110	vrtání	0:49:00
111	posun	0:05:00
112	vrtání	0:43:00
113	posun	0:12:00
114	vrtání	0:43:00
115	posun	0:06:00
116	vrtání	0:44:00
117	natočení rotoru	0:58:00
118	vrtání	0:33:00
119	posun	0:08:00
120	vrtání	0:50:00
121	posun	0:11:00
122	vrtání	0:44:00

123	posun	0:06:00
124	vrtání	0:44:00
125	natočení rotoru	0:20:00
126	vrtání	0:49:00
127	posun	0:05:00
128	vrtání	0:43:00
129	posun	0:12:00
130	vrtání	0:43:00
131	posun	0:06:00
132	vrtání	0:44:00
133	výměna nástroje	2:00:00
134	začištění	0:25:00
135	posun	0:08:00
136	začištění	0:25:00
137	posun	0:11:00
138	začištění	0:25:00
139	posun	0:06:00
140	začištění	0:25:00
141	natočení rotoru	0:20:00
142	začištění	0:25:00
143	posun	0:05:00
144	začištění	0:25:00
145	posun	0:12:00
146	začištění	0:25:00
147	posun	0:06:00
148	začištění	0:25:00
149	natočení rotoru	0:58:00
150	začištění	0:25:00
151	posun	0:08:00
152	začištění	0:25:00
153	posun	0:11:00
154	začištění	0:25:00
155	posun	0:06:00
156	začištění	0:25:00
157	natočení rotoru	0:20:00
158	začištění	0:25:00
159	posun	0:05:00
160	začištění	0:25:00
161	posun	0:12:00
162	začištění	0:25:00
163	posun	0:06:00
164	začištění	0:25:00
165	Odjezd frézy vedle	0:10:00

166	výměna nástroje	2:00:00
167	závitování menších děr	1:03:00
168	posun	0:08:00
169	závitování menších děr	1:03:00
170	posun	0:11:00
171	závitování menších děr	1:03:00
172	posun	0:06:00
173	závitování menších děr	1:03:00
174	natočení rotoru	0:20:00
175	závitování menších děr	1:03:00
176	posun	0:05:00
177	závitování menších děr	1:03:00
178	posun	0:12:00
179	závitování menších děr	1:03:00
180	posun	0:06:00
181	závitování menších děr	1:03:00
182	natočení rotoru	0:58:00
183	závitování menších děr	1:03:00
184	posun	0:08:00
185	závitování menších děr	1:03:00
186	posun	0:11:00
187	závitování menších děr	1:03:00
188	posun	0:06:00
189	závitování menších děr	1:03:00
190	natočení rotoru	0:20:00
191	závitování menších děr	1:03:00
192	posun	0:05:00
193	závitování menších děr	1:03:00
194	posun	0:12:00
195	závitování menších děr	1:03:00
196	posun	0:06:00
197	závitování menších děr	1:03:00
198	Úklid nástroje	1:23:00

Vrtání větších děr - celý rotor	
Celkový čas [mm:ss:ms]	47:52:00
Strojní čas [mm:ss:ms]	11:15:00
Vedlejší čas [mm:ss:ms]	36:37:00

Rozšíření větších děr - celý rotor	
Celkový čas [mm:ss:ms]	29:03:00
Strojní čas [mm:ss:ms]	8:26:00
Vedlejší čas [mm:ss:ms]	20:37:00

Závitování větších děr - celý rotor	
Celkový čas [mm:ss:ms]	27:21:00
Strojní čas [mm:ss:ms]	18:24:00
Vedlejší čas [mm:ss:ms]	8:57:00

Vrtání menších děr - celý rotor	
Celkový čas [mm:ss:ms]	18:32:00
Strojní čas [mm:ss:ms]	10:17:00
Vedlejší čas [mm:ss:ms]	8:15:00

Začištění menších děr - celý rotor	
Celkový čas [mm:ss:ms]	10:04:00
Strojní čas [mm:ss:ms]	6:40:00
Vedlejší čas [mm:ss:ms]	3:24:00

Závitování menších děr - celý rotor	
Celkový čas [mm:ss:ms]	23:25:00
Strojní čas [mm:ss:ms]	16:48:00
Vedlejší čas [mm:ss:ms]	6:37:00

Kompletní proces vrtání - celý rotor	
Celkový čas [hh:mm:ss]	2:36:17
Strojní čas [hh:mm:ss]	1:11:50
Vedlejší čas [hh:mm:ss]	1:24:27

Příloha B – Soupis položek v okolí SR1250

č.	Název položky	Účel použití	Intenzita použití	Umístění
1	Podpěra pro SIU	Pro velké rotoru (1000, atd.)	3	Ponechat
2	Nádoba se zbytky fazon	Bez účelu	5	Ponechat
3	Podpěry SR1250, válečkové	Pro malé rotory	2	Externí sklad
4	Podpěry SR1250, válečkové	Pro malé rotory	2	Ponechat
5	Podpěry SR1250, 2 lunety	Pro malé rotory	2	Ponechat
6	Podpěry SR1250, 2 lunety	Pro malé rotory	2	Ponechat
7	Podpěry pro SIU	Pro velké rotoru (1000, atd.)	2	Ponechat
8	Podpěry pro SIU	Pro velké rotoru (1000, atd.)	1	Ponechat
9	Nepoužité ploty	Pro realizaci uliček	1	Ponechat
10	Dřevěná skříň (smirek, řez. Kapalina)	úložný prostor pro SR1250-2, bude nahrazena	5	Likvidace
11	Držák nožů	Nástroj	1	Likvidace
12	Popelnice na špinavé hadry	Přidat popelnici s čistými hadry	5	Ponechat
13	Větrák	Pro komfort obsluhy	3	Ponechat
14	Podpěry SR1250	Horní kryt pro podpěry SR1250, pro speciální použití pro budiče	2	Externí sklad
15	Podpěry SR1250	Horní kryt pro podpěry SR1250, pro speciální použití pro budiče	2	Externí sklad
16	Podpěry SR1250	Horní kryt pro podpěry SR1250, pro speciální použití pro budiče	2	Externí sklad
17	Podpěry SR1250	Horní kryt pro podpěry SR1250, pro speciální použití pro budiče	2	Externí sklad
18	Podpěry SR1250	Horní kryt pro podpěry SR1250, pro speciální použití pro budiče	2	Externí sklad
19	Podpěry SR1250	Horní kryt pro podpěry SR1250, pro speciální použití pro budiče	2	Externí sklad
20	Podpěry SR1250	Horní kryt pro podpěry SR1250, pro speciální použití pro budiče	2	Externí sklad
21	Podpěry SR1250	Horní kryt pro podpěry SR1250, pro speciální použití pro budiče	2	Ponechat
22	Podpěry SR1250	Pro pomocné podepření těžkých rotorů	2	Ponechat
23	Podpěry SR1250	Pro pomocné podepření těžkých rotorů	2	Externí sklad
24	Podpěry SR1250	Pro pomocné podepření těžkých rotorů	2	Ponechat
25	Podpěry SR1250	Pro pomocné podepření těžkých rotorů	2	Ponechat
26	Skříň - matice náhr. Díly	Příslušenství pro soustruhy SR1250	1	Likvidace
27	2x žebřík	Pro přístup do bunkru k třískám	4	Ponechat
28	kovové police	Úložný prostor pro níže popsané položky	1	Likvidace
29	8x kovové kostky	Na soustruh SIU, na šajbu	1	Likvidace
30	4x měděné kostky	Na soustruh SIU, na kontejnery	1	Likvidace
31	1x kryty loží	Náhradní díly pro soustruh SR1250-2	1	Výdejna
32	4x pakny	Pomocné přípravky	1	Externí

				sklad
33	7x kovové kostky	Na lunety pro SIU	1	Likvidace
34	4x ložiska, kovové kostky + válec	Díly pro podpěry SR1250	1	Externí sklad
35	kovová kostka	Pomocné přípravek	1	Likvidace
36	malá obruč	Část ložiska z lunety SIU	1	Likvidace
37	dřevěná bedna	Box od honovačky	1	Likvidace
38	4x malé pakny		1	Likvidace
39	plechy	krytí	1	Likvidace
40	Držák nožů	Nástroj	1	Likvidace
41	2x čepy	Neví se	1	Likvidace
42	držák nožů	Nástroj	1	Likvidace
43	2x desky		1	Likvidace
44	kovová bedna s ozubenými koly	Příslušenství SR1250	1	Výdejna
45	utahovací klíč	Nástroj	1	Likvidace
46	dlouhý drát na špony	Manipulace s třískami v bunkru	4	Likvidace
47	malá nádoba na špony?	Pomocná nádoba na odpadávání třísek	2	Externí sklad
48	držák nože	Nástroj	1	Likvidace
49	upínací deska s dlouhým držákem	Speciální nástroj pro SIU	2	Externí sklad
50	podpora lunety, malý průměr	Na malé rotory	1	Externí sklad
51	držák nožů	Nástroj	1	Likvidace
52	držák nožů	Nástroj	1	Výdejna
53	držák nožů	Nástroj	1	Likvidace
54	držák nožů	Nástroj	1	Likvidace
55	držák nožů	Nástroj	1	Likvidace
56	držák nožů	Nástroj	1	Výdejna
57	držák nožů	Nástroj	1	Výdejna
58	držák nožů	Nástroj	1	Likvidace
59	utahovací deska, malý průměr	Nástroj	1	Likvidace
60	desky, utahovací	Speciální nástroj pro SIU	1	Externí sklad
61	desky utahovací	Pro kontejnery	1	Likvidace
62	Kovová bedna	Do lunety SR1250	1	Externí sklad
63	Bedna klíčů	Pro utahování paken a lunet	1	Likvidace
64	Bruska 4698 SIU	Pro speciální úkony	1	Externí sklad
65	Bruska SIU	Pro speciální úkony	1	Likvidace
66	Podpěry SIU	Podepření rotoru	1	Ponechat
67	Podpěry SIU	Podepření rotoru	1	Ponechat
68	upínání brusky	Nástroj	1	Externí sklad
69	podpěra SR1250	Podepření rotoru	2	Externí sklad

70	plech	Nástroj	1	Likvidace
71	podpěra SR1250	Podepření rotoru	2	Externí sklad
72	kryty, desky	Neznámý	1	Likvidace
73	nové schody	2. pole, Šilhánek	2	Ponechat
74	hrábě	Na třísky pro jeřáb	1	Likvidace
75	4x kostky	Neznámá	1	Likvidace
76	prázdné bedny	Kryt SIU	1	Ponechat
77	Bedny	Od mikrometrů	1	Likvidace
78	podpěra SIU, válcová	Podepření rotorů	1	Externí sklad
79	pakny SIU	Pro uchycení rotoru	1	Ponechat
80	stojan na sud Mogul HM68	Dolévání oleje pro SIU, používají i opraváři	4	Ponechat
81	papírové utěrky		2	Ponechat
82	2x měřící mikrometry půlkruh	Pro orientační měření	2	Likvidace
83	žlutá zamčená bedna	Bedna od velkých mikrometrů, bude nová skříň	3	Ponechat
84	kostky, šrouby, dřeva	Šrouby ponechat do výdejny	1	Ponechat
85	ocelová lana	Pro převoz lunet	3	Ponechat
86	zelená velká skříň SIU, měřidla	Bude nová skříň	4	Ponechat
87	stolek malý	Pro převoz nástrojů, honovačky	3	Ponechat
88	tabule magnetická	Pro výkresy	3	Ponechat
89	bruska CNC	Broušení průměrů na CNC	1	Výdejna
90	schody malé CNC	Dodělat krátkou palandu	1	Ponechat
91	stojan na měřidlo CNC	Pří měření házivosti rotoru, krátká upínací tyčka	3	Ponechat
92	Lamela CNC soustruh	Odebráno údržbou, pro odlehčení supportu 2 ks	1	Výdejna
93	podpěra 2x SIU	podpěra 2x SIU	1	Ponechat
94	podpěra 2x SIU	podpěra 2x SIU	1	Likvidace
95	Držák nástrojů	Nástroj	1	Likvidace
96	Dřevěné schody	-	1	Likvidace
97	Náhradní díl SR1250	-	1	Externí sklad
98	Deska	-	1	Likvidace
99	Nádoba na řezné kapaliny	Prázdné	1	Likvidace
100	Nádoba na řeznou kapalinu		1	Ponechat
101	Úpich	Zbytek materiálu z rotoru	1	Likvidace
102	Matice		1	Výdejna
103	Svorníky	Ke stažení přípravku	1	Ponechat
104	Horní kryt podpěry SIU	Podepření velkých rotorů	1	Externí sklad
105	Horní kryt podpěry CNC	Příslušenství soustruhu	1	Externí sklad
106	Lamela CNC	Odebráno údržbou pro odlehčení stroje	1	Výdejna
107	Dřevěné schody	Ergonomie	1	Likvidace
108	Držák destiček	Nástroj, zaevidovat	1	Výdejna

109	Upínací kolo	Přípravek pro soustruh na vřeteník	1	Likvidace
110	podpěra SIU		3	Ponechat
111	Úpich		1	Likvidace
112	Kostka		1	Likvidace
113	Kostka		1	Likvidace
114	Plech		1	Likvidace
115	Dřevěný schody		1	Likvidace
116	Plech		1	Likvidace
117	Kostka		1	Likvidace
118	přípravek na glitch OMA 1117		1	Výdejna