

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

KATEDRA ELEKTROENERGETIKY A EKOLOGIE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Optimalizace výrobního pracoviště

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta elektrotechnická

Akademický rok: 2016/2017

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Ladislav SVATOŠ**

Osobní číslo: **E15N0093P**

Studijní program: **N2612 Elektrotechnika a informatika**

Studijní obor: **Technická ekologie**

Název tématu: **Optimalizace výrobního pracoviště**

Zadávací katedra: **Katedra elektroenergetiky a ekologie**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Popište metody a nástroje pro optimalizaci výrobních procesů.
2. Zmapujte současný stav výrobního pracoviště v konkrétní elektrotechnické firmě.
3. Aplikujte vybrané optimalizační metodiky a nástroje na toto pracoviště.
4. Zhodnoťte očekávaný přínos navržených opatření.

Rozsah grafických prací: **podle doporučení vedoucího**

Rozsah kvalifikační práce: **40 - 60 stran**

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

Seznam odborné literatury:

1. **KOŠTURIÁK, J., FROLÍK, Z.: Štíhlý a inovativní podnik. Praha: Alfa Publishing, 2006. ISBN 80-86851-38-9**
2. **HIROYUKI, H.: 5S pro operátory: 5 pilířů vizuálního pracoviště. Brno: SC&C Partner, 2009. ISBN 978-80-904099-1-0**
3. **KEŽKOVSKÝ, M.: Moderní přístupy k řízení výroby. Praha: C. H. Beck, 2009. ISBN 978-80-7400-119-2**
4. **MASAAKI, I.: Gemba Kaizen ? Řízení a zlepšování kvality na pracovišti. Praha: Computer Press, 2005. ISBN 80-251-0850-3**
5. **Internetové zdroje**

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Tomáš Řeřicha, Ph.D.**


Katedra technologií a měření

Datum zadání diplomové práce: **14. října 2016**

Termín odevzdání diplomové práce: **19. května 2017**


Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.
děkan




Doc. Ing. Karel Noháč, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 14. října 2016

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá problematikou optimalizace výrobního pracoviště, která byla realizována ve společnosti BRUSH SEM s.r.o. Jsou zde popsány optimalizační nástroje výrobních procesů. Dále je představena výrobní společnost BRUSH SEM s.r.o. vyrábějící turbogenerátory. Třetí kapitola je věnována současnému stavu pracoviště Navijárny rotorového vinutí před optimalizací a vyčíslení nákladů současného stavu. Následuje představení vývoje optimalizace a zavedených procesních změn. Na závěr jsou zhodnocena navržená opatření a vyjádřeny přínosy optimalizace. Také jsou vyčísleny náklady zlepšení, ze kterých je vypočtena doba návratnosti investice.

Klíčová slova

Optimalizace, štíhlá výroba, zlepšování, Kaizen, inovace, 5S, PDCA, generátor, rotor, vinutí, odporové svařování, investice, návratnost investice, úspora nákladů

Abstract

The master's thesis deals with the optimization of the production department, which was implemented in the company BRUSH SEM Ltd. There are described optimization tools manufacturing processes. Is introduced manufacturing company BRUSH SEM Ltd., which produces turbogenerators. The third chapter is given to the current state of workplace Winding rotor coils before optimization and the costs of the current state. Followed by a presentation of the development optimization and process changes. In conclusion are the evaluated proposed measures and expressed the benefits of optimization. Then costs improvement are calculated of which is calculated payback period of the investment.

Key words

Optimization, lean manufacturing, improvement, Kaizen, innovation, 5S, PDCA, generator, rotor, winding, resistance welding, investment, return on investment, cost savings

Prohlášení

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.

.....

podpis

V Plzni dne 22.4.2017

Bc. Ladislav Svatoš

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu diplomové práce Ing. Tomášovi Řeřichovi, Ph.D. za cenné profesionální rady, metodické vedení práce a vstřícné jednání.

Děkuji velmi Zdeňkovi Benešovi, manažeru oddělení Trvalého zlepšování procesů, za hodnotné rady, předané praktické zkušenosti a umožnění spolupráce s firmou BRUSH SEM s.r.o. pro zpracování této diplomové práce.

Obsah

| | |
|---|------------|
| OBSAH | 8 |
| SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK | 9 |
| ÚVOD | 11 |
| 1 OPTIMALIZAČNÍ NÁSTROJE VÝROBNÍCH PROCESŮ | 12 |
| 1.1 NEUSTÁLÉ ZLEPŠOVÁNÍ..... | 12 |
| 1.2 PLÁNUJ – VYKONÁVEJ – KONTROLUJ – JEDNEJ ANEB CYKLUS PDCA..... | 15 |
| 1.3 S VYTRVALOSTÍ METODIKY KAIZEN K ÚSPĚCHU | 17 |
| 1.3.1 Příklady ze společnosti BRUSH SEM s.r.o. | 19 |
| 1.4 PĚT PRAVIDEL METODIKY 5S..... | 22 |
| 1.4.1 Příklady ze společnosti BRUSH SEM s.r.o. | 24 |
| 1.5 KONEC CHYBÁM S METODIKOU POKA-YOKE..... | 27 |
| 1.5.1 Příklady ze společnosti BRUSH SEM s.r.o. | 29 |
| 2 O SPOLEČNOSTI BRUSH SEM S.R.O. | 31 |
| 2.1 PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI..... | 31 |
| 2.2 HISTORIE FIRMY | 32 |
| 2.3 TRVALÉ ZLEPŠOVÁNÍ PROCESŮ | 35 |
| 2.4 ÚSPĚCHY A VIZE..... | 36 |
| 2.5 PRODUKTOVÉ PORTFOLIO..... | 38 |
| 3 SOUČASNÝ STAV | 41 |
| 3.1 PRACOVISŤE NAVÍJENÍ ROTOROVÉHO VINUTÍ..... | 41 |
| 3.2 POPIS PRACOVNÍCH ÚKONŮ | 44 |
| 3.2.1 Výroba elektrických generátorů | 45 |
| 3.2.2 Pracovní úkony Navijárny rotorového vinutí | 47 |
| 3.3 SOUČASNÉ PÁJECÍ KONSTRUKCE | 64 |
| 3.3.1 Popis součástí..... | 65 |
| 3.3.2 Nevýhody použití..... | 66 |
| 3.3.3 Náklady současného stavu..... | 73 |
| 4 OPTIMALIZACE PRACOVISŤE | 75 |
| 4.1 NÁVRH Č. 1 – NABÍDKA SPOLEČNOSTI MARSTON-CZ S.R.O. | 76 |
| 4.1.1 Pájecí konstrukce s natáčecím zařízením rotorů | 76 |
| 4.1.2 Úprava natáčecího zařízení rotorů..... | 78 |
| 4.2 NÁVRH Č. 2 – NABÍDKA SPOLEČNOSTI LMT S.R.O..... | 80 |
| 4.2.1 Pájecí konstrukce s otočným ramenem..... | 80 |
| 4.2.2 Přípravek pro natáčení rotorů..... | 82 |
| 4.3 NÁVRH Č. 3; 4; 5 – INTERNÍ VÝVOJ PÁJECÍ KONSTRUKCE..... | 84 |
| 4.3.1 Návrh č. 3 – Obvodová pájecí konstrukce | 85 |
| 4.3.2 Návrh č. 4 – Hrazdová pájecí konstrukce..... | 86 |
| 4.3.3 Návrh č. 5 – Pojízdňá pájecí konstrukce | 90 |
| 4.4 VÝSLEDNÁ VERZE PÁJECÍ KONSTRUKCE..... | 99 |
| 5 ZHODNOCENÍ NAVRŽENÝCH OPATŘENÍ | 103 |
| 5.1 NÁKLADY OPTIMALIZACE | 103 |
| 5.1.1 Pořizovací náklady | 103 |
| 5.1.2 Provozní náklady | 106 |
| 5.1.3 Celkové náklady optimalizace | 107 |
| 5.2 FINANČNÍ ÚSPORA OPTIMALIZACE..... | 108 |
| 5.3 NÁVRATNOST INVESTICE..... | 108 |
| ZÁVĚR | 111 |
| SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ | 113 |
| PŘÍLOHY | 116 |

Seznam symbolů a zkratek

| Značka | Název | Bližší určení |
|---------------------|--|--------------------------|
| <i>3D</i> | 3-Dimension | Trojrozměrný |
| <i>5S</i> | Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke | Metodika štíhlé výroby |
| <i>apod.</i> | A podobně | Zkratka |
| <i>BEM</i> | BRUSH Electrical Machines | Název společnosti (GB) |
| <i>BOZP</i> | Bezpečnost a ochrana zdraví při práci | Bezpečnostní opatření |
| <i>CER</i> | Capital Expenditure Request | Finanční žádost |
| <i>CZ</i> | Czech Republic | Česká republika |
| <i>CZK</i> | Česká koruna | Mezinárodní značení měny |
| <i>DAX</i> | Vzduchem chlazené turbogenerátory BRUSH | Označení |
| <i>EMS</i> | Environmental Management System | Systém řízení podniku |
| <i>f [Hz]</i> | Frekvence [Hertz] | Veličina [jednotka] |
| <i>HMA</i> | Holec Machines and Apparaten | Název společnosti (NLD) |
| <i>I[A]</i> | Elektrický proud [Ampér] | Veličina [jednotka] |
| <i>ks</i> | Kus | Zkratka množství |
| <i>l[m]</i> | Délka [metr] | Veličina [jednotka] |
| <i>Ltd</i> | Limited company | Obchodní společnost (GB) |
| <i>m[kg]</i> | Hmotnost [kilogram] | Veličina [jednotka] |
| <i>min</i> | Minuta | Jednotka času |
| <i>n.v.</i> | Naamloze Vennootschap | Obchodní společnost(NLD) |
| <i>P80</i> | Zrnitost brusného pásu | Označení |
| <i>p[bar]</i> | Tlak [bar] | Veličina [jednotka] |
| <i>P[W]</i> | Činný elektrický výkon [Watt] | Veličina [jednotka] |
| <i>PAN</i> | Preventivní a analytické nástroje | Typ procesního zlepšení |
| <i>PDCA</i> | Plan Do Check Act | Metodika štíhlé výroby |
| <i>PO</i> | Požární ochrana | Bezpečnostní opatření |
| <i>Q[J]</i> | Množství tepla [Joule] | Veličina [jednotka] |
| <i>QMS</i> | Quality Management System | Systém řízení podniku |
| <i>R[Ω]</i> | Elektrický odpor [Ohm] | Veličina [jednotka] |
| <i>RAL</i> | Reichsausschuss für Lieferbedingungen | Dodací podmínky vzorníku |

| | | |
|-------------------------------|---------------------------------------|---------------------------|
| <i>ŘLF</i> | Řízení lidí a flexibilita | Typ procesního zlepšení |
| <i>s.r.o.</i> | Společnost s ručením omezeným | Obchodní společnost (CZE) |
| <i>S[m²]</i> | Obsah [metr čtvereční] | Veličina [jednotka] |
| <i>S[VA]</i> | Zdánlivý elektrický výkon [Voltampér] | Veličina [jednotka] |
| <i>SEM</i> | Škoda Electric Motors | Název společnosti (CZE) |
| <i>SMED</i> | Single Minute Exchange of Die | Metodika štíhlé výroby |
| <i>SMS</i> | Security Management System | Systém řízení podniku |
| <i>SZP</i> | Standardy a změny na pracovištích | Typ procesního zlepšení |
| <i>t[°C]</i> | Teplota [stupeň Celsia] | Veličina [jednotka] |
| <i>t[s]</i> | Čas [sekunda] | Veličina [jednotka] |
| <i>tj.</i> | To je | Zkratka |
| <i>TPM</i> | Total Productive Maintenance | Metodika štíhlé výroby |
| <i>U [V]</i> | Elektrické napětí [Volt] | Veličina [jednotka] |
| <i>ZPS</i> | Zlepšení procesní stability | Typ procesního zlepšení |

Úvod

Vybrané téma bylo zvoleno na základě mého studia oboru Komerční elektrotechniky v bakalářském studijním programu. Optimalizačním metodikám bylo věnováno několik předmětů i v navazujícím studiu, díky kterým mne zlepšování podnikových procesů oslovilo již během studia. Z tohoto důvodu jsem v navazujícím inženýrském studiu zaměřil svou diplomovou práci na zlepšování procesů a to ve společnosti BRUSH SEM s.r.o. V tomto výrobním podniku jsem poprvé získal reálný pohled, jak jsou teoretické znalosti japonských metodik štíhlé výroby implementovány do praxe v podniku vyrábějícím elektrické stroje produkující elektřinu.

Optimalizaci pracovišť je v posledních letech věnováno čím dál tím více prostoru. Kvalitní výrobní podniky mají zavedena svá oddělení Trvalého zlepšování procesů, která monitorují veškerá výrobní pracoviště společnosti. Týmy zlepšování navrhuji zlepšení procesů pomocí optimalizačních metodik štíhlé výroby. Pomocí těchto metodik a nástrojů vznikají finanční úspory a jsou nepřímo snižovány náklady při provozu podniku.

Tato diplomová práce bude koncipována do pěti hlavních částí. V první kapitole čtenáře seznámím s optimalizačními nástroji výrobních procesů, které jsou ve společnosti BRUSH SEM s.r.o. nejčastěji používané. Druhá kapitola se zabývá představením společnosti. Třetí kapitola práce bude zaměřena na zmapování současného stavu pracoviště, ve kterém byly provedeny procesní změny. Implementovaná procesní zlepšení v pracovišti Navíjení rotorového vinutí budou podrobně popsána ve čtvrté kapitole, ve které bude zobrazen samotný vývoj optimalizace. V závěru práce bude uvedeno zhodnocení navržených opatření, včetně výpočtu návratnosti investice.

1 Optimalizační nástroje výrobních procesů

Průmysl se v posledních letech při hledání optimalizace procesů uchýlil k použití nástrojů štíhlé výroby. Tento směr řeší řadu problémů, které se vyskytují při výrobě různých výrobků. Vývoj systémů a produktů vyžaduje pochopení příčin. Strategie je hlavní příčinou výkonnosti štíhlé výroby. Štíhlá výroba lze definovat jako kombinace několika nástrojů, které pomáhají eliminovat aktivity, které nepřidávají hodnotu produktu, procesu nebo službě. [1]

Management štíhlé výroby snižuje náklady a hospodárně využívá dostupné zdroje s cílem trvalého udržení a zároveň zvýšení spokojenosti zákazníků. Metodiky štíhlé výroby optimálně koordinují veškeré operace, které jsou nezbytné pro tvorbu hodnot s vyvarováním se zbytečných činností a důsledným zaměřením všech procesů na přání zákazníka. [2]

Cílem strategie řízení podniku je dosáhnout optimálního souladu mezi vysokou kvalitou produkce, minimálními vlastními náklady a maximálním objemem výroby. [3]

Společnost poskytující výrobek nebo službu s vynikající kvalitou musí být zaměřena na snižování nákladů, zlepšení produktivity, školení personálu a vytvoření kvalitní kultury společnosti. Je důležité mít vrcholové vedení, které se stará o poskytování vysoce kvalitních produktů. Tyto společnosti investují čas a finance pro školení svých zaměstnanců pro metodiky řízení času, týmové dovednosti, komunikaci mezi členy organizace a také na různé nástroje štíhlé výroby. Jedná se například o metodiky Kaizen, Kanban, TPM, 5S, Jidoka, PDCA, SMED nebo Poka-yoke. [1]

Tato kapitola je věnována metodám a nástrojům pro optimalizaci výrobních procesů. Dále uvedené nástroje jsou nejčastěji využívány pro optimalizaci výrobních pracovišť ve společnosti BRUSH SEM s.r.o.

1.1 Neustálé zlepšování

Proces neustálého zlepšování procesů je základem veškerých optimalizačních metodik. Týká se všech činností podniku a zaměřuje se na zvyšování spokojenosti zákazníků, vlastníků a spolupracovníků. Realizace tohoto záměru vyžaduje systematické vzdělávání a výcvik pracovníků. Trvalé dosahování lepších výsledků každodenním využíváním moderních metod

a nástrojů vyžaduje neustálé motivování pracovníků. Úkolem managementu je vytvořit podmínky a pozitivní prostředí, aby se do plnění a překračování stanovených cílů zapojili všichni pracovníci. [3]

Zlepšování by v žádném případě nemělo být považováno za jednorázovou aktivitu, která po dosažení plánovaných cílů končí. Naopak, proces zlepšování by měl být chápán jako nepřetržitý proces, ve kterém by dosažený zlepšený stav měl být východiskem pro další zlepšování, mělo by se jednat o neustálé (trvalé) zlepšování. [4]

Neustálé zlepšování je chápáno jako opakující se činnost pro zvyšování schopnosti plnit požadavky. Jedná se tedy o trvalé úsilí o dosahování lepší úrovně v porovnání se současným stavem. [4]

Příkladem procesu trvalého zlepšování je japonská koncepce Kaizen (viz kapitola 1.3), což v překladu znamená nepřetržité zdokonalování. Podstatou neustálého zlepšování je systémový přístup ke všem činnostem, které probíhají v podniku. [3]

Ke zlepšování lze přistoupit: [3]

- postupnými změnami po malých krocích (Kaizen);
- skokovými změnami s radikálním řešením inovace výrobků, procesů a zařízení.

Neustálé zlepšování je jedním ze základních předpokladů úspěšnosti organizací. Je pro to celá řada důvodů: [5]

- požadavky zákazníků se dynamicky mění a jsou neustále náročnější;
- organizace musí neustále odstraňovat jakékoliv vnitřní neefektivnosti, aby mohla produkty nabízet za přijatelnou cenu a přitom vytvářet přiměřený zisk, nezbytný pro další rozvoj;
- neustálý vývoj vědy a techniky přináší celou řadu nových příležitostí ke zlepšování;
- konkurence na trhu se neustále zostřuje;
- neustále se zvyšující požadavky na kvalitu života;
- neustále se vyvíjejí vnější podmínky (legislativa, podmínky na trhu apod.);
- aktivity neustálého zlepšování podporují aktivní zapojení pracovníků do plnění cílů organizace.

Trvalé zlepšování může probíhat v organizaci vertikálně, horizontálně, lokálně na určitém pracovišti nebo pracovním místě. Vertikální projekty zlepšování podněcuje podnikové vedení a platí ve většině případů pro celý podnik. Na horizontální úrovni vychází iniciativa zlepšovací týmů z podnikových útvarů. Pro zlepšování byla vypracována a používá se řada metod štihlé výroby, kterým budou věnovány následující kapitoly. [3]

V aktivitách zlepšování by organizace měla uplatňovat proces neustálého zlepšování. Tento proces by měl zahrnovat následující kroky: [6]

- Důvod k zlepšování: Má se identifikovat problém procesu a oblast pro zvolené zlepšování s uvedením důvodu.
- Současná situace: Má se hodnotit efektivnost a účinnost existujícího procesu. Mají se shromáždit a analyzovat údaje, aby se zjistilo, jaké typy problémů se vyskytují nejčastěji. Má se vybrat problém a má se stanovit cíl zlepšování.
- Analýza: Mají se identifikovat a ověřit kořenové příčiny problému.
- Identifikování možných řešení: Mají se prozkoumat alternativní řešení. Má se vybrat a uplatnit nejlepší řešení, tj. to řešení, které odstraní kořenové příčiny problému a zabrání jejich opakovanému výskytu.
- Vyhodnocení efektů: Má se potvrdit, zda problém a jeho kořenové příčiny jsou odstraněny nebo zda se jejich působení snížilo, zda řešení funguje a zda byly splněny cíle zlepšování.
- Uplatňování a standardizace nového řešení: Starý proces se má nahradit zlepšeným procesem, čímž se předejde opakovanému výskytu problému a jeho kořenových příčin.
- Hodnocení efektivnosti a účinnosti procesu s dokončeným opatřením ke zlepšení: Má se vyhodnotit efektivnost a účinnost projektu zlepšování a má se uvažovat o využití tohoto řešení jinde v organizaci.

K trvalému zlepšování se nejvíce využívá princip PDCA (viz kapitola 1.2), japonská filozofie Kaizen (viz kapitola 1.3), pět základních pravidel metodiky 5S (viz kapitola 1.4) a metodika Poka-yoke odstraňující chybovost (viz kapitola 1.5). V jednotlivých kapitolách o optimalizačních nástrojích Kaizen, 5S a Poka-yoke jsou zobrazeny grafické ukázky použití dané metodiky ve společnosti BRUSH SEM s.r.o.

1.2 Plánuj – vykonávej – kontroluj – jednej aneb cyklus PDCA

Jednotlivé kroky uvedeného procesu neustálého zlepšování jsou rozpracováním Demingova cyklu PDCA, který je základním modelem zlepšování. Tento cyklus se skládá ze čtyř fází, ve kterých by mělo probíhat zlepšování nebo provádění změn. Jedná se o cyklus, který nemá konec a měl by se pro zajištění neustálého zlepšování stále opakovat. [4]

Funkčnost systému spočívá v neustálém opakování cyklu PDCA. Je to systematický způsob zvyšování znalostí o procesech, zavádění změn a vyhodnocování výsledků zlepšení. Žádné zlepšení není konečné. Neustálé zlepšování všech procesů tvoří základ, na němž je postavena špičková kvalita japonských výrobků. Cyklus se skládá ze čtyř na sebe navazujících fází (viz obr. 1). [3]



Obr. 1 Cyklus PDCA [7]

V první fázi „Plan“ (plánuj) se na základě zjištěných nedostatků, návrhů na zlepšování stávajících procesů nebo zavádění nových procesů definují: [3]

- cíle – očekávané výstupy a způsoby měření stanovených cílů;
- rozsah a způsob sběru potřebných dat o procesech a zdrojích;
- úkoly a odpovědnosti – kdo, kdy a co;
- rámcový plán změn vedoucích ke zlepšení.

V druhé fázi „Do“ (vykonávej) realizujeme plánované změny, kvantifikujeme a monitorujeme data a údaje o procesu před a po provedení změn. Návrh změny realizujeme

v závislosti na jejím charakteru nejprve na malém vzorku. Naměřená data a údaje o procesu a jeho výkonnosti před realizací navržených změn nám slouží k potvrzení toho, že hlavní příčiny problému byly v předcházející fázi správně stanoveny. Hlavní kroky této fáze jsou: [3]

- sběr dat stávajících procesů;
- provedení plánovaných změn;
- sběr dat po provedených změnách.

Třetí fáze „Check“ (kontroluj) předchází zavedení změn. Je třeba v celé organizaci nebo výrobě vyhodnotit, jestli provedené změny přinesly očekávané zlepšení nebo ne. Sledovaná data se musí analyzovat a odpovědní vedoucí musí interpretovat dosažený stav. Ze studia dosažených výsledků lépe poznáváme proces a získáváme podklady pro rozhodnutí o zavádění změn. Hlavní kroky této fáze jsou: [3]

- vyhodnocení dosažených výsledků;
- porovnání dosaženého stavu zlepšení s plánovanými cíli.

Jestliže výsledky přinesly předpokládané očekávání a jsou přijatelné i z ekonomického hlediska, rozhodneme o způsobu praktického zavedení změny, kterého se týká čtvrtá fáze „Act“ (jednej). Na základě nově získaných znalostí musíme posoudit, zda změny mohou být zevšeobecněny a využity pro celou organizaci nebo pouze pro daný proces. Pak následuje formální zavedení změny, tzn. popis standardizovaného postupu, výcvik pracovníků a změny organizačního charakteru, jsou-li potřebné. Hlavní kroky čtvrté fáze PDCA cyklu jsou: [3]

- rozhodnutí o zavádění změn;
- vzdělávání a výcvik pracovníků;
- monitorování procesu;
- opakování cyklu PDCA.

V podstatě všechny používané metodiky zlepšování jsou rozpracováním těchto čtyř základních kroků cyklu PDCA, popřípadě jejich upravené podoby. [8]

V literatuře lze nalézt celou řadu různých přístupů, které však ve skutečnosti jsou pouze různými modifikacemi základního algoritmu. Přes tento společný základ přináší detailní rozpracování jednotlivých kroků v různých metodikách celou řadu podnětných námětů, které

mohou významně přispět k efektivnímu průběhu jednotlivých aktivit a k úspěšnému řešení. [4]

Opatření k nápravě představuje opatření realizované pro odstranění příčiny zjištěné neshody nebo jiné nežádoucí situace. [9]

Aplikuje se tedy v situaci, kdy problém již existuje. Návrh opatření k nápravě má zahrnovat hodnocení závažnosti problému a má přihlížet k nákladům, spolehlivosti, bezpečnosti a spokojenosti zákazníků a jiných zainteresovaných stran. [4]

1.3 S vytrvalostí metodiky Kaizen k úspěchu

Při neustálém zlepšování se uplatňují dva základní postupy: skokové zlepšování a zlepšování po malých krocích. Tyto postupy jsou základem dvou přístupů ke zlepšování, které se označují jako reengineering a Kaizen. [10]

Skokové zlepšování vede buď k revidování a zlepšení existujících procesů, nebo k uplatňování nových procesů. Projekty skokového zlepšování obvykle vyžadují významné přepracování návrhu existujících procesů. Obvykle je realizují ustavené mezioborové týmy tvořené pracovníky z různých útvarů a uplatňují se při nich metody řízení projektu. [4]

Průběžné zlepšování v malých krocích realizují pracovníci organizace v rámci existujících procesů. Pracovníci v organizaci jsou nejlepším zdrojem nápadů, mají-li však jejich aktivity být efektivní, měli by být vybaveni pravomocemi, technikou a nezbytnými zdroji. [4]

Optimálních výsledků lze obvykle dosáhnout vhodnou kombinací obou přístupů. Jako příklad lze uvést porovnání japonského přístupu a „západního“ (amerického) přístupu. Japonský přístup je charakterizován současným uplatňováním jak skokového zlepšování, tak zlepšování po malých krocích, „západní“ přístup uplatňováním pouze skokového zlepšování. V případě, že oba tyto přístupy vycházejí ze stejné počáteční úrovně, japonský přístup vede k lepším výsledkům. [11]

Proti principu hromadné výroby se silně centralizovaným řízením, zaměřenému na vysokou produktivitu a nízké náklady, kde individuální požadavky zákazníka nepatří mezi

nejvyšší priority, tradičně po desetiletí uplatňovanému v USA a v zemích západní Evropy, vytvořili Japonci koncept štíhlé výroby. Ten spočívá ve výrobě pružně reagující na požadavky zákazníka a poptávku, která je řízena decentralizovaně, prostřednictvím flexibilních pracovních týmů, při malé hloubce výroby (nízkém počtu na sebe navazujících výrobních stupňů). [12]

Kaizen, tedy nepřetržité zdokonalování, je jedním z hlavních předpokladů štíhlé výroby. Kaizen znamená stálé zlepšování, v drobných krocích, jako opak rozsáhlých opatření a racionalizačních akcí. K vyšší produktivitě a kvalitě se lze propracovat především zlepšováním výrobního procesu samotného, nikoliv dokonalejší kontrolou. Každý ve firmě by měl mít svého zákazníka a usilovat o maximalizaci uspokojení jeho potřeb. Kaizen vyžaduje uplatňování principu zapojení všech pracovníků a přístup „shora – dolů“. Pracovní kolektiv musí „táhnout za jeden provaz“. [12]

Zlepšování je v úspěšných společnostech nikdy nekončící proces. Metodika Kaizen a další metody štíhlé výroby, jsou nejlevnějším způsobem snižování nákladů, eliminace plýtvání, zvyšování kvality, zlepšování organizace a výrobků, v neposlední řadě motivace zaměstnanců a jejich zapojení do změn a optimalizace procesů. Důležité jsou měřitelné přínosy a rychlá realizace řešení navrhovaná zaměstnanci. [13], [18]

Peter Teufel, partner Institutu Kaizen, zaznamenal, že jeden z jeho klientů měl v plánu nakoupit další stroje, aby zvládl nárůst objednávek. Když Teufel zjistil, že míra využívání stávajících zařízení byla 38%, doporučil, aby management namísto nákupu nových strojů zvýšil míru zavedením Kaizen. Společnost ušetřila 15 milionů německých marek, aniž by to jakkoli ovlivnilo kvalitu a termíny dodávek. [14]

Manažeři zaměřeni na inovace mají spíše tendenci kupovat nová zařízení nebo najímat nové lidi. Na druhé straně manažeři zaměřeni na Kaizen se naučili využívat stávajících lidských zdrojů ke zvýšení produktivity. [14]

V kontextu koncepce Kaizen má management dvě hlavní funkce: údržbu a zdokonalování. Údržba se týká aktivit, zaměřených na udržování stávajících technologických, manažerských a provozních standardů prostřednictvím vzdělávání a disciplíny. V rámci této funkce management provádí svůj přidělený úkol tak, aby mohli všichni postupovat podle

standardního provozního postupu. Na druhé straně zdokonalení se týká činností, zaměřených na zvyšování stávajících standardů. Japonský pohled na management lze proto shrnout do jediné zásady: udržuj a zdokonaluj standardy. [14], [17]

1.3.1 Příklady ze společnosti BRUSH SEM s.r.o.

Tato kapitola představuje reálné příklady použití metodiky Kaizen ve společnosti BRUSH SEM s.r.o. Jedná se o drobná zlepšení, která slouží ke snížení nákladů, zvýšení efektivity práce, odstranění chybovosti a zmetkovosti, snížení ztrátového času, zvýšení bezpečnosti práce a zlepšení ergonomie na pracovišti.

Prvním příkladem je náhrada klasického šroubováku (viz obr. 2) pro montáž elektrických rozváděčů momentovým akumulátorovým šroubovákem (viz obr. 3). Klasický šroubovák byl nevhodný z důvodu časové náročnosti utahování spojů a nevhodné ergonomie při pohybu zápěstím. Počet šroubových spojů v rozváděčích na stroji DAX 62 je okolo 300. Pro dotažení jednoho spoje bylo zapotřebí přibližně 17× otočení zápěstí, tj. 5100 otáček / stroj. Doba potřebná pro zašroubování 1 spoje byla přibližně 20 sekund. Náhradou klasického šroubováku akumulátorovým šroubovákem došlo ke snížení času pro dotažení jednoho spoje na 4 sekundy. Celková časová náročnost utahování spojů v rozváděčích na jednom stroji typu DAX 62 po optimalizaci byla vypočtena na 20 minut, tj. úspora 80 % času při montáži rozváděčů. Další výhodou této změny je, že nedochází k přetažení nebo nedotažení svorkovnice díky stanovenému momentu. Rovněž jde o snadnou manipulaci s elektrickým šroubovákem a menší fyzickou zátěž pracovníka. Optimalizace spadá do kategorie „Zlepšení procesní stability“ (ZPS).



Obr. 2 Montáž klasickým šroubovákem



Obr. 3 Montáž akumulátorovým šroubovákem

Dalším zlepšením bylo vytvoření konstrukcí pro odkládání odpadních svitků na pracovišti Lisovny, kde dochází k lisování satorových plechů. Dříve byly svitky ukládány neuspořádaně na podlahu a nebyly žádným způsobem zajištěny (viz obr. 4). Velkým bezpečnostním rizikem byl pád svitků na pracovníka. Pracoviště nebylo uspořádané a přehledné. Optimalizací bylo vytvoření stojanů pro uložení plechových svitků (viz obr. 5), ve kterých byly svitky pevně fixovány před následným naložením na nákladní vůz. Kovové konstrukce byly finálně nastříkány firemními barvami pro zlepšení prostředí na pracovišti a jeho vzhled. Zlepšení patří do kategorie „Preventivních a analytických nástrojů“ (PAN).



Obr. 4 Odkládání svitků před optimalizací



Obr. 5 Svitky zajištěny ve stojanech

Příkladem drobného zlepšení ze společnosti je také výroba madla k lopatce pro vyjmutí kalů z brusky na pracovišti Lisovny. Dříve se musel pracovník často ohýbat díky krátké rukojeti (viz obr. 6) a nebyla zajištěna správná ergonomie pohybu pracovníka na pracovišti. Zlepšením byla úprava lopatky přidáním madla (viz obr. 7) a napřímením jejich hran, aby nedocházelo k vypadávání kalů z lopatky. Tím došlo také ke zlepšení ergonomie. Typ zlepšení jsou „Standardy a změny na pracovišti“ (SZP).



Obr. 6 Lopatka před optimalizací

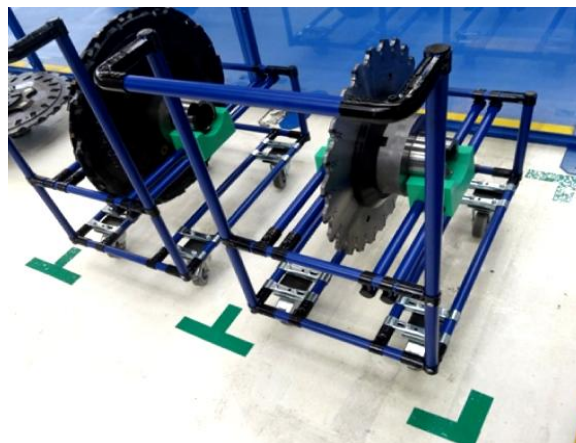


Obr. 7 Úprava lopatky po optimalizaci

Dalším příkladem implementace metodiky Kaizen ve výrobě společnosti BRUSH SEM s.r.o. je tvorba stojanů na frézy. Před optimalizací hrozilo bezpečnostní riziko zakopnutí o uložené frézy na podlaze (viz obr. 8). Nutností bylo využití jeřábu pro přesun fréz ke stroji Weingärtner. Pracoviště bylo neuspořádané a nevzhledné. Optimalizací byla výroba stojanů (viz obr. 9), které odstranily výše uvedené nevýhody. Pojízdné stojany byly vyrobeny z trubkového systému od společnosti Beewatec s.r.o. Došlo k odstranění rizika zranění o frézy uložené na podlaze. Zlepšením vznikla možnost manuálního přesunu fréz pomocí vozíků s kolečky. Výhodou je zjednodušení navázání fréz na jeřáb pro finální přesun do stroje Weingärtner. Vypočtená roční časová úspora je 1800 minut, tj. roční finanční úspora 21.600,- CZK. Pro vozíky byl vytvořen Layout metodikou Zoningu. Pro viditelné stanovení prostoru, který slouží pro uložení vozíků s frézami. Metoda Zoningu zlepšuje uspořádání materiálu a odstraňuje ztrátový čas při jeho hledání. Toto zlepšení je zařazeno do kategorie ZPS.



Obr. 8 Způsob odložení fréz před optimalizací



Obr. 9 Pojízdné vozíky na frézy

Dalším drobným zlepšením metodiky Kaizen je způsob uložení prodlužovacího kabelu. Před optimalizací hrozilo zakopnutí o kabel uložený na podlaze (viz obr. 10). Kabel je nyní instalován do vzduchového navijáku (viz obr. 11). Zvýšení bezpečnosti je kategorie PAN.



Obr. 10 Uložení kabelu před optimalizací



Obr. 11 Instalace vzduchového navijáku

1.4 Pět pravidel metodiky 5S

Metodika 5S je tzv. kontrolním seznamem dobrého hospodaření pro dosažení většího pořádku, efektivity a disciplíny na pracovišti. Název nástroje 5S se vztahuje k počátečnímu písmenu pěti japonských slov, která popisují správné hospodaření: *seiri*, *seiton*, *seiso*, *seiketsu* a *shitsuke*, jež bychom mohli převést do češtiny jako: *rozdělení*, *uspořádání*, *čistota*, *normování* a *disciplína* (viz obr. 12).



Obr. 12 Metodika 5S

Metodika 5S slouží k vytvoření a udržení organizovaného, čistého, bezpečného a vysoce výkonného pracovního prostředí. Umožňuje komukoli na první pohled rozlišit mezi normálními a neobvyklými podmínkami. Nástroj je základem pro neustálá zlepšování, nulovou chybovost, snížení nákladů a bezpečné pracovní prostředí. Metodika 5S je systematický přístup ke zlepšení pracovního prostředí, procesů a produktů prostřednictvím angažovanosti zaměstnanců na pracovišti. Nástroj 5S je možné použít kdykoli je pracoviště neuklizené a neorganizované. Vždy, kdykoli musí pracovníci strávit nějaký čas hledáním nástrojů a informací požadovaných k dokončení úlohy. [15]

První krok, *seiri*, zahrnuje klasifikaci všech položek na pracovišti do dvou kategorií – nezbytné a zbytečné – a odstranění těch zbytečných. Měl by být zaveden strop pro počet nezbytných položek. Na pracovišti lze nalézt mnoho různých věcí. Bližší pohled však odhalí, že pouze nemnoho z nich je potřebných pro každodenní práci; mnoho dalších nebude buď použito nikdy, nebo budou potřeba v daleké budoucnosti. Výrobní provozy bývají plně nepoužívaných strojů, upínačů a forem, zmetků, obrobků, surových materiálů, zásob a dílů, polic, kontejnerů, stolů, ponků, krabic, regálů, palet a dalších věcí. Jednoduchým základním pravidlem je odstranit vše, co nebude použito v nejbližších třiceti dnech. [14]

Druhý krok, *seiton*, znamená věci klasifikovat podle jejich použití a seřadit tak, aby jejich nalezení vyžadovalo minimum času a úsilí. Abychom toho dosáhli, každá položka musí mít své místo určení, název a objem či počet. Nejenom místo, ale i maximální počet položek povolených na pracovišti musí být specifikován. Například rozpracované výrobky nelze

produkovat v neomezeném počtu. Namísto toho musí být místo na podlaze vymezené pro krabice s těmito výrobky jasně vyznačené a musí se určit jejich maximální povolený počet. Jakmile je dosaženo maximálního povoleného objemu zásob, výroba v předchozím výrobním procesu se musí zastavit; není možné vyrobit více, než spotřebuje následující výrobní proces. Tímto způsobem zajišťuje *seiton* tok minimálního počtu položek na pracovišti od jednoho procesu k druhému. [14]

Seiso znamená vyčistit pracoviště, tedy stroje a nástroje, ale také podlahy, zdi a další místa. Existuje poučka „*Seiso* znamená kontrolu“. Obsluha stroje může během čištění narazit na různé drobné poruchy a nedostatky. Je-li stroj pokrytý mastnotou, sazemí a prachem, je těžké odhalit jakékoli problémy, které se mohou na stroji objevit. Během čištění je však snadné zaznamenat únik oleje, prasklinu v krytu, či uvolněné matice a šrouby. Jakmile jsou tyto problémy odhaleny, je snadné je uvést do pořádku. [14]

Seiketsu znamená udržovat osobní čistotu v tom smyslu, že má člověk na sobě vhodný pracovní oděv, ochranné brýle, rukavice a pracovní boty a že je pracoviště udržováno v čistém a zdravotně nezávadném stavu. Další interpretací výrazu *seiketsu* je pokračovat neustále a každodenně v práci na *seiri*, *seiton* a *seiso*. [14]

Shitsuke znamená sebedisciplína. Lidé, kteří praktikují *seiri*, *seiton*, *seiso* a *seiketsu* kontinuálně – tedy lidé, u nichž jsou tyto činnosti součástí každodenní rutiny – získali sebedisciplínu. [14]

V dnešní době je praktikování těchto pěti S v podstatě povinné pro všechny výrobní podniky. Pozorný odborník na řízení pracoviště dokáže zhodnotit kvalitu podniku během pár minut, jestliže se podívá, co se na jeho pracovištích děje s ohledem na praktikování 5S. Nepřítomnost pěti S znamená nevykonnost, plýtvání, nedostatek sebedisciplíny, nízkou pracovní morálku, špatnou kvalitu, vysoké náklady a neschopnost plnit dodávky. Těchto pět bodů dobrého hospodaření představuje počáteční bod pro jakoukoli společnost, jež chce být uznávána jako zodpovědný výrobce. [14]

Metodika 5S nesmí být jenom formálním projektem. Musí se stát podstatou firmy. Je důležité z této kampaně nevyjímat kanceláře. Nejlepší je, když si tuto akci vezme generální ředitel za svou a zavede kompletní a radikální 5S v celém podniku. [16]

1.4.1 Příklady ze společnosti BRUSH SEM s.r.o.

Na níže uvedených příkladech je možné zpozorovat reálné použití metodiky 5S v praxi ve společnosti BRUSH SEM s.r.o. Vybrané příklady jsou zaměřeny na rozdělení nástrojů do skupin, jejich uspořádání, čistotu pracoviště a neustálé opakované udržování těchto pravidel.

Nářadí bylo nepřehledně uspořádané (viz obr. 13) a pracovníci věnovali čas hledání správného nástroje. Optimalizací byla výroba magnetického držáku na nářadí (viz obr. 14). Klíče jsou v držáku seřazeny podle velikosti. Zlepšení patří do kategorie SZP.



Obr. 13 Uložení nářadí před optimalizací



Obr. 14 Výroba magnetického držáku

Dalším příkladem aplikace metodiky 5S ve společnosti je úklid materiálu. Na obr. 15 jsou zobrazeny uskladněné molitanové výplně u vyvažovacího tunelu v 6. poli. Výplně u uličky působí nevzhledně a proto je žádoucí jejich úklid a odstranění z tohoto prostoru (viz obr. 16). Udržování čistoty a úklid pracoviště je zlepšení patřící do kategorie SZP.



Obr. 15 Uskladněné molitanové výplně



Obr. 16 Úklid molitanových výplní

Nepřehlednost o materiálu a nepořádek na pracovním stole (viz obr. 17) v pracovišti Lisovny byl vyřešen výrobou regálu z trubkového systému (viz obr. 18) od společnosti Beewatec s.r.o. Nyní má každý nástroj své místo a materiál je přehledně uspořádaný v krabicích od společnosti Regaz s.r.o. Zároveň regál z trubkového systému zabírá méně prostoru než pracovní stůl před optimalizací pracoviště. Tato procesní změna pomocí metodiky 5S patří do kategorie označené zkratkou SZP neboli standardy a změny na pracovišti.



Obr. 17 Nepořádek na pracovišti



Obr. 18 Uspořádání materiálu v regálu

Další příklad zlepšení pomocí metodiky 5S je znovu z pracoviště Lisovny. Svitky plechů byly uloženy na stole (viz obr. 19). Ke svitkům byl špatný přístup a jejich odvíjení nebylo zajištěno dle pravidel ergonomie na pracovišti. Optimalizací došlo k výrobě pojízdné konstrukce (viz obr. 20), sloužící pro uchycení svitků a jejich snadné odvíjení. Ve spodní části vozíku je prostor pro materiál, který byl dříve nepřehledně uspořádaný na pracovním stole. Zlepšení patří do kategorie SZP.



Obr. 19 Nepořádek na pracovišti



Obr. 20 Výroba pojízdné konstrukce se svitky

Neuspořádané uložení pružin razidel na pracovišti seřizovače v Lisovně je zobrazeno na obr. 21. Zlepšením bylo vytvoření regálu z trubkového systému, osazeného boxy, ve kterých byly uloženy pružiny dle typu (viz obr. 22). Tato procesní změna patří do kategorie SZP.

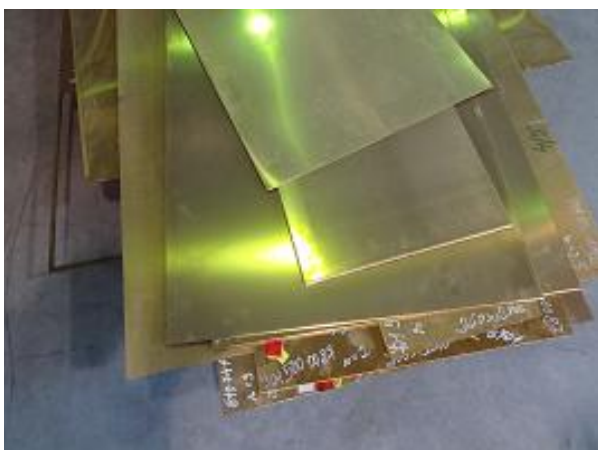


Obr. 21 Neuspořádané pružiny razidel



Obr. 22 Roztříděné pružiny razidel v boxech

Další ukázkou uspořádání materiálu jsou měděné plechy v pracovišti Skladu. Jejich uložení bylo nepraktické se špatným přístupem k jednotlivým typům plechů (viz obr. 23). Návrhem na změnu bylo vyrobení kovového zásobníku na plechy (viz obr. 24) a jeho následné nastříkání firemní barvou. K různým typům měděných plechů je nyní snadná dostupnost. Zlepšení je typem SZP.



Obr. 23 Neuspořádané měděné plechy



Obr. 24 Roztříděné plechy v zásobníku

1.5 Konec chybám s metodikou Poka-yoke

Použití nástroje štíhlé výroby Poka-yoke zabraňuje vzniku chyb dříve, než nastanou. Příkladem jsou strojové operace, které znemožní výrobu neshodného výrobku. Zabezpečení proti chybám neumožňuje chybám přejít do dalšího procesního kroku. [15]

Na každém pracovišti existuje celá řada příležitostí udělat chybu, která je obvykle prvním krokem k nekvalitnímu produktu (vadě). Níže jsou uvedeny druhy lidských chyb, které se mohou obecně vyskytovat a nabývat významných kontraproduktivních účinků v běžném pracovním systému tradičního podniku, který neaplikuje principy průmyslového inženýrství: [3]

- Chyby vlivem neznalosti (principů a souvislostí)
- Chyby ze zapomnětlivosti
- Chyby z přehlédnutí (chybná identifikace)
- Chyby z nerespektování pravidel
- Chyby z nepozornosti
- Chyby z pomalé reakce na vzniklou situaci
- Chyby z diletantství (amaterismu)
- Chyby spojené s akumulací „drobných“ nedostatků
- Chyby z nedostatečné standardizace práce
- Chyby vlivem nevhodné konstrukce výrobku
- Chyby záměrné

Na každou z výše uvedených chyb lze najít vhodný preventivní nástroj eliminující její důsledky. Z tohoto důvodu můžeme konstatovat, že vady je možné eliminovat, pokud si uděláme čas identifikovat jejich příčiny a realizovat potřebná preventivní opatření. Tato opatření je možné shrnout do strategie „nulových vad“, která se opírá o dva základní pilíře: [3]

- Duševní orientaci na zdroje lidských chyb při kontrole
- Fyzickou realizaci opatření typu „Poka-yoke“

Kontrola kvality není schopna důsledky chyb úplně eliminovat. Kontrola orientovaná na zdroje lidských chyb by mohla být definována jako metoda, která je založena na myšlence objevit chybu již ve fázi jejího výskytu, kdy ještě nedošlo k „transformaci“ chyby na vadu (nekvalitu). [3]

Poka-yoke je označení praktického přístupu, který eliminuje důsledky lidských chyb i v tom případě, že k nim došlo. Poka-yoke vyhledává technickými prostředky možnou lidskou chybu, blokuje proces a umožňuje její odstranění v rámci okamžité zpětné vazby. Z hlediska naplňování strategie eliminující chyby jde tedy o jakýsi „hardware“. Koncepce systému Poka-yoke existuje v různých formách již desítky let, ale bylo to japonské průmyslové inženýrství, které rozvinulo myšlenku zabránění chybám do podoby průmyslově aplikovatelné. Poka-yoke respektuje inteligenci pracovníků, protože je v rámci opakovaných monotónních činností osvobozuje od psychické zátěže a uvolňuje jejich myšlení pro kreativnější jednání a rozvoj aktivit přidávajících hodnotu. Poka-yoke má tři základní funkce: [3]

- Zastavení stroje nebo procesu
- Kontrolu
- Varovné signály

Principiálně je systém Poka-yoke založen jak na klasických mechanických řešeních, tak ve své modernější podobě i na prostředcích průmyslové automatizace. [3]

Takto definovaný přístup ke kontrole je možné chápat jako skutečné zabezpečování kvality v daném pracovním systému a procesu. Oproti principu spíše pasivní kontroly (např. plánované přejímky), které identifikují a odstraňují následky chyb se zpožděním, vychází „strategie nulových vad“ z toho, že je efektivnější aktivně eliminovat důsledky chyb bezprostředně v místě jejich vzniku. [3]

Za myšlenkou „strategie nulových vad“ je přesvědčení, že nelze akceptovat dokonce ani výrazně nízký objem nekvalitních produktů. Výskyt jakýchkoliv vad podniku ztěžuje uplatňování dalších metod a technik. [3]

Použití metodiky je vhodné v případě, když opravování chyb nebo zpoždění toku procesu zhoršují účinnost cyklu procesu. [15]

Poka-yoke nachází co možná nejjednodušší, avšak zároveň účinná řešení. Význam metody Poka-yoke je nutno vidět zejména ve včasném odhalení chybného jednání a ve vytvoření možnosti zabránit následným vadám. Navíc odpadají často nákladné kontrolní operace. [19]

1.5.1 Příklady ze společnosti BRUSH SEM s.r.o.

Ve společnosti BRUSH SEM s.r.o. je využívána metodika Poka-yoke především způsobem různých typů dorazů nebo zarážek, jejichž aplikaci je možné zpozorovat na uvedených příkladech z výroby. Různé způsoby zarážek zabráňují chybnému pracovnímu postupu na dílčích pracovištích a tím snižují zmetkovitost a chybovost procesů při výrobě turbogenerátorů.

První uvedená ukázka metodiky Poka-yoke byla implementována v pracovišti Navijárny rotorového vinutí, které je hlavním tématem této diplomové práce. Při používání optimalizovaného typu pájecích konstrukcí je nutné, aby byl rotor usazen na středu nosného stojanu, jelikož nový typ pájecích konstrukcí je připevněn vždy ke středu nosného stojanu a s konstrukcemi není možný pohyb do stran v případě vyosení rotoru. Pohyb do strany je možný jen se samotným pájecím ramenem, ale pouze v omezeném rozsahu (jednotky cm). Spoj dvou měděných vodičů je vždy v ose rotoru. Pokud nastal případ, kdy byl podvalek s rotorem nasunut na jedné straně nosného stojanu (viz obr. 25), nebylo možné zapájet spoj dvou měděných vodičů. Opatření proti tomuto stavu bylo realizováno zarážkami z obou stran nosného stojanu (viz obr. 26), které brání vyosení rotoru z osy pájecí konstrukce. Tato procesní změna patří do kategorie SZP neboli standardy a změny na pracovišti.



Obr. 25 Nevhodné vysunutí podvalku



Obr. 26 Opatření proti vyosení rotoru

Další ukázka metodiky Poka-yoke je z pracoviště Cívkárny při výrobě satorových tyčí. Dříve nebylo ihned zřejmé, jak daleko je nasunut počátek cívky (viz obr. 27) a muselo tak dojít k vizuální kontrole. Optimalizací bylo vytvoření dorazu (viz obr. 28), díky kterému dochází ke zdůraznění a rychlému zjištění počátku cívky. Typ zlepšení vytvořením dorazu patří do kategorie SZP.

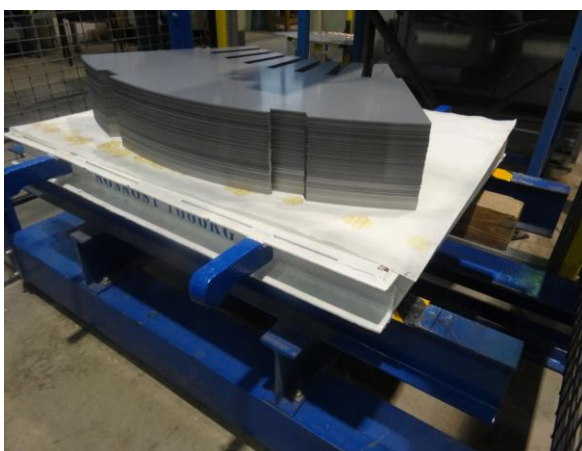


Obr. 27 Nesnadné zjištění počátku cívky



Obr. 28 Tvorba dorazu počátku cívky

Příklad metodiky Poka-yoke byl implementován také v pracovišti Lisovny. Bílé palety se satorovými plechy nebyly pokládány vždy přesně na střed železných profilů (viz obr. 29) a z tohoto důvodu nedocházelo k přesnému odebrání satorových plechů pomocí stroje vždy z jejich středu. Vytvořenými dorazy (viz obr. 30) je zajištěno, že jsou palety umístěny na středu nosných modrých konstrukcí a dochází k optimálnímu odběru satorových plechů z palety. Tento typ zlepšení je zařazen do kategorie SZP.



Obr. 29 Nevystředění pozice palety



Obr. 30 Paleta vystředěna dorazy

2 O společnosti BRUSH SEM s.r.o.

2.1 Představení společnosti

Společnost BRUSH SEM s.r.o. byla založena roku 2001 se sídlem v Plzni v České republice a je světovým výrobcem turbogenerátorů. V Plzni započala výroba generátorů již v roce 1924 pod značkou ŠKODA, na jejíž tradici navazuje společnost BRUSH SEM s.r.o. [20]



Obr. 31 Logo společnosti BRUSH SEM s.r.o. [21]

Podnik BRUSH SEM s.r.o. je součástí skupiny BRUSH Generators, která je největším nezávislým výrobcem turbogenerátorů na světě. Skupina BRUSH Generators je vlastnictvím anglické skupiny Melrose PLC. [21]

Výrobní závody společnosti BRUSH jsou v České republice v Plzni (BRUSH SEM s.r.o.), ve Velké Británii v Loughborough (BRUSH Electrical Machines Ltd.) a v Nizozemsku v Ridderkerku (BRUSH HMA n.v.). Plzeňská pobočka společnosti (viz obr. 32) o rozloze 95 000 m² zaměstnává aktuálně okolo 700 pracovníků. [20]



Obr. 32 Letecký pohled na společnost BRUSH SEM s.r.o. [20]

Výrobní prostory společnosti jsou tvořeny dvěma výrobními halami. V hale „Gigant“ (viz obr. 33) probíhá největší část výroby. Hala byla vybudována roku 1950 a má rozlohu 200 × 200 metrů. Tato hala je rozdělena na šest tzv. polí (viz příloha 1). Směr výroby generátoru je od pole č. 1 do pole č. 6., odkud je hlavní uličkou uprostřed haly exportován. V hale „Gigant“ je možný jeřábový převoz o nosnosti 210 tun. Menší Nová hala (viz obr. 34) byla postavena roku 1987 a rozkládá se na ploše 36 × 78 metrů. V této hale je možný jeřábový převoz s nosností až 400 tun.



Obr. 33 Hala „Gigant“ 3. pole



Obr. 34 Nová hala-Civkárna

V obou výrobních halách jsou pro zaměstnance zajištěny velmi dobré pracovní podmínky. Udržování firemní kultury, rekonstrukce výrobních hal a neustálá vysoká čistota na pracovištích vytváří příjemné prostředí pro práci a tím zvýšení motivace zaměstnanců do jejich pracovní činnosti. Čistota pracoviště a eliminace zdravotních rizik na minimum jsou důležitými parametry pro ocenění, která společnost BRUSH SEM s.r.o. získala v letech 2010, 2014 a 2015 v soutěži Zaměstnavatel regionu.

2.2 Historie firmy

V této kapitole 2.2 Historie firmy uvedu hlavní milníky a významné okamžiky společnosti BRUSH SEM s.r.o. od historie až do současnosti.

Název společnosti BRUSH pochází po vynálezci, který se jmenoval Charles Francis Brush a byl narozen roku 1849 ve státě Ohio ve Spojených státech amerických. Roku 1876 vynalezl Charles F. Brush první elektrické dynamo. Roku 1913 byl Brush oceněn vyznamenáním na zásluhy v oblasti elektrických věd a elektrotechniky „Edisonovou medailí“.

[22], [23]

První mechanické práce v Plzni začaly již v roce 1859 pod slavnými závody ŠKODA založenými Emilem Škodou. Jeho podnik patřil mezi největší Evropské průmyslové podniky dvacátého století. [20]



Obr. 35 Logo společnosti ŠKODA [24]

Roku 1924 byl v Plzni společností ŠKODA vyroben první vzduchem chlazený turbogenerátor o výkonu 17,5 MVA. Pod stejnou značkou byl roku 1959 vyroben první turbogenerátor chlazený vodíkem o výkonu 125 MVA pro elektrárnu Tisová. [20]

Roku 1966 byl vyroben první turbogenerátor, který byl chlazený vodíkem a vodou. Jeho výkon byl 235 MVA a zákazníkem byla elektrárna Ledvice. [20]

Dalším úspěšným datem pro společnost ŠKODA byl rok 1994, kdy byl vyroben turbogenerátor o výkonu 1 111 MVA pro jadernou elektrárnu Temelín. Celkově bylo pod značkou ŠKODA vyrobeno v Plzni více než 1600 turbogenerátorů a 250 hydrogenerátorů. [20]

Dne 13. 4. 2001 byla vytvořena společnost BRUSH SEM s.r.o. pod majitelem skupiny FKI PLC. Roku 2008 došlo ke změně na současného majitele skupinu Melrose PLC. Společnost BRUSH SEM s.r.o. navázala na úspěchy výroby generátorů v Plzni. [20]

Z posledních let bych rád vyzdvihl významný okamžik společnosti, kdy roku 2014 byl vyroben a transportován dosud největší vzduchem chlazený turbogenerátor o výkonu 231 MVA (196 MW) pro elektrárnu Termotasajero v Kolumbii. Generátor je v kolumbijské elektrárně poháněn parní turbínou. [20]

Roku 2015 společnost vyrobila turbogenerátor o výkonu 114 MW pro termální solární elektrárnu Atacama v Chile (viz obr. 36). Jde o instalaci do termální sluneční elektrárny v chilské poušti Atacama, která využívá deset tisíc obřích zrcadel k ohřevu tekutých solí ve

250 m vysoké centrální věži a parogenerátoru. Projekt elektrárny umožňuje uchování energie na dobu až 18 hodin a tím i celodenní nepřetržitý provoz. [20]



Obr. 36 Termální sluneční elektrárna Atacama v Chile [25]

Skupina BRUSH v roce 2016 oznámila významný milník ve výrobě elektrické energie – byl vyroben a dodán 400. generátor pro mobilní elektrárny s výkonem nad 25 MVA. Této události bylo dosaženo za necelých 16 let od uvedení do provozu prvního mobilního generátoru „Trailer“ v roce 2000. BRUSH má vedoucí postavení na trhu s mobilními generátory s výkonem nad 25 MVA. Společnost BRUSH SEM s.r.o. již zhotovila více než 950 strojů, které vyrábějí elektrickou energii po celém světě. [20]

V roce 2016 došlo pro společnost BRUSH SEM s.r.o. k další mediálně významné události – výrobě a následnému leteckému transportu turbogenerátoru přes celý svět do Austrálie pro provoz dolu Worsley. Generátor vážící 117 tun o výkonu 58 MW byl přepravován největším nákladním letadlem na světě Antonov An-225 „Mrija“ (viz obr. 37). [20]



Obr. 37 Letoun Antonov An-225 [26]



Obr. 38 Generátor DAX 8 na tahači [26]

Generátor nyní slouží jako náhrada za totožný generátor, který byl poškozen únikem vody v hliníkovém dole Worsley Alumina. Stroj poskytuje energii potřebnou pro pohon vrtacích souprav, čerpadel a ostatních zařízení nezbytných pro provoz dolu. [20]

Za účelem minimalizace výpadku energie se společnosti BRUSH SEM s.r.o. podařilo vyrobit generátor za pouhých 17 týdnů, což byla doba o 3 týdny kratší, než uvedená dodací lhůta ve smlouvě. Během letu z Prahy do australského Perthu, dlouhého 13 817 km, natankoval nákladní letoun Antonov celkem třikrát. Mezipřistání proběhlo v Turkmenistánu, Indii a Indonésii (viz obr. 39). Cestu dokončil za 43 hodin. Doprava po moři by časově vyšla na 6 – 7 týdnů. [20]



Obr. 39 Letecká přeprava generátoru do Perthu v Austrálii [20]

2.3 Trvalé zlepšování procesů

Společnost se také zaměřuje na zlepšování svých procesů. Již v roce 2004 bylo ve společnosti BRUSH SEM s.r.o. založeno oddělení Trvalého zlepšování procesů. Oddělení bylo tvořeno dvěma pracovníky. Nyní je tým Trvalého zlepšování složen ze čtyř pracovníků.

Činnost oddělení je mapování jednotlivých pracovišť a zavádění metodik štíhlé výroby do provozu. Jedná se konkrétně o japonské metodiky: Kaizen, 5S, PDCA, Kanban,

Poka-yoke, TPM, Zoning a další. Cílem implementace metodik je snížení nákladů, zvýšení efektivity práce, odstranění plýtvání, snížení zmetkovitosti a zlepšení ergonomie pracoviště. Oddělení se také zaměřuje na motivaci zaměstnanců a zlepšení pracovního prostředí.

Od dubna roku 2013 jsou evidována zlepšení do tzv. „Souboru zlepšení“. Každá vytvořená akce obsahuje: název, autora, realizátora, místo, foto („před“, „po“) a přínos. Za rok je vytvořeno přibližně 1000 změn. Ke konci roku 2016 bylo vykonáno 3792 zlepšení.

Roku 2014 byla kancelář oddělení Trvalého zlepšování procesů přestěhována do výrobního provozu 5. pole haly „Gigant“. Přesun oddělení do provozu (viz obr. 40) přinesl větší spojení a kontakt Trvalého zlepšování s výrobou, čímž byla zvýšena efektivita práce.



Obr. 40 Kancelář oddělení Trvalého zlepšování



Obr. 41 Pravidla Layoutu – nátěr na podlaze

Na obr. 41 je zobrazena ukázka práce oddělení Trvalého zlepšování procesů. Jedná se o nátěr „Zásad tvorby layoutu“, neboli Zoningu na podlahu před prostory kanceláře Trvalého zlepšování. Cílem je zvýšení povědomí o Zoningu mezi zaměstnance a jeho respektování.

2.4 Úspěchy a vize

Společnost BRUSH SEM s.r.o. se zapojila do projektu „Zelená firma“. Touto aktivitou a závazkem umožňuje zaměstnancům zbavit se ekologickým způsobem vysloužilých drobných elektrospotřebičů a baterií, čímž výrazně přispívá k ochraně životního prostředí. [20]



JSME ZELENÁ FIRMA

Obr. 42 Logo projektu „Zelená firma“ [20]

Cílem projektu „Zelená firma“ je ochrana životního prostředí zabezpečením zpětného odběru a recyklace nebezpečných odpadů. Elektrospotřebiče obsahují ekologicky závadné látky, jako je rtuť, olovo, kadmium a také velké množství recyklovatelných využitelných materiálů. Vysloužilé elektrospotřebiče z domácností mohou zaměstnanci společnosti odkládat do boxu, který je umístěn na vrátnici. Projekt „Zelená firma“ společnosti BRUSH SEM s.r.o. dále umožňuje recyklaci objemného firemního elektroodpadu. Zapojením se do projektu „Zelená firma“ společnost dokazuje ekologické myšlení, a to jak směrem k zaměstnancům, tak i směrem k veřejnosti. Jedná se o další krok k dlouhodobému cíli – snížit zatížení životního prostředí. Iniciátorem projektu „Zelená firma“ je společnost REMA Systém a.s. zajišťující organizaci sběru, třídění, recyklaci a nakládání s nebezpečným elektroodpadem v celé České republice. [20]

Ve společnosti je zaveden Integrovaný systém řízení, který spojuje požadavky na kvalitu, environment a bezpečnost práce v souladu s mezinárodními normami ISO 9001:2008, ISO 14001:2004 a OHSAS 18001:2007. [20]

Společnost získala v roce 2010 významné ocenění: „Národní cena kvality“ udělované Radou kvality České republiky, která je vrcholným poradním a koordinačním orgánem vlády České republiky, zaměřeným na rozvoj managementu. Program je založen na důsledném ověřování efektivnosti a kvality všech činností organizace a na jejich hodnocení, zejména z pohledu uspokojování požadavků zákazníka a ekonomické úspěšnosti. Ocenění „Národní cenou kvality“ je pro společnost také závazkem do budoucna. [20]

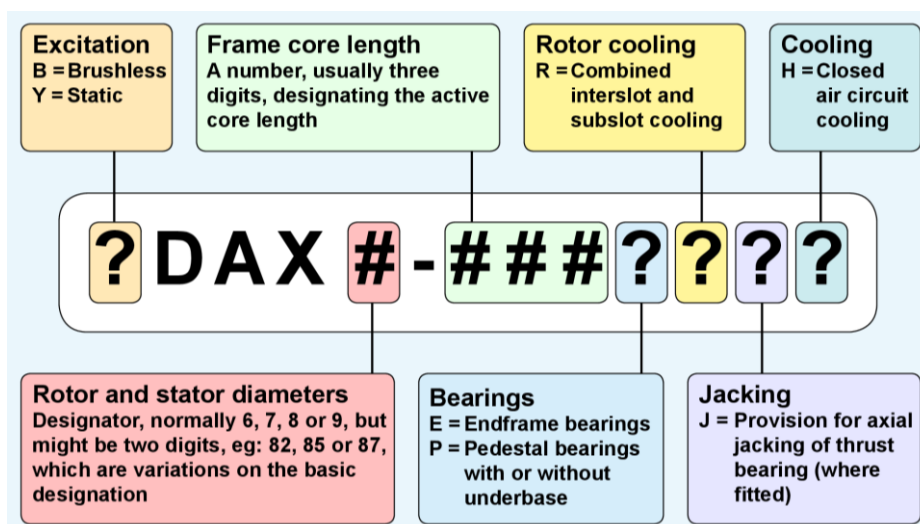
Společnost BRUSH SEM s.r.o. se umístila roku 2013 na druhém místě v Plzeňském kraji v prestižním ekonomickém žebříčku: „Štíky českého byznysu“ a získala tak certifikát, který je oceněním pro podniky s dobrými výsledky hospodaření a dobrou úrovní likvidity. [20]

V žebříčku CZECH TOP 100 získala společnost ocenění CZECH Stability Award 2014, kde dosáhla nejvyššího stupně stability. Tento stupeň znamená, že společnost BRUSH SEM s.r.o. je stabilní společností s vysokou pravděpodobností plnění závazků a návratností investic. Řadí se tak pouze mezi 0,09 % nejkvalitnějších společností. [20]

2.5 Produktové portfolio

Společnost BRUSH SEM s.r.o. se specializuje na výrobu vzduchem chlazených turbogenerátorů. Turbogenerátor je elektrické zařízení, které z kinetické energie vyrábí energii elektrickou. Kinetická energie vzniká pohybem turbíny. Turbogenerátory jsou hojně využívány v elektrárnách a teplárnách, kde je turbína roztáčena párou a to až na 3000 otáček za minutu při frekvenci 50 Hz nebo 3600 otáček za minutu při frekvenci 60 Hz.

Společnost BRUSH SEM s.r.o. vyrábí turbogenerátory typu DAX a to v několika řadách. Řady jsou označeny čísly: 6, 7, 8, 9 nebo 10. Každá řada je rozdělena na několik variant, které se od sebe vzájemně liší. Například řada DAX 8 je také vyráběna ve variantách DAX 82, DAX 85 nebo DAX 87. Každá varianta generátoru má své specifické označení, které je blíže vysvětleno na obr. 43. Nejčastěji vyráběné generátory požadované zákazníky jsou typu DAX 62 (viz obr. 44) a DAX 7 (viz obr. 45). [20]



Obr. 43 Označení turbogenerátoru typu DAX [20]



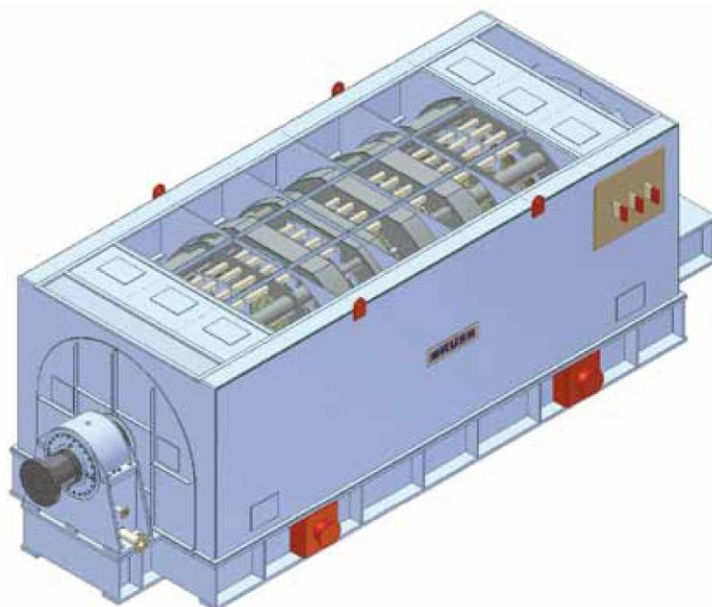
Obr. 44 Generátor DAX 62



Obr. 45 Generátor DAX 7

Řady generátorů DAX 6 a DAX 7 mají výkon 30 až 100 MVA. Pracují na frekvenci 50 i 60 Hz, aby bylo možné využívat stroj i ve státech, kde má síť frekvenci 60 Hz (například Spojené státy americké). Napětí generátorů je od 6,3 kV do 13,8 kV. Tyto turbogenerátory jsou využívány pro aplikace, jako jsou námořní lodě, průmysl, rafinérie (včetně ropných plošin), spalovny a plynové elektrárny. [20]

Vyšší řady turbogenerátorů, kterými jsou DAX 8, DAX 9 a DAX 10 mají výkon 80 až 300 MVA. Pracují také na frekvenci 50 i 60 Hz. Napětí generátorů je od 10,5 kV do 19 kV. Tyto turbogenerátory se využívají v plynových, tepelných, geotermálních a termálních solárních elektrárnách. Zatím nejvyšší výkonovou řadou vzduchem chlazených generátorů BRUSH je řada DAX 10 (viz obr. 46). Tato řada generátoru je vyráběna výjimečně. [20]



Obr. 46 Generátor DAX 10 [20]

Společnost BRUSH SEM s.r.o. je vývojovým a technologickým centrem turbogenerátorů velkých výkonů. Pro dosažení výkonů 250 až 1300 MVA nabízí společnost turbogenerátory chlazené vodíkem a turbogenerátory chlazené vodíkem a vodou. Mohou být využívány při frekvencích 50 i 60 Hz. Jejich napětí je 15 až 24 kV. Turbogenerátory se uplatňují v tepelných a jaderných elektrárnách. [20]

Společnost poskytuje mimo výroby také kompletní servis turbogenerátorů BRUSH včetně generátorů vyrobených v plzeňském závodě pod značkou ŠKODA. Servis společnost provádí i pro generátory dalších světových výrobců. [20]

Nejmenším a nejlehčím vyráběným generátorem společnosti BRUSH SEM s.r.o. je typ DAX 62 (viz obr. 44). Hmotnost generátoru je 39,5 tuny. Generátor je 2200 mm vysoký, 2706 mm široký a 5806 mm dlouhý. Pracuje o výkonu 35 MW. Naopak největším vyráběným generátorem je výše zmiňovaný turbogenerátor typu DAX 10 (viz obr. 46). Jeho hmotnost je oproti nejlehčí variantě téměř sedminásobná. Generátor váží 271 tun a je 3500 mm vysoký, 4300 mm široký a 11280 mm dlouhý. Výkon generátoru je více než sedmkrát větší, než varianty DAX 62 a to rovných 250 MW. Společnost BRUSH SEM s.r.o. je tedy schopna pokrýt velmi široký rozsah generovaného výkonu a uspokojit tak široké spektrum zákazníků. [20]

Vyrobené generátory společnosti BRUSH SEM s.r.o. se nachází po celém světě, konkrétně například v zemích: Německo, Švédsko, Slovensko, Nová Kaledonie, Spojené státy americké, Spojené arabské emiráty, Japonsko, Irák, Kanada, Ghana, Austrálie, Kolumbie, Saudská Arábie a další země.

Mezi největší odběratele společnosti BRUSH SEM s.r.o. patří z České republiky podniky ČEZ nebo Doosan Škoda Power. Hlavními zákazníky ze zahraničí jsou společnosti General Electric, Siemens, Mitsubishi, Rolls-Royce a Pratt & Whitney.

Pro pohon zaoceánského parníku (viz obr. 47) byl firmou BRUSH vyroben generátor v roce 2003. Loď Queen Mary je osazena generátorem řady DAX 7 s výkonem 30 kVA. [21]



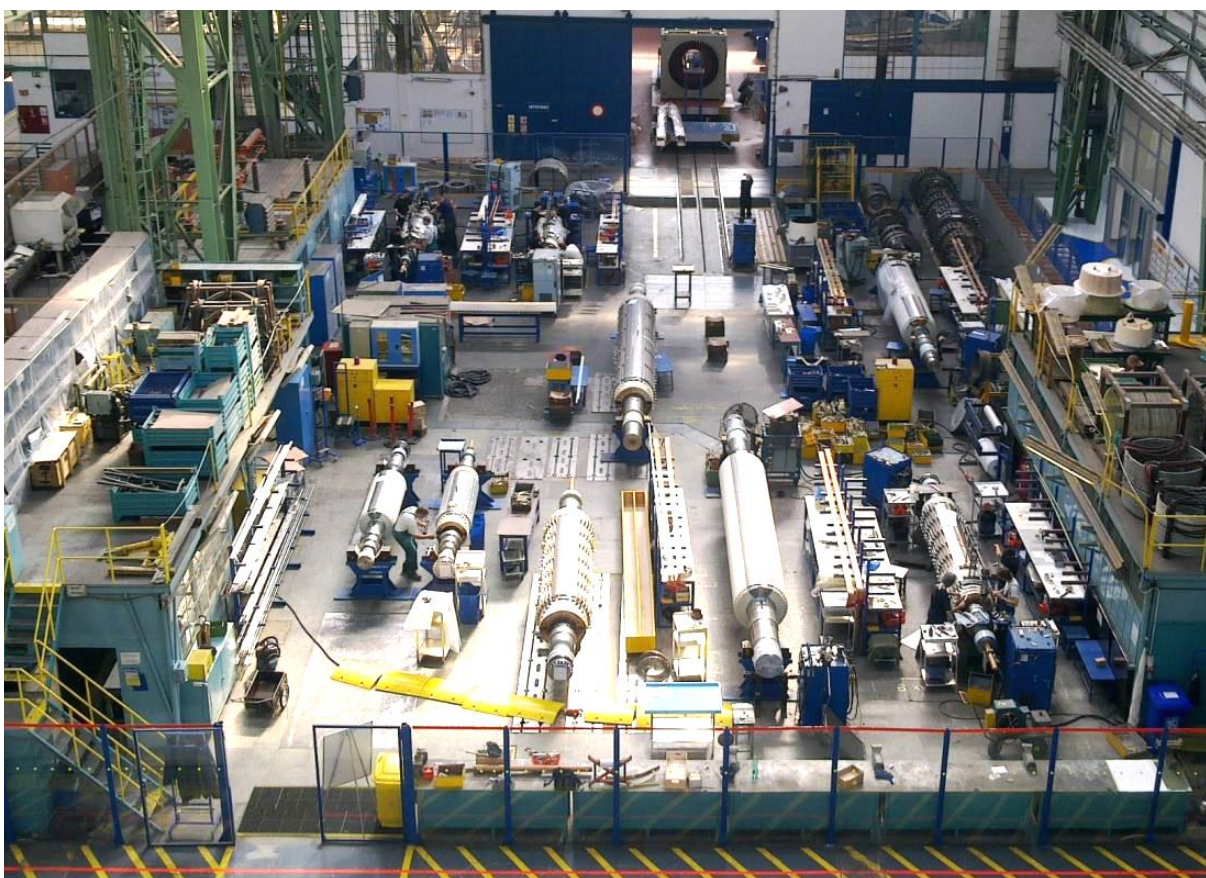
Obr. 47 Zaoceánský parník Queen Mary [21]

3 Současný stav

Pro zpracování diplomové práce bylo manažerem oddělení Trvalého zlepšování nabídnuto několik pracovišť. Zvolil jsem pracoviště Navijárny rotorového vinutí z důvodu velmi zajímavého procesu svařování vodičů a vstříčné spolupráce se zaměstnanci. V této kapitole bude zmapován současný stav a v kapitole 4 budou aplikovány optimalizační metodiky.

3.1 Pracoviště Navíjení rotorového vinutí

Pracoviště Navíjení rotorového vinutí (viz obr. 48) má rozlohu 23×33 metrů a nachází se v 6. poli výrobní haly „Gigant“ (viz příloha 1). Jde o poslední pole budovy, kde probíhají finální práce na rotoru. Mezi závěrečné práce patří navíjení rotoru měděnými cívkami a jejich odporové svařování. Tomuto pracovnímu postupu bude věnována kapitola 3.2.2.



Obr. 48 Pracoviště Navíjení rotorového vinutí

Pracoviště Navíjení rotorového vinutí pracuje v třisměnném provozu. Ranní směna od 6:00 do 14:00, odpolední směna od 14:00 do 22:00 a noční směna od 22:00 do 6:00. Výroba v

pracovišti probíhá standardně pouze v pracovní dny. Provoz je flexibilní a v případě většího počtu zakázek jsou možné i víkendové směny.

V pracovišti je ke konci roku 2016 zaměstnáno 30 pracovníků, kteří mají na starosti pájení rotorového vinutí. Jejich počet v konkrétní směně je závislý na množství práce dané počtem zakázek. Dohled nad pracovníky má pomocný mistr, tzv. parták, který se pohybuje na pracovišti. Zaměstnanec na pozici partáka přiděluje pracovníkům práci, koordinuje jejich činnost a je pracovníkům k dispozici pro zajištění plynulého chodu pracoviště. Parták je přítomen vždy na ranní směně, stejně jako mistr Navijárny rotorového vinutí, který je zodpovědný za chod pracoviště. Vedení má na starosti manažer pracoviště Navijárny rotorů. O technologické návrhy, konstrukce a výkresy rotorů se stará konstruktér pracoviště.

Pracovní úkony Navijárny rotorů se rozdělují na čtyři hlavní operace: přípravné činnosti, navíjení, dokončovací činnosti a jeřábovou přepravu. Pracovní úkon navíjení rotorů měděnými cívkami je z výše vyjmenovaných operací časově nejnáročnější. Touto operací je tvořena převážná část pracovní směny. V Navijárně rotorů jsou aktuálně k dispozici čtyři pracoviště, kde probíhá navíjení. Na každém pracovišti je navíjen jeden rotor. Na obou koncích rotoru (na straně budicího přívodu i na straně turbíny) pracuje společně dvojice pracovníků. Navíječi stojí na pracovišti naproti sobě a provádí montáž a pájení rotorových cívek (viz obr. 49). Celkem tedy rotor navíjí současně čtyři pracovníci. Navíječi rotorového vinutí jsou vybaveni pracovními kalhotami, tričkem s logem společnosti, firemní mikinou, botami s kovovou špičkou, bezpečnostními ochrannými brýlemi a pracovními rukavicemi. Na obr. 50 je z horního pohledu zobrazené navíjecí pracoviště s rotorem.

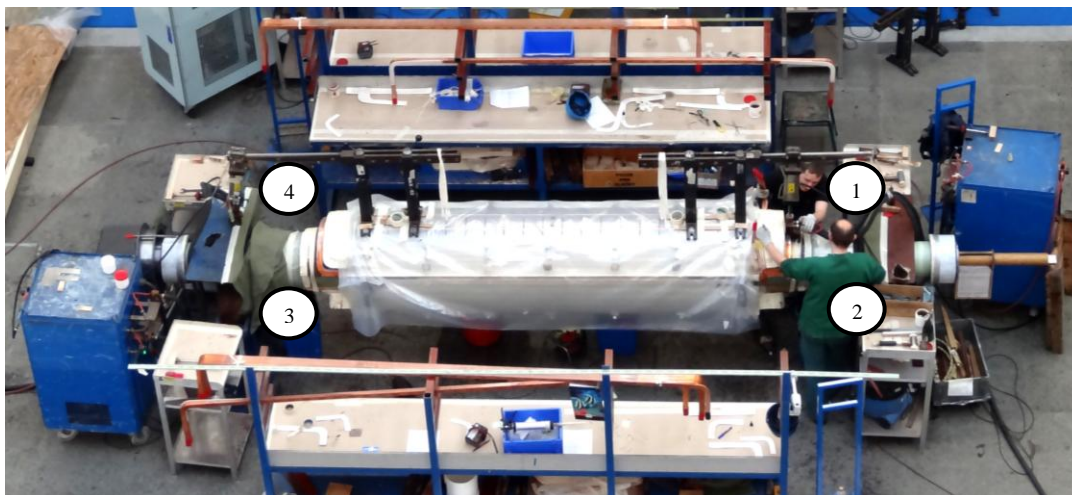


Obr. 49 Dvojice pracovníků Navíjení rotorů



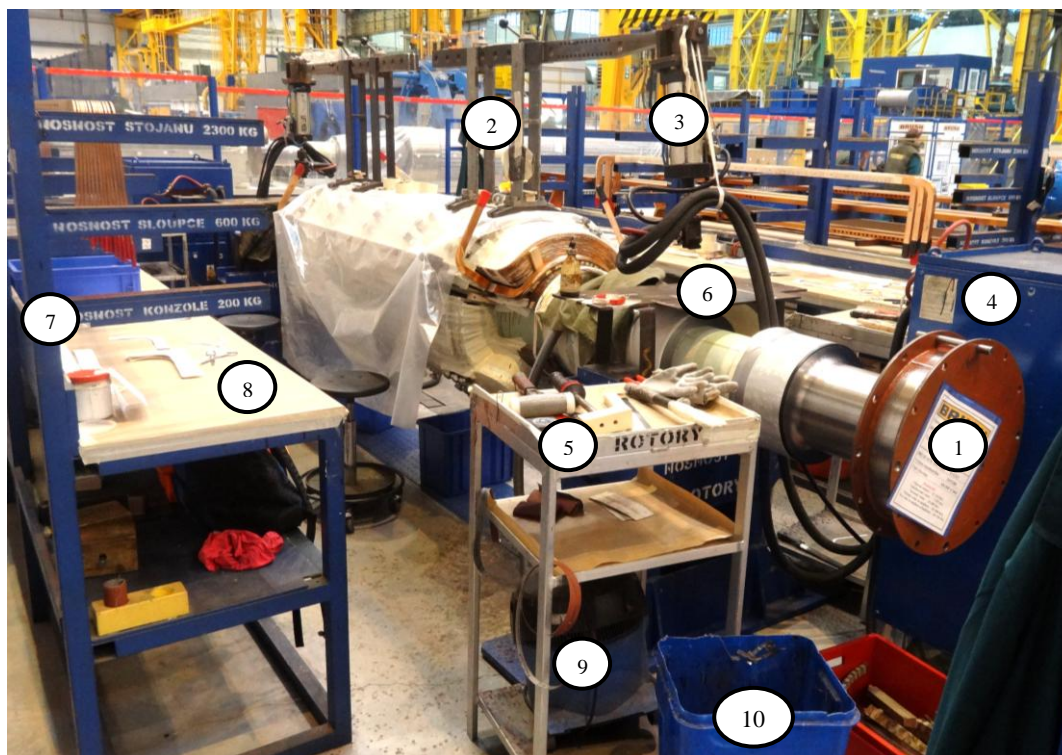
Obr. 50 Pracoviště Navíjení rotorů

Na obr. 51 je znázorněno pracoviště navíjení rotorového vinutí s očíslovanými pracovními pozicemi číslicemi 1 – 4. Svářecí zařízení je na pozicích č. 1 a č. 3. Každý z pracovníků má na starosti jeden cívkový svazek dané strany rotoru. Vodiče ze svazků jsou následně ohýbány k sobě a pájením vodičů spojeny. Podrobný popis jednotlivých pracovních operací bude vysvětlen v kapitole 3.2.2 Pracovní úkony Navíjárny rotorového vinutí.



Obr. 51 Schéma pracoviště navíjení s očíslovanými pracovními místy

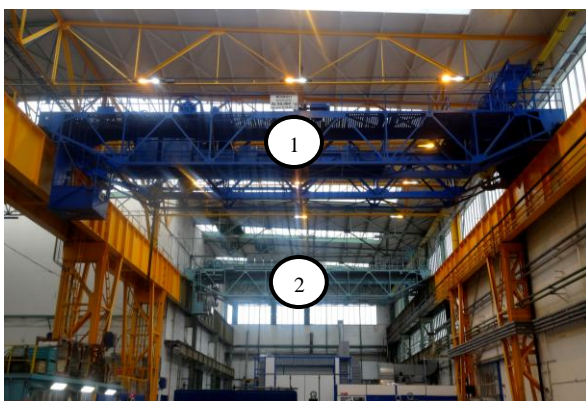
Na obr. 52 je zobrazené pracovní místo navíjení osazené rotorem (1), pájecí konstrukcí (2), pístem (3), svářecím zařízením (4), odkládacím stolem (5), odkládací plochou na rotoru (6), regálem na cívkové svazky (7), stolem (8), vysavačem (9) a odpadkovým košem (10).



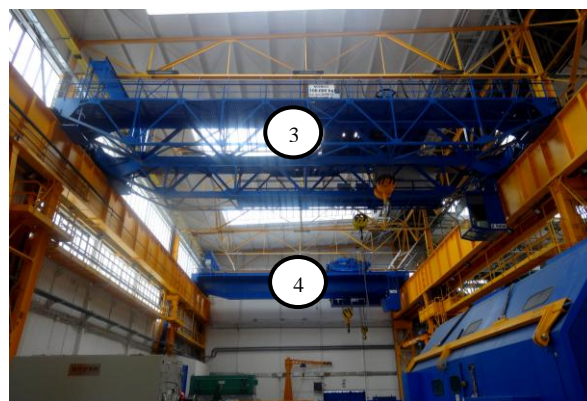
Obr. 52 Pracovní místo navíjení číslo 4

Vykonávaná činnost navíjení vyžaduje určitou úroveň kvalifikace. Jelikož je úroveň kvalifikace jednotlivých pracovníků rozdílná, je každé pracoviště osazeno pracovníky navíjení tak, aby bylo z hlediska kvalifikace vyvážené. Každý typ navíjeného rotoru vyžaduje znalosti určitých technických parametrů. Proto je od pracovníků také vyžadována znalost výkresové dokumentace.

Jeřábová přeprava je v celém 6. poli zajištěna čtyřmi jeřáby (viz obr. 53 a obr. 54). V Navijárně rotorů je možné využití tří jeřábů s nosnostmi 2x 50 tun (1), 50 tun (2) a 100 tun (3). Jeřáby s nosnostmi 2x 50 tun a 50 tun jsou ovládány obsluhou ze země pomocí dálkového ovládání. Jeřáb o nosnosti 100 tun je ovládán obsluhou z kabiny jeřábu. Jeřáb o nosnosti 130 tun (4) je využíván pro montáž v 6. poli.



Obr. 53 Jeřáby s nosností 2x 50 tun a 50 tun



Obr. 54 Jeřáby s nosností 100 tun a 130 tun

Pro možnost využití jeřábového převozu musí být pracovníci řádně proškoleni, vybaveni bezpečnostními prvky a musí mít složeny jeřábnické a vazačské zkoušky. Pracovník ovládající jeřáb nosí pro rychlou identifikaci oranžovou helmu. Pracovníci asistující obsluze, která ovládá jeřáb, nosí modrou helmu. Při převozu těžkého břemene jeřábem je nutné opustit prostor jeřábové trasy všemi pracovníky, které se v trase pohybují.

3.2 Popis pracovních úkonů

Následující kapitoly budou věnovány popisu pracovních operací při výrobě elektrického generátoru (viz kapitola 3.2.1) a rozboru veškerých pracovních úkonů prováděných na rotoru v pracovišti Navijárny rotorového vinutí (viz kapitola 3.2.2).

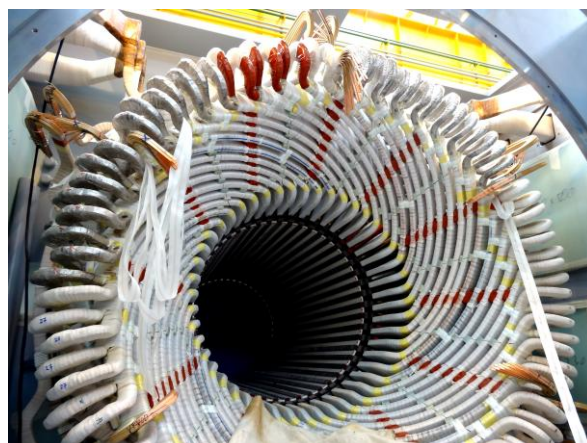
3.2.1 Výroba elektrických generátorů

Výroba elektrických generátorů je rozdělena na tři základní prvky, jejichž zhotovení probíhá paralelně. Generátor se skládá ze: statoru, rotoru a štítu. Následující odstavce jsou zaměřeny na popis výrobních kroků jednotlivých částí elektrického generátoru.

Výroba **statoru** začíná svařením kostry statoru (viz obr. 55) ve svařovně. Dále je kostra statoru obrobena. Poté je do statoru složen magnetický obvod ze statorových plechů, které jsou vyraženy v Lisovně. Plechy jsou skládány ve vrstvách, mezi kterými jsou ventilační vložky. Po výrobě statorových měděných tyčí z Cívkárny jsou tyče vloženy do složených plechů magnetického obvodu. Statorové tyče jsou následně navinuty (viz obr. 56) a zapájeny. Následuje impregnace statoru, která je posledním krokem před hlavní montáží s hotovým rotorem a štítem.



Obr. 55 Svařená kostra statoru



Obr. 56 Navinuté statorové tyče ve statoru

Prvním krokem výroby **rotoru** je obrobení výkovku rotoru, který je do podniku dodán externě jako polotovar (viz obr. 57). Otvor z čela rotoru slouží pro instalaci budicího přívodu. V Obrobně jsou vytvořeny drážky pro vkládání rotorových cívek a 16 závitů M20 pro uchycení pájecích konstrukcí na čtyři různá místa na rotoru. Následuje převoz rotoru do předmontáže na odgrotování (neboli odbřítování - zbavení otřepů) a do Truhlárny, kde jsou na rotor nalepeny izolační hřebeny. Poté je rotor přepraven do pracoviště Navíjení rotorového vinutí. Zde je rotor navinut měděnými rotorovými cívkami, které jsou následně odporovou metodou svařeny a zaizolovány (viz obr. 58). Cívky jsou do Navijárny rotorů dodány z pracoviště Měďárny. Podrobnějšímu popisu navíjení rotorového vinutí je věnována kapitola 3.2.2 Pracovní úkony Navijárny rotorového vinutí.

Po navinutí je rotor převezzen do vyvažovacího tunelu, která je jednou z posledních operací na samotném rotoru.

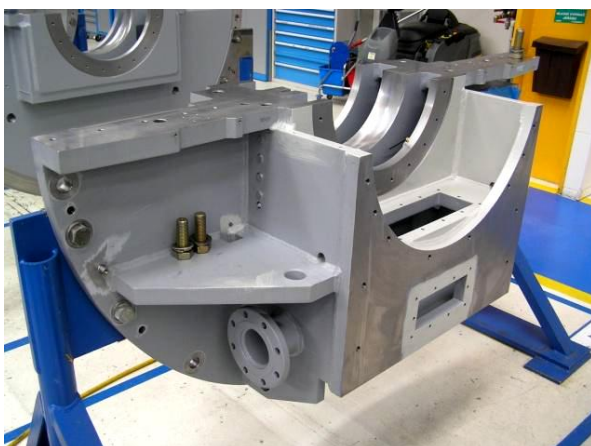


Obr. 57 Výkovek rotoru



Obr. 58 Zaizolované rotorové vinutí

Výrobní proces **štítu** (viz obr. 59) začíná jeho svařením z výpalků v pracovišti Malé svařovny. Následuje obrobení štítu a převoz do montáže, kde je v pracovišti tlakování štítů (viz obr. 60) prováděna tlaková zkouška pevnosti svárů. Poté je ve stejném pracovišti provedena montáž ložisek pro uložení rotoru. Štít dále pokračuje do hlavní montáže pro spojení s hotovým rotorem a statorem.



Obr. 59 Štít generátoru-vnitřní strana



Obr. 60 Pracoviště tlakování štítů

V hlavní montáži následně dochází ke složení statoru, rotoru a štítu a tím je zhotoven samotný elektrický generátor (viz obr. 61). Generátor je poté zkoušen pro ověření požadovaných vlastností. Následuje nalakování generátoru a finální montáž, která zahrnuje instalaci kabeláže, svorkovnic a štítků. Hotový generátor je poté zabalen a připraven k expedici (viz obr. 62).

Výrobní proces elektrických generátorů je velmi složitý. Zhotovení jednoho kusu generátoru trvá dobu tři až šest měsíců.



Obr. 61 Elektrický generátor



Obr. 62 Generátor k expedici

Následující kapitola 3.2.2 je věnována podrobnému popisu pracovních operací na rotoru v Navijárně rotorového vinutí.

3.2.2 Pracovní úkony Navijárny rotorového vinutí

V následujících odstavcích budou popsány operace, které jsou na rotoru prováděny od jeho vstupu na pracoviště Navíjení až po jeho výstup z pracoviště. Kromě přepravy jsou veškeré činnosti vykonávány manuálně.

Přeprava rotoru do pracoviště Navíjení rotorového vinutí je pomocí vozů jedoucích po kolejích (viz obr. 63) hlavní uličkou haly. V prostorách před pracovištěm Navijárny rotorů je rotor navázán na lana jeřábu a přepraven z vozu do pracoviště jeřábově (viz obr. 64).



Obr. 63 Kolejový převoz rotoru do pracoviště



Obr. 64 Jeřábový převoz rotoru do pracoviště

Do pracoviště Navíjení rotorového vinutí je převezen výkovek rotoru (viz obr. 65), který má z Obrobny již vytvořené drážky pro vkládání rotorových cívek a závity pro uchycení pájecích konstrukcí. Rotor je umístěn do stojanu v prostoru pro přípravné činnosti. Přípravné činnosti zahrnují veškeré operace, které se na rotoru provádí před začátkem vlastního navíjení měděnými cívkami. Jedná se například o obalení čepů proti poškození; připevnění bubnu okolo spojky rotoru pro jeho natáčení; napuštění filců olejem pro snazší natáčení rotoru (filc podkládá rotor na podvalku); nastříhání plíšků stříbra a izolačních pásek; příprava slídy.

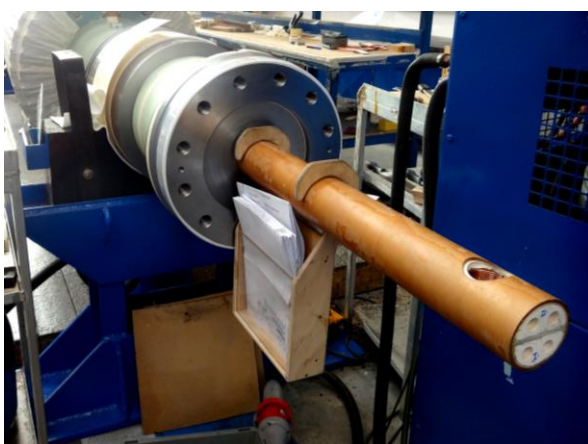


Obr. 65 Obrobený výkovek rotoru



Obr. 66 Zakrytí drážek lepicí páskou

Po dokončení přípravných činností je rotor jeřábově přepraven na jedno ze čtyř navíjecích stanovišť. Obrobené drážky rotoru pro vkládání rotorových cívek jsou následně zakryty lepicí páskou proti vniku nečistot (viz obr. 66). Dalším úkonem po uložení rotoru do navíjecího stanoviště je připojení budicího přívodu rotoru (viz obr. 67), který je vyrobený v pracovišti Měďárny. Vstupy do pracoviště Navíjení rotorů jsou také výztuhy čel vyrobené v Truhlárně, klíny, obrobené obruče a nakupovaný izolační materiál.



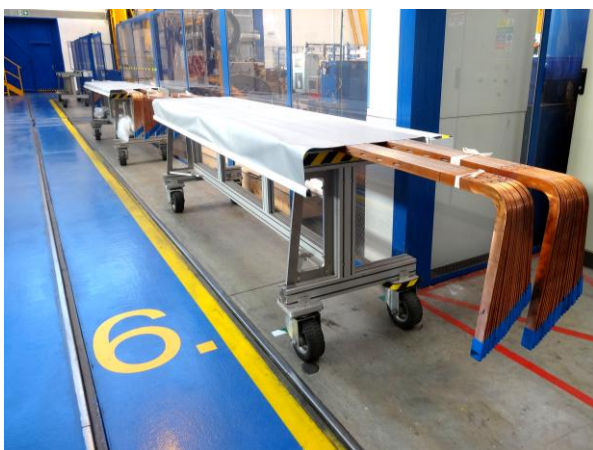
Obr. 67 Budicí přívod rotoru



Obr. 68 C-cívky v Měďárně

Důležitým hlavním vstupem pro pracovní úkon samotného navíjení rotoru jsou měděné C-cívky, které jsou na pracoviště Navíjení rotorů dodávány z Měďárny (viz obr. 68).

V Měďárně dochází k broušení měděných vodičů a seříznutí obou jejich konců neboli čel pod úhlem 14° , aby bylo možné navíjení na rotor a pájení s vysokou přesností. Seříznutí čel vodičů je nutné s přesností ± 1 mm. Na konce vodičů jsou nasazeny modré bezpečnostní gumové kryty (viz obr. 68). Konce cívek jsou po seříznutí velmi ostré a mohlo by dojít k pracovnímu úrazu.



Obr. 69 Dopravník pro měděné cívky



Obr. 70 Převoz cívek na stanoviště navíjení

Měděné vodiče jsou v pracovišti Měďárny po svazcích jeřábově přesunuty na připravené dopravníky na kolečkách (viz obr. 69), kterými jsou dopraveny před pracoviště Navíjení rotorového vinutí. Poté jsou cívkové svazky vodičů z dopravníků jeřábově převezeny do stojanů na konkrétní navíjecí stanoviště k již připravenému rotoru, který bude navíjen. Jeřábový převoz svazku C-cívek na stanoviště navíjení rotoru je zobrazen na obr. 70.



Obr. 71 Stojan na pracovišti pro měděné cívky

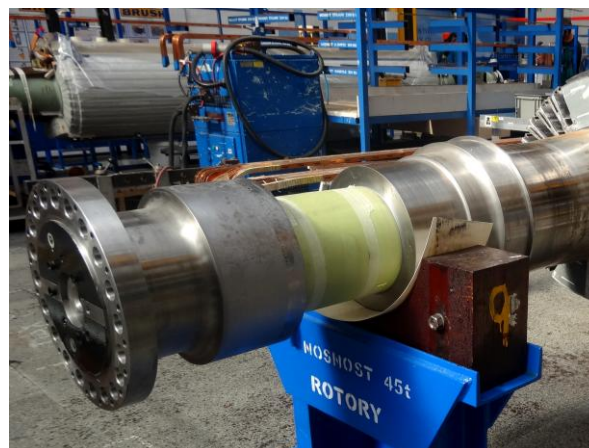


Obr. 72 Pájecí konstrukce s pístem

Po naskladnění potřebného počtu cívek do stojanu na navíjecí stanoviště (viz obr. 71) je provedena montáž pájecích konstrukcí na rotor. Pájecí konstrukce s pístem (viz obr. 72) je montována a demontována za použití jeřábu. Konstrukce je do těla rotoru zajištěna (viz obr. 73) pomocí čtyř závitů vrtaných do rotoru v pracovišti Obrobny.



Obr. 73 Pájecí konstrukce uchycená k rotoru



Obr. 74 Strana turbíny rotoru

Pájení měděných spojů probíhá na straně budicího přívodu (viz obr. 67) i na straně turbíny (viz obr. 74). Každá strana rotoru (budicího přívodu i turbíny) má dva protilehlé póly, které jsou navíjeny vinutím. Spoje jsou pájeny na 1. pólu strany budicího přívodu, na 1. pólu strany turbíny, na 2. pólu strany budicího přívodu a na 2. pólu strany turbíny. Celkem jsou tedy spoje na rotoru svařovány na čtyřech různých místech (viz obr. 75).



Obr. 75 Boční pohled na rotor s namontovanými pájecími konstrukcemi

Na obr. 75 je zobrazen rotor s popisem stran a pólů. Římskými číslicemi I – IV jsou označena všechna místa pro uchycení pájecích konstrukcí tak, aby mohl být navinutý celý rotor.

Na obr. 75 je pájen 1. pól strany budicího přívodu (pozice č. I) a současně 1. pól strany turbíny (pozice č. II). Pro pájení 2. pólu strany budicího přívodu (pozice č. III) a 2. pólu strany turbíny (pozice č. IV) je nutné pájecí konstrukce z rotoru demontovat a rotor za pomoci jeřábu natočit o 180° ve své ose. Pro natočení rotoru jsou lana jeřábu k rotoru uchycena na straně turbíny. Lana jsou obtočena po obvodu bubnu rotoru a zajištěna kolíkem v jednom ze čtyř otvorů v bubnu sloužících pro natáčení rotoru (viz obr. 76 a obr. 77). Následným zdvihem na ovládání jeřábu je rotor natáčen ve své ose. Poté jsou pájecí konstrukce na rotor zpět namontovány a je pájen 2. pól strany budicího přívodu (pozice č. III) a současně 2. pól strany turbíny (pozice č. IV).



Obr. 76 Natáčení rotoru

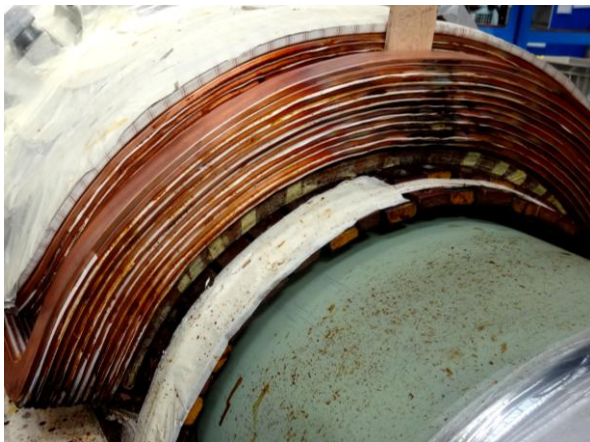


Obr. 77 Buben rotoru

Rotory jsou z hlediska navíjení rozděleny podle počtu cívek, které je nutné zapájet. Jedna cívka je dle typu rotoru tvořena 13 – 24 svařenými závity měděných vodičů nad sebou (viz obr. 78). Dělení rotorů je na šesti cívkové a sedmi cívkové. Mezi rotory, které mají šest cívek, patří rotory generátorů řady DAX 6; 7; 8. Rotory, které mají sedm cívek pro navíjení, jsou rotory generátorů řady DAX 9.

Každý pól strany budicího přívodu i strany turbíny je tedy nutné navinout šesti nebo případně sedmi cívkami. Cívka č. 1 je nejbližší tělu rotoru a cívka č. 6 (případně č. 7) je nejdále od těla rotoru. Navíjení začíná vždy od 1. vodiče cívky č. 1 a končí posledním vodičem cívky č. 6 (případně č. 7). Pájí se k sobě vždy dvě cívky, každá z jednoho cívkového

svazku. Takto spojené cívky na obou koncích rotoru tvoří jeden závit vinutí. Rotor navinutý šesti cívkami je zobrazen na obr. 79.



Obr. 78 Zapájené závity rotoru

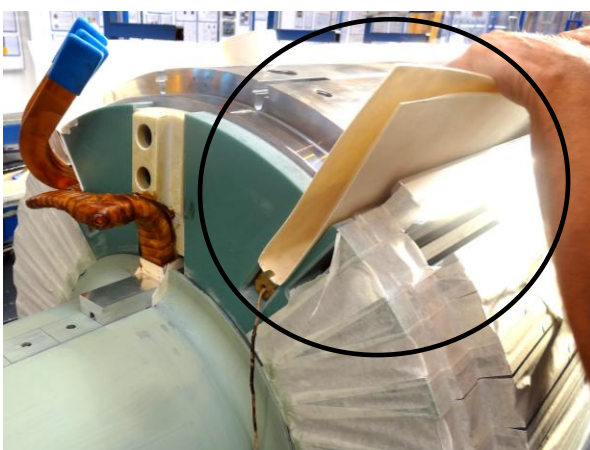


Obr. 79 Navinutý rotor o 6 cívkách

Výše uvedený cyklus – demontáže pájecích konstrukcí – natočení rotoru o 180° – montáže pájecích konstrukcí, je prováděn po každé dvojici zapájených cívek daného pólu rotoru. Důvodem střídání pájení vodičů 1. a 2. pólu (natáčení rotoru o 180°) po dvou zapájených cívkách je vyvážení hmotnosti mezi 1. a 2. pólem. Pokud by byly měděnými vodiči navíjeny nejprve oba celé 1. póly rotoru (budícího přívodu a turbíny), získaly by 1. póly rotoru vysokou hmotnost oproti nenavínutým prázdným 2. pólům rotoru (budícího přívodu a turbíny). Následně by mohlo dojít k překlopení rotoru a vzniku pracovního úrazu z důvodu nevyvážení hmotností mezi 1. a 2. pólem rotoru.



Obr. 80 Zkoušení vodičů proti zkratu



Obr. 81 Vložení izolačního korýtka

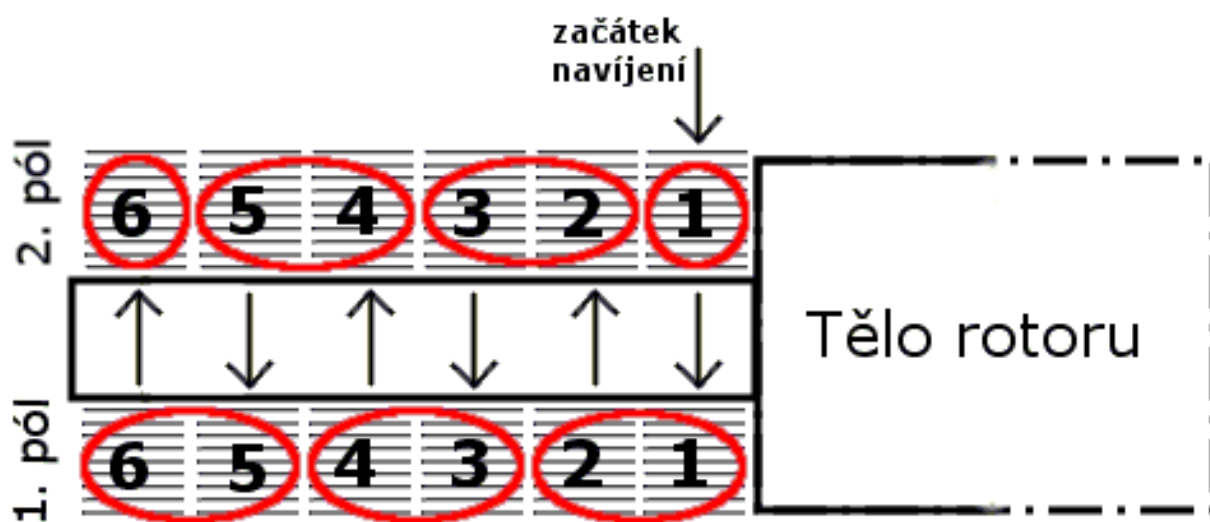
Dalším důvodem střídání pájení vodičů 1. a 2. pólu je zkoušení vodičů proti zkratu napěťovou zkouškou (viz obr. 80) na začátku navíjení a po každé navinuté cívce. Pokud by

byl zjištěn zkrat po navinutí celého pólu, musely by být veškeré svařené závity a cívky, zapájené po vzniklém zkratu, demontovány. Další mezioperační zkouška rotorového vinutí po navinutí každé celé cívky je měření izolačního odporu. Jeho minimální hodnota je 10Ω .

Prvním pracovním úkonem na připraveném rotoru s připojeným budicím přívodem je montáž pájecí konstrukce s pístem na 1. pól strany budicího přívodu rotoru. Konstrukce je do těla rotoru zajištěna pomocí čtyř šroubů. Následuje připojení a pájení pružného přívodu rotoru. Poté je pájecí konstrukce za pomoci jeřábu z rotoru demontována, dojde k natočení rotoru o 180° a následné montáži obou konstrukcí na 2. pólu rotoru. Na 2. pólu strany budicího přívodu rotoru dochází k pájení druhého pružného přívodu.

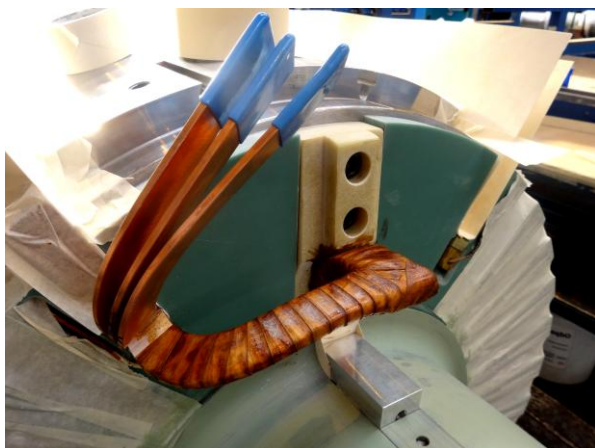
Od tohoto okamžiku jsou následující prováděné operace na obou stranách rotoru stejné, probíhají paralelně a to až do kompletního navinutí celého rotoru vinutím. Níže budou pro přehlednost podrobně popsány pracovní úkony pouze jedné strany rotoru.

Posloupnost pájení rotorových cívek, které jsou navíjeny ihned po sobě a po kterých je natáčeno s rotorem, je schematicky zobrazena na bočním pohledu na rotor (viz obr. 82). Číslicemi 1 – 6 je označené pořadí cívky rotoru. Navíjení rotoru začíná cívkou č. 1 (2. pólu) a končí cívkou č. 6 (2. pólu). Dvojice cívek, jejichž čísla jsou červeně zakroužkována, jsou pájeny následně ihned po sobě. Šipky mezi číslicemi označují natáčení rotoru, neboli po které zapájení cívce je natočeno s rotorem a která cívka bude následně (po natočení rotoru) pájena. Během natáčení rotoru o 180° ve své ose dochází vždy k cyklu – demontáž pájecích konstrukcí – natáčení rotoru – montáž pájecích konstrukcí.



Obr. 82 Posloupnost pájení rotorového vinutí se šesti cívkami (boční pohled rotoru)

V následující části textu bude podrobně popsáno pájení prvního závitu první cívky rotoru (cívka č. 1; 2. pól). Z obrobených drážek rotoru jsou odstraněny lepicí pásky proti vniku nečistot. Do drážek je vloženo izolační korýtko (viz obr. 81) a přívodní svazek cívek, který je spojen s budícím přívodem (viz obr. 83).



Obr. 83 Přívodní svazek cívek



Obr. 84 Skládání dřevěných podkladů

Pod čela cívek jsou na tělo rotoru vyskládány dřevěné podklady (viz obr. 84) udávající spád 1. – 6. cívky. Podklady jsou zajištěny proti sklouznutí pomocí uvázaného provázku (viz obr. 85).



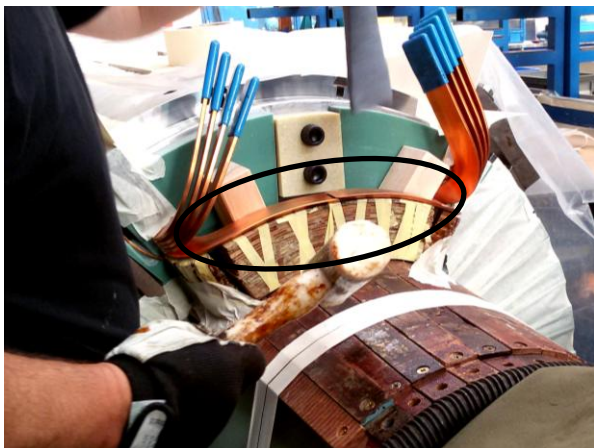
Obr. 85 Uvázání podkladů provázkem



Obr. 86 Vložení cívkových svazků

Za pomoci jeřábové manipulace jsou do obrobených drážek rotoru vloženy cívkové svazky (viz obr. 86) pro pájení prvního závitu první cívky obou druhých pólů (strany budícího přívodu a strany turbíny rotoru). Poté dochází k sejmutí bezpečnostního gumového krytu modré barvy u spodních dvou protilehlých vodičů. Následuje manuální ohyb vodičů svými čely k sobě (viz obr. 87). Ohnutí měděných vodičů je dotvarováno pomocí palice. Vodiče na

sebe dosedají šikmými seříznutými hranami (viz obr. 88), jejichž plošky budou následně vodivě spojeny pájením roztečením plíšku stříbra o rozměru přibližně 30 mm × 40 mm.



Obr. 87 Ohyb vodičů čely k sobě



Obr. 88 Seříznuté hrany vodičů

Pod konce vodičů je vložena destička slídy¹ (viz obr. 89). Ta vytváří tepelnou i elektrickou izolaci při pájení. Destička má rozměry zhruba 100 mm × 150 mm a zabraňuje prostupu tepla a rozpájení předchozích závitů. Mezi seříznuté konce vodičů je vložen plíšek stříbra (viz obr. 90). Rozměry plíšku (přibližně 30 mm × 40 mm) jsou závislé na typu vodičů, jejichž seříznutou plochu kopírují. Vodiče mají rozdílnou šířku i tloušťku dle typu rotoru.



Obr. 89 Slídová izolační destička



Obr. 90 Plíšky ze stříbra

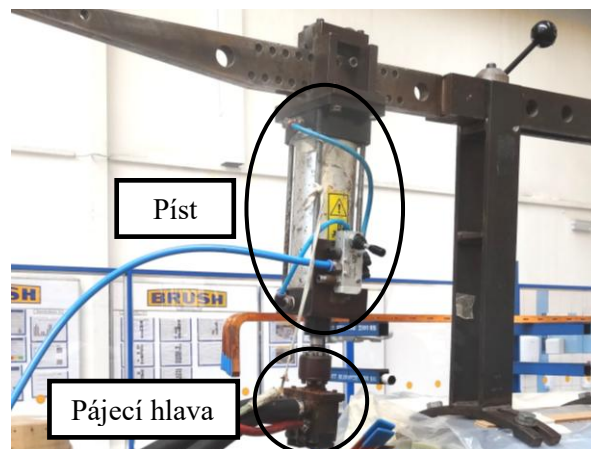
Poté je po horním rameni konstrukce posunuto s pístem nad pájený spoj (viz obr. 91). Posuv pístu provádí pracovníci navíjení manuálně. Poloha pístu nad spojem, který bude pájen, je zajištěna kolíkem v jednom z otvorů v pájecím rameni (viz obr. 91).

¹ Slída je do podniku dodávána z Indie, kde je těžena v tammích lomech.

Následuje odporové zapájení prvního závitu první cívky obou druhých pólů pomocí pístu s pájecí hlavou (viz obr. 92). Stejný proces probíhá paralelně i na druhé straně rotoru.

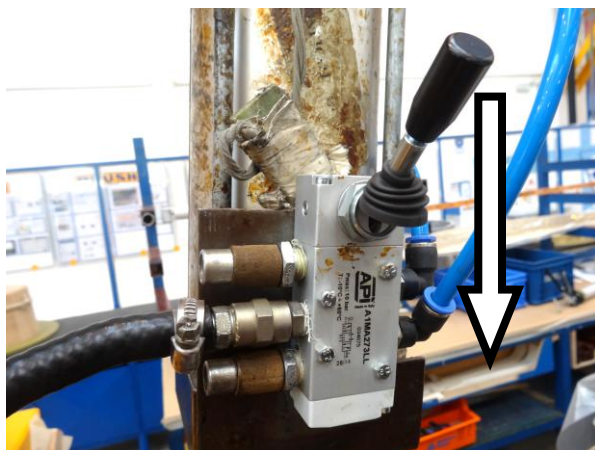


Obr. 91 Posuv pístu po rameni konstrukce

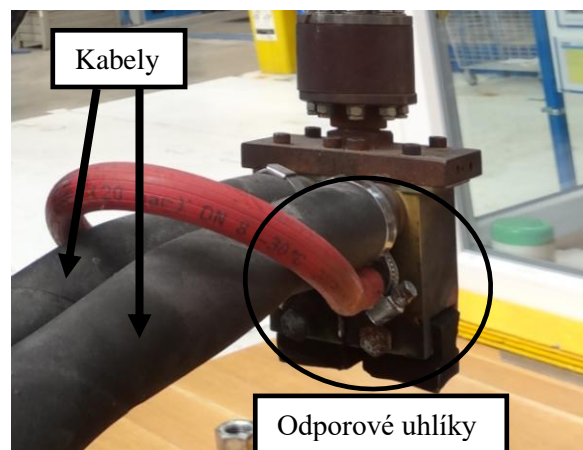


Obr. 92 Píst s pájecí hlavou

Ovládací páčkou pístu (viz obr. 93) je vysunuta hlava pístu, na které jsou uchyceny dva odporové uhlíky (viz obr. 94). Uhlíky slouží pro předání tepla spoji a jeho zapájení. Potřebné teplo vzniká pomocí svářecího zařízení (viz obr. 95). Ze svářecího zařízení je do uhlíků prostřednictvím silných kabelů (viz obr. 94) přiváděn elektrický proud o hodnotě 52 A. V místě styku uhlíků se spojem vzniká přechodový odpor a dochází k místnímu ohřevu.



Obr. 93 Ovládací páčka pro pohyb pístu



Obr. 94 Hlava pístu s uhlíky a přívodními kabely

Ze svářecího zařízení je vyveden nožní pedál (viz obr. 96), kterým je ovládán přívod el. proudu pro rozpálení uhlíků. Pedál je opatřený bezpečnostním krytem proti nevědomému sepnutí a riziku popálení žhavými uhlíky. Kabely připojené k uhlíkům jsou tvořeny měděnými lany a mají průměr 35 mm. Silný průměr mají z důvodu svého vnitřního chlazení cirkulující vodou. Chlazení kabelů je potřebné kvůli přehřívání způsobenému vysokým

procházejícím proudem. Vysoký procházející proud je důležitý pro princip metody odporového svařování. Hodnota připojeného napětí svářecího zařízení je 400 V.



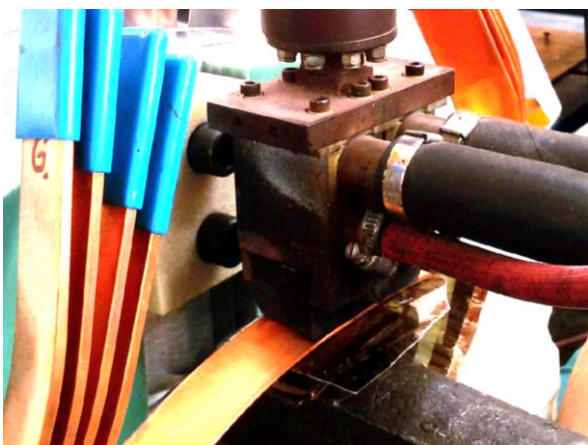
Obr. 95 Svářecí zařízení



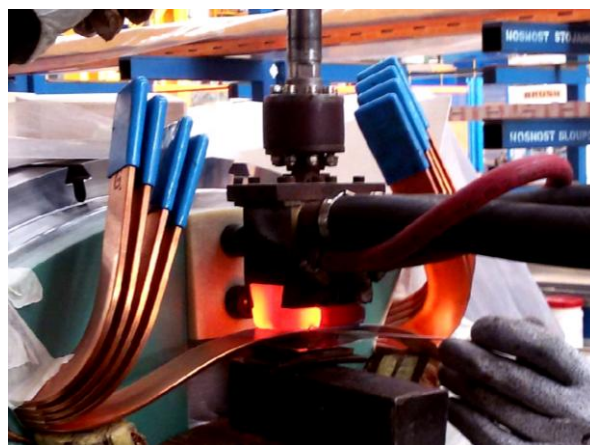
Obr. 96 Pedál pro nažhavení uhlíků

Před začátkem pájení si musí navíječi nasadit bezpečnostní brýle proti riziku popálení. Samotný proces pájení spoje vykonávají pouze pracovníci na pozicích č. 1 a č. 3 (viz obr. 51). Na těchto pracovních místech je svářecí zařízení, ovládání posuvu pístu a pedál pro nažhavení uhlíků. Pracovníci na pozicích č. 2 a č. 4 (viz obr. 51) kontrolují činnost pájení a monitorují jeho průběh. Ostatní prováděné operace, mimo pájení měděných vodičů, vykonávají pracovníci jednotlivě. Každý pracovník dané dvojice má na starosti jeden cívkový svazek.

Pracovník pozice č. 1 (a pozice č. 3) ovládáním páčky vysune pájecí hlavu s uhlíky. Uhlíky jsou tlakem přitlačeny na pájený spoj (viz obr. 97). Je důležité, aby byl jeden z uhlíků přitlačen přesně v místě spáry, která vznikla mezi dvěma ohnutými vodiči.



Obr. 97 Pájecí hlava přitlačena na spoj



Obr. 98 Rozžhavené pájecí uhlíky

Na spoj je vyvinut pístem s uhlíky velký mechanický tlak. Pracovník pozice č. 1 sepne pedálem přívod el. proudu do uhlíků. Uhlíky se průchodem proudu rozžhávají do oranžového žáru (viz obr. 98) a předávají mědi teplotu okolo 1080 °C. Spoj je nyní zatížen současně tlakem i teplotou². Během dodávání el. proudu dojde k roztečení plíšku stříbra, který je vložen mezi dvěma seříznutými ploškami měděných vodičů. Pracovník č. 1 doplňuje do spoje přídatné stříbro pomocí tyčinky (viz obr. 99). Stříbro vodivě propojí dva měděné vodiče a vznikne svařený závit. Tekuté stříbro musí být po zapájení pouze mezi seříznutými plochami vodičů. Slída zabráňuje jeho protékání a způsobení zkratu s ostatními navinutými vodiči.

Uhlíky nahřívají měď po dobu 3 – 5 sekund. Po této době pracovník č. 1 pomocí pedálu přívod tepla elektrického proudu. Píst zůstane přibližně 45 sekund stále ve vysunuté poloze pod tlakem na svařený závit. Měděný zapájený závit postupně na vzduchu chladne. Následně je hlava pístu ovládací páčkou zasunuta zpět do pneumatického válce.

Používaná hodnota tlaku pístu na spoj je $p = 5,5 \text{ bar} \approx 5,6 \text{ kg/cm}^2$. Rozměry jednoho uhlíku jsou $35 \times 40 \text{ mm} = 14 \text{ cm}^2$. Při ploše obou uhlíků 28 cm^2 odpovídá mechanický tlak na pájený spoj hodnotě $p = 156,8 \text{ kg/28 cm}^2$. Zdroj tlaku je uchycen na boční straně svářecího zařízení (viz obr. 100).



Obr. 99 Přidávání stříbra během pájení



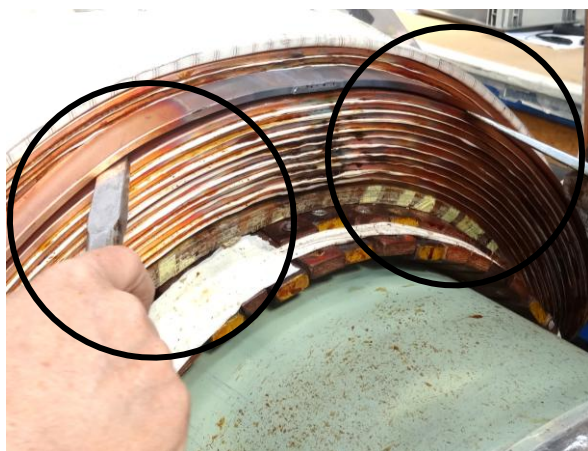
Obr. 100 Zdroj tlaku pro tlakové svařování

Princip této metody vodivého, nerozebíratelného propojení je nazýván odporové tlakové svařování. Při tomto typu svařování není použit pouze zvýšený elektrický proud (pro vytvoření vysoké teploty), ale i mechanický tlak.

² Množství tepla je dáno Joule-Lenzovým zákonem: $Q = R \cdot I^2 \cdot t$, kde Q – množství tepla [J]; R – el. odpor [Ω]; I – el. proud [A]; t – doba průchodu proudu [s]. [27]

Působením teploty okolo 1000°C dojde k roztečení plíšku stříbra a měděné vodiče se stávají velmi dobře tvárnými. Za přítomnosti této teploty a tlaku pístu $p = 5,5$ baru lze vodiče dobře nalisovat na předchozí spoj tak, aby plochy jednotlivých závitů dané cívky byly přitlačeny co nejbližší u sebe. Vysokou teplotou měď změkne a stává se plastickou. Tlakem jsou minimalizovány vzduchové mezery mezi jednotlivými zapájenými závity. Jakmile měď získá třešňově červenou barvu (po 3 – 5 sekundách), je přívod elektrického proudu ukončen. Po ukončení dodávání el. proudu je spoj stále pod mechanickým tlakem pomocí pístu a postupně na vzduchu chladne. Zchladnutím mědi na vzduchu o teplotě přibližně 20 °C je měděný svár vyžihán. Změní se tak materiálová struktura mědi a je po ukončení procesu pružná a tvárná.

Po zasunutí hlavy pístu do pneumatického válce je vyjmuta zarážka pístu zajišťující jeho polohu na horním rameni a píst je posunut směrem ke konci rotoru, aby nepřekážel následným operacím. Při přesouvání pístu musí být pracovníci velmi opatrní z důvodu možného popálení o ještě žhavé uhlíky. Dále následují dokončovací operace zapájeného sváru.



Obr. 101 Přizvednutí sváru



Obr. 102 Vsunutí plachtoviny pod svár

Nejprve je vyjmuta destička slídy zajišťující izolaci během pájení. Měděné svařené vodiče jsou již ochlazeny a přichází na řadu začišťování sváru. Pomocí klínu je nutné poslední zapájený svár z obou stran současně pákově přizvednout o přibližně 10 mm (viz obr. 101). Navíječské klíny musí být z důvodu udržování vysoké čistoty průběžně čištěny lihem.

Následně je pod svár vsunuta plachtovina (viz obr. 102), která zabraňuje propadávání měděných pilin vznikajících při následném začišťování a pilování pájeného spoje. Je důležité, aby byla plachtovina pod svár vsunuta vždy stejnou stranou. Zbylé měděné piliny uchycené

na plachtě musí zůstat vždy na její horní straně, aby nepropadly mezi ostatní zapájené spoje. Plachtovina je pro lepší orientaci z jedné strany označena. Po každé zapájené cívce je plachta vyměněna za novou. Stejně tak je vyměněna vždy při poškození, protržení nebo prodření.

Mezi plachtovinu a svařený spoj je vsunuta bílá nomexová podložka o rozměrech 100 mm × 200 mm (viz obr. 103 a obr. 104), sloužící proti prodření plachty při začišťování spoje. Následně jeden z pracovníků piluje nerovnosti sváru. Spoj je pilován plochým pilníkem z vrchu (viz obr. 103) a ze stran (viz obr. 104) až na čistý kov. Druhý pracovník během pilování odsává měděné piliny vysavačem o výkonu 2000 W (viz obr. 103 a obr. 104). U vysavače je nutná pravidelná výměna filtrů a odpadních sáčků.

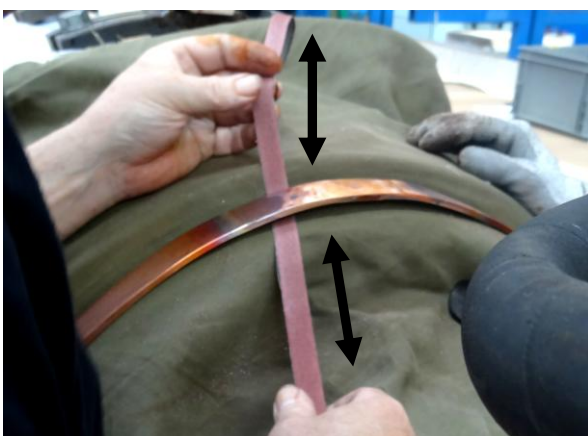


Obr. 103 Vrchní pilování a odsávání pilin



Obr. 104 Boční pilování a odsávání pilin

Před následující začišťovací operací je odstraněna nomexová podložka. Poté dochází ke sražení spodních hran svařeného vodiče brusným pásem o rozměru 50 mm × 600 mm a drsnosti P80 (viz obr. 105). Směr pilování je zobrazen na obr. 105.



Obr. 105 Pilování brusným pásem

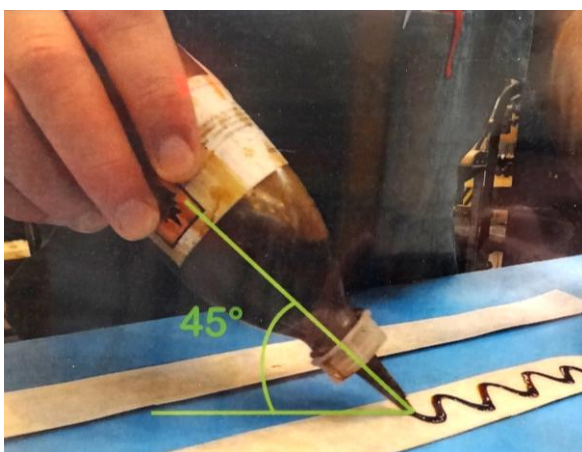


Obr. 106 Pilování brusným rounem

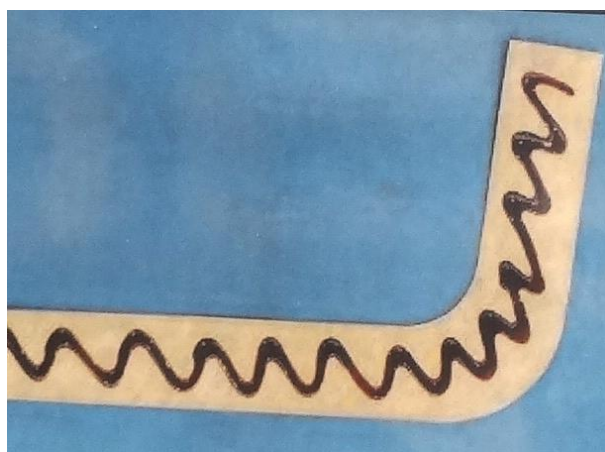
Závěrečnou manuální pilovací operací je začištění spoje brusným roumem (viz obr. 106). Začišťována je vrchní a čelní strana vodiče. Povrch musí být čistý, hladký, bez otřepů a ostrých hran. Na tuto závěrečnou operaci je používáno brusné rouno o velmi jemné hrubosti.

Během celého procesu začišťování sváru je prováděna vizuální kontrola pilovaného spoje a profilu vodiče. Před vysunutím plachtoviny jsou odsány měděné piliny a nečistoty z celého povrchu plachty, z vodiče a z prostoru pod vodičem. Plachtovina je poté vysunuta směrem ke konci rotoru. Po vysunutí plachtoviny je vysán prostor pod plachtou a mezi svařenými závitů cívek. Plachtovina je po každém použití vyklepána mimo bezprostřední prostor navíjeného rotoru.

Navíjení rotorů měděnými cívkami je proces, který vyžaduje vysokou čistotu. Tu je třeba dodržovat především na pracovních místech, kde se navíjí rotorové vinutí. Během procesu navíjení nejsou rotorové cívky nijak chráněny a jsou vystaveny okolním podmínkám pracoviště, včetně jeho nečistot. Nečistota, která se dostane do vinutí, je často příčinou vzniku zkratu a z výrobku se poté stává zmetek. Při vzniku zmetku je třeba rotorové vinutí demontovat. Oprava této závady prodlužuje výrobní proces rotoru až o několik dní. Právě měděné piliny jsou častým důvodem vzniku zmetku na pracovišti, a proto je třeba dbát zvýšené čistoty při manuální úpravě zapájeného spoje.



Obr. 107 Nanášení šelakového laku na izolaci



Obr. 108 Izolace s vrstvou šelakového laku

Další pracovní operací je odizolování svařeného závitu. To je prováděno mezizávitovou izolací, která se lepí pod každý nově zapájený svár. Nejprve je na izolaci nanesena vrstva šelakového laku. Způsob nanášení laku na izolační pásku je zobrazen na obr. 107.

Šelak je organický přírodní izolant a šelakový lak je roztokem přírodní pryskyřice v lihu. Po odpaření lihu je vytvrzen a zůstává termoplastický, proto musí být na izolaci aplikován bezprostředně před jejím nalepením na měděný svár. Šelakový lak je ve spojení s izolační páskou používán jako izolační lepidlo. Na obr. 108 je zobrazena izolační páska s nanesenou vrstvou šelakového laku. Následně je izolace s šelakovým lakem nalepena na spodní stranu měděného spoje. Přesahující okraje izolace jsou odštířeny nůžkami (viz obr. 109).

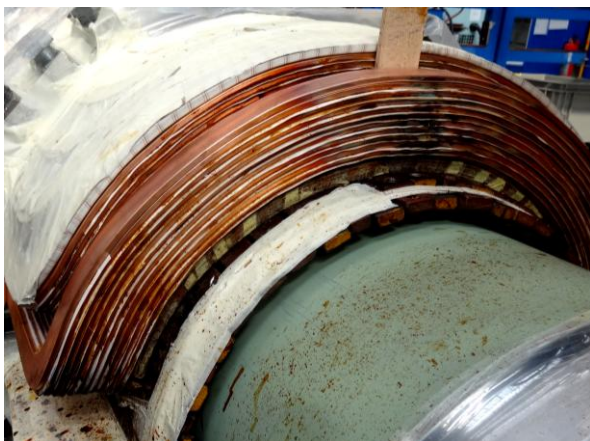


Obr. 109 Okraje izolace odštířívány nůžkami

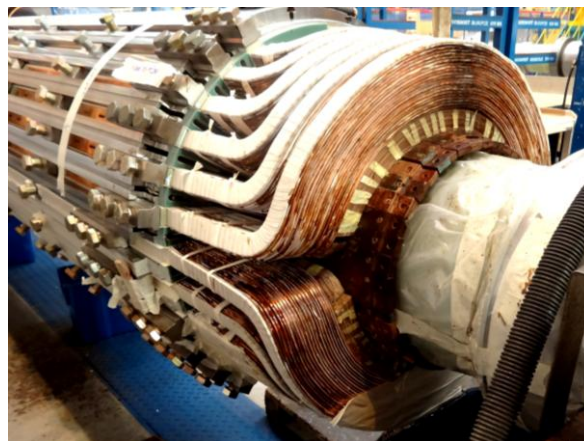


Obr. 110 Vytvarování spoje palicemi

Finální operací navinutého závitu je manuální vytvarování měděného spoje pomocí palic tak, aby kopíroval tvar těla rotoru (viz obr. 110).



Obr. 111 Navinuté závity cívky



Obr. 112 Navinutý rotor rotorovým vinutím

Výše byly popsány pracovní operace pro výrobu jednoho svařeného závitu měděných vodičů. Stejný proces pracovních úkonů je opakován pro ostatní závity všech cívek. Vždy je spájena jedna vrstva cívek, která je složena z více cívkových svazků. Na obr. 111 jsou zobrazeny navinuté a zapájené závity dané cívky rotoru.

Podle výše uvedených pracovních kroků je postupováno až do navinutí celého rotoru rotorovým vinutím. Horní závity všech cívek jsou zaizolovány (viz obr. 112). Na závěr se cívky a póly mezi sebou propojí.

Za jednu osmihodinovou pracovní směnu musí dvojice pracovníků navíjení splnit normu, která udává, např. u nejčastěji vyráběného rotoru DAX 7, zapájení počtu 15 závitů. U tohoto rotoru odpovídá 15 závitů jedné celé navinuté cívce. Aby pracovníci splnili normu počtu navinutých vodičů za směnu, mají v současném stavu na zapájení jednoho závitu vypočtený přibližný čas 30 minut.

Po navinutí rotoru následují dokončovací operace. Ty jsou posledními operacemi před odchodem rotoru z pracoviště. Čela navinutého vinutí jsou staženy stahovacím zařízením, tzv. „ježky“ (viz obr. 113). Po jejich demontování následuje zaizolování a zaklínování rotorového vinutí. Čela vinutí jsou vyztuženy vložkami. Stahovací zařízení tzv. „čepice“ ohřáté na 340° C se teplotou roztáhnou a jsou nasazeny na vinutí. Vychladnutím se jejich rozměry zmenší a vinutí se tak stáhne. Rotor je připojen na ohřev (viz obr. 114) a vinutí je staženo lisovacím přípravkem. Po vychladnutí je lisovací přípravek demontován. Na čela vinutí rotoru jsou nasazeny izolační obaly a ventilační prstence. Přes ventilační prstence jsou nataženy obruče zahřáté indukčním ohřevem, které se po vychladnutí opět zmenší a tím stáhnou vinutí.



Obr. 113 Vinutí staženo stahovacím zařízením



Obr. 114 Vinutí staženo lisovacím přípravkem

Po těchto dokončovacích operacích opouští rotor pracoviště Navíjení rotorového vinutí a pokračuje do pracoviště Montáže. Rotor je jeřábově převezen na vyvážení do vyvažovacího tunelu a následně do zkušebního tunelu na testování otáček. Poté je rotor vsunut do navinutého statoru. Tím jsou dokončeny hlavní práce na vyrobeném generátoru.

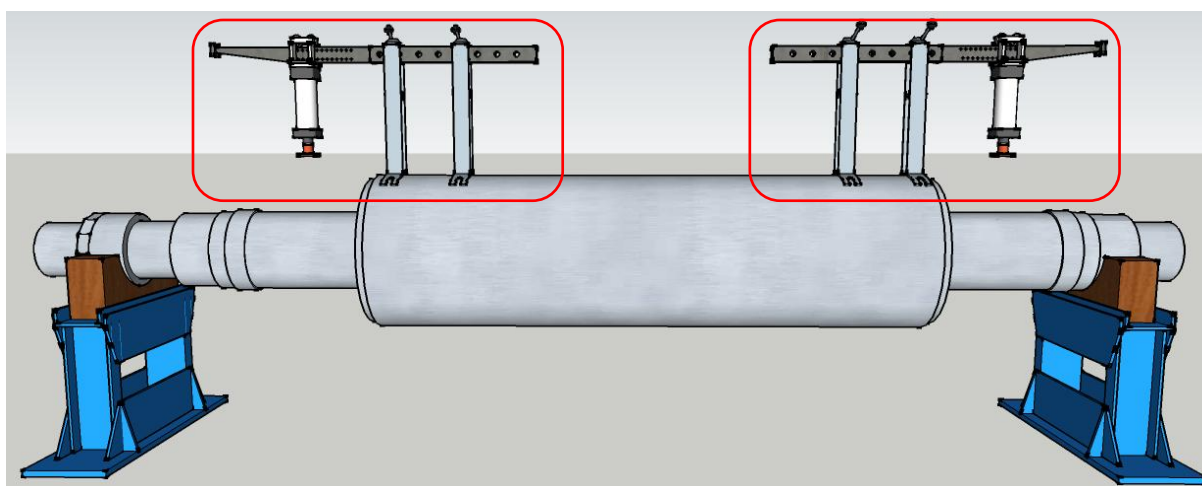
Veškeré pracovní úkony, které jsou v pracovišti Navijárny na rotoru prováděny, představují dobu trvání 4 až 5 týdnů. Tato doba je značně dlouhá a to především v porovnání s ostatními vykonávanými operacemi, které jsou na rotoru prováděny během jeho celkové výroby. Samotné navíjení rotoru představuje tedy většinu času výroby rotoru. Z tohoto důvodu bylo vhodné zaměřit se na jednotlivé činnosti navíjení rotorů podrobněji, sledovat je a pokusit se eliminovat časové prodlevy.

Cílem monitoringu pracoviště bylo zoptimalizování procesu navíjení, zkrácení celkové doby navíjení rotoru, neboli zvýšení počtu pájených spojů za dobu směny. Konkrétním předmětem optimalizace jsou současné pájecí konstrukce, kterým je věnována následující kapitola.

3.3 Současné pájecí konstrukce

Tato kapitola bude zaměřena na současné pájecí konstrukce (viz obr. 115), které jsou hlavním bodem optimalizace pracoviště Navíjení rotorového vinutí. Jak již bylo zmíněno v kapitole 3.2.2, konstrukce slouží pro uchycení pístu, který je využíván pro pájení rotorového vinutí. Na obr. 115 je zobrazen model rotoru s uchycenými současnými pájecími konstrukcemi pístem.

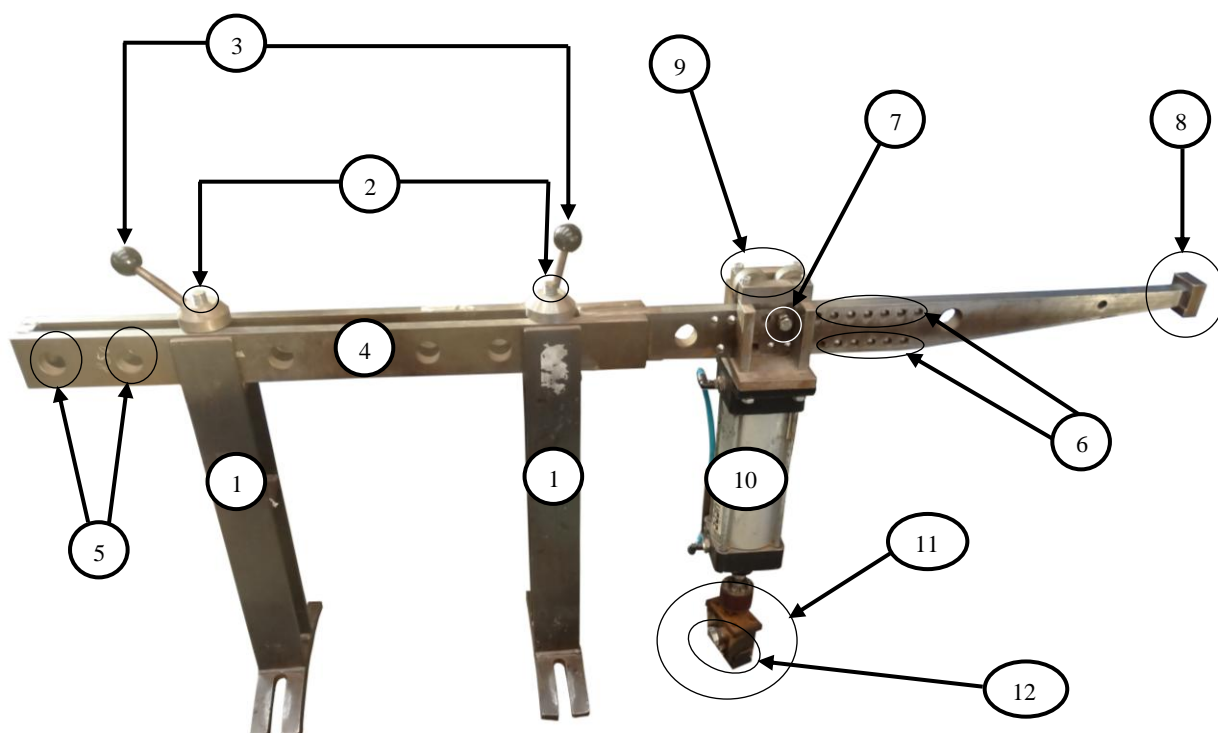
Kapitola 3.3.1 bude věnována popisu jednotlivých součástí pájecí konstrukce. V kapitole 3.3.2 budou vyjmenovány hlavní nevýhody jejich použití. Kapitola 3.3.3 bude zaměřena na vyčíslení nákladů spojených s používáním současných konstrukcí pro navíjení rotorového vinutí.



Obr. 115 Model rotoru se současnými pájecími konstrukcemi

3.3.1 Popis součástí

Pájecí konstrukce (viz obr. 116) se skládá ze dvou vertikálních stojen (1), pomocí kterých je konstrukce uchycena k tělu rotoru. Obě vertikální stojny mají na své horní straně trnový závit (2). Na těchto závitech je maticemi s rukojetí (3) zajištěno horní rameno (4). S horním ramenem je po vyšroubování matic možný posuv ve směru osy rotoru. Konstrukce ramene má ve svém těle dva druhy otvorů. Otvory o větším průměru (5), převážně v zadní části ramene, slouží pouze pro snížení hmotnosti a odlehčení celé konstrukce. Menší otvory (6) v přední části ramene ve dvou řadách nad sebou slouží pro zajištění polohy pájecího pístu. Píst je nasazen na přední stranu ramene a zajištěn kolíkem (7) v jednom z otvorů. Poloha pístu je navíc z čela pájecího ramene zabezpečena šroubovou zarážkou (8), proti sjetí pístu z ramene a vzniku pracovního úrazu. Pístem je možný podélný posuv po rameni v takovém rozsahu, aby bylo možné zapájet všechny cívky rotoru od cívky č. 1 do cívky č. 6 (případně č. 7). Hladký posuv pístu po vrchní straně ramene je zajištěn pomocí dvou koleček z gumiodu (9). Samotný píst se skládá z pneumatického válce (10) a pájecí hlavy (11), na které jsou uchyceny uhlíky (12). Při procesu pájení je pájecí hlava vysunuta a uhlíky jsou rozžhaveny na požadovanou teplotu. Celý proces pájení vinutí byl podrobně popsán v kapitole 3.2.2 Pracovní úkony Navijárny rotorového vinutí.



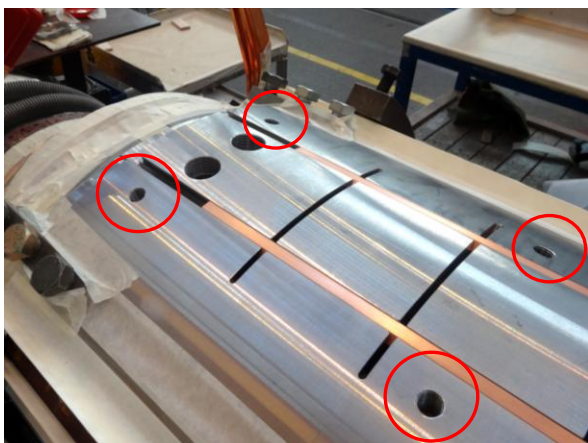
Obr. 116 Popis jednotlivých součástí pájecí konstrukce

3.3.2 Nevýhody použití

Pájecí konstrukce jsou předmětem optimalizace především z důvodu jejich nevhodného umístění. Nevýhodu připevnění konstrukcí k rotoru dále rozdělují na dva konkrétní body, kterým bude tato kapitola věnována:

- Vrtání závitů
- Montáž a demontáž konstrukcí

Uchycení současných konstrukcí na rotoru při navíjení je nevhodné z důvodu nutnosti **vrtání závitů** do těla rotoru (viz obr. 117). Aby bylo možné připevnit jednu konstrukci na rotor, je třeba do rotoru vyvrtat čtyři závitů a konstrukci zajistit pomocí šroubů (viz obr. 118).



Obr. 117 Závit 4x M20 pro připevnění konstrukce



Obr. 118 Uchycení pájecí konstrukce šrouby

Aby mohl být navinutý celý rotor vinutím, musí být pájecí konstrukce na rotoru připevněny na čtyři různé pozice (viz obr. 75). Pozice na rotoru jsou označeny římskými číslicemi I – IV:

- 1. pólu strany budicího přívodu (pozice č. I)
- 1. pól strany turbíny (pozice č. II)
- 2. pól strany budicího přívodu (pozice č. III)
- 2. pól strany turbíny (pozice č. IV)

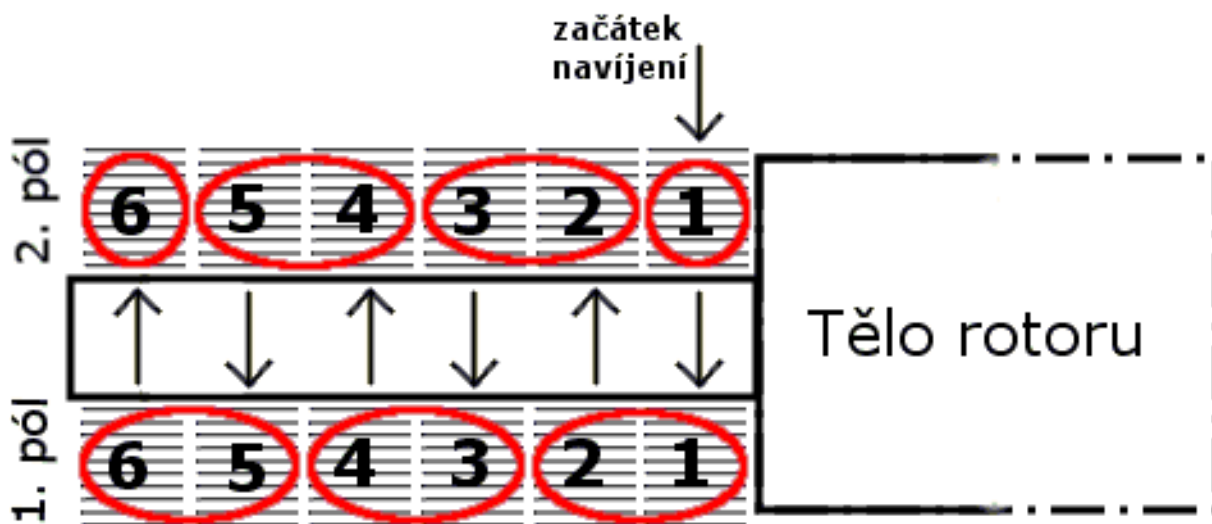
Pro připevnění pájecí konstrukce na čtyři různé pozice na rotoru, pro navinutí celého rotoru vinutím, je nutné vyvrtat 16 závitů typu M20.

Vrtání závitů probíhá v pracovišti Obrobny strojem Weingärtner, před vstupem rotoru na pracoviště Navíjení rotorového vinutí. Závitů jsou vrtány současně s ostatními obráběcími operacemi, které jsou na rotoru v pracovišti Obrobny vykonávány. Samotné vrtání závitů tedy není výrazně časově náročné.

Hlavní nevýhodou vrtání závitů do těla rotoru je jejich finanční náročnost. Náklady, při používání současných pájecích konstrukcí, budou vyčísleny v kapitole 3.3.3 Náklady současného stavu.

S problematikou vrtání závitů velmi úzce souvisí i druhý bod nevhodného umístění konstrukcí, kterému bude věnován zbytek této kapitoly. Jedná se o **montáž a demontáž konstrukcí**, která je další významnou nevýhodou současného způsobu pájení.

Po každém navinutí jedné nebo dvou cívek je rotor natočen o 180° pro pájení cívky na opačném pólu rotoru. Během navinutí celého rotoru je rotorem natáčeno poměrně často. Četnost natáčení rotoru mezi 1. a 2. pólem je možné zpozorovat na obr. 119, kde je zobrazena posloupnost pájení rotorového vinutí se šesti cívkami.



Obr. 119 Posloupnost pájení rotorového vinutí se šesti cívkami (boční pohled rotoru)

Střídání pájení cívek 1. a 2. pólu je prováděno ze dvou hlavních důvodů. Prvním důvodem je vyrovnávání hmotnostní mezi oběma póly. Pokud by byl navinutý celý jeden pól, získal by tak oproti druhému pólu vysokou hmotnost a mohlo by dojít k překlolení rotoru. Tím by byla velmi ohrožena bezpečnost práce na pracovišti. Druhým důvodem pro střídání

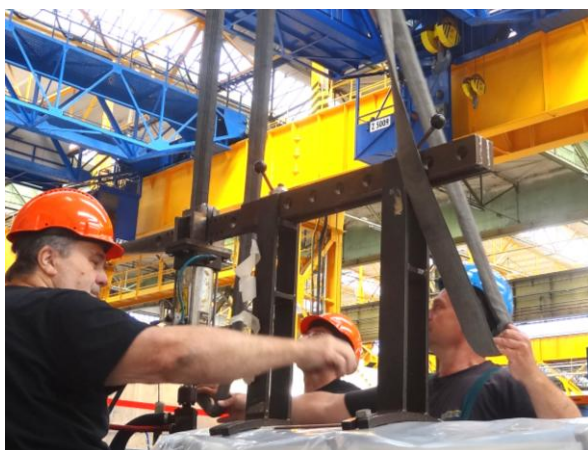
pájení cívek mezi 1. a 2. pólem je jejich nutné zkoušení proti zkratu napět'ovou zkouškou po každé zapájení cívce daného pólu. Pokud by byl vyhledán zkrat po navinutí celého pólu, muselo by dojít k demontáži již zapájených závitů.

Před každým natočením rotoru je nutné jeřábově demontovat pájecí konstrukce z těla rotoru a po natočení je potřebné konstrukce opět montovat jeřábem zpět na rotor. Montáž a demontáž konstrukcí je značně časově náročná, což je druhou hlavní nevýhodou používání současných pájecích konstrukcí.

Cyklus, demontáže pájecích konstrukcí – natočení rotoru – montáže pájecích konstrukcí, bude dále podrobně popsán a doplněn fotografiemi vlastního zpracování. Demontáž i montáž konstrukcí probíhá na obou stranách rotoru totožně. Na níže popisovaném cyklu se podílí 3 pracovníci navíjení a 1 pracovník ovládající jeřáb. Celkem se procesu účastní 4 pracovníci.

Pro názornost popisu cyklu uvažují modelovou situaci – obě konstrukce jsou připevněny k tělu rotoru (viz obr. 115) a bylo dokončeno pájení 1. cívky na obou stranách 2. pólu rotoru (na straně budicího přívodu i na straně turbíny). Aby bylo možné pokračovat v pájení 1. a 2. cívky obou stran 1. pólu rotoru³, musí dojít k demontáži pájecích konstrukcí, natočení rotoru a opětovné montáži konstrukcí na rotor.

Nejprve je nutné připevněnou konstrukci k rotoru navázat na jeřábová lana (viz obr. 120).



Obr. 120 Navázání pájecí konstrukce



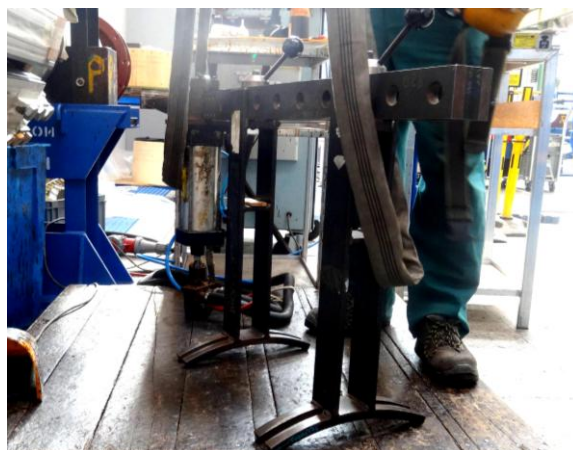
Obr. 121 Demontáž šroubů konstrukce

³ Postup pájení odpovídá posloupnosti pájení cívek zobrazené na obr. 119.

Poté jsou demontovány šrouby (viz obr. 121), které zajišťují konstrukci v závitech rotoru. Demontáž šroubů je prováděna plochým klíčem a poté ručně. Po vyšroubování čtyř šroubů ze závitů je ovládáním jeřábu konstrukce zdvihnuta (viz obr. 122). Pracovníci navíjení asistují při převozu konstrukce a manuálně zajišťují stabilitu převozu.



Obr. 122 Demontáž pájecí konstrukce



Obr. 123 Demontáž pájecí konstrukce

Konstrukce je ovládáním jeřábu položena na podlahu, do volného prostoru vedle rotoru (viz obr. 123). Nyní je stejným způsobem provedena demontáž konstrukce i na druhé straně rotoru. Po sejmutí obou konstrukcí je jeřábové lano obtočeno okolo bubnu rotoru (viz obr. 124) a následuje jeho natočení o 180° na 1. pól.



Obr. 124 Natočení rotoru na protilehlý pól



Obr. 125 Montáž pájecí konstrukce

Po natočení rotoru následuje montáž pájecí konstrukce, která je znovu navázána na jeřábová lana a zdvihnuta nad rotor (viz obr. 125). Pracovníci navíjení opět asistují jeřábovému převozu. Poté je konstrukce zajištěna utažením šroubů v závitech rotoru (viz obr. 126). Šrouby pracovníci utahují ručně a poté dotahují plochým klíčem. Stejně tak je

provedena montáž konstrukce i na druhé straně rotoru. Po procesu montáže obou konstrukcí již může být pájena 1. a 2. cívka obou stran 1. pólu rotoru. Konstrukce připevňena k rotoru je zobrazena na obr. 127.

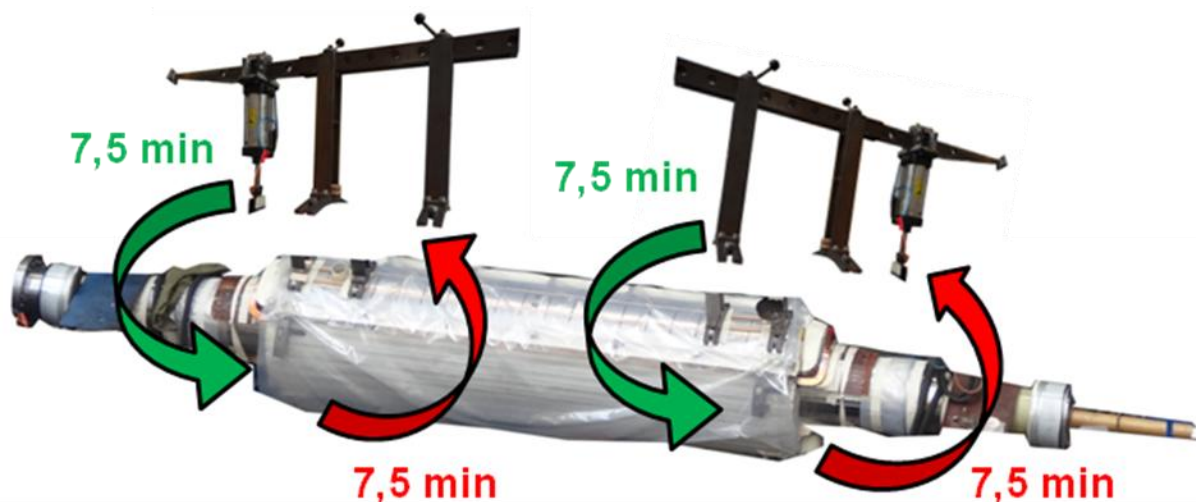


Obr. 126 Montáž šroubů konstrukce



Obr. 127 Konstrukce připevňena k rotoru

Jak již bylo zmíněno výše, hlavní nevýhodou montáže a demontáže pájecích konstrukcí je značná časová náročnost. Demontáž jedné konstrukce z těla rotoru zabere 4 pracovníkům dobu trvání přibližně 7,5 minuty. Stejně tak dlouho trvá montáž konstrukce na rotor. Za dobu 15 minut je konstrukce na jedné straně rotoru demontována a zpět montována na rotor. Doba trvání demontáže obou konstrukcí z rotoru a po jeho natočení zpětné montáže obou konstrukcí na rotor trvá čtyřem pracovníkům celkem přibližně 30 minut. Jeřábové natočení rotoru není do změřeného času počítáno, jelikož operace natáčení rotoru není součástí optimalizace pracoviště. Optimalizace bude řešena v kapitole 4. Na obr. 128 je zobrazena časová náročnost montáže konstrukcí (červeně) a demontáže konstrukcí (zeleně).



Obr. 128 Časová náročnost montáže a demontáže pájecích konstrukcí

Níže uvedené tabulky (viz tab. 1 a tab. 2) zobrazují operace navíjení rotorového vinutí od navinutí 1. závitu 1. cívky do kompletního navinutí celého rotoru s ohledem na počet montáží a demontáží pájecích konstrukcí dané strany rotoru. Tabulky také zobrazují četnost natáčení rotoru, které probíhá po zapájení určitých dvojic cívek.

Rotory jsou z hlediska navíjení rozděleny podle počtu cívek. Dělí se na rotory se šesti navíjenými cívkami (řady DAX 6; 7; 8) a rotory se sedmi cívkami (řady DAX 9). Tabulky jsou rozděleny podle počtu cívek, jelikož počet pájených cívek ovlivňuje počet montáží / demontáží konstrukcí a četnost natáčení rotoru. V tab. 1 je zobrazen proces navíjení rotoru se šesti cívkami. Pracovní úkony na straně budicího přívodu a turbíny probíhají současně.





































Tab. 1 Operace navíjení rotoru se šesti cívkami

| Operace č. | strana BUDICÍHO PŘÍVODU | | | strana TURBÍNY | | |
|---------------|---------------------------|-----------------------|----------|----------------|--------------------|----------|
| | Montáž | Pájená cívka / pól | Demontáž | Montáž | Pájená cívka / pól | Demontáž |
| 1. | | Pružný přívod / 1. | | - | - | - |
| 2. | natočení rotoru na 2. pól | | | | | |
| 3. | | Pružný př./2. + 1./2. | | | 1. / 2. | |
| 4. | natočení rotoru na 1. pól | | | | | |
| 5. | | 1. / 1. + 2. / 1. | | | 1. / 1. + 2. / 1. | |
| 6. | natočení rotoru na 2. pól | | | | | |
| 7. | | 2. / 2. + 3. / 2. | | | 2. / 2. + 3. / 2. | |
| 8. | natočení rotoru na 1. pól | | | | | |
| 9. | | 3. / 1. + 4. / 1. | | | 3. / 1. + 4. / 1. | |
| 10. | natočení rotoru na 2. pól | | | | | |
| 11. | | 4. / 2. + 5. / 2. | | | 4. / 2. + 5. / 2. | |
| 12. | natočení rotoru na 1. pól | | | | | |
| 13. | | 5. / 1. + 6. / 1. | | | 5. / 1. + 6. / 1. | |
| 14. | natočení rotoru na 2. pól | | | | | |
| 15. | | 6. / 2. + spojky / 2. | | | 6. / 2. | |
| 16. | natočení rotoru na 1. pól | | | | | |
| 17. | | spojky / 1. | | - | - | - |

Během navinutí celého rotoru vinutím se šesti cívkami je provedena montáž pájecí konstrukce 16×, stejně jako demontáž konstrukce 16×. Rotor je natočen 8× (viz tab. 1).

Tab. 2 znázorňuje operace navíjení rotorového vinutí, které obsahuje 7 cívek. Pracovní úkony na straně budicího přívodu a turbíny probíhají opět současně.

Tab. 2 Operace navíjení rotoru se sedmi cívkami

| Operace č. | strana BUDICÍHO PŘÍVODU | | | strana TURBÍNY | | |
|---------------|---|-----------------------|---|--|--------------------|---|
| | Montáž | Pájená cívka / pól | Demontáž | Montáž | Pájená cívka / pól | Demontáž |
| 1. |  | Pružný přívod / 1. |  | - | - | - |
| 2. | natočení rotoru na 2. pól | | | | | |
| 3. |  | Pružný př./2. + 1./2. |  |  | 1. / 2. |  |
| 4. | natočení rotoru na 1. pól | | | | | |
| 5. |  | 1. / 1. + 2. / 1. |  |  | 1. / 1. + 2. / 1. |  |
| 6. | natočení rotoru na 2. pól | | | | | |
| 7. |  | 2. / 2. + 3. / 2. |  |  | 2. / 2. + 3. / 2. |  |
| 8. | natočení rotoru na 1. pól | | | | | |
| 9. |  | 3. / 1. + 4. / 1. |  |  | 3. / 1. + 4. / 1. |  |
| 10. | natočení rotoru na 2. pól | | | | | |
| 11. |  | 4. / 2. + 5. / 2. |  |  | 4. / 2. + 5. / 2. |  |
| 12. | natočení rotoru na 1. pól | | | | | |
| 13. |  | 5. / 1. + 6. / 1. |  |  | 5. / 1. + 6. / 1. |  |
| 14. | natočení rotoru na 2. pól | | | | | |
| 15. |  | 6. / 2. + 7. / 2. |  |  | 6. / 2. + 7. / 2. |  |
| 16. | natočení rotoru na 1. pól | | | | | |
| 17. |  | 7. / 1. + spojky / 1. |  |  | 7. / 1. |  |
| 18. | natočení rotoru na 2. pól | | | | | |
| 19. |  | spojky / 2. |  | - | - | - |

Během navinutí celého rotoru vinutím se sedmi cívkami je provedena montáž pájecí konstrukce 18×, stejně jako demontáž konstrukce 18×. Rotor je natočen 9× (viz tab. 2).

V této kapitole byly popsány dvě hlavní nevýhody používání současných pájecích konstrukcí, které spolu úzce souvisí. Způsob používání současných konstrukcí tak nabízí značný prostor pro optimalizaci procesu odstraněním uvedených nevýhod. V následující kapitole 3.3.3 Náklady současného stavu budou vyčísleny náklady používání současných konstrukcí, které budou optimalizací pracoviště eliminovány.

3.3.3 Náklady současného stavu

V této kapitole budou vyčísleny náklady používání současného způsobu pájecích konstrukcí. Jedná se o součet nákladů za vrtání závitů do těla rotoru a nákladů časové náročnosti montáže a demontáže pájecích konstrukcí.

Celkové náklady budou vypočteny pro období jednoho roku a to pro následující modelový rok 2017. V tomto roce bude dle plánu výroby⁴ poptáváno 52 generátorů. Z počtu zakázek na rok 2017 budou vyčísleny roční náklady používání současných konstrukcí pro pájení rotorů. Počet zakázek generátorů je shodný s počtem navíjených rotorů v pracovišti Navijárny rotorového vinutí.

Pro připevnění pájecích konstrukcí je nutné do těla jednoho rotoru vyvrtat 16 závitů typu M20. Náklady na jejich vrtání jsou technologem vyčísleny na 8.500,- CZK/1 rotor. Vrtané závity se dle vyráběného typu rotoru neliší. Při plánovaném počtu 52 zakázek v roce 2017 jsou celkové náklady na vrtání závitů rovny **442.000,- CZK** (viz tab. 3).

Tab. 3 Náklady vrtání závitů do rotoru

| | | 1 rotor | 52 rotorů |
|-----------------------|-------|---------|-----------|
| Náklady vrtání závitů | [CZK] | 8.500,- | 442.000,- |

Pro výpočet nákladů časové náročnosti montáže a demontáže pájecích konstrukcí je použita hodinová sazba zaměstnanců, kteří se na této operaci podílí. Hodinová sazba pracovníka výroby v pracovišti Navíjení rotorového vinutí je vedením pracoviště vyčíslena na částku 700,- CZK. Částka zahrnuje mzdu a veškeré režie jednoho zaměstnance. Na pracovním úkonu montáže a demontáže pájecí konstrukce se podílí čtyři pracovníci.

Náklady jsou vypočteny pro navíjení rotoru o šesti cívkách (typy generátorů DAX 6; 7; 8). Důvodem je častější požadavek zákazníka o tyto generátory, než o generátor typu DAX 9, jehož rotor má sedm cívek.

Během navinutí celého rotoru šesti cívkami je montáž konstrukce provedena 16×. Stejně tak je konstrukce 16× demontována. Celkem je tedy s pájecí konstrukcí vykonáno 32

⁴ Plán výroby z měsíce prosince roku 2016.

pohybových operací (viz tab. 1). Časová náročnost jedné operace při spolupráci čtyř pracovníků je 7,5 minuty. Montáží a demontáží pájecích konstrukcí stráví čtyři pracovníci dohromady na jednom rotoru celkový čas 960 minut⁵, tj. 16 pracovních hodin. Po vynásobení tohoto času hodinovou sazbou za pracovníka (700,- CZK) vychází celkové náklady montáže/demontáže pájecích konstrukcí jednoho rotoru na 11.200,- CZK. Při uvažovaném počtu 52 zakázek za rok 2017 jsou celkové náklady montáže a demontáže konstrukcí ve výši **582.400,- CZK** (viz tab. 4).

Tab. 4 Náklady časové náročnosti montáže a demontáže konstrukcí při navíjení 6 cívkami

| | | 1 rotor | 52 rotorů |
|--|-------|----------|-----------|
| Náklady montáže / demontáže konstrukcí | [CZK] | 11.200,- | 582.400,- |

Výše uvedená částka nákladů 582.400,- ^{CZK}/rok odpovídá nákladům používání současných pájecích konstrukcí v případě, že budou v roce 2017 poptávány generátory, jejichž rotory mají šest cívek (typy generátorů DAX 6; 7; 8). Pokud by byly vyráběny některé rotory se sedmi cívkami (typy generátorů DAX 9), celkové náklady budou zvýšeny o vyšší počet montáží/demontáží pájecích konstrukcí.

Celkové náklady používání současných konstrukcí za následující rok 2017 jsou součtem nákladů za vrtání závitů do těla rotoru, tj. 442.000,- ^{CZK}/rok a nákladů časové náročnosti montáže a demontáže pájecích konstrukcí, tj. 582.400,- ^{CZK}/rok. Celkové náklady jsou vyčísleny v tab. 5 na částku **1.024.400,- ^{CZK}/rok**.

Tab. 5 Celkové náklady používání současných konstrukcí

| | | |
|---|--------------|--------------------|
| Náklady vrtání závitů / rok 2017 | [CZK] | 442.000,- |
| Náklady montáže/demontáže konstrukcí / rok 2017 | [CZK] | 582.400,- |
| Celkové náklady / rok 2017 | [CZK] | 1.024.400,- |

Odstraněním výše uvedených nevýhod současných konstrukcí dojde ke značnému snížení ročních nákladů. Nevhodný způsob připevnění konstrukcí bude optimalizován v následující kapitole 4 Optimalizace pracoviště.

⁵ 960 minut = 32 operací × 7,5 min. × 4 pracovníci.

4 Optimalizace pracoviště

Tato kapitola bude věnována optimalizaci pracoviště Navijárny rotorového vinutí, které sídlí v 6. poli výrobní haly „Gigant“. V následujících odstavcích bude představen vývoj optimalizace od jeho počátku až po dokončení procesu změny. Procesní zlepšení se týká současných pájecích konstrukcí (viz obr. 115), jejichž hlavní nevýhodou je připevnění k tělu rotoru. Důvody nevhodného připevnění současných konstrukcí jsou uvedeny v kapitole 3.3.2.

Optimalizace byla předmětem zájmu oddělení Trvalého zlepšování procesů. Prvotní návrhy na optimalizaci pracoviště byly vytvořeny externími společnostmi již v srpnu roku 2015. Na podrobné monitorování současného stavu pájení se oddělení Trvalého zlepšování procesů zaměřilo v měsíci únoru roku 2016. Od té doby docházelo k postupnému navrhování modelů a vývoji prototypu pájecí konstrukce, až do finální podoby. Optimalizace pracoviště byla vyvíjena po dobu jednoho roku a třech měsíců. Finální návrh pájecí konstrukce byl vyroben, testován a použit pro navijení rotoru v měsíci listopadu 2016. Do konce roku 2016 byly současné pájecí konstrukce nahrazeny optimalizovanými konstrukcemi, které eliminovaly výše uvedené nevýhody současného stavu. Zavedení této procesní změny bylo pro oddělení Trvalého zlepšování procesů jedním z hlavních cílů roku 2016.

Cílem optimalizace bylo vynalézt takový typ konstrukce, který není pevně přichycen k tělu rotoru a je díky tomu nezávislý na jeho natáčení. Hlavním požadavkem na optimalizaci bylo ukončení nákladného vrtání závitů do rotoru pro uchycení konstrukcí a tím také odstranění časté operace montáže a demontáže konstrukcí, při každém natočení rotoru. Dále bylo požadováno, aby pájecí konstrukce zahrnovala zařízení pro natáčení rotorů v jejich ose. Odstraněním jeřábového natáčení rotoru v současném stavu by došlo k významné úspoře finančních prostředků. Jeřábová manipulace pro natáčení rotorů není vhodná z důvodu vysoké energetické náročnosti jeřábů, časové náročnosti operace a nutného čekání na jeřáb, pokud je zrovna zatížen jinou operací. Při splnění uvedených požadavků měly být současně udrženy co možná nejnižší pořizovací náklady pro co nejkratší dobu návratnosti investice.

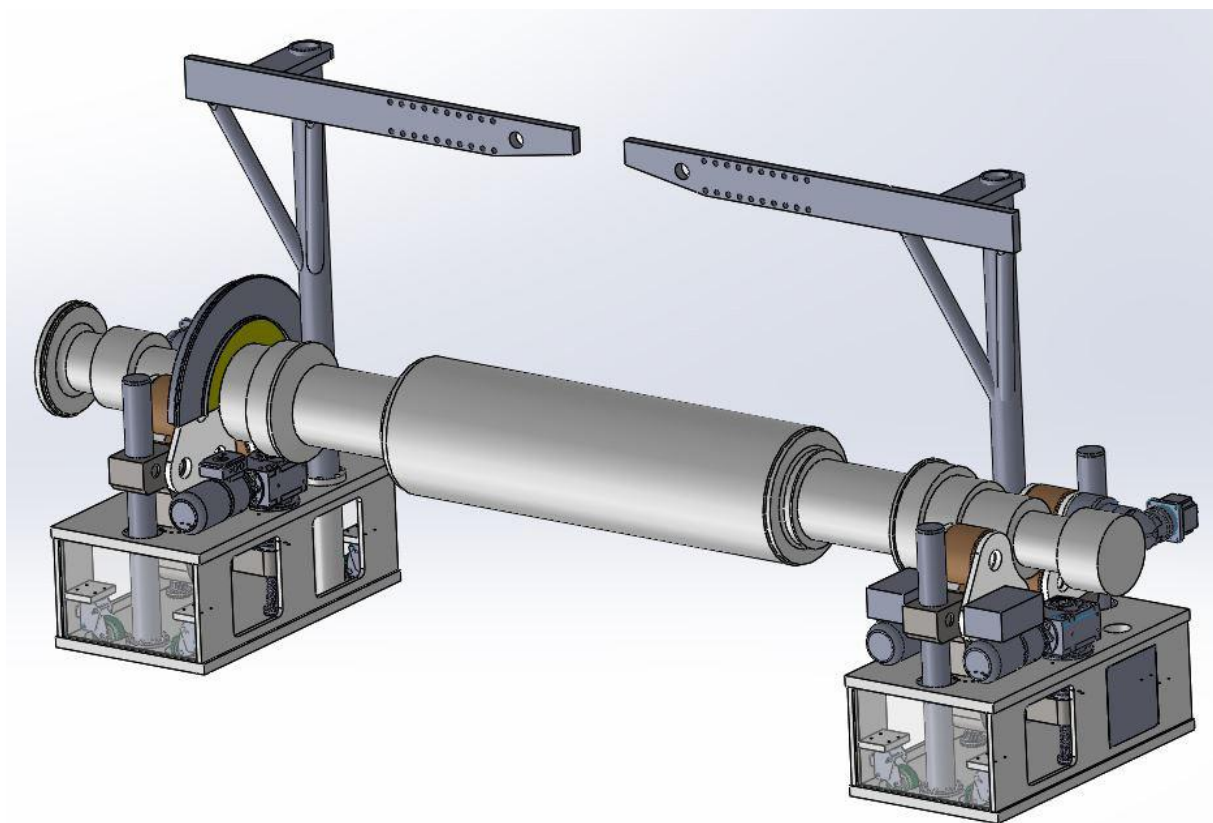
Pro vytvoření prvotního návrhu optimalizace pracoviště bylo osloveno několik externích společností - Marston-CZ s.r.o.; LMT s.r.o.; Pilsen Tools s.r.o.; Unit Plus s.r.o. Výrobním podnikům byly předány informace o veškerých požadavcích na zlepšení pracoviště pájení.

4.1 Návrh č. 1 – Nabídka společnosti Marston-CZ s.r.o.

V srpnu roku 2015 byla navázána spolupráce se společností Marston-CZ s.r.o., zabývající se výrobou strojů. S tímto podnikem má společnost BRUSH SEM s.r.o. pozitivní zkušenosti s výrobou dalších zařízení (např. plošina pro montáž).

4.1.1 Pájecí konstrukce s natáčecím zařízením rotorů

Na základě veškerých požadavků vytvořila společnost Marston-CZ s.r.o. nabídku s podrobným popisem. Grafický návrh pájecí konstrukce s natáčecím zařízením rotorů turbogenerátorů je zobrazen na obr. 129 a doplněn výkresem v příloze číslo 3.



Obr. 129 Pájecí konstrukce s natáčecím zařízením rotorů [28]

Zařízení se skládá ze dvou samostatných stojanů, které jsou volně posuvné na odpružených neotočných a nebrzděných pojezdových kolech. Osazení odpruženými pojezdovými koly je z důvodu nerovnosti podlahy v pracovišti. [28]

Pohon rolen je zajištěn planetovou převodovkou s asynchronním motorem, měničem frekvence a enkodérem, v provedení Master-Slave. Pohon je přímo na kontaktní rolně. [28]

Před natočením rotoru je nutné rotor mírně přizvednout. Pohon zdvihu zajišťují dva kulíčkové šrouby, které synchronně zvedají křížový unašeč. Na unašeči jsou uloženy rolny. Unašeč je veden kluzně na vodících chromových tyčích. Pohon je proveden pomocí dvou kuželočelních převodovek s asynchronním brzdovým motorem, měničem a encoderem. Axiální síla je zachycena ložisky v patě stojanu. Ustavená výška je zajištěna mechanickou aretací. Rychlost zvedání rotoru je 3 mm/s. [28]

Příslušenstvím je konstrukce pro pájení vinutí – tj. manuálně otočný sloup s mechanickou aretací. Ochranný kryt proti okujím – kartáčová lišta – sklopná manuálně pro založení nového rotoru. Osově posunutí rotoru – čelo rotoru je v místě uložení na rolnách sledováno senzorem. Pokud nastane přiblížení čela na nedovolenou hodnotu, proběhne akustická signalizace a následně stop pracovního cyklu. [28]

Bezpečnost je zajištěna okruhem bezpečnostních světelných závor, které jsou aktivovány vždy v případě manipulace. [28]

Každý stojan je vybaven samostatnou elektroinstalací. Pro společnou funkci jsou stojany současně propojeny. Elektroinstalace jsou uloženy v patách stojanů. Ovládací panel je mobilní a připojuje se kabelem k libovolnému stojanu. Po aktivaci ovládání jsou zapnuty světelné závory. Po předběžném ustavení stojanů v poloze i výšce je rotor založen do rolen. Následuje výškové vyrovnání osy rotoru pomocí zvoleného stojanu a potvrdí se jako základní kalibrovaná výška. Natočení rotoru provede obsluha a polohu potvrdí kalibrací. Od této polohy dále volí smysl a úhlové otočení rotoru. [28]

Cena výroby a dodání jednoho pájecího zařízení byla společností Marston-CZ s.r.o. vyčíslena na 642.500,- CZK. Pro osazení pracovního stanoviště jsou potřeba 2 ks zařízení – z každé strany rotoru jedno zařízení (viz obr. 129). Částka pro osazení pracoviště dvěma pájecími konstrukcemi je vypočtena na 1.285.000,- CZK (viz tab. 6).

Tab. 6 Cena pájecí konstrukce s natáčecím zařízením rotorů [28]

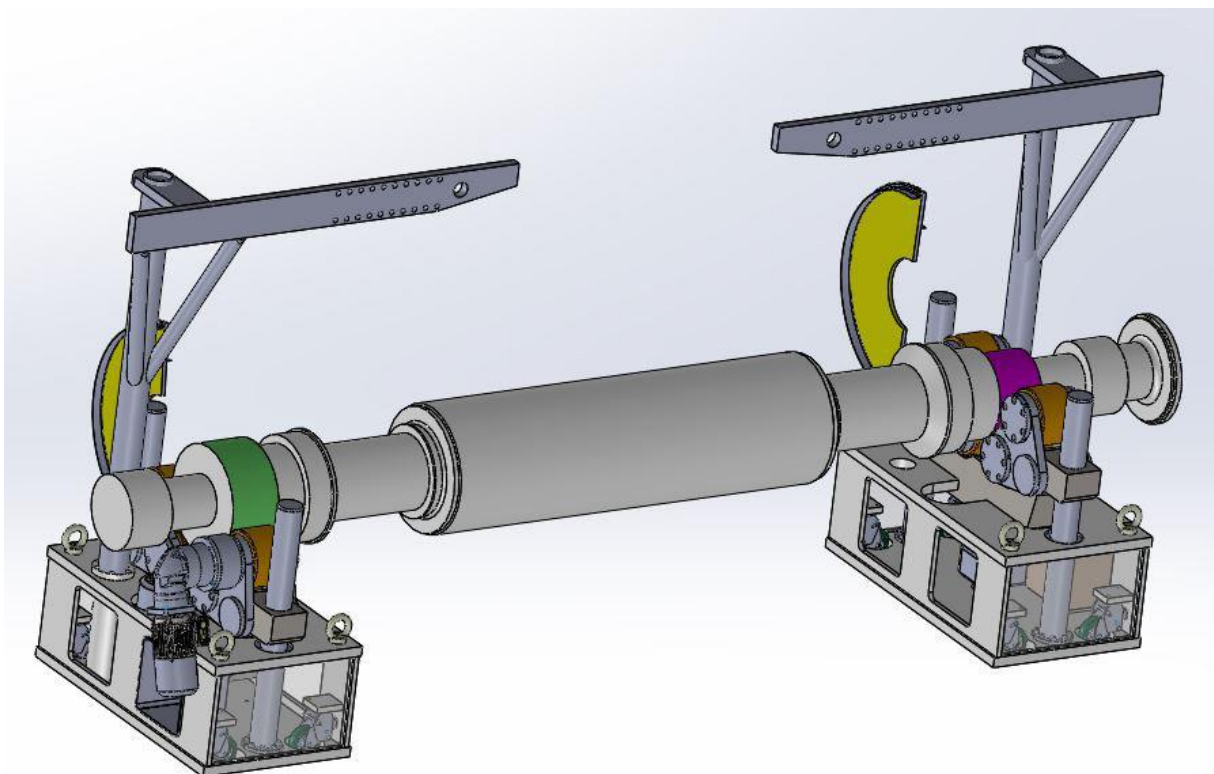
| | | 1 ks zařízení | 2 ks zařízení (1 pracoviště) |
|--|--------------|---------------|---------------------------------|
| Cena pájecí konstrukce s natáčením rotorů | [CZK] | 642.500,- | 1.285.000,- |

4.1.2 Úprava natáčecího zařízení rotorů

Po konzultaci s manažery a technologi společnosti BRUSH SEM s.r.o. vytvořila společnost Marston-CZ s.r.o. v září roku 2015 upravenou nabídku na optimalizaci pájecího stanoviště a nabídla levnější variantu zařízení. Zjednodušené řešení vzniklo úpravou pohonu zdvihu natáčecího zařízení rotorů.

Pohon zdvihu je po úpravě prvního návrhu řešen způsobem jednoho středového kuličkového šroubu s pohonem na každém stojanu. Středový šroub zvedá unašeč, na kterém jsou otočně uloženy rolny. Unašeč je opět veden kluzně na vodicích chromových tyčích. Pohon je řešen čelními převodovkami s asynchronním brzdovým motorem, měničem a encoderem, jako v původním návrhu číslo 1. Axiální síla je zachycena ložisky v patě stojanu, stejně jako v první variantě. Upravena byla rychlost zvedání rotoru, jejíž hodnota byla snížena na 1 mm/s . [28]

Upravená varianta pájecích konstrukcí s natáčecím zařízením rotorů turbogenerátorů je zobrazena na obr. 130.



Obr. 130 Pájecí konstrukce s natáčecím zařízením rotorů – úprava pohonu zdvihu [28]

Cena jednoho zařízení byla externí společností vyčíslena na částku 308.500,- CZK. Zjednodušením řešení pohonů došlo ke snížení pořizovací ceny jednoho pájecího pracoviště (2 ks zařízení) o 668.000,- CZK. Finanční částka upraveného návrhu č. 1 je zobrazena v tabulce č. 7.

Tab. 7 Cena pájecí konstrukce s natáčecím zařízením rotorů – úprava pohonu zdvihu [28]

| | | 1 ks zařízení | 2 ks zařízení (1 pracoviště) |
|--|--------------|---------------|---------------------------------|
| Cena pájecí konstrukce s natáčením rotoru | [CZK] | 308.500,- | 617.000,- |

K výše uvedeným konstrukcím (viz obr. 129 a obr. 130) bude připojeno svářecí zařízení, včetně stávajícího pneumatického válce. Pist s pájecí hlavou pro navíjení rotorového vinutí bude nasunut na horní pájecí rameno a zajištěn kolíkem v jednom z otvorů v rameni. Optimalizované zařízení bude poté připravené pro samotné svařování měděných vodičů.

Obě nabídky společnosti Marston-CZ s.r.o. jsou reálně použitelné v praxi pro navíjení rotorů. Navrhovaná zařízení nejsou časově náročná z hlediska vlastní montáže a není nutné zasahovat do rotoru obráběcími operacemi pro jejich připevnění. Uvedené návrhy tak odstraňují veškeré nevýhody pájení rotorů konstrukcemi současného stavu a splňují tak počáteční požadavky na optimalizaci pracoviště. Velkou výhodou je implementace systému natáčení rotoru do zařízení pro pájení rotorového vinutí. Použitím tohoto návrhu ve výrobě by došlo ke značné finanční úspoře jeřábové manipulace, která slouží v současném stavu pro natáčení rotorů. Jedinou nevýhodou nabízených zařízení je poměrně vysoká pořizovací cena.

Pro osazení třech celých pájecích stanovišť upravenou levnější variantou návrhu č. 1 by pořizovací náklady optimalizace vzrostly na částku 1.851.000,- CZK⁶. Pořizovací náklady investice jsou vyšší, než předpokládané náklady vynaložené na optimalizaci pracoviště navíjení rotorů. Jedná se zatím o první nabídku a společnost BRUSH SEM s.r.o. se tak rozhodla nejprve porovnat dosavadní návrhy s ostatními nabídkami poptávaných externích společností. Vývoj optimalizovaného zařízení dále pokračuje nabídkou č. 2 od externí společnost LMT s.r.o. (viz kapitola 4.2).

⁶ Cena 1 pracoviště (2 ks zařízení) = 617.000,- CZK. Cena 3 pracovišť (6 ks zařízení) = 1.851.000,- CZK.

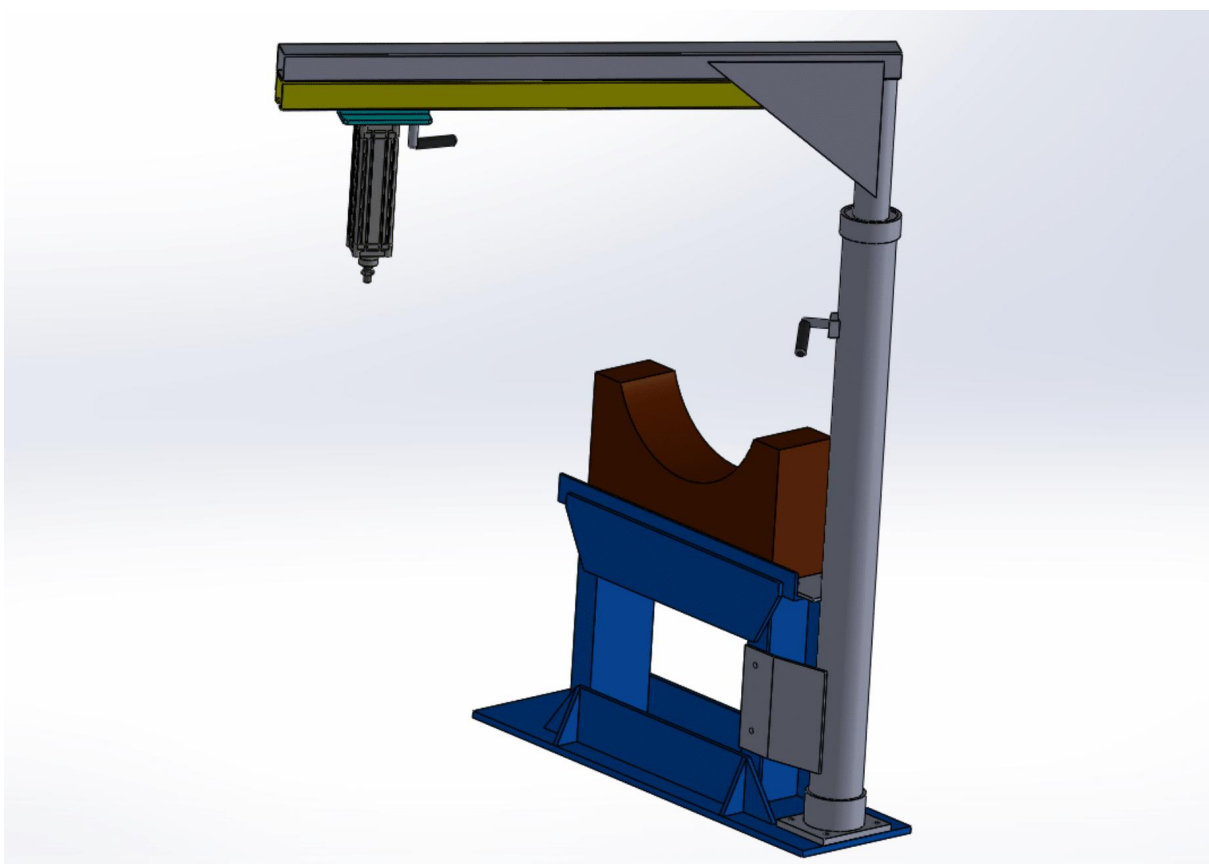
4.2 Návrh č. 2 – Nabídka společnosti LMT s.r.o.

Během vývoje zařízení od společnosti Marston-CZ s.r.o. přišla v měsíci srpnu 2015 s nabídkou na optimalizaci pracoviště další poptaná společnost a to podnik LMT s.r.o. Tato společnost se zabývá výrobou strojů a zařízení.

Cílem vývoje bylo opět vytvořit pájecí zařízení, které bude efektivně odpovídat vstupním počátečním požadavkům na optimalizaci, s co nejnižšími náklady na výrobu nových zařízení. Společnost LMT s.r.o. vytvořila nabídku otočné pájecí konstrukce (viz kapitola 4.2.1) s odděleným přípravkem pro natáčení rotorů (viz kapitola 4.2.2).

4.2.1 Pájecí konstrukce s otočným ramenem

Tato kapitola bude věnována druhému návrhu pájecích konstrukcí v optimalizaci pracoviště Navíjení rotorového vinutí. Externí společnost LMT s.r.o. vytvořila nabídku dodání otočného ramene pro pájení vodičů, jejíž grafický návrh je zobrazen na obr. 131 a doplněn přílohou č. 4.



Obr. 131 Pájecí konstrukce s otočným ramenem – návrh č. 2 [29]

Požadavkem na vývoj konstrukcí od společností LMT s.r.o. bylo snížení pořizovacích nákladů nových pájecích zařízení na minimum. Z tohoto důvodu byla snaha společnosti použít co nejvíce prvků z konstrukcí současného stavu, které bylo možné využít pro optimalizované konstrukce. Zachován byl způsob usazení rotoru na stávajících nosných stojanech. Stojany modré barvy jsou zobrazeny na obr. 131 a doplněny výkresem v příloze č. 5.

K výše zobrazeným stávajícím nosným stojanům je připevněno otočné rameno pomocí šroubů. Otočná část ramene s možností zajištění polohy je uložena na dvojici kuželíkových ložiscích dole a kuličkovém ložisku nahoře. V rameni je vozík pneumatického pístu s osmi ložisky a možností aretace. Zajištění polohy pístu je možné v jakékoliv pozici. Pájecí rameno je dimenzováno na použití stávajících pneumatických válců o průměru 100 mm. Otočné rameno je natočeno mimo osu rotoru vždy při jeřábovém vkládání rotoru do nosných stojanů a při opouštění rotoru stanoviště pájení. Celá konstrukce je povrchově upravena žárovým zinkem. [29]

Cena jedné konstrukce pro pájení rotorů je společností LMT s.r.o. vyčíslena na celkových 127.000,- CZK. Rozpis ceny je zobrazen v tab. 8.

Tab. 8 Rozpis cenové nabídky 1 otočné pájecí konstrukce – návrh č. 2 společnosti LMT s.r.o. [29]

| | | |
|--|--------------|------------------|
| Mechanický materiál | [CZK] | 29.500,- |
| Výroba, vývoj | [CZK] | 95.000,- |
| Doprava | [CZK] | 2.500,- |
| Cena 1 ks pájecí konstrukce s otočným ramenem | [CZK] | 127.000,- |

Pro osazení jednoho pracovního stanoviště navíjení rotorového vinutí otočnými konstrukcemi bez možnosti natáčení rotorů jsou pořizovací náklady ve výši 254.000,- CZK (viz tab. 9).

Tab. 9 Cena pájecího zařízení – nabídka č. 2 společnosti LMT s.r.o. [29]

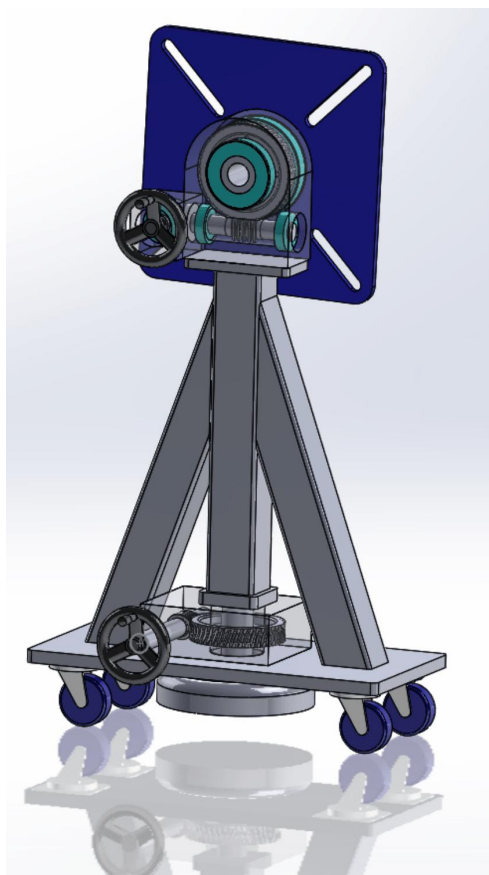
| | | 1 ks zařízení | 2 ks zařízení (1 pracoviště) |
|---|--------------|---------------|---------------------------------|
| Cena pájecí konstrukce s otočným ramenem | [CZK] | 127.000,- | 254.000,- |

Uvedený návrh č. 2 společnosti LMT s.r.o. eliminuje veškeré nevýhody současného stavu. Konstrukce je připevněna ke stávajícímu nosnému stojanu a nevyžaduje nákladnou montáž do těla rotoru. Rotorem může být natáčeno v jeho ose nezávisle na optimalizovaných konstrukcích.

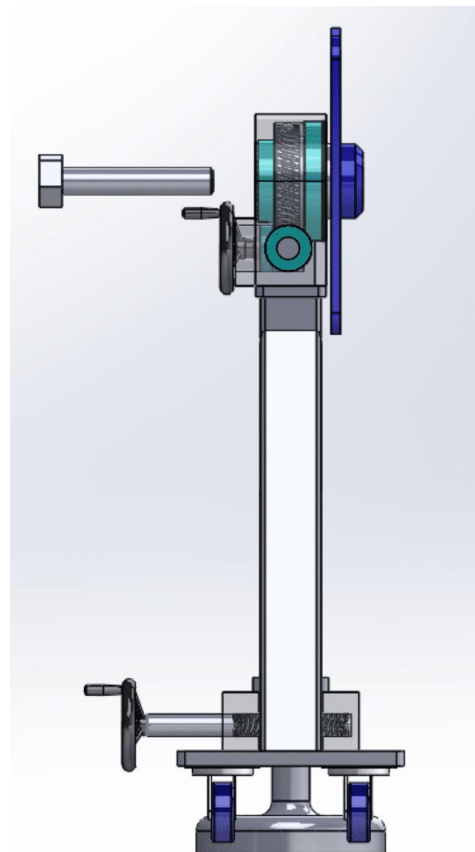
Hlavním rozdílem návrhu č. 2 společnosti LMT s.r.o., oproti návrhu č. 1 společnosti Marston-CZ s.r.o., je vývoj pájecí konstrukce bez elektrického natáčení rotoru pomocí pohonu. Odstraněním nákladného systému pohonného natáčení dle návrhu č. 1 je výrazně snížena pořizovací cena otočných pájecích zařízení. Při použití otočných pájecích zařízení je natáčení rotoru umožněno pomocí speciálního navrženého přípravku, kterému bude věnována následující kapitola 4.2.2.

4.2.2 Přípravek pro natáčení rotorů

Společnost LMT s.r.o. vyvinula způsob, který umožňuje natáčení rotorů bez nutnosti používání nevhodné jeřábové manipulace. Návrhem je přípravek, který není přímo spojen s pájecím zařízením. Přípravek pro natáčení rotorů je zobrazen na obr. 132 a obr. 133.



Obr. 132 Přípravek pro natáčení rotorů [29]



Obr. 133 Přípravek pro natáčení rotorů [29]

Natáčecí zařízení je připevněno k čelu rotoru ze strany turbíny. Montáž zařízení k rotoru je zajištěna středovým čepem o průměru 100 mm, středovým šroubem $M36 \times 200$ a čtveřicí šroubů po obvodu příruby. Zařízení obsahuje dvě šnekové převodovky. Dolní převodovka sestává z trapézového šroubu, kterým lze vyšroubovat patku a zapřít ji o zem. Dolní převodovkou je rotor na jedné straně lehce přizvednut a tím se odlehčí z nosných stojanů. Horní převodovka má úhlový převod pro vyústění dozadu. Pomocí horní převodovky je následně rotorem natočeno o 180° v jeho ose. Přípravek je osazen čtyřmi pojezdovými otočnými koly. Konstrukce zařízení je povrchově upravena žárovým zinkem. [29]

Pořizovací náklady natáčecího zařízení rotorů jsou společností LMT s.r.o. vyčísleny na částku 147.300,- CZK. V tabulce č. 10 je zobrazen rozpis ceny přípravku.

Tab. 10 Rozpis cenové nabídky natáčecího zařízení rotorů – návrh č. 2 společnosti LMT s.r.o. [29]

| | | |
|--|--------------|------------------|
| Mechanický materiál | [CZK] | 39.800,- |
| Výroba, vývoj | [CZK] | 105.000,- |
| Doprava | [CZK] | 2.500,- |
| Cena 1 ks přípravku pro natáčení rotorů | [CZK] | 147.300,- |

Pro jedno pájecí stanoviště postačuje jeden přípravek pro natáčení rotorů. Celkové pořizovací náklady, pro osazení jednoho pájecího pracoviště dvěma otočnými pájecími konstrukcemi a jedním přípravkem pro natáčení rotorů, jsou vyčísleny na částku 401.300,- CZK (viz tab. 11).

Tab. 11 Celkové náklady osazení pájecího stanoviště dle nabídky č. 2 společnosti LMT s.r.o. [29]

| | | |
|-------------------------------------|--------------|------------------|
| Otočná pájecí konstrukce (2 ks) | [CZK] | 254.000,- |
| Natáčecí zařízení rotorů (1 ks) | [CZK] | 147.300,- |
| Náklady osazení 1 pracoviště | [CZK] | 401.300,- |

Vývojem návrhu č. 2 společnosti LMT s.r.o. došlo ke snížení pořizovacích nákladů na osazení jednoho celého pracoviště, v porovnání s levnější variantou nabídky č. 1 od společnosti Marston-CZ s.r.o., o 215.700,- CZK. Uvedené náklady osazení jednoho

pracoviště dle nabídky č. 2 jsou nižší z důvodu jednoduššího typu zařízení pro natáčení rotorů v jejich ose.

Pořizovací náklady nabídky č. 2 společnosti LMT s.r.o., pro osazení jednoho pracoviště pájecími konstrukcemi s natáčecím zařízením rotorů, jsou stále poměrně vysoké a převyšují předpokládanou částku nákladů vynaloženou na optimalizaci pracoviště.

Procesní zlepšení pracoviště z důvodu vysokých nákladů pokračuje dále interním vývojem modelů dalších typů konstrukcí. Vyvíjení návrhů se bude dále věnovat oddělení Trvalého zlepšování procesů společnosti BRUSH SEM s.r.o.

4.3 Návrh č. 3; 4; 5 – Interní vývoj pájecí konstrukce

Z důvodu vysokých pořizovacích nákladů nabídek společností Marston-CZ s.r.o. a LMT s.r.o. pokračoval vývoj optimalizace dále. V měsíci únoru roku 2016 se na optimalizaci pracoviště podrobně zaměřilo oddělení Trvalého zlepšování procesů společnosti BRUSH SEM s.r.o.

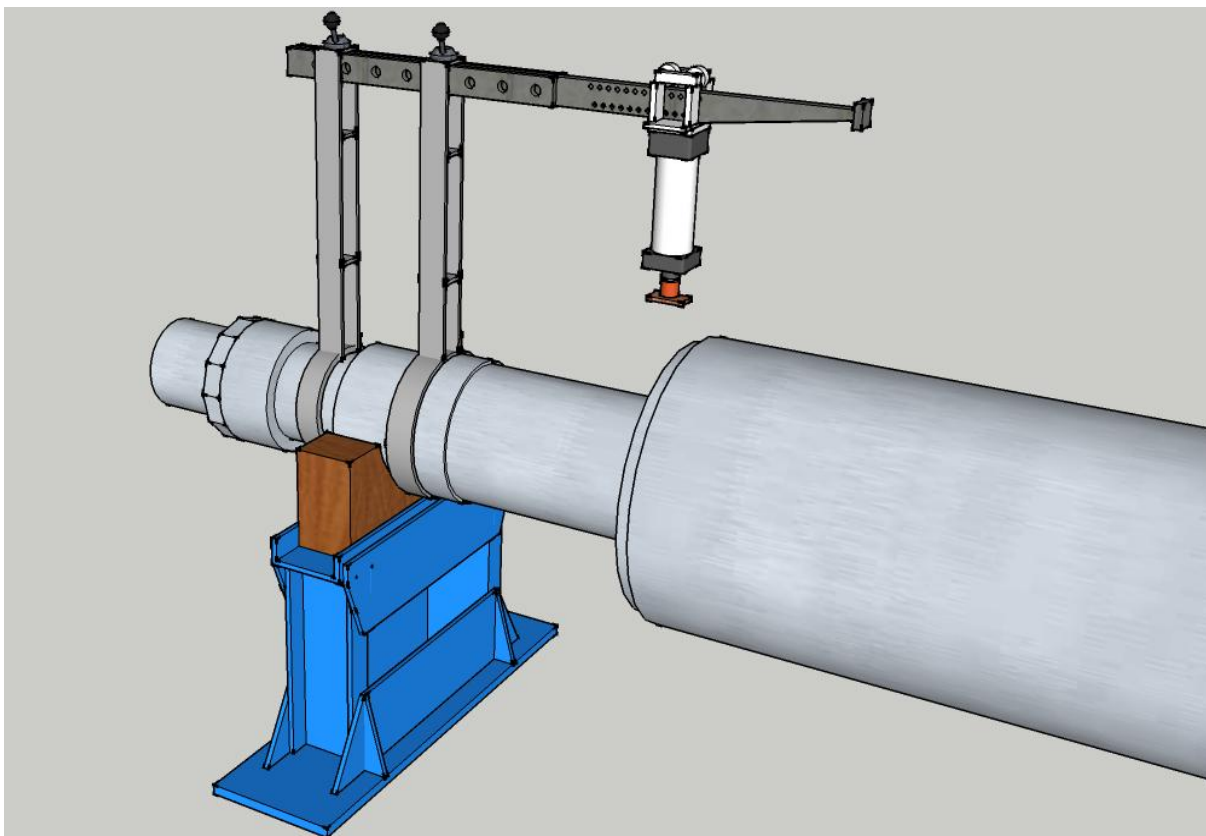
Pracovníci oddělení Trvalého zlepšování detailně monitorovali proces pájení rotorového vinutí a následně vytvořili několik modelů pájecích konstrukcí. Vytvořené návrhy modelů budou představeny v této kapitole 4.3.

Interní navrhování modelů konstrukcí umožňovalo operativní komunikaci na vývoji s pracovištěm Navíjení rotorového vinutí. V případě potřeby mohlo dojít k okamžitému provedení úpravy modelu. Cílem vývoje bylo vytvořit návrh pájecího zařízení, který odstraňuje nevýhody konstrukcí současného stavu a jehož výroba bude ideálně s co nejnižšími pořizovacími náklady.

Konkrétním cílem výše nákladů bylo snížit částku za optimalizaci jednoho pracovního stanoviště o 75 % oproti poslednímu návrhu společnosti LMT s.r.o. (viz kapitola 4.2). Společnost LMT s.r.o. nabídla optimalizaci jednoho pracoviště za 401.300,- CZK (viz tab. 11). Cílem oddělení Trvalého zlepšování procesů bylo vytvořit návrh konstrukce s pořizovacími náklady jednoho pájecího stanoviště do 100.000,- CZK.

4.3.1 Návrh č. 3 – Obvodová pájecí konstrukce

Návrhem č. 3 je model obvodové pájecí konstrukce (viz obr. 134). Model obvodové konstrukce je vytvořen pomocí 3D software Google Sketchup.



Obr. 134 Obvodová pájecí konstrukce – návrh č. 3

Vertikální stojny mají ve své spodní části obepínacího mechanismu kovový pant. Obvodová konstrukce je na rotor nasazena za použití jeřábu, protikusy mechanismu jsou spojeny a zajištěny pomocí šroubů.

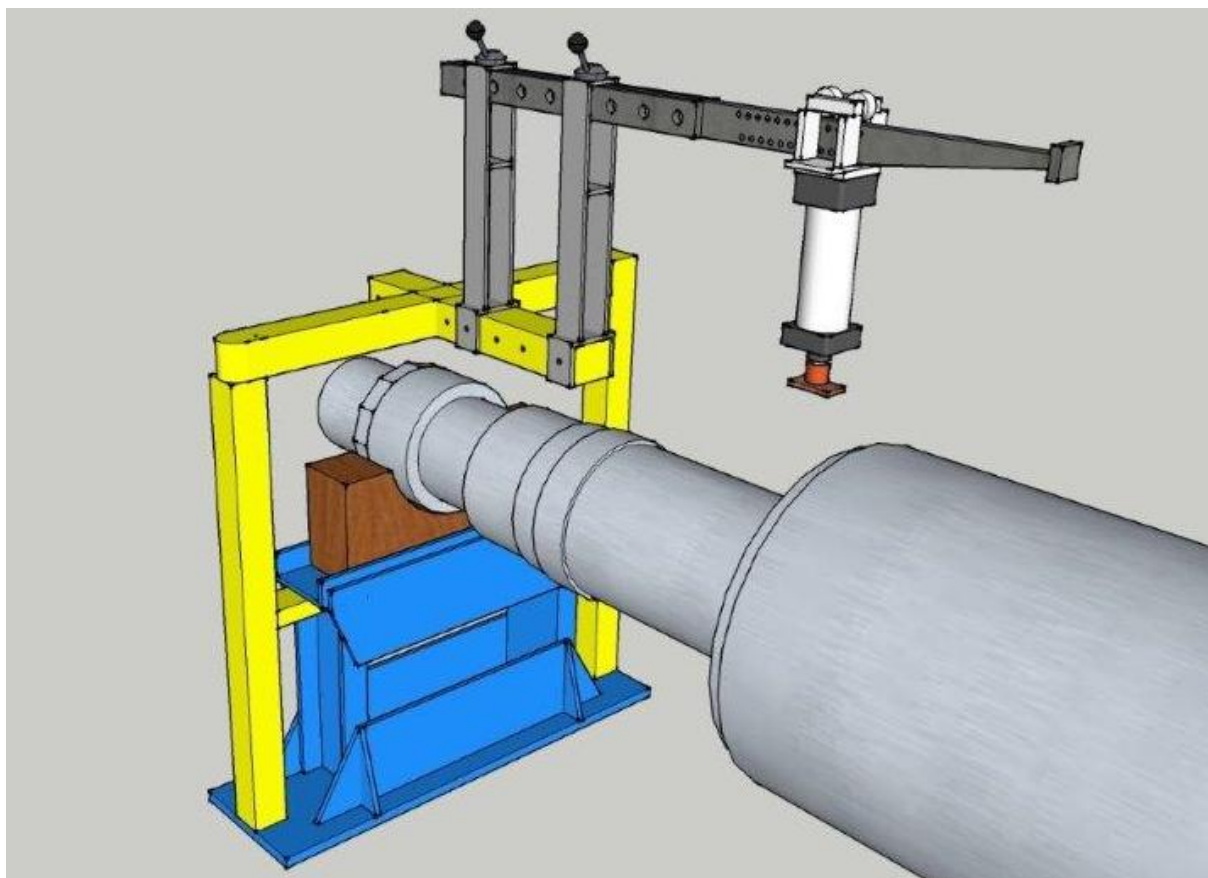
Jedná se o způsob připevnění konstrukce k tělu rotoru, který odstraňuje nákladné vrtání závitů do rotoru pro uchycení konstrukcí současného stavu. Další značnou výhodou obvodové konstrukce je použití stávajícího pájecího ramene a vertikálních stojen ze současných konstrukcí. Vertikální stojny je nutné nejprve upravit a to konkrétně jejich úchyťový mechanismus spodní části. Úchyťovým mechanismem je po úpravě obepínáno tělo rotoru. Pájecí rameno a vertikální stojny jsou, jak je známo ze současných konstrukcí, velmi pevné a odolné vysokému působícímu tlaku pístu na spoj během pájení.

Pořizovací náklady výroby konstrukcí jsou tímto návrhem, používajícím prvky současného stavu, sníženy na minimum. Nízké pořizovací náklady jsou největší výhodou tohoto konceptu. Náklady se týkají pouze úpravy vertikálních stojen.

Přestože byly pořizovací náklady vyvíjené pájecí konstrukce sníženy na minimum, nelze tento návrh použít v praxi. Značnou nevýhodou obvodové konstrukce je její nezbytná jeřábová montáž a demontáž při natáčení rotoru o 180°. Montáž a demontáž konstrukce je značně časově náročná, což by přinášelo další náklady při používání konstrukcí. Z důvodu této nevýhody se od námětu ustoupilo a vývoj pokračoval návrhem modelu č. 4 (viz kapitola 4.3.2).

4.3.2 Návrh č. 4 – Hrazdová pájecí konstrukce

Vývojem návrhu č. 3 bylo zjištěno a znovu potvrzeno, že optimalizovaná konstrukce musí být nezávislá na natáčení rotoru a nesmí být k tělu rotoru připevněna. Následně byl namodelován návrh č. 4, označovaný jako hrazdová pájecí konstrukce (viz obr. 135).



Obr. 135 Hrazdová pájecí konstrukce – návrh č. 4

Návrhem č. 4 byly eliminovány veškeré výše uvedené nevýhody současného stavu. Výroba poměrně jednoduchého modelu splňovala i požadavky na výši nákladů osazení pracoviště konstrukcemi do částky 100.000,- CZK. K nízkým pořizovacím nákladům přispělo usazení rotoru do stávajících nosných stojanů a také použití pájecího ramene a vertikálních stojen ze současných pájecích konstrukcí. Vertikální stojny je nejprve nutné upravit a to v jejich spodní části připevnění ke konstrukci, aby bylo možné jejich použití pro hrazdový typ konstrukce.

Hrazdová pájecí konstrukce je připevněna ke stávajícímu nosnému stojanu rotoru a skládá se ze dvou vertikálních uzavřených ocelových profilů a dvou horizontálních uzavřených ocelových profilů. V horizontálním profilu, který je rovnoběžný s osou rotoru, jsou vyvrtány závitové pro šroubové připevnění vertikálních stojen současných konstrukcí. Druhý horizontální profil, kolmý k ose rotoru, je pohyblivý ve vodorovném směru na otočném čepu v jednom z vertikálních profilů. Otočné rameno je vyklopeno proti směru hodinových ručiček při jeřábovém usazení rotoru do nosných stojanů a při opouštění rotoru pájecí stanoviště. Druhý vertikální ocelový profil má ve své horní části zajišťovací mechanismus pro otočné rameno s horizontálními profily.

Návrh modelu se dle podkladů jevil jako použitelný v praxi pro pájení rotorového vinutí. Aby mohly být simulovány reálné podmínky přímo na pracovišti, bylo v červnu roku 2016 přistoupeno k výrobě prototypu železné hrazdové konstrukce (viz obr. 136 a obr. 137).



Obr. 136 Hrazdová pájecí konstrukce



Obr. 137 Hrazdová pájecí konstrukce

System pro připevnění vertikálních stojen byl pro zjednodušení upraven. Vertikální stojna byla k prototypu konstrukce připevněna čtyřmi šrouby do vyvrtaných závitů v desce horizontálního uzavřeného ocelového profilu. Jelikož se jednalo o prototyp, konstrukce nebyla nijak povrchově upravena. Výroba byla předána dodavateli JTK Metal s.r.o., se kterým má společnost BRUSH SEM s.r.o. dlouhodobě dobré zkušenosti s výrobou různých typů konstrukcí na zakázku. Společnost JTK Metal s.r.o. se zaměřuje na kovovýrobu, svářečství a zámečnictví.

Při testování prototypu konstrukce byla na pracoviště Navijárny rotorového vinutí dne 28. června 2016 svolána porada managerem oddělením Trvalého zlepšování procesů s vedoucím mistrem pracoviště, pomocným mistrem a pracovníky navíjení rotorů aktuální ranní směny. Návrh pájecí konstrukce byl diskutován metodou Brainstormingu a k vyrobenému prototypu vznikly určité připomínky. Konstrukce zatím nebyla testována pro samotné svařování měděných vodičů.

Metoda Brainstormingu, v překladu „mozková bouře“, se zaměřuje na získávání co nejvíce nápadů na dané téma skupinou osob. Účastníci metody jednotlivě navrhnou logické i kreativní nápady, které jsou zaznamenávány zapisovatelem. Předpokladem Brainstormingu je myšlenka, že lidé ve skupině vymyslí více nápadů, než jednotlivě. Ideální je počet čtyř až osmi osob. [30]

Připomínky k modelovému typu železné konstrukce se týkaly možného vyvrácení horizontálních profilů z otočného čepu při natočení pájecího ramene s vertikálními stojnami. Pro tento problém bylo navrženo řešení – vytvoření otočné části vertikálního profilu doplněné ložiskem a vzpěrou do spojnice mezi ocelové profily. Nevýhodou opatření je možnost snadného znečištění ložiska zanesením kovových pilin do jeho mechanismu. Piliny na pracovišti vznikají manuálním začišťováním svařeného spoje.

Další poznámkou porady bylo vyrobení konstrukce z profilů o příliš slabé tloušťce stěny. Konstrukce by mohla být, při tlaku pístu na spoj, pružná a mohlo by dojít k jejímu ohýbání. Řešením bylo použití železných profilů o tloušťce stěny 4 mm. Návrhem bylo také vytvoření šikmých náběhů v zajišťovacím mechanismu vertikálního profilu pro snazší nasunutí a následnou aretaci otočného ramene.

Další připomínka k hrazdové pájecí konstrukci se týkala umístění horizontálního profilu připevňujícího vertikální stojny s pájecím ramenem. Část horizontálního profilu zasahovala do pracovního prostoru a mohlo by dojít ke vzniku zranění pracovníka při úkonu tvarování cívek palicí nebo zčišťování sváru pilníkem. Navrhovaným řešením bylo prodloužení vertikálních profilů a tím zvýšení otočného ramene nad úroveň pracovního prostoru. Tímto krokem by bylo eliminováno možné riziko zranění pracovníka o vysunutý horizontální profil. O stejnou délku prodloužení vertikálních profilů by bylo nutné zkrátit vertikální stojny, použité z konstrukcí současného stavu. Důvodem zachování dané vzdálenosti pájecího ramene vzhledem k rotoru je délka zdvihu pístu s pájecí hlavou.

Hrazdová konstrukce bude s nosným stojanem finálně spojena svařením. Připevnění bude v místě dotyku vertikálních profilů s horizontální deskou stojanu a s boční hranou stojanu. Spojení konstrukce s podstavcem bude zajištěné velmi pevně a stabilně.

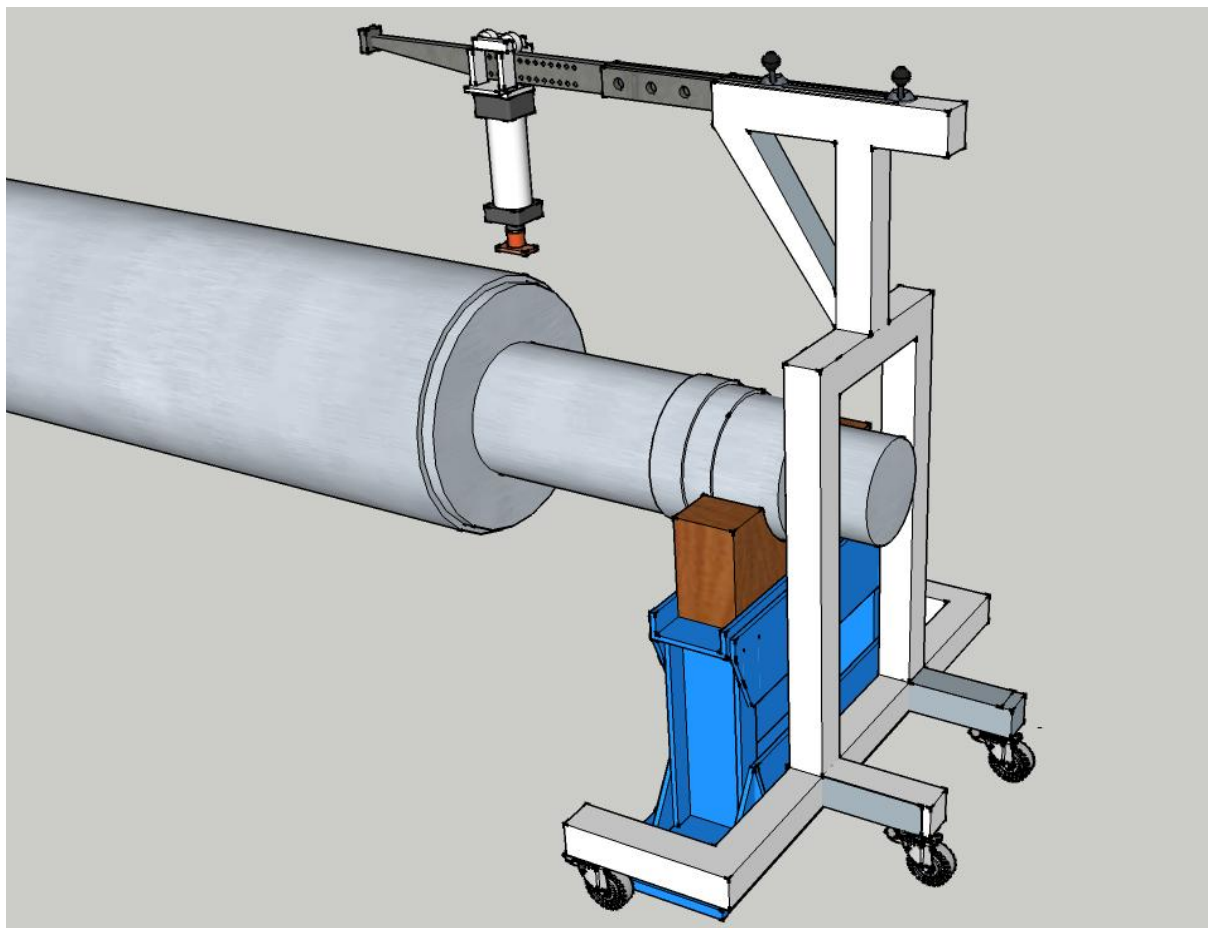
Navrhovaný model č. 4 neobsahoval implementované zařízení pro natáčení rotorů, což bylo jednou z nevýhod tohoto typu. Prioritními požadavky na optimalizaci bylo odstranění vrtání závitů do rotoru a eliminování časté montáže a demontáže konstrukce při natáčení rotoru. Tyto přednostní požadavky byly návrhem č. 4 splněny. Odstranění natáčení rotorů pomocí jeřábu je možné pořízením pojízdného přípravku pro natáčení rotorů dle nabídky č. 2 od společnosti LMT s.r.o.

Otočné pohyblivé rameno konstrukce, osazené vertikálními stojnami s pájecím ramenem, by za určitou dobu používání mohlo vytvořit pohybovou vůli v důsledku vysoké hmotnosti připevněných prvků. Při vzniku vůle by docházelo k obtížnému nasazení ramene do náběhu zajišťovacího mechanismu vertikálního profilu. V důsledku používání by mohla být vůle v otočném systému postupně zvětšována. Z tohoto důvodu by bylo vhodné veškeré pohyblivé části konstrukce eliminovat, konkrétně tak otočnou část ramene.

Tímto postupným vývojem došli pracovníci oddělení Trvalého zlepšování k nápadu vytvoření konstrukce osazené pojezdovými koly, která nebude mít pohyblivé mechanické části. Tímto řešením by byl eliminován vznik nežádoucích pohybových vůlí. Následující kapitola bude věnována návrhu modelu č. 5 nazývanému pojízdná pájecí konstrukce.

4.3.3 Návrh č. 5 – Pojízdná pájecí konstrukce

V této kapitole bude představena varianta pojízdného pájecího zařízení. Tento způsob řešení se již nejvíce přibližuje výsledné optimalizované verzi konstrukce pro pájení rotorového vinutí. Grafický model návrhu č. 5 je zobrazen na obr. 138.



Obr. 138 Pojízdná pájecí konstrukce – návrh č. 5

Na optimalizaci bylo kontinuálně spolupracováno se všemi pracovníky Navijárny rotorového vinutí, jejichž poznatky velmi přispěly k vývoji uvedeného modelu na obr. 138. Vývoj konstrukce byl také konzultován se společností JTK Metal s.r.o., která již měla na starosti výrobu předchozího prototypu.

Stejně jako v minulém návrhu byla ponechána jednoduchost konstrukce tvořená svařenými železnými profily. V tomto návrhu došlo k eliminování nevýhod hrazdového typu konstrukce a současně byly ponechány veškeré výhody z předchozího modelu.

Výhodami bylo použití co nejvíce prvků ze stávajících konstrukcí současného stavu. Rotor byl usazen do stávajícího nosného stojanu, ke kterému byla připevněna konstrukce. Bylo využito pájecí rameno ze současné konstrukce, které bylo zajištěno v optimalizovaném modelu.

V návrhu č. 5 došlo k odstranění mechanického pohyblivého ramene, které je podepřeno vzpěrou ve spojnici mezi kolmými profily. Tělo pájecí konstrukce bylo modelováno z železných silnostěnných profilů o tloušťce stěny 4 mm. Pracovní prostor je volný bez možného rizika vzniku pracovního úrazu o část konstrukce. Celá konstrukce byla osazena pojezdovými otočnými koly.

Odstraněním nevýhod předchozího modelu hrazdové konstrukce se již vývoj blížil k podobě reálně použitelné v praxi. Z tohoto důvodu bylo v srpnu roku 2016 rozhodnuto o výrobě prototypu pojízdné pájecí konstrukce (viz obr. 139 a obr. 140). Prototyp konstrukce byl vyroben bez povrchové úpravy barvou. Výrobu zařízení měla na starost společnost JTK Metal s.r.o. Prototyp byl dodán do společnosti BRUSH SEM s.r.o. na pracoviště oddělení Trvalého zlepšování procesů dne 11. srpna 2016.



Obr. 139 Prototyp pojízdné konstrukce



Obr. 140 Prototyp pojízdné konstrukce

Prototyp pojízdné pájecí konstrukce byl oproti nakreslenému 3D modelu zobrazenému na obr. 138 pro zjednodušení upraven. Došlo k úpravě uchycení pájecího ramene, pro které byl vyroben U-profil. V profilu bylo rameno zajištěno na šroubových závitových tyčích, stejně jako pájecí rameno ve stávajících pájecích konstrukcích. Čela profilů nebyla v prototypu konstrukce zaslepena. Konstrukce, tvořená ocelovými profily, byla svařena pouze bodově.



Obr. 141 Prototyp se svářecím zařízením



Obr. 142 Testování konstrukce tlakem pístu

V pracovišti oddělení Trvalého zlepšování procesů bylo připraveno zkušební stanoviště prototypu konstrukce. Na pracoviště byl přepraven nosný stojan včetně svářecího zařízení s pájecím pístem. Dodaný prototyp konstrukce byl osazen pájecím ramenem a připevněn k nosnému stojanu rychloupínacími svěrkami. Samotně stojící konstrukce měla velmi dobrou stabilitu. Dále došlo k připojení stávajícího svářecího zařízení a pájecího pístu (viz obr. 141). Následně byl model testován na mechanický tlak pájecího pístu na spoj (viz obr. 142). Testování probíhalo z důvodu zjištění pružnosti silnostěnných železných profilů. Přítlačná plocha vodičů byla simulována přidáním dřevěným trámem. Protože byly železné profily svařeny u prototypu konstrukce pouze bodově, nebylo možné využít plného používaného tlaku pístu. Při testování bylo zpozorováno pružení železných profilů konstrukce, které bylo jedním z hlavních bodů dalšího vývoje.

Dalším krokem byla montáž systému pro připevnění konstrukce k tělu nosného stojanu. Mechanismus pro uchycení ke stojanu (viz obr. 143 a obr. 144) byl použit ze starších prototypů konstrukcí pro navíjení rotorového vinutí (viz obr. 145 a obr. 146), jejichž interní vývoj nebyl dokončen. Zadržný systém pro připevnění konstrukce k nosnému stojanu se u dříve vyrobených konstrukcí osvědčil.



Obr. 143 Mechanismus připevňující konstrukci



Obr. 144 Mechanismus připevňující konstrukci

Mechanismus připevňující konstrukci k nosníku se skládá z několika silnostěnných profilů. Zajišťující mechanismus konstrukce je nasunut do otvoru nosníku a z druhé strany dotažen šrouby a uchycen profily s vyfrézovanými drážkami pro nasazení (viz obr. 143).



Obr. 145 Starší typ pájecí konstrukce



Obr. 146 Starší typ pájecí konstrukce

Prototyp konstrukce byl představen vedení pracoviště Navíjení rotorového vinutí, které mělo k prototypu určité poznámky. Po konzultaci s oddělením Trvalého zlepšování bylo rozhodnuto o úpravách prototypu týkajících se: přivaření trojúhelníkového profilu pájecího ramene pro posuv pístu až na konec ramene a tím možné pájení 1. cívky rotoru. Další úpravou

prototypu bylo zkrácení horního U profilu pro možný posuv pístu co nejdále z pracovního prostoru a tím zamezení vzniku popálení pracovníka o rozzhavené uhlíky. Při působení vysokého tlaku pístu na spoj je veškerý tlak předáván do zadních pojízdných kol, z tohoto důvodu byl přidán zadní profil, do kterého byly vyvrtány závity pro zajištění opěr konstrukce o zem. Dále došlo ke zkrácení závitových tyčí připevňujících pájecí rameno ke konstrukci. Byla odebrána vzpěra pájecího ramene tvořená profilem, jelikož zabraňovala posuvu pístu co nejdále z pracovního prostoru. Z důvodu vysokého tlaku pístu na pájecí rameno byly přidány vertikální dlouhé zadní profily konstrukce a tím bylo pájecí rameno ze zadní strany podepřeno. Tyto úpravy byly konzultovány se společností JTK Metal s.r.o., která opravy prototypu konstrukce provedla a upravený model (viz obr. 147 a obr. 148) dodala do společnosti dne 22. srpna 2016.



Obr. 147 Prototyp konstrukce po úpravách



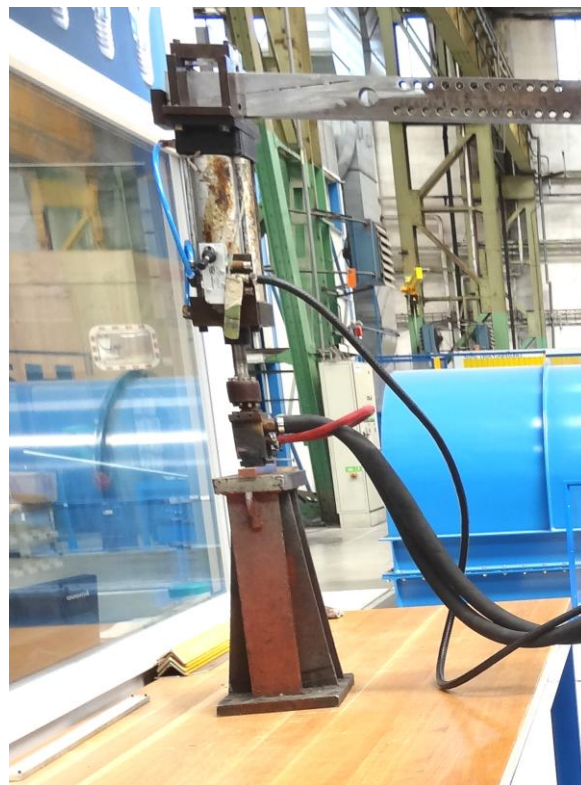
Obr. 148 Prototyp konstrukce po úpravách

Po provedení veškerých úprav a dodání výrobku došlo k osazení konstrukcí pájecím ramenem včetně pístu a připojeného svářecího zařízení (viz obr. 147 a obr. 148). Konstrukce již byla montována k nosnému stojanu připevňovacím mechanismem a následně testována na odolnost působícího mechanického tlaku pístu na svařovaný spoj. Testování probíhalo stále na pracovišti oddělení Trvalého zlepšování procesů. Nosný stojan byl fixován k zemi využitím kolejových otvorů. Z důvodu přidání podpěry pájecího ramene dlouhými zadními

vertikálními profily konstrukce již bylo možné testování při plném používaném tlaku pístu na spoj. Bylo zjištěno, že provedené úpravy se osvědčily a zpevnily dříve pružné tělo konstrukce tvořené železnými silnostěnnými profily. Přítlačnou plochu pístu tvořil stůl, na kterém byl umístěn nosník menších rozměrů (viz obr. 149 a obr. 150). Tlak pístu byl testován na konci pájecího ramene (viz obr. 150), kde dochází k největšímu pákovému tlaku na tělo konstrukce.



Obr. 149 Testování konstrukce tlakem pístu



Obr. 150 Testování konstrukce tlakem pístu

Při použití plného tlaku pístu, tj. 5,5 atmosfér bylo pájecí rameno na svém konci zvednuto o 10 mm v důsledku pružení materiálu konstrukce. Píst v pozici na konci pájecího ramene odpovídá pájení 1. cívky rotoru.

Z důvodu osvědčení konstrukce rázovým a dlouhodobým působeným tlakem (po dobu 12 hodin) byla dne 24. srpna 2016 dopravena konstrukce do pracoviště Navijárny rotorového vinutí, kde byla připevněna ke stávajícím nosným stojanům (viz obr. 151 a obr. 152). Následovalo testování konstrukce pro samotné pájení rotorového vinutí rotoru generátoru DAX 8. Tím byly poprvé nahrazeny současné pájecí konstrukce.

Za pomoci pojízdné pájecí konstrukce byl navinut celý rotor a konstrukce se velmi osvědčila. Přesto vznikly určité poznámky a připomínky k testovanému modelu ze strany

vedení pracoviště i ze strany pracovníků navíjejících rotor. Konstrukce byla na pracovišti testována po dobu jednoho měsíce.



Obr. 151 Testování pájení s prototypem



Obr. 152 Testování pájení s prototypem

Hlavní připomínky se týkaly bezpečnostních rizik na pracovišti, které používáním prototypu konstrukce mohly vzniknout. Pájecí rameno nebylo možné zasunout při dokončovací úpravě spoje dostatečně daleko od pracovního prostoru a tím hrozil vznik pracovního úrazu popálením o rozžhavené odporové uhlíky. Další bezpečnostní riziko vznikalo při pohybu pracovníků kolem konstrukce. Častým problémem bylo zakopávání o nohy konstrukce osazené kolečky a vznik poranění v oblasti kotníku. Připomínkám týkajícím se bezpečnosti byl brán největší zřetel. Dalšími návrhy bylo přidání trojúhelníkové vzpěry do spojnice horního pájecího ramene s vertikálním profilem zabraňující vyklápění ramene v důsledku vysokého působícího tlaku pístu na spoj. Poznámkou bylo také rozšíření U profilu zajišťujícího pájecí rameno pro jeho možný posuv do strany v případě, že je nutné vycentrovat pájecí hlavu na měděném sváru.

Připomínky byly konzultovány s vedením pracoviště Navíjárny rotorů, v oddělení Trvalého zlepšování procesů a s dodavatelem prototypu konstrukce, společností JTK Metal s.r.o. Pojízdna pájecí konstrukce byla dle požadavků upravena a znovu dodána dne 14. září 2016.

Došlo k zaslepení veškerých otevřených čel profilů a seříznutí U profilu pro zajištění ramene tak, aby bylo možné pájecí píst vyklopit směrem z pracovního prostoru a nezpůsobil tak bezpečnostní riziko pracovního úrazu. Zároveň bylo z pojezdového mechanismu pístu vyjmuto přední kolečko, aby bylo možné píst šikmo vyklopit. Nohy

konstrukce byly zkráceny a zakryty plastovými kryty, proti vzniku poranění pracovníků v oblasti kotníku. Při zkracování nohou konstrukce byla věnována pozornost, aby nebyla zhoršena stabilita celé konstrukce. Dále došlo k přidání trojúhelníkové podpěry pro zmenšení vyklápění pájecího ramene v důsledku působícího tlaku. Finálně byla celá konstrukce profilů pevně svařena. Upravený prototyp je zobrazen na obr. 153. a obr. 154.



Obr. 153 Prototyp konstrukce po úpravách



Obr. 154 Prototyp konstrukce po úpravách

Po provedených úpravách byla konstrukce dne 15. září 2016 přepravena do pracoviště Navijárny rotorového vinutí, kde byla dále testována pro navíjení rotoru do 10. října 2016. Pájecí konstrukce vyhovovala pro navíjení rotorů bez větších problémů. Bezpečnostní opatření zakrytí nohou konstrukce plastovým krytem (viz obr. 155) pracovníkům nevyhovovalo a noha konstrukce překážela pohybu pracovníka (viz obr. 156) při provádění pracovních úkonů. Na základě žádosti bylo nutné vyvinout řešení, kterým by byly nohy konstrukce odstraněny.

S tímto posledním požadavkem byla konstrukce předána znovu dodavateli dne 18. října 2016, který změnu provedl a dodal výslednou pojízdnou pájecí konstrukci již s povrchovou úpravou barvou RAL 1007. Tato konstrukce bude představena v následující kapitole 4.4.



Obr. 155 Bezpečnostní zakrytí nohou konstrukce

Obr. 156 Bezpečnostní zakrytí nohou konstrukce

Jelikož se veškeré navíjené rotory liší svým průměrem, bylo tento problém nutné ošetřit určitým opatřením. Pojízdné pájecí konstrukce mají danou neměnnou výšku, stejně jako délku zdvihu pístu. Pro rotory generátorů o menším průměru DAX 6 a DAX 7 byla do konstrukce hydraulického válce vložena podložka z materiálu gumoidu, která tím umožnila dosažení zdvihu pístu níže a bylo možné svařovat cívky blízké tělu rotoru.

Součástí konstrukce není zařízení sloužící pro natáčení rotorů bez použití jeřábu. Rotor je natáčen o 180° stále za pomoci jeřábu. Možností odstranění jeřábové manipulace je pořízení nabízeného přípravku od společnosti LMT s.r.o.

Posledním požadavkem, jehož vývoji se oddělení Trvalého zlepšování věnovalo v době, kdy byl prototyp testován pro navíjení rotorů, bylo upravení podstavy konstrukce a odstranění nohou konstrukce proti vzniku zranění. Upravený návrh bude představen v následující kapitole 4.4 Výsledná verze pájecí konstrukce.

4.4 Výsledná verze pájecí konstrukce

Výsledná verze pájecí konstrukce byla do společnosti dodána s povrchovou úpravou barvou RAL 1007 od dodavatele dne 31. října 2016. Od této doby začala výroba dalších 5 ks konstrukcí pro osazení celkového počtu třech celých pracovišť optimalizovanými konstrukcemi pro navíjení rotorového vinutí. Optimalizovaná výsledná konstrukce pro pájení rotorového vinutí v pracovišti Navijárny rotorů je zobrazena na obr. 157.



Obr. 157 Výsledná verze pájecí konstrukce

Požadavek pro demontování nohou konstrukce byl řešen jejich nasunutím a zajištěním. Nejprve byly nohy odříznuty a na vnitřní stranu nohou byl přivařen profil o menším průměru. Poté bylo možné nohu zasunout do konstrukce a demontovat ji vysunutím (viz obr. 158) a uložit do zadní části konstrukce (viz obr. 159).



Obr. 158 Demontáž nohou konstrukce



Obr. 159 Uložení nohou konstrukce

Jelikož nohy udržovaly stabilitu konstrukce, bylo prvním krokem konstrukci zajistit ke stojanu. Teprve poté mohly být demontovány nohy konstrukce a uloženy do její zadní části. Při dokončení prací na rotoru bylo naopak nejprve nutné montovat zpět nohy konstrukce a teprve poté pájecí zařízení odjistit od nosného stojanu. Kroky pro montáž a demontáž pájecích konstrukcí byly doplněny na magnetickém uchycení na konstrukci a jsou zobrazeny v příloze 10 (návod pro montáž pojízdných pájecích konstrukcí) a v příloze 11 (návod pro demontáž pojízdných pájecích konstrukcí). Zajišťovací mechanismus nohy konstrukce je zobrazen na obr. 160. Na obr. 161 je zobrazené madlo nohy konstrukce. Konstrukce s demontovanými nohami připevněná k nosnému stojanu je zobrazena na obr. 162.



Obr. 160 Zajišťovací mechanismus nohy



Obr. 161 Madlo nohy konstrukce

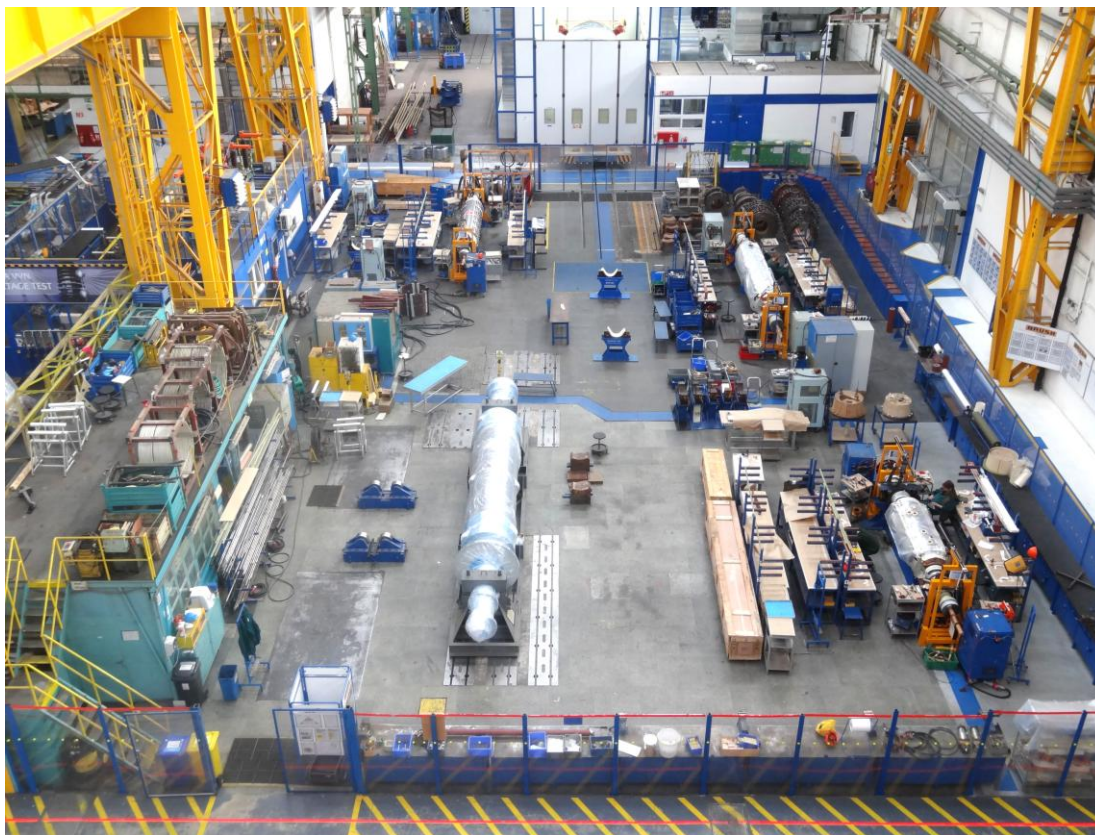
Dne 9. listopadu 2016 byla výsledná konstrukce dopravena na pracoviště Navijárny rotorového vinutí, kde byla připevněna k nosnému stojanu a použita pro navíjení rotoru.



Obr. 162 Výsledná verze pájecí konstrukce připevněná k nosnému stojanu na pracovišti

Dne 25. listopadu bylo dodáno 6 ks pájecích ramen pro pojízdné pájecí konstrukce. Dne 29. listopadu bylo dodáno zbylých 5 ks pojízdných pájecích konstrukcí a 30. listopadu byly dopraveny do pracoviště Navijárny rotorů, kde byly osazeny optimalizovanými konstrukcemi

tří pracoviště navíjení. Pracoviště navijárny rotorového vinutí osazené optimalizovanými konstrukcemi je zobrazené na obr. 163 a obr. 164.



Obr. 163 Pracoviště Navijárny rotorů osazené optimalizovanými pájecími konstrukcemi



Obr. 164 Pracoviště Navijárny rotorů osazené optimalizovanými pájecími konstrukcemi

5 Zhodnocení navržených opatření

Vyrobený a testovaný prototyp pojízdné pájecí konstrukce odstraňuje veškeré uvedené nevýhody současného stavu nebo je výrazně snižuje.

Optimalizovaným modelem konstrukce je zcela odstraněno vrtání závitů do rotoru. Odstraněním nákladů na vrtání závitů došlo ke značné finanční úspoře. Závity do rotorů přestaly být vrtány dne 25. listopadu 2016. Tato operace byla vyřazena ze seznamu úkonů prováděných na rotoru v 1. poli v pracovišti obrábění.

Dále se jedná o odstranění nežádoucí časté montáže a demontáže konstrukce z těla rotoru. Optimalizované konstrukce jsou k nosným stojanům montovány pouze na začátku procesu po uložení rotoru do stojanů a demontovány na konci procesu po navinutí celého rotoru měděnými cívkami. Časová náročnost operace montáže a demontáže optimalizovaných konstrukcí je znatelně nižší, než konstrukcí v současném stavu. Přesto je nutné časovou náročnost montáže a demontáže započítat do provozních nákladů optimalizace, jak je uvedeno v kapitole 5.1.2.

5.1 Náklady optimalizace

Náklady optimalizovaných pájecích konstrukcí se rozdělují na pořizovací náklady (viz kapitola 5.1.1) vzniklé vývojem a výrobou konstrukcí a dále na provozní náklady (viz kapitola 5.1.2), které vznikají běžným používáním pájecího zařízení.

5.1.1 Pořizovací náklady

Jelikož byla pojízdná konstrukce tvořena spojením železných profilů, výrazně její pořizovací náklady, oproti návrhu hrazdové konstrukce, nevzrostly. Prvotním požadavkem byl vývoj modelu konstrukce a následné osazení pájecího stanoviště těmito konstrukcemi s náklady na výrobu 2 ks do 100.000,- CZK.

Dne 15. září 2016 byla společností JTK Metal předána cenová nabídka (viz příloha 6) vyrobeného prototypu pájecí konstrukce. Cena prototypu byla společností vyčíslena na 53.430,- CZK včetně vývoje, dopravy a montáže (viz tab. 12). Částka za prototyp konstrukce

je oproti následným vyráběným konstrukcím vyšší z důvodu jeho vývoje, prováděných úprav a opakované dopravy.

Dne 19. září 2016 byla vytvořena cenová nabídka (viz příloha 7) pro zbývajících 5 ks pojízdných pájecích konstrukcí pro osazení třech celých pájecích stanovišť v pracovišti Navijárny rotorů. Celková částka pro zbývajících 5 ks pájecích konstrukcí byla od společnosti vypočtena na 194.100,- CZK. Cena za 1 ks konstrukce č. 2 – č. 6 je tedy 38.820,- CZK (viz tab. 12). Částka za každou další konstrukci je oproti prototypu nižší o 14.610,- CZK z důvodu sériové výroby konstrukcí.

Tab. 12 Pořizovací náklady optimalizovaných konstrukcí [31]

| | | |
|----------------------------------|-------|----------|
| Cena 1 ks prototypu konstrukce | [CZK] | 53.430,- |
| Cena 1 ks konstrukce č. 2 – č. 6 | [CZK] | 38.820,- |

Celková částka za pojízdné pájecí konstrukce je vyčíslena v tabulce 13 na hodnotu 247.530,- CZK. O uvolnění financí ve výši 247.530,- CZK pro nákup celkem 6 ks pájecích konstrukcí bylo požádáno dne 23. září 2016 žádostí CER. Finanční oddělení domluvilo se společností JTK Metal s.r.o. slevu a částka 247.530,- CZK byla snížena o 2,6 % (6.530,- CZK) na částku **241.000,- CZK** (viz tab. 13). Žádost CER (viz příloha 8) byla schválena dne 17. října 2016 generálním ředitelem společnosti BRUSH SEM s.r.o., finančním ředitelem a výrobním ředitelem podniku.

Tab. 13 Pořizovací náklady optimalizovaných konstrukcí [31]

| | | |
|--|--------------|------------------|
| Cena 1 ks prototypu konstrukce | [CZK] | 53.430,- |
| Cena 5 ks konstrukcí č. 2 – č. 6 | [CZK] | 194.100,- |
| Celkové pořizovací náklady 6 ks konstrukcí | [CZK] | 247.530,- |
| Celková cena 6 ks konstrukcí po slevě 2,6 % | [CZK] | 241.000,- |

Po konzultaci s vedením pracoviště Navijení rotorů bylo rozhodnuto o výrobě nových pájecích ramen, současně s výrobou pojízdných konstrukcí. Stávající pájecí ramena současného stavu by bylo nutné upravit, stejně jako upravované rameno používané v prototypu pájecí konstrukce. Výše uvedené ceny konstrukcí neobsahují dodání pájecích ramen.

Nabídka celkového počtu 6 ks pájecích ramen (ze dne 14. listopadu 2016) je uvedena v příloze 9. Částka za pájecí ramena byla společností JTK Metal s.r.o. vyčíslena na 19.350,- CZK. Cena jednoho pájecího ramene je tedy 3.225,- CZK. O objednání nabídky na 6 ks pájecích ramen za částku 19.350,- CZK bylo požádáno bez doložení žádosti CER, jelikož se jedná o hodnotu do částky 20.000,- CZK.

Pořízení prototypu konstrukce včetně pájecího ramene vychází na celkových 56.655,- CZK (viz tab. 14).

Tab. 14 Celkové náklady výroby 1 ks prototypu pájecí konstrukce s pájecím ramenem [31]

| | | |
|---|--------------|-----------------|
| Cena 1 ks prototypu konstrukce | [CZK] | 53.430,- |
| Cena 1 ks pájecího ramene | [CZK] | 3.225,- |
| Pořizovací cena prototypu konstrukce s pájecím ramenem | [CZK] | 56.655,- |

Cena každé další pájecí konstrukce s pájecím ramenem je ve výši 42.045,- CZK (viz tab. 15).

Tab. 15 Celkové náklady výroby 1 ks pájecí konstrukce s pájecím ramenem [31]

| | | |
|---|--------------|-----------------|
| Cena 1 ks konstrukce č. 2 – č. 6 | [CZK] | 38.820,- |
| Cena 1 ks pájecího ramene | [CZK] | 3.225,- |
| Pořizovací cena konstrukce č. 2 – č. 6 s pájecím ramenem | [CZK] | 42.045,- |

Jedna pájecí konstrukce s pájecím ramenem je vyčíslena na částku 42.045,- CZK. Pro osazení pájecího pracoviště jsou potřeba 2 ks pájecích konstrukcí s pájecími rameny. Osazení jednoho celého pracoviště 2 ks pájecích konstrukcí včetně pájecích ramen vychází na částku 84.090,- CZK⁷.

Tímto je splněn požadavek na výši nákladů pro osazení pracoviště optimalizovanými konstrukcemi do částky 100.000,- CZK.

⁷ 2 × 42.045,- CZK = 84.090,- CZK

Celkové pořizovací náklady optimalizace pracoviště jsou součtem nákladů výroby 6 ks pájecích konstrukcí a 6 ks pájecích ramen. Pořizovací náklady jsou vyčísleny v tab. 16 na celkových 260.350,- CZK.

Tab. 16 Celkové pořizovací náklady optimalizace pracoviště [31]

| | | |
|--|--------------|------------------|
| Cena 6 ks pájecích konstrukcí (po slevě 2,6 %) | [CZK] | 241.000,- |
| Cena 6 ks pájecích ramen | [CZK] | 19.350,- |
| Celkové pořizovací náklady optimalizace | [CZK] | 260.350,- |

K pořizovacím nákladům je nutné připočítat provozní náklady vzniklé používáním optimalizovaných pájecích konstrukcí. Jejich výpočet je proveden v kapitole 5.1.2 Provozní náklady.

5.1.2 Provozní náklady

Jak již bylo uvedeno výše, provozní náklady optimalizovaných konstrukcí jsou tvořeny časovou náročností montáže a demontáže k nosným stojanům. Uchycení konstrukcí ke stojanům je prováděno pomocí připevňovacího mechanismu zobrazeného na obr. 143 a obr. 144. Pracovní operace montáže jsou zobrazeny v grafickém „Návodu pro montáž pájecí konstrukce“ v příloze 10. Pracovní operace demontáže konstrukce jsou zobrazeny v příloze 11 v „Návodu pro demontáž pájecí konstrukce“.

Dvě konstrukce jsou montovány před začátkem procesu pájení po uložení rotoru do nosných stojanů. Konstrukce je montována na straně budicího přívodu rotoru a na straně turbíny rotoru. Časová náročnost jedné operace při spolupráci dvou pracovníků navíjení rotorů je změřena na dobu 5 minut.

Demontáž obou konstrukcí od nosných stojanů probíhá po dokončení pájecích operací. Konstrukce je demontována na straně budicího přívodu rotoru a na straně turbíny rotoru. Časová náročnost jedné operace při spolupráci dvou pracovníků navíjení rotorů je změřena na dobu 5 minut.

Operace montáže a demontáže trvají na jednom rotoru dobu 20 minut. Na pracovním úkonu se podílí dva pracovníci navíjení rotorového vinutí. Součet stráveného času dvou

pracovníků navíjení rotorového vinutí je vypočten na 40 minut. Časová náročnost montáže a demontáže optimalizovaných pájecích konstrukcí k nosným stojanům je, pro navinutí jednoho rotoru, vyčíslena v tab. 17. Dále je v tab. 17 uveden celkový čas strávený operacemi pro navinutí 52 zakázek (dle plánu výroby na rok 2017).

Tab. 17 Časová náročnost montáže a demontáže optimalizovaných pájecích konstrukcí

| | | |
|--|--------------|-------------|
| Montáž 1 ks konstrukce na straně budicího přívodu rotoru | [min] | 5 |
| Montáž 1 ks konstrukce na straně turbíny rotoru | [min] | 5 |
| Demontáž 1 ks konstrukce na straně budicího přívodu rotoru | [min] | 5 |
| Demontáž 1 ks konstrukce na straně turbíny rotoru | [min] | 5 |
| Časová náročnost operací / 1 rotor | [min] | 20 |
| Časová náročnost operací / 1 rotor / 2 pracovníci | [min] | 40 |
| Časová náročnost operací / 52 rotorů / 2 pracovníci | [min] | 2080 |

Časová náročnost montáže a demontáže konstrukcí pro 52 zakázek navinutých rotorů je vypočtena na celkový čas 2080 minut, tj. 34,67 hodin. Po vynásobení této ztrátové doby hodinovou sazbou pracovníka navíjení rotorů (700,- CZK) vychází provozní náklady za rok 2017 ve výši **24.267,- CZK**. Měsíční provozní náklady jsou vyčísleny na částku **2.022,- CZK**.

5.1.3 Celkové náklady optimalizace

Celkové náklady optimalizace za rok 2017 jsou dány součtem provozních nákladů a pořizovacích nákladů, jak je uvedeno v tabulce 18.

Tab. 18 Celkové náklady optimalizovaných konstrukcí za rok 2017

| | | |
|---|--------------|------------------|
| Celkové pořizovací náklady optimalizace | [CZK] | 260.350,- |
| Provozní náklady optimalizace za rok 2017 | [CZK] | 24.267,- |
| Celkové náklady optimalizace za rok 2017 | [CZK] | 284.617,- |

Po porovnání částky celkových nákladů optimalizovaných konstrukcí za rok 2017 s úsporou financí (viz kapitola 5.2) v roce 2017 díky optimalizaci, bude v kapitole 5.3 vypočtena návratnost investice.

5.2 Finanční úspora optimalizace

V této kapitole budou vyčísleny finanční úspory díky optimalizovanému typu pájecích konstrukcí. Úspora vznikla odstraněním finančně nákladného vrtání závitů do těla rotoru pro připevnění pájecích konstrukcí a eliminací značně časově náročné montáže a demontáže konstrukcí z těla rotoru. Částky finančních úspor optimalizace jsou také definovány jako náklady současného stavu a vyčísleny v kapitole 3.3.3. Úspory financí jsou také zobrazené v níže uvedené tabulce č. 19.

Tab. 19 Celková úspora optimalizovaných pájecích konstrukcí v roce 2017

| | | |
|--|--------------|--------------------|
| Úspora vrtání závitů / rok 2017 | [CZK] | 442.000,- |
| Úspora montáže / demontáže konstrukcí / rok 2017 | [CZK] | 582.400,- |
| Celková úspora optimalizace za rok 2017 | [CZK] | 1.024.400,- |
| Měsíční úspora financí roku 2017 | [CZK] | 85.367,- |

Celková úspora optimalizace roku 2017 je vyčíslena na částku 1.024.400,- CZK. Její hodnota je rozdělena do jednotlivých měsíců roku 2017. Částka měsíční úspory je rovna 85.367,- CZK.

Po porovnání částky finanční úspory optimalizace za rok 2017 s částkou celkových nákladů optimalizace (viz kapitola 5.1.3) vyjde doba návratnosti investice, která je vypočtena v následující kapitole 5.3.

5.3 Návratnost investice

Doba návratnosti investice je určena porovnáním výše nákladů na optimalizaci s finanční úsporou optimalizace neboli částkou nákladů současného stavu. Náklady současného stavu vznikají při používání konstrukcí současného typu a optimalizací jsou tyto náklady eliminovány.

Náklady optimalizace za rok 2017 jsou vyčísleny v kapitole 5.1 a rozdělují se na pořizovací náklady (viz kapitola 5.1.1) a provozní náklady (viz kapitola 5.1.2).

Výše pořizovacích nákladů je 260.350,- CZK. Pořizovacími náklady je zatížen první měsíc roku 2017, kdy došlo k proplacení faktury společnosti JTK Metal s.r.o. Provozní náklady ve výši 24.267,- CZK za rok 2017 jsou rozděleny poměrem do jednotlivých měsíců tohoto roku. Výše měsíčních provozních nákladů je uvedena v kapitole 5.1.2 na částku 2.022,- CZK. Celkový součet obou typů nákladů je vyčíslen v kapitole 5.1.3 na částku 284.617,- CZK.

Finanční úspora optimalizace vznikla odstraněním nevýhod současného stavu. Její celková částka je uvedena v kapitole 5.2 na hodnotu 1.024.400,- CZK. Po rozdělení úspory do jednotlivých měsíců roku 2017 vychází měsíční úspora financí na částku 85.367,- CZK.

Ve sloupci č. 2 následující tabulky 20 jsou zobrazeny kumulativně náklady optimalizace. K jednorázovému pořizovacímu nákladu (260.350,- CZK) jsou přičítány měsíční provozní náklady (2.022,- CZK). Výše nákladů v prosinci roku 2017 odpovídá celkovému součtu pořizovacích a provozních nákladů, vypočtených v kapitole 5.1.3 Celkové náklady optimalizace. Při porovnání výše kumulativních nákladů v určitém měsíci (sloupec č. 2) s hodnotou kumulativních úspor v totožném měsíci (sloupec č. 4) je vyjádřen aktuální kumulativní zisk za daný měsíc (sloupec č. 7). Využití kumulativních součtů je z důvodu přehledného zjištění doby návratnosti investice.

Dále jsou v tabulce 20 (sloupec č. 4) uvedeny kumulativně úspory, které vznikly použitím nového typu konstrukcí. Měsíční hodnota úspor (85.367,- CZK) je kumulativně sčítána. Výše úspor v prosinci roku 2017 činí 1.024.404,- CZK a odpovídá celkové vypočtené hodnotě finančních úspor v kapitole 5.2.

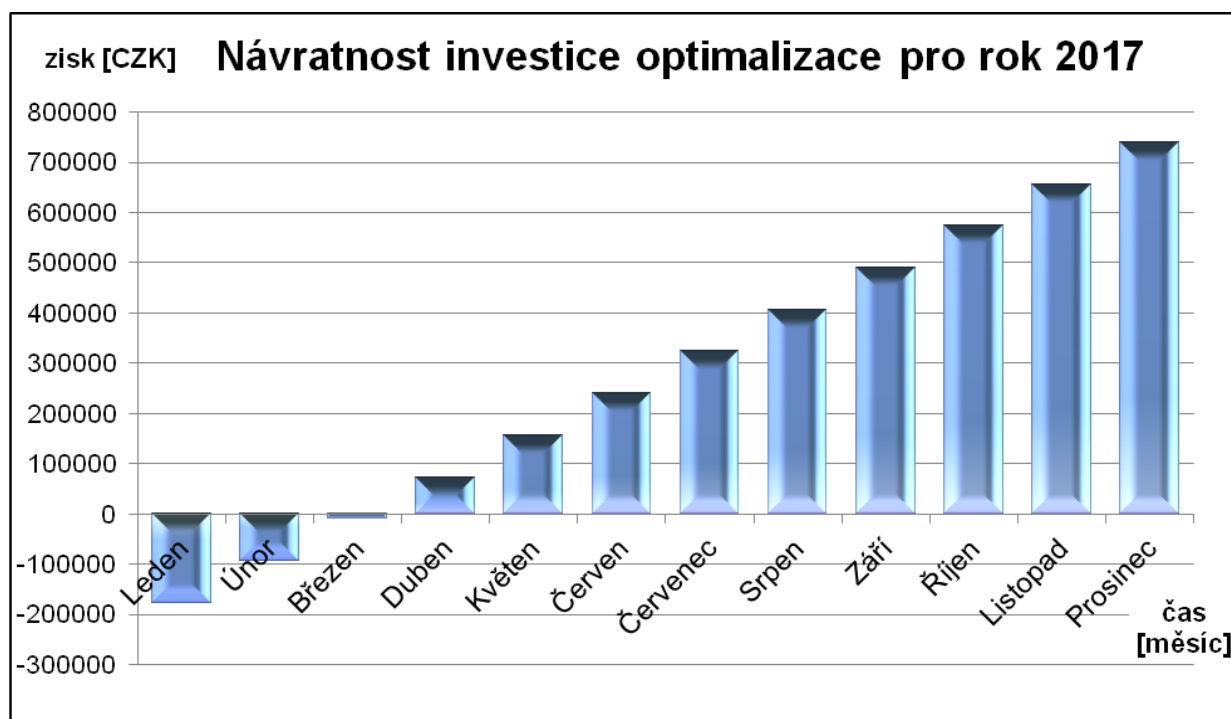
Sloupec č. 5 zobrazuje měsíční výnosy, které vznikly rozdílem měsíčních úspor (sloupec č. 3) a měsíčních provozních nákladů (sloupec č. 1). Ve sloupci č. 6 jsou výnosy nasčítány.

Ve sloupci č. 7 je zobrazen kumulativní zisk, který vzniká rozdílem kumulativních nákladů (sloupec č. 2) a kumulativních úspor (sloupec č. 4). K návratnosti investice dojde v měsíci dubnu 2017, kdy je dosaženo kladné hodnoty zisku. Na konci tohoto měsíce bude zisk činit přibližně 73.030,- CZK. Celková hodnota zisku optimalizace bude na konci roku 2017 (při plánovaném počtu 52 zakázek) ve výši 739.790,- CZK. Z vypočteného zisku je vytvořen grafický výstup v podobě grafu návratnosti investice zobrazeném na obr. 165.

Tab. 20 Zobrazení nákladů, úspor, výnosů a zisků optimalizace za rok 2017

| Měsíce roku 2017 | 1. Měsíční NÁKLADY (provozní) [CZK] | 2. NÁKLADY kumulativně (pořizovací + provozní) [CZK] | 3. Měsíční ÚSPORY [CZK] | 4. ÚSPORY kumulativně [CZK] | 5. Měsíční VÝNOSY [CZK] | 6. VÝNOSY kumulativně [CZK] | 7. ZISK kumulativně [CZK] |
|------------------|-------------------------------------|--|-------------------------|-----------------------------|-------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| Leden | 2.022,- | 262.372,- | 85.367,- | 85.367,- | 83.345,- | 83.345,- | -177.005,- |
| Únor | 2.022,- | 264.394,- | 85.367,- | 170.734,- | 83.345,- | 166.690,- | -93.660,- |
| Březen | 2.022,- | 266.416,- | 85.367,- | 256.101,- | 83.345,- | 250.035,- | -10.315,- |
| Duben | 2.022,- | 268.438,- | 85.367,- | 341.468,- | 83.345,- | 333.380,- | 73.030,- |
| Květen | 2.022,- | 270.460,- | 85.367,- | 426.835,- | 83.345,- | 416.725,- | 156.375,- |
| Červen | 2.022,- | 272.482,- | 85.367,- | 512.202,- | 83.345,- | 500.070,- | 239.720,- |
| Červenec | 2.022,- | 274.504,- | 85.367,- | 597.569,- | 83.345,- | 583.415,- | 323.065,- |
| Srpen | 2.022,- | 276.526,- | 85.367,- | 682.936,- | 83.345,- | 666.760,- | 406.410,- |
| Září | 2.022,- | 278.548,- | 85.367,- | 768.303,- | 83.345,- | 750.105,- | 489.755,- |
| Říjen | 2.022,- | 280.570,- | 85.367,- | 853.670,- | 83.345,- | 833.450,- | 573.100,- |
| Listopad | 2.022,- | 282.592,- | 85.367,- | 939.037,- | 83.345,- | 916.795,- | 656.445,- |
| Prosinec | 2.022,- | 284.614,- | 85.367,- | 1.024.404,- | 83.345,- | 1.000.140,- | 739.790,- |

Návratnost investice je zobrazena v grafu na obr. 165. K návratnosti financí dojde po třech měsících a to na začátku měsíce dubna 2017.



Obr. 165 Návratnost investice optimalizace pro rok 2017

Závěr

Tato diplomová práce byla věnována optimalizaci pracoviště elektrotechnického podniku, který se zabývá výrobou turbogenerátorů. Společnost BRUSH s.r.o. je největší nezávislý výrobce turbogenerátorů na světě.

V teoretickém úvodu práce jsem se zaměřil na optimalizační metodiky štihlé výroby. Konkrétně byly představeny nástroje: PDCA, Kaizen, 5S, Poka-yoke. Uvedené metodiky slouží pro úsporu nákladů výrobních procesů.

Další kapitola popisuje společnost BRUSH s.r.o. Nejprve byl podnik představen včetně své historie, dosažených úspěchů a vize do budoucnosti. Prezentováno bylo také produktové portfolio vyráběných turbogenerátorů. V této kapitole je porovnán největší vyráběný typ generátoru s nejmenším typem stroje.

Hlavní praktickou část práce tvoří následující dvě kapitoly a to kapitola číslo 3 Současný stav a kapitola číslo 4 Optimalizace pracoviště. V kapitole současného stavu je představeno pracoviště Navíjení rotorového vinutí, ve kterém byla provedena optimalizace pomocí metodik štihlé výroby. Dalším tématem kapitoly je popis pracovních úkonů při výrobě elektrických generátorů. Podrobně jsou také v současném stavu popsány veškeré pracovní úkony pracoviště Navíjárny rotorového vinutí. Hlavní částí kapitoly číslo 3 současného stavu jsou současné pájecí konstrukce, které jsou bodem optimalizace. V podkapitolách je zobrazen jejich popis, nevýhody použití a také jsou vyčísleny náklady současného stavu používání stávajících pájecích konstrukcí.

Následným krokem bylo aplikování metodik štihlé výroby na optimalizované pracoviště. Kapitola číslo 4 prezentuje vývoj optimalizace a samotnou implementaci procesu změny. V této kapitole je představeno pět návrhů, jejichž vývoj začínal nabídkami externích společností a skončil navržením konstrukcí oddělením Trvalého zlepšování procesů. Navržené konstrukce byly vyrobeny, ozkoušeny a použity pro navíjení rotorů měděnými cívkami. Těmito konstrukcemi byly osazeny tři pájecí stanoviště.

Vývoj optimalizace byl velmi zajímavý a často bylo nutné překonat odpor ke změnám u pracovníků různých pracovních úrovní a pozic. Bylo nutné analyzovat potencionální dopady změn. Důležitým krokem bylo plánování opatření, jak minimalizovat nebo zcela vyloučit příčiny odporu zaměstnanců ke změnám. Drobným příkladem opatření, které ve společnosti BRUSH SEM s.r.o. funguje už delší dobu, je odstranění cizích slov z metodik štihlé výroby. Například nepoužívání spojení „Lean metodik“ ale „metodik štihlé výroby“ snižující náklady výrobních procesů. Pracovníci výroby si na cizí slova hůře zvykají a tím i na celé zavedení optimalizačního nástroje. Důležitým aspektem bylo vysvětlení veškerých principů, které mění chování lidí.

V poslední kapitole číslo 5 jsou zhodnoceny očekávané přínosy navržených opatření. Kapitola je věnována vyčíslení nákladů optimalizace. I s novým modelem pájecích konstrukcí jsou spojeny, nejen investiční náklady, ale také určité provozní náklady. Dalším bodem bylo vyčíslení finanční úspory optimalizace a vypočtení doby návratnosti investice.

Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] ALCARAZ, Jorge Luis García, Aidé Aracely Maldonado MACÍAS a Guillermo Cortes ROBLES. *Lean Manufacturing in the Developing World*. Springer Cham Heidelberg. New York: Springer, 2014. ISBN 978-3-319-04950-2.
- [2] GORECKI, Paul a Peter PAUTSCH. *Lean Management ; auf den Spuren des Erfolges der Managementphilosophie von Toyota und Co.* 2. Aufl. München: Hanser, 2010. ISBN 978-344-6421-905.
- [3] VYTLAČIL, Milan, Ivan MAŠÍN a Miroslav STANĚK. *Podnik světové třídy: geneze produktivity a kvality*. Liberec: Institut průmyslového inženýrství, 1997. ISBN 80-902235-1-6.
- [4] NENADÁL, Jaroslav. *Moderní management jakosti: principy, postupy, metody*. Praha: Management Press, 2008. ISBN 978-80-7261-186-7.
- [5] NENADÁL, Jaroslav a kol. *Integrovaný systém řízení: praktická příručka pro managery jakosti, ekology a bezpečnostní techniky*. Praha: Dashöfer, 2006. ISBN 80-86897-02-8. ISSN 1801-8165.
- [6] ČSN EN ISO 9004 *Systémy managementu jakosti – Směrnice pro zlepšování výkonnosti*. Praha, Český normalizační institut 2002, 94 s.
- [7] *CREATIVE Safety Supply: PDCA CYCLE - Lean Glossary* [online]. [cit. 2017-04-07]. Dostupné z: <https://www.creativesafetysupply.com/glossary/pdca-cycle/>.
- [8] BENKOVÁ, Marta, FLOREKOVÁ L., BOGDANOVSKÁ G. *Systémy riadenia kvality*. Košice, Elfa 2007, 216 s. ISBN 978-80-8086-066-0.
- [9] ČSN EN ISO 9000 *Systémy managementu kvality – Základní principy a slovník*. Praha, Český normalizační institut 2006, 64 s.
- [10] HAMMER, Michael a James CHAMPY. *Reengineering - radikální proměna firmy: manifest revoluce v podnikání*. 3. vyd. Praha: Management Press, 2000, 212 s. ISBN 80-7261-028-7.

- [11] SHIBA, Shōji, Alan GRAHAM, David WALDEN, Thomas H. LEE a Ray. *STATA. A new American TQM: four practical revolutions in management*. Norwalk, Conn.: Productivity Press, 1993, 574 s. ISBN 1-56327-032-3.
- [12] KEŘKOVSKÝ, Miloslav a Ondřej VALSA. *Moderní přístupy k řízení výroby*. 3., dopl. vyd. V Praze: C.H. Beck, 2012. C.H. Beck pro praxi. ISBN 978-80-7179-319-9.
- [13] *Business Info: Kaizen - zlepšování procesů* [online]. [cit. 2017-04-09]. Dostupné z: <http://www.businessinfo.cz/cz/kalendar-akci/kaizen-zlepsovani-procesu-2210/9845>
- [14] IMAI, Masaaki. *Gemba Kaizen*. Brno: Computer Press, 2005. Business books (Computer Press). ISBN 80-251-0850-3.
- [15] GEORGE, Michael L. *Kapesní příručka Lean Six Sigma: rychlý průvodce téměř 100 nástroji na zlepšování kvality procesů, rychlosti a komplexity*. Brno: SC&C Partner, 2010. ISBN 978-80-904099-2-7.
- [16] BAUER, Miroslav a kol. *Kaizen: cesta ke štíhlé a flexibilní firmě*. Brno: BizBooks, 2012. ISBN 978-80-265-0029-2.
- [17] IMAI, Masaaki. *Kaizen: metoda, jak zavést úspornější a flexibilnější výrobu v podniku*. Brno: Computer Press, 2007. Business books (Computer Press). ISBN 978-80-251-1621-0.
- [18] TOMAN, Ivo. *Motivace zvenčí je jako smrad, za pár hodin se vyvětrá*. 2. vydání. Praha: TAXUS International, 2010.
- [19] VEBER, Jaromír, Marie HŮLOVÁ a Alena PLÁŠKOVÁ. *Management kvality, environmentu a bezpečnosti práce: legislativa, systémy, metody, praxe*. 2., aktualiz. vyd. Praha: Management Press, 2010. ISBN 978-80-7261-210-9.
- [20] *BRUSH SEM s.r.o.: Generátory* [online]. 2017 [cit. 2017-02-19]. Dostupné z: <http://www.brush-sem.cz/>
- [21] *BRUSH Group: Turbogenerators* [online]. 2017 [cit. 2017-02-21]. Dostupné z: <http://www.brush.eu/>
- [22] *Charles F. Brush: Encyclopedia* [online]. [cit. 2017-02-24]. Dostupné z: https://es.wikipedia.org/wiki/Charles_Francis_Brush

- [23] *La Favre, Jeffrey: Charles Brush and the Arc Light* [online]. [cit. 2017-02-24]. Dostupné z: <http://www.lafavre.us/brush/brushbio.htm>
- [24] *Škoda Transportation a.s.: Logo společnosti, Emil Škoda* [online]. [cit. 2017-02-24]. Dostupné z: <http://www.skoda.cz/>
- [25] *Abengoa Solar: Solar power for a sustainable world - Atacama-1, the largest solar thermal project in South America* [online]. [cit. 2017-02-25]. Dostupné z: http://www.abengoasolar.com/web/en/plantas_solares/plantas_propias/chile/
- [26] *Technet.cz: Obr přistál v Praze. Antonov An-225 je připraven na středěční nákladku.* [online]. [cit. 2017-02-27]. Dostupné z: http://technet.idnes.cz/antonov-an-225-mrija-0nj-/vojenstvi.aspx?c=A160506_111127_vojenstvi_kuz
- [27] *Converter: James Prescott Joule* [online]. [cit. 2017-03-03]. Dostupné z: <http://www.converter.cz/fyzici/joule.htm>
- [28] Nabídky společnosti Marston-CZ s.r.o.
- [29] Nabídky společnosti LMT s.r.o.
- [30] *Brainstorming: Encyclopedia* [online]. [cit. 2017-03-09]. Dostupné z: <https://en.wikipedia.org/wiki/Brainstorming>
- [31] Cenové nabídky společnosti JTK Metal s.r.o.
- [32] Interní zdroje společnosti BRUSH SEM s.r.o.

Veškeré informace, fotografie a grafické výkresy, u kterých není uvedeno označení citace, jsou vlastního zpracování.

Přílohy

Příloha 1: Mapa areálu společnosti BRUSH SEM s.r.o. [32]

Příloha 2: Organizační schéma společnosti BRUSH SEM s.r.o.

Příloha 3: Výkres návrhu optimalizace č. 1 společnosti Marston-CZ s.r.o. [28]

Příloha 4: Grafický návrh otočné pájecí konstrukce od společnosti LMT s.r.o. [29]

Příloha 5: Výkres nosného stojanu pro usazení rotoru [32]

Příloha 6: Cenová nabídka prototypu pájecí konstrukce od JTK Metal s.r.o. [31]

Příloha 7: Cenová nabídka 5 ks pájecích konstrukcí od JTK Metal s.r.o. [31]

Příloha 8: Schválená žádost CER pro uvolnění financí na nákup 6 ks pájecích konstrukcí [32]

Příloha 9: Cenová nabídka 6 ks pájecích ramen od JTK Metal s.r.o. [31]

Příloha 10: Návod pro montáž pojízdných pájecích konstrukcí

Příloha 11: Návod pro demontáž pojízdných pájecích konstrukcí

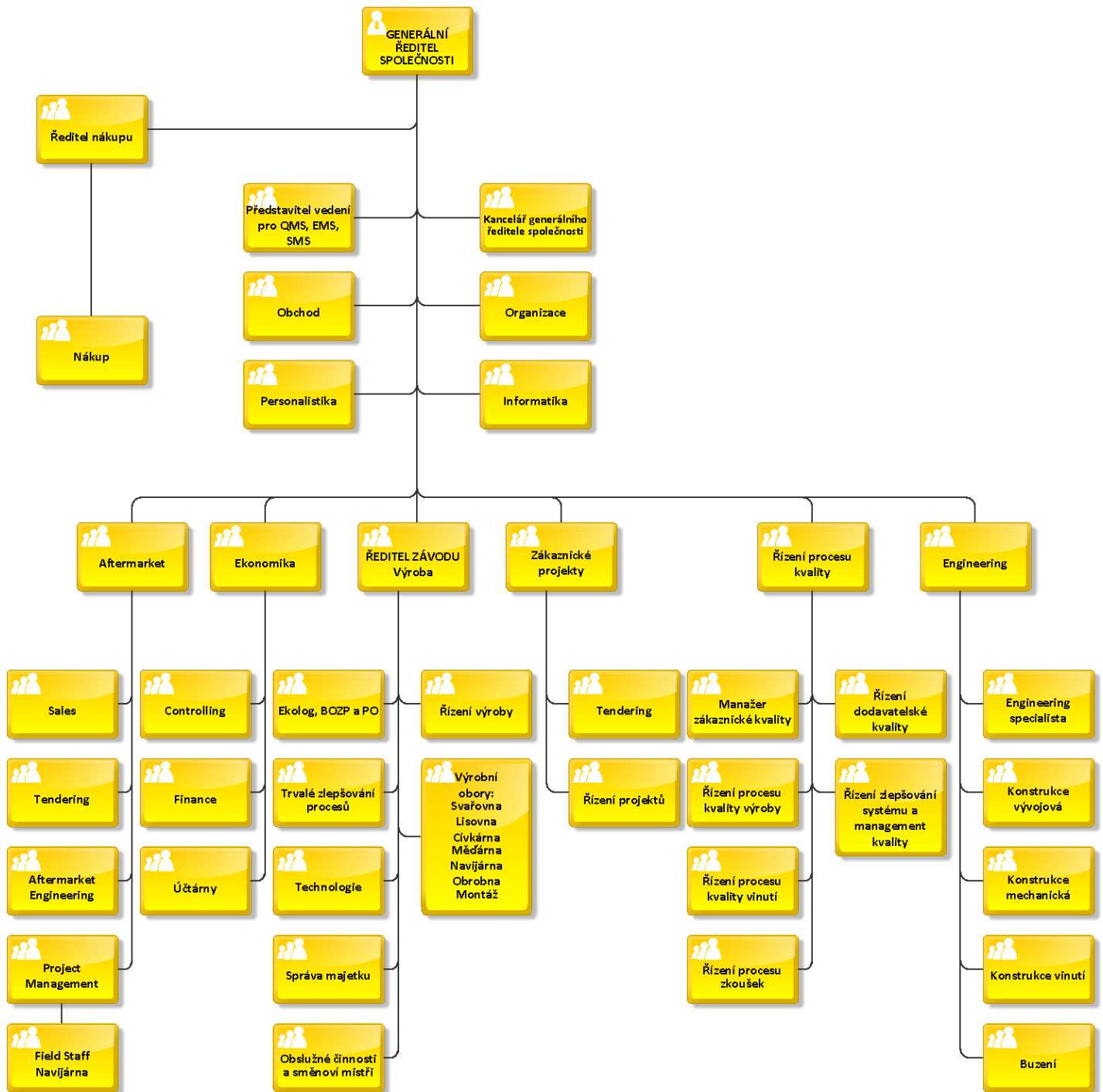
Příloha 12: Výrobní plán Navijárny rotorového vinutí – září / říjen 2016 [32]

Příloha 13: Ukázka pájecí konstrukce anglické pobočky BRUSH Electrical Machines [32]

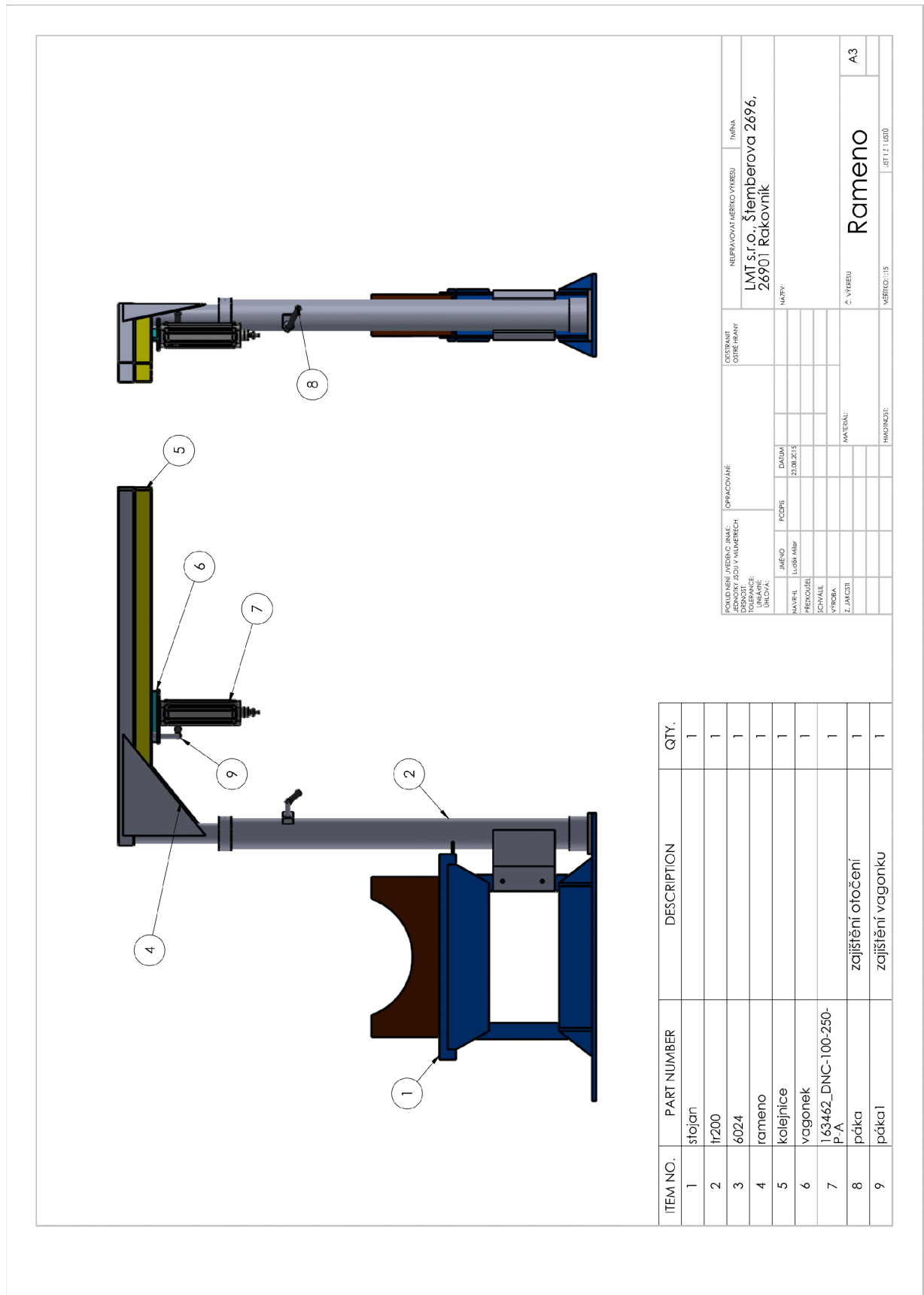
Příloha 1: Mapa areálu BRUSH SEM s.r.o. [32]



Příloha 2: Organizační schéma společnosti BRUSH SEM s.r.o.




Příloha 4: Grafický návrh otočné pájecí konstrukce od společnosti LMT s.r.o. [29]




| ITEM NO. | PART NUMBER | DESCRIPTION | QTY. |
|----------|-------------------------|-------------------|------|
| 1 | stojan | | 1 |
| 2 | tr200 | | 1 |
| 3 | 6024 | | 1 |
| 4 | rameno | | 1 |
| 5 | kalejičce | | 1 |
| 6 | vagonetk | | 1 |
| 7 | 1.63442_DNC-100-250-P-A | | 1 |
| 8 | páka | zajištění otočení | 1 |
| 9 | páka1 | zajištění vagonku | 1 |

| | | | |
|---|---|--------------------------|---|
| POŘÍZENÍ JEDIČK JINAK: JEDNOTKY JSOU V MILIMETRECH TOLERANCE: UPŘESŇUJTE URČENÍ | OPRACOVÁNÍ: NEPRAVOTV. METRO. VÝŘEBU MĚŘENÍ | ODSTRANIT OSTŘE HRANY | TRŽBA LMT s.r.o., Štamberova 2696, 26901 Rakovník |
| JMÉNO LUDMIL | POČEPS | DATA 20.08.2015 | NÁZEV |
| PROJEKT SCHVAL | | | |
| VÝKRES Z. JAKOŠT | | | |
| | | | 2. VÝŘEBU |
| | | | MATERIÁL |
| | | | RAMENO |
| | | | MĚŘITEL: 1:15 |
| | | | LIST 1 z 1 (8/10) |

Příloha 6: Cenová nabídka prototypu pájecí konstrukce od JTK Metal s.r.o. [31]


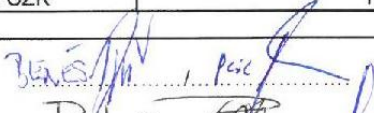
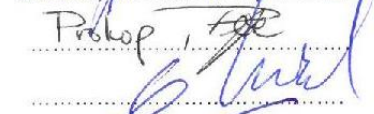
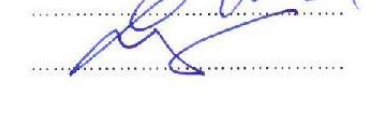

| JTK METAL s.r.o. Sedlecká 1277/7 323 00 Plzeň CZECH REPUBLIC Tel.: 773 837 377 Fax: e.mail: vaclav.tezky@seznam.cz IČO: 252 35 222 DIČ: Bankovní spojení : Banka ČSOB č.účtu: 279960673/0300 | |  | | | | | |
|--|---------------|---|-----------------------|-------------------------------|------------------------|------------------|--|
| CENOVÁ NABÍDKA č. | | 54/2016 <i>(Price offer No., Date)</i> | | ze dne: | | 15.9.2016 | |
| Adresa firmy: | | Brush SEM s.r.o. Tř. E. Beneše 39/564 301 00 Plzeň | | | | | |
| Popis práce: | | Prototyp pájecího ramene do Navijárny rotorů | | | | | |
| Termín dodání: | | 21dní od objednání | | | | | |
| Záruka na dodané zboží: | | 2 roky od dodání (záruka se nevztahuje na vady způsobené nesprávnou manipulací) | | | | | |
| Č. výkresu | Název | Popis | Ks <i>Quantity</i> | Cena/kus <i>Price/Item</i> | Celkem <i>Total</i> | | |
| | pájecí rameno | RAL 1007 | 1 | 53 430 Kč | 53 430 Kč | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| Celková cena | | Cena bez DPH | | | 53 430 Kč | | |
| Pozn.: Uvedené ceny jsou smluvní a neobsahují DPH | | | | <i>Price is without DPH</i> | | | |
| Platební podmínky: (Payment conditions) | | | | | | | |
| Bankovním převodem, 30 dní od dodání (30 days netto) | | | | | | | |
| Děkujeme za Vaši poptávku. | | | | | | | |
| Vyřizuje: Václav Těžký - jednatel společnosti tel.773 837 377 | | | | | | | |

Příloha 7: Cenová nabídka 5 ks pájecích konstrukcí od JTK Metal s.r.o. [31]

| JTK METAL s.r.o. Sedlecká 1277/7 323 00 Plzeň CZECH REPUBLIC Tel.: 773 837 377 Fax: e.mail: vaclav.tezky@seznam.cz IČO: 252 35 222 DIČ: Bankovní spojení : Banka ČSOB č.účtu: 279960673/0300 | |  | | | | | |
|--|---------------|--|---------------|-------------------------|---------------------|------------------|--|
| CENOVÁ NABÍDKA č. | | 55/2016 <i>(Price offer No., Date)</i> | | ze dne: | | 19.9.2016 | |
| Adresa firmy: | | <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> Brush SEM s.r.o. Tř. E. Beneše 39/564 301 00 Plzeň </div> | | | | | |
| Popis práce: | | Pájecí rameno do Navijárny rotorů | | | | | |
| Termín dodání: | | 21dní od objednání | | | | | |
| Záruka na dodané zboží: | | 2 roky od dodání (záruka se nevztahuje na vady způsobené nesprávnou manipulací) | | | | | |
| Č. výkresu | Název | Popis | Ks | Cena/kus | Celkem | | |
| | pájecí rameno | RAL 1007 | Quantity 5 | Price/Item 38 820 Kč | Total 194 100 Kč | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| Celková cena | | Cena bez DPH | | 194 100 Kč | | | |
| Pozn.: Uvedené ceny jsou smluvní a neobsahují DPH | | | | Price is without DPH | | | |
| Platební podmínky: (Payment conditions) | | | | | | | |
| Bankovním převodem, 30 dní od dodání (30 days netto) | | | | | | | |
| Děkujeme za Vaši poptávku. | | | | | | | |
| Vyřizuje: Václav Těžký - jednatel společnosti tel.773 837 377 | | | | | | | |


Příloha 8: Schválená žádost CER pro uvolnění financí na nákup 6 ks pájecích konstrukcí [32]

Appendix Bii

| | | | | | |
|--|--|------------------------------------|-----------------------|--------------------------|------|
|  MELROSE PLC | | CAPITAL EXPENDITURE REQUEST | | CER NO: SEM 07616 | |
| | | DIVISION: BTD | | DATE: 23.9.2016 | |
| | | BUSINESS UNIT: BRUSH SEM | | BUDGET: ID 00662 | |
| 1. DESCRIPTION OF CAPITAL EXPENDITURE (Detail attached) | | | | | |
| Výroba tří nových pracovišť pro navíjení rotorů. Hlavním účelem je odstranění nutnosti vrtání šestnácti závitů M20 do rotorů pro uchycení ramene s pájkou. Náklady na vrtání těchto otvorů jsou 8432,- CZK/rotor. Při výrobě 53 generátorů ročně je roční úspora 450.500,- CZK a další úsporou je snížení jeřábové manipulace tj. 1080 minut/rotor. Pozn.: přiblížen výsoký násobek od 3 855 000 Kč (1.verze) až po 4.verzi - viz CER 247 530 Kč. | | | | | |
| 2. DETAILS OF ASSET BEING REPLACED (if applicable) | | | | | |
| Description | Age | Mileage | NBV | Proceeds | |
| 3. FINANCIAL SUMMARY | | | | | |
| CAPITAL EXPENDITURE | | | | 247 530 CZK | |
| Cost of Equipment and Ancillaries (including Installation) | | | | | |
| Grants Receivable | | | | | |
| Other - Specify | | | | | |
| TOTAL EXPENDITURE | | | | 247 530 CZK | |
| Cash Flow Return | | | | Years | 0,18 |
| Operating Profit Return | | | | Years | |
| 4. SUMMARY OF REASONS | | | ASSET CATEGORY | | |
| New Products/Improvements | 247 530 CZK | Land & Buildings | | | |
| Additional Capacity | | Commercial Vehicles | | | |
| Replacement | | Plant & Machinery | | | |
| Cost Reduction | | Moulds & Tools | | | |
| Safety/Environmental etc | | Motor Vehicles | | | |
| Other (Specify) | | Office Equipment | | | |
| | | Computer Software | | | |
| TOTAL | 247 530 CZK | TOTAL | | | |
| 5. APPROVAL | | | | DATE: | |
| Originating Manager/CAPEX Manager |  | | | 23.9.16 | |
| Works Engineer/Technical Manager |  | | | 23.9.16 | |
| Business Unit Finance Director |  | | | 4.10.2016 | |
| Business Unit Managing Director |  | | | 16.10.16 | |
| Divisional Financial Controller/Director | | | | | |
| Divisional Chief Executive | | | | | |
| Melrose PLC Operations Controller | | | | | |
| Melrose PLC Board (1) | | | | | |
| Melrose PLC Board (2) | | | | | |

SEM A4-0212/A/k



Příloha 9: Cenová nabídka 6 ks pájecích ramen od JTK Metal s.r.o. [31]

| JTK METAL s.r.o. Sedlecká 1277/7 323 00 Plzeň CZECH REPUBLIC Tel.: 773 837 377 Fax: e.mail: vaclav.tezky@seznam.cz IČO: 252 35 222 DIČ: Bankovní spojení : Banka ČSOB č.úctu: 279960673/0300 | |  | | | |
|--|-------------|---|-----------------------------|-------------------------------|------------------------|
| CENOVÁ NABÍDKA č. | | 65/2016 <i>(Price offer No., Date)</i> | | ze dne: 14.11.2016 | |
| Adresa firmy: | | Brush SEM s.r.o. Tř. E. Beneše 39/564 301 00 Plzeň | | | |
| Popis práce: | | Držák na pojezd pájecího pístu | | | |
| Termín dodání: | | 21dní od objednání | | | |
| Záruka na dodané zboží: | | 2 roky od dodání (záruka se nevztahuje na vady způsobené nesprávnou manipulací) | | | |
| Č. výkresu | Název | Popis | Ks <i>Quantity</i> | Cena/kus <i>Price/Item</i> | Celkem <i>Total</i> |
| | držák pístu | | 6 | 3 335 Kč | 19 350 Kč |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| Celková cena | | Cena bez DPH | | 19 350 Kč | |
| Pozn.: Uvedené ceny jsou smluvní a neobsahují DPH | | | <i>Price is without DPH</i> | | |
| Platební podmínky: (Payment conditions) | | | | | |
| Bankovním převodem, 30 dní od dodání (30 days netto) | | | | | |
| Děkujeme za Vaši poptávku. | | | | | |
| Vyřizuje: Václav Těžký - jednatel společnosti tel.773 837 377 | | | | | |







Příloha 10 (1. část): Návod pro montáž pojízdných pájecích konstrukcí

|  | | Návod pro <u>MONTÁŽ</u> pájecí konstrukce | |
|---|--|---|---|
| KROK | POPIS | FOTO | |
| 1. | Najet skrz nosník |  | |
| 2. | Nasazení 2 ks jeklů na závity |  | |
| 3. | Dotažení 2+2 matic (M20) na obou jeklech – ručně |  | |
| 4. | Přizvednutí rychloupínkou |  |  |
| 5. | Dotažení 2+2 matic (M20) – klíčem číslo 30 |  | |








Příloha 10 (2. část): Návod pro montáž pojízdných pájecích konstrukcí

| Návod pro MONTÁŽ pájecí konstrukce | | BRUSH | |
|---|---|--|--|
| KROK | POPIS | FOTO | |
| 6. | Dotažení spodního šroubu |  | |
| 7. | Odjištění 2 ks nohou s kolečky, otočit o 180° |  | |
| 8. | Vysunutí 2 ks nohou |  | |
| 9. | Uložení 2 ks nohou |  | |
| 10. | Zajištění o zem dvěma šrouby |  | |

Příloha 11 (1. část): Návod pro demontáž pojízdných pájecích konstrukcí

|  | | Návod pro <u>DEMONTÁŽ</u> pájecí konstrukce | |
|---|-------------------------------------|---|--|
| KROK | POPIS | FOTO | |
| 1. | Odjištění od země dvěma šrouby |  | |
| 2. | Vyjmutí 2 ks nohou s kolečky |  | |
| 3. | Nasunutí 2 ks nohou |  | |
| 4. | Zajištění 2 ks nohou, otočit o 180° |  | |
| 5. | Povolení spodního šroubu |  | |

Příloha 11 (2. část): Návod pro demontáž pojezdých pájecích konstrukcí

| Návod pro DEMONTÁŽ pájecí konstrukce | | BRUSH | |
|---|--|---|---|
| KROK | POPIS | FOTO | |
| 6. | Povolení 2+2 matic (M20) – klíčem číslo 30 |  |  |
| 7. | Snížení konstrukce rychloupínkou |  |  |
| 8. | Povolení 2+2 matic (M20) - ručně |  |  |
| 9. | Vyjmutí 2 ks jeklů ze závitů |  |  |
| 10. | Vyjetí skrz nosník |  |  |

Příloha 13: Ukázka pájecí konstrukce anglické pobočky BRUSH Electrical Machines [32]

