VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV METROLOGIE A ZKUŠEBNICTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF METROLOGY AND QUALITY ASSURANCE TESTING

IMPLEMENTACE MODERNÍCH METOD ŘÍZENÍ JAKOSTI VE VÝROBĚ ELEKTROMOTORŮ.

IMPLEMENTATION OF MODERN QUALITY CONTROL METHODS IN PRODUCTION OF ELECTROMOTORS.

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE VÁCLAV ŘÍDKÝ
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE Ing. PETR KOŠKA, Ph.D.
SUPERVISOR

BRNO 2009

ANOTACE

Václav Řídký

Implementace moderních metod řízení jakosti ve výrobě elektromotorů
Diplomová práce, Ústav metrologie a zkušebnictví, VUT FSI v Brně

Tato diplomová práce se zabývá problematikou snižování reklamační kvóty ve výrobě elektromotorů na stanovenou úroveň. Práce obsahuje analýzy vad, představení jednotlivých vad a zavedená opatření vedoucí k eliminaci jejich vzniku.

Klíčová slova: elektromotor, POKA-YOKE, opatření, chyba pracovníka, odstranění vady.

ANNOTATION

Václav Řídký

Implementation of modern quality control metods in production of electromotors
Diploma thesis, Institute of metrology and quality assurance testing, UT FME, Brno

This diploma thesis deals with problems of reducing the complaints quota in production of electromotors to assessed level. This work includes analysis of faults, presentation of single faults and instituted measures leading to the elimination their inception.

Key words: electromotor, POKA-YOKE, measure, error of worker, removing fault

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ŘÍDKÝ, V. *Implementace moderních metod řízení jakosti ve výrobě elektromotorů.* Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009. 65 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Petr Koška, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI

Místopřísežně prohlašuji, že jsem byl seznámen s předpisy pro vypracování diplomové práce a že jsem celou diplomovou práci vypracoval samostatně. Při vypracování diplomové práce jsem respektoval ustanovení předpisů pro diplomové práce.

V Brně dne 28.5.2009 ……

podpis

PODĚKOVÁNÍ

Za podporu a pomoc, cenné připomínky a rady při zpracování diplomové práce tímto děkuji vedoucímu diplomové práce panu Ing. Petru Koškovi, Ph.D. Dále bych rád poděkoval Ing. Petru Černochovi za podporu a vedení při řešení problémů v podniku.

OBSAH

1. ÚVOD 10
2. PŘEDSTAVENÍ VÝROBNÍHO ZÁVODU 11
2.1 Použití vyrobených elektromotorů 12
3. POPIS VHODNÝCH METOD 13
3.1. Metoda *5S* 14
3.2 Metoda POKA – YOKE 16
3.2.1 Úvod 16
3.2.2 Druhy chyb 16
3.2.3 Zdroje vad 18
3.2.4 Charakteristika metody Poka – Yoke 19
3.2.4.1 Základní funkce metody 19
3.2.4.2 Prostředky Poka-Yoke 20
3.2.4.3 Časté aplikace metody 21
3.2.4.4 Základní pokyny k realizaci metody 22
3.2.4.5 Závěr 23
3.3 Metoda 6σ 24
3.3.1 Základní pojmy 6σ 24
3.3.2 Hodnocení úrovně kvality 6σ 24
3.3.3 Pozice pracovníků při zavádění 6σ 24
3.3.4 Zlepšovací proces DMAIC 25
3.3.5 Výpočty 27
3.4 Metoda KAIZEN 28
3.4.1 Kroky Kaizen 29
4. ANALÝZA VAD PŘI VÝROBĚ ELEKTROMOTORŮ 32
4.1 Příčiny vzniku vad 32
4.2 Analýza vad 32
4.3 Přepočet reklamací na PPM 32
4.4 Vliv jednotlivých reklamací 33
5. NÁVRH OPATŘENÍ 35
5.1 Metoda POKA-YOKE využitá ve výrobě 35

5.1.1 Nedotažené nebo přetažené šroubové spoje 35
5.1.2 Nebezpečí poškození ozubení při manipulaci s elektromotorem 37
5.1.3 Chybějící součástky při montáži 38
5.1.4 Velká síla při lisování ložiska na rotor 40
5.1.5 Poškození vinutí statoru při montáži nebo provozu motoru 41
5.1.6 Chybějící pero brzdového náboje motoru 42
5.1.7 Vypadnutí pera z výstupní hřídele 43
5.1.8 Přehození vývodek při montáži statoru 44
5.1.8.1 První typ odlišení jednotlivých vývodek UVW 44
5.1.8.2 Druhý typ odlišení jednotlivých vývodek UVW 45
5.1.8.3 Třetí typ odlišení jednotlivých vývodek UVW 46
5.1.9 Nebezpečí přehození konektorů UVW při výstupní kontrole 46
5.1.10 Chybné přepravování elektromotorů v boxech – tzv. gitrech 47
5.1.11 Nenalití oleje do převodovky 48
5.1.12 Vyhodnocení opatření POKA-YOKE ve výrobě 49
5.2 Metoda Poka-Yoke využitá při expedici 50
5.2.1 Použití 2D čárových kódů při expedici motoru 50
5.2.2 Produktivita a efektivnost čárových kódů 53
5.2.3 Informace o použitých čárových kódech 53
5.3 Metoda KAIZEN 56
5.3.1 Mazání radiálních hřídelových těsnění 56
5.3.2 Mazání ozubení servo – kolo při montáži pohonů 57
5.3.3 Uspořádání montážních přípravků a součástek na jednotlivých linkách 58
5.4 Metoda 5S 59
6. ZÁVĚR 61
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY 62
SEZNAM ZKRATEK 63
SEZNAM PŘÍLOH 65

1. ÚVOD

Projekt Diplomové práce byl zahájen v srpnu roku 2008. Prvotním krokem bylo absolvování standardního bezpečnostního školení určeného k bezpečnému samostatnému pohybu ve výrobní hale. Poté následovalo seznámení se s výrobním prostředím firmy. Byly stanoveny cíle, kterých má být dosaženo, a sice snížení reklamační kvóty ze skoro 4000 PPM (přesněji 3978 PPM) na 500 PPM a to implementací vhodných metod (aplikace 5S, POKA YOKE, Kaizen) a dále byly definovány jednotlivé kroky projektu.

Při práci na projektu byly sestavovány tabulky s označením místa pracoviště (kód linky), čísla systému (motoru), vadně provedené operace, hodnocením stávajícího opatření proti zabránění vady a hlavně v nově navrženém opatření. Tyto tabulky pro jednotlivé metody jsou obsaženy v příloze této práce.

Jednotlivé kroky projektu spočívaly v:

- Analýze jednotlivých moderních metod řízení jakosti z pohledu možností snižování vad a tedy i reklamační kvóty,
- Analýze vady/ příčiny reklamačních kvót při výrobě elektromotorů,
- Navržení takového opatření, které by vedlo ke snižování reklamačních kvót na definovanou úroveň,
- Ověření navržených opatření a stanovit závěr.

2. PŘEDSTAVENÍ VÝROBNÍHO ZÁVODU

Název	Firma **XY s.r.o.**
Objem výroby	cca. 280 000 kusů motorů nebo pohonných jednotek/rok
Počet zaměstnanců	350
Roční obrat	cca 2 mld. Kč

Firma **XY s.r.o**. byla založena v roce 1994 a je společným podnikem dvou německých společností **XX AG** a **YY AG**, které patří k největším světovým výrobcům manipulační techniky. Výroba se v závodě provozuje v dvousměnném provozu a je rozdělena na šesti výrobních linkách. Jedná se o výrobu elektromotorů pro pohony pojezdu, zdvihu a řízení ve vysokozdvižných vozících.

Obrázek 1. Letecký pohled na závod

2.1 Použití vyrobených elektromotorů

Pro venkovní využití vysokozdvižných vozíků se montují především dieselové agregáty a to z důvodu nižších finančních nákladů na pořízení. Pokud je ale potřeba použití těchto vozíků v uzavřených prostorech např. výrobních halách nebo skladech, je potom nutné z důvodu tiššího provozu a především zachování neznečištěného ovzduší pořídit do takových prostor elektrický vozík. Takový vozík obsahuje sadu akumulátorů, které je nutné během nepracovní doby dobíjet, a několik elektromotorů - zejména pro pojezd a zdvih. Jako příklad elektrických vozíků jsou zde uvedeny 3 jejich hlavní kategorie podle způsobu použití od odběratelské firmy **YY AG**.

- **Elektrické nízkozdvižné vozíky**

nabízejí řešení na míru pro každou přepravní vzdálenost. Pro krátké vzdálenosti v režimu ručního vedení, pro střední vzdálenosti v kombinovaném režimu ručního vedení a spolujízdy nebo pro dlouhé vzdálenosti v režimu spolujízdy. S nosnostmi od 1600 kg do 3000 kg umožňují hospodárné řešení pro všechny případy použití.

Obrázek 2. Elektrický nízkozdvižný vozík

- **Elektrické vysokozdvižné vozíky**

nabízejí vhodné řešení pro každou přepravní vzdálenost a každou výšku zdvihu. Pro krátké vzdálenosti v režimu ručního vedení, pro střední vzdálenosti v kombinovaném režimu ručního

vedení a spolujízdy nebo pro dlouhé vzdálenosti v režimu spolujízdy. S nosnostmi od 1600 kg do 3000 kg a výškami zdvihu až do 5350 mm umožňují hospodárné řešení pro všechny případy použití.

Obrázek 3. Elektrický vysokozdvižný vozík

- **Čelní elektrické vysokozdvižné vozíky**

Elektrické vysokozdvižné vozíky představují vhodné řešení pro čistě vnitřní použití i pro kombinovaný vnější a vnitřní provoz. Prostorově velmi úsporná varianta se zadním pohonem, se silnou trakcí a čtyřkolové vozíky s nosností od 1 600 kg do 5 000 kg.

Obrázek 4. Čelní elektrický vysokozdvižný vozík.

3. POPIS VHODNÝCH METOD

3.1. Metoda *5S*

5S bylo pojmenováno podle pěti japonských slov začínajících na s:
seiri, seiton, seiso, seiketsu a shitsuke.

Zařazení znaků opakujících dané kroky je součástí workshopů a vizuálního vedení celkového programu.

1. Krok *seiri* (utřídit – vyřadit nepotřebné)
   - rozpracovanost
   - nepotřebné nářadí
   - nepotřebné stroje
   - vadné díly
   - papíry a dokumenty

   Oddělte potřebné od nepotřebného a vše nepotřebné odstraňte.

2. Krok *seiton* (uspořádání věcí)

   Věci musejí být v pořádku a na svém místě, aby bylo možné je v případě potřeby použít.

3. Krok *seiso* (úklid)

   Udržujte pořádek na pracovišti.

4. Krok *seiketsu* (osobní čistota)

   Přijměte čistotu za osobní zvyk.

5. Krok *shitsuke* (disciplína)

   Řiďte se pracovními postupy dílny.

Slouží jako nástroj k

- zprůhlednění procesů,
- odstranění plýtvání,
- odstranění nadbytečností,
- uvolnění ploch,
- ke snižování nákladů,
- zaujmutí zákazníků,
- budování spolehlivé firmy,
- zajištění měřitelnosti úrovně pořádku a standardizace.

Důvod využití

- Firma bez ztrát může rychleji a bezpečněji vyrábět výrobky vysoké kvality
- Rychlé odhalení abnormalit provozu strojů, zařízení a výrobního procesu
- Odstranění plýtvání v toku materiálu, eliminací hledání, čekání, přemýšlení atd.
- Firma zaujme zákazníka systémem a pořádkem, který je „pod kontrolou“
- Snížení apatie pracovníků společnosti k nepořádku, únikům a abnormalitám
- Organizované a standardizované pracoviště je výkonné a efektivní pracoviště
- Čisté pracoviště je bezpečnější
- Snížené nároky na prostor znamenají minimalizaci režijních nákladů
- Čistota, systém a standart vytváří image naší firmy

Systém se uplatňuje v celé firmě

- Na dílnách
- Ve skladech
- V kancelářích
- V sociálních i společných prostorách

3.2 Metoda POKA – YOKE

3.2.1 Úvod

Koncepce POKA-YOKE existuje v různých formách již od počátku hromadné výroby. Teprve japonský inženýr Shigeo Shingo rozpracoval tuto myšlenku do nástroje dosahování nuly vadných a eventuálního eliminování kontrol jakosti. Metodám, které prosazoval, se dříve říkalo "blbuvzdorné".
Shingo pochopil, že tato označení by mohlo řadu pracovníků odrazovat, a proto přišel s pojmem POKA-YOKE, což se běžně překládá jako "zabraňování chybám – mistake-proofing" nebo "zabezpečení protiselhání – fail-safing" (vyhnout se [*yokeru*] neúmyslným chybám [*poka*]). POKA-YOKE může převzetím opakovaných úkonů nebo kroků závisejících na pozornosti nebo paměti uvolnit pracovníkův čas a myšlení ke tvořivějším činnostem.

Faktem je, že lidé jsou velice zapomětliví a mají sklon dělat chyby. Pracovníci jsou často obviňováni za to, že dělají chyby. Na pracovišti tato skutečnost pracovníky nejen znechucuje a snižuje morálku, ale neřeší to problém. Řada věcí se ve složitém prostředí pracoviště nemusí podařit, každý den se naskytnou příležitosti udělat chybu, která pak povede k vadným výrobkům. Za POKA-YOKE se skrývá přesvědčení, že není přípustné vyrábět třeba i jen malý počet vadných výrobků. Jestliže chce být společnost konkurenceschopná, musí přijmout nejen filosofii, ale i praxi produkování nuly vadných výrobků. Metoda POKA-YOKE je jednoduchým návodem pro dosažení tohoto cíle.

3.2.2 Druhy chyb

Téměř všem chybám lze předejít. Je nutno identifikovat kdy, kde a proč vznikají a následně přijmout rozhodnutí, vhodný způsob, jak jim předcházet. Téměř všechny vady jsou způsobeny chybami pracovníků (operátorů). Mezi nejčastější chyby způsobené pracovníky patří tyto:

***a) Zapomnětlivost*:** V sériové výrobě, při produkci až několika tisíc výrobků za směnu dochází často k nesoustředění. Operátor například zapomene namontovat drobný dílec.

Způsob ochrany: Montážní zařízení musí operátora upozornit (signalizovat zvukově, světelně), nedovolit vyjmout dílec bez namontovaného komponentu, popř. detekovat úplnost sestavy na nejbližším kontrolním zařízení.

b) Chyby způsobené nedorozuměním: Chyba způsobená tím, že je učiněno rozhodnutí bez znalosti konkrétní situace. Například osoba, neobeznámená s řízením auta s automatickou převodovkou šlápne na brzdu v domnění, že je to spojka.
Způsob ochrany: Výcvik, kontrola předem, standardizování pracovních postupů.

c) Chyby v identifikaci: Nesprávně vyhodnocená situace, nezřetelné údaje na displeji. Zobrazené hodnoty jsou viditelné příliš krátce nebo z příliš velké vzdálenosti. Například, údaj na displeji 3 mbar je považován za 30 mbar.
Způsob ochrany: Výcvik, pozornost, opatrnost, zvuková a světelná signalizace.

d) Chyby prováděné amatéry: Chyby vznikající z nedostatku zkušeností. Například, nový pracovník operaci nezná nebo je s ní sotva obeznámen.
Způsob ochrany: Budování pracovních návyků, standardizace práce.

e) Úmyslné chyby: Chyba způsobená tím, že se za určitých okolností pracovník rozhodne ignorovat pravidla. Například operátor úmyslně vynechá mezioperační kontrolu a díl předá na další pracoviště.
Způsob ochrany: Základní výchova a zkušenosti, označení dílu značkou po úspěšné kontrolní operaci.

f) Neúmyslné chyby: Chyba, která je způsobena tím, že pracovník je „myšlenkami nepřítomen“, provede chybně operaci, aniž by věděl, jak k tomu došlo.
Způsob ochrany: Pozornost, disciplína, standardizace práce.

g) Chyby způsobené pomalostí: Z důvodu nerozhodnosti (pomalého rozhodování, neznalosti) může dojít k zdravotní újmě, popř. finanční ztrátě. Například osoba, která se učí řídit, šlápne na brzdu opožděně.
Způsob ochrany: Budování pracovních návyků, standardizace práce.

h) Chyby způsobené neexistencí norem: K některým chybám dojde tím, že nejsou k dispozici vhodné instrukce nebo pracovní normy. Například vyhodnocení měření může být ponecháno na rozhodnutí jediného pracovníka.
Způsob ochrany: Standardizace práce, pracovní instrukce.

i) Chyby z překvapení: Chyby někdy vznikají tím, že zařízení pracuje odlišně, než se očekává. Například náhlá porucha stroje bez varování.
Způsob ochrany: TPM (Total Productive Maintenance), standardizace práce.

j) Záměrné chyby: Někteří lidé dělají chyby schválně. Příkladem jsou trestné činy a sabotáže.
Způsob ochrany: Základní výchova, disciplína.

3.2.3 Zdroje vad

Za vadu je považována každá odchylka od předepsaného technologického (pracovního) postupu, konstrukčních (výkresových) požadavků nebo sebemenší odchylka od správné funkce výrobku. Existují různé druhy vad. Podle pořadí důležitosti to jsou:

a) Vynechaná montážní operace,
b) Vadná montáž,
c) Nesprávné zakládání (upínání) kusu,
d) Chybějící díly,
e) Špatné díly,
f) Zpracování špatného kusu,
g) Nesprávné provedení operace,
h) Zařízení nenastaveno, neseřízeno,
i) Díl nedotažený, uvolněný, vypadlý,
j) Nástroje a přípravky nesprávně připravené.

Lidské chyby jsou obvykle neúmyslné. Prostředky POKA-YOKE zabrání vzniku vady, i když k těmto chybám dojde, tzn., napomáhají zabudovat jakost do procesů.

3.2.4 Charakteristika metody Poka - Yoke

ČSN EN ISO 9000 definuje následující termíny:

Požadavek potřeba nebo očekávání, které jsou stanoveny, obecně se předpokládají nebo jsou závazné.

Shoda splnění požadavku.

Neshoda nesplnění požadavku.

Vada nesplnění požadavku ve vztahu k zamýšlenému nebo specifikovanému použití.

Chyba abnormální stav, který může vést k neshodě.

3.2.4.1 Základní funkce metody

Vada existuje v jednom ze dvou stavů: Buď by mohla nastat, nebo již nastala.

Poka – yoke má tři základní funkce:

1. vypnutí
2. kontrola
3. varování

Predikce – (před provedením operace) vada by mohla nastat.

Detekce – (po provedení operace) vada již nastala.

Predikce:
1. vypnutí – při zjištění vady není výrobní operace spuštěna.
2. kontrola – nemožnost provedení jakékoli chyby.
3. varování – signalizace odchylky od normálního stavu.

Detekce:
1. vypnutí – při zjištění vady je okamžitě zastavena operace.
2. kontrola – vadné dílce nemohou pokračovat k následující operaci.
3. varování – signalizace, že došlo k vadě.

3.2.4.2 Prostředky POKA-YOKE

Účelem metody je prevence proti chybám, popř. jejich okamžitá detekce a náprava. Jednotlivé typy prostředků Poka – Yoke dělíme podle jejich funkce a podle nastavení:

I. Kontrola zjišťující chyby se nasazuje v místě jejich zdroje – před tím, než způsobí vadu. Příkladem může být kolík, který zabrání nesprávné orientaci opracovávaného dílu.

II. 100% kontrola dílu pomocí levného snímacího prvku jako např. koncový spínač. Při výskytu abnormality se aktivuje zvuková, nebo světelná signalizace.

III. Okamžité kroky k zastavení operace, jakmile je zjištěna vada, (např. blokovací obvod, který automaticky vypne stroj).

Mechanické prostředky, které jsou navrženy pro předcházení vadě přímo v místě vzniku, jsou nejefektivnější. Prostředky pro zachycení vady a okamžité zastavení činnosti patří mezi cenné součásti procesu snižování vad.

Prostředky mohou být jednoduché a levné jako třeba blokovací kolík v zakládacím přípravku nebo koncový spínač, který bude signalizovat správné umístění dílu. Cílem těchto prostředků není odstranění potřeby určitých pracovních dovedností. Například barevně rozlišený svazek vodičů a socketů jednoduše pomáhá pracovníkovi ve správném provedení úkonu. Další, jako např. počítadlo nebo alarm signalizující vadu vyzvou pracovníka, aby příslušně reagoval, tzn., neshodný díl musí být vyjmut a přemístěn do prostoru pro zmetky. Pomocí čidla zde bude detekována přítomnost vadného dílce a až poté bude moci být spuštěn další pracovní cyklus stroje. Výše uvedené příklady nejsou čistým příkladem zabraňování vadám, pro efektivní funkci jsou závislé na pracovníkovi, který musí vhodně reagovat. Jsou-li zaměstnanci motivováni a zainteresováni na zlepšování výrobku nebo procesu, mohou tyto prostředky významně snížit počet chyb, a tudíž jsou sem zahrnuty.

Vedoucí pracovníci společnosti sami musí mít vizi v oblasti systému jakosti a musí vytvořit ve společnosti takovou kulturu a prostředí, aby zaměstnanci společnosti byli motivováni na přijetí této vize. Například poskytnutí času a podpůrných zdrojů pracovním týmům k analyzování problémů, nebo zavedení pobídkového systému zaměřeného na povzbuzování pracovníků, aby řešili problémy, které způsobují vady.

Pro zjišťování chyb a vad se dá použít široká paleta prostředků. Detektory použité pro POKA-YOKE se dají rozdělit na ty, které se zkoušeného dílu dotknou (kontaktní) a na ty, které se dílu nedotknou (bezkontaktní).

a) Kontaktní prostředky

Jako kontaktní prostředky se nejčastěji používají *mikrospínače* a *koncové spínače*. Mohou detekovat přítomnost kusu, formy, nebo střižného nástroje a jsou velmi flexibilní. Koncové spínače se dají použít pro zajištění, aby proces nemohl začít, dokud například kus nebude ve správné poloze nebo se dají použít pro zastavení procesu, jestliže kus má špatný tvar.
V POKA-YOKE se také používá řada dalších prostředků s kontaktní detekcí jako například: distanční spínače, snímače polohy, snímače posunutí, snímače průchodu kovu a různé další mechanické prostředky.

b) Bezkontaktní prostředky

Pro práci s neprůhlednými, průsvitnými a průhlednými dílci se v závislosti na potřebě dají použít *fotoelektrické spínače*. Existují dva možné typy detekce. V případě, že pracujeme s *průhlednými* objekty, použijí se dvě jednotky, jedna vysílající světelný paprsek do druhé, která ho přijímá. Tento typ je buď ve stavu sepnuto, pokud světlo může procházet nebo vypnuto, tedy v dráze světla je neprůhledná překážka. *Reflexní* typ fotoelektrického spínače reaguje na světlo odražené od objektu a
tím je detekována jeho přítomnost.

3.2.4.3 Časté aplikace metody

Vhodnou aplikací prostředků Poka – Yoke je možno zjistit odchylky montovaného dílu od kalibru, popř. od znaků nastavených v programu stroje (např. počet aktivních čidel pro daný výrobek).

a) Vodící kolíky různých velikostí

- Kolíky umístěné ve spodním dílu formy přesně zapadají do děr v horním dílu formy.
- Kolík (kolíky) umístěné na dosedacích plochách zakládacích přípravků – umožňují správné a jednoznačné založení pouze požadovaného dílce.

b) Optické snímače

- Optické snímače detekují přítomnost (polohu) dílce po provedené montážní operaci.

V případě, že snímač detekuje chybějící dílec odešle signál do řídícího systému zařízení, který zablokuje výrobek v přípravku, popř. světelně a zvukově signalizují chybějící díl obsluze.

c) Koncové spínače

- Koncové spínače detekují správnou pozici dílce, až poté spustí pracovní cyklus.
- Detekují posuv nástroje. Při dosažení koncové polohy (po sepnutí koncového spínače) se nástroj vrací do základní polohy.

d) Počítadla

- Na počítadle je nastaven přesný počet operací, popř. počet montovaných dílců.
  V případě, že se skutečný počet liší od referenčního, je spuštěna světelná a zvuková signalizace.

3.2.4.4 Základní pokyny k realizaci metody

K základním pokynům při realizaci metody patří identifikace dílu podle měřitelných veličin, detekce odchylky od předcházejících procesů nebo vynechání operace, popř. detekce odchylky podle pevně zadaných hodnot.

a) Identifikovat vstupní díly dle jejich znaků

- Podle váhy: -stanovit hmotnostní normy,
  -pro identifikaci dílů použít váhy.
- Podle rozměru: -stanovit normy pro délku, šířku, průměr, atd.,
  -identifikovat odchylky pomocí mechanických zarážek v přípravku, koncových spínačů, atd.
- Podle tvaru: -stanovit normy pro tvarové znaky např. úhly, prohnutí, obrysy, polohy otvorů, atd.,
  - pomocí koncových spínačů, vhodných tvarových zakládacích přípravků, referenčních dílů identifikovat odchylky.

b) Detekovat odchylku od předcházejících procesů, nebo detekovat vynechání operace

- Metoda sledu operací

Následnou operaci není možné provést v případě, že pracovník nebo zařízení během pracovního cyklu neprovedl standardní požadovaný sled úkonů.

- Metoda z procesu do procesu

Operaci nelze provést, pokud byl jeden z řady kroků vynechán a nebyl dodržen stanovený postup.

c) Detekovat odchylku od pevně zadaných hodnot

- Pomocí počítadla

- Metoda nadpočetnosti

Určitý počet dílů je sestaven do dávky. V případě, že je dávka větší, je signalizována chyba.

- Měření kritických ukazatelů

Detekují se kritické výrobní parametry, např. tlak, proud, teplota, čas. Operace je zastavena do té doby, dokud se sledovaná hodnota nebude nacházet v předepsané toleranci.

3.2.4.5 Závěr

Systémy POKA-YOKE tvoří jednoduchý a robustní nástroj pro 100 % kontrolu parametrů komponentů vstupujících do výrobního procesu. Detekují neshodné komponenty, vady komponentů a vytváří rychlou zpětnou vazbu tak, že protiopatření mohou být provedena okamžitě. Zařízení POKA-YOKE, v případě zjištění neshody, nespustí výrobní operaci, popř. vypne zařízení a upozorní obsluhu. Rozpozná abnormalitu výrobku, rozdíly vzhledem k určené hodnotě, nebo vynechanou výrobní operaci. Aplikací POKA-YOKE prostředků je snížena vnitropodniková zmetkovitost a počet možných reklamací od zákazníka.

3.3 Metoda 6σ

6σ je strategie řízení, původně vyvinutá společností Motorola. Dnes se používá v různých odvětvích průmyslu. 6σ si klade za cíl identifikovat a odstranit příčiny defektů a chyb v procesech výroby a obchodu, k čemuž používá především metodiky DMAIC. Poskytuje společnostem způsob, jak dělat méně chyb ve všech svých činnostech (od vyplnění objednávky až po tu nejsložitější výrobu nebo poskytování služeb), a to eliminováním neshod dříve, než se objeví.

3.3.1 Základní pojmy 6σ

- **Six Sigma (6σ)** – termín zavedený firmou Motorola,
- **Sigma (σ)** – směrodatná odchylka jako míra variability charakteristik procesu,
- **Úroveň kvality sigma** – způsobilost procesu plnit požadované specifikace,
- **Úroveň kvality 6σ** – 3,4 PPM, ve vztahu k jedné charakteristice CTQ,
- **Critical to Quality Characteristic (CTQ)** – znak jakosti důležitý pro zákazníka.

3.3.2 Hodnocení úrovně kvality 6σ

- One Sigma = 690 000 PPM => efektivita 31 %
- Two Sigma = 308 000 PPM => efektivita 69,2 %
- Three Sigma = 66 800 PPM => efektivita 93,32 %
- Four Sigma = 6 210 PPM => efektivita 99,379 %
- Five Sigma = 230 PPM => efektivita 99,977 %
- Six Sigma = 3,4 PPM => efektivita 99,9997 %

3.3.3 Pozice pracovníků při zavádění 6σ

- **Champion**

Prezentuje vizi úspěšného zavedení 6σ. Stanoví projekty pro absolventy Black Belt kursů a určí jejich priority. Strategicky je řídí, poskytuje jim rady a podporuje jejich činnost. Odstraňuje vnitřní bariéry, které by mohly bránit úspěšnému dokončení projektu.

- **Sponzor**

Vlastník procesu (zodpovědný za proces), který se podílí na výběru projektů. Zodpovědný za autorizaci změn v procesu. Schvaluje termíny pro školení jednotlivých zaměstnanců. Sleduje pokrok týmu a podporuje ho. Přispívá k udržení výsledků zlepšovacího projektu.

- **Master Black Belt**

Rozumí podnikové strategii a má celkový přehled o podniku. Partner Championa, který vytváří a realizuje trénink pro různé úrovně organizace. Má hlubokou znalost metodiky 6σ. Asistuje při identifikaci projektů. Koučuje Black Belty při projektové práci a pomáhá s jejich tréninkem a certifikací. Spolupracuje na přípravě zpráv o stavu projektu. Má a poskytuje informace o nejlepších zkušenostech pro celý podnik.

- **Black Belt**

Expert na strategii 6σ, je pro ni nadšený a svým pozitivním přístupem motivuje ostatní. Podporuje myšlenky Championů a v případě potřeby je žádá o pomoc. Identifikuje překážky v projektech. Vede a řídí prováděcí týmy. Informuje o pokroku na příslušné stupně vedení podniku. Ovlivňuje bez přímé formální autority a zároveň má vliv na aplikaci nejefektivnějších nástrojů. Získává vstupní informace od zasvěcených operátorů, supervizorů a vedoucích týmů. Učí a trénuje metody a nástroje strategie 6σ.

- **Green Belt**

Přibližně 20 – 30 % pracovní doby věnuje řešení 6σ projektů, přičemž vykonává své běžné povinnosti. Spolupracuje na projektech Black Beltů v rámci svých existujících povinností. Učí se metodologii 6σ a aplikuje ji ve svých dílčích projektech. Pokračuje ve studiu a zavádění metod a nástrojů 6σ i po dokončení projektu.

3.3.4 Zlepšovací proces DMAIC

Vyžití DMAIC

Jedná se vlastně o zdokonalený PDCA cyklus. Metodu je možné využít pro jakékoliv řešení problému nebo zavedení nových změn, dosažení lepších předem stanovených výsledků nebo spokojenosti zákazníka. Fáze DMAIC (*Obrázek 5)* je možné opakovat. Jejich opakováním se roztáčí spirála postupného zlepšování a dosahování lepších a lepších výsledků.

Obrázek 5. DMAIC

Metoda definuje 5 fází pro úspěšné zavedení změny nebo řízení projektu určeného ke zlepšování:

D – Define (definovat) – v první fázi se definují cíle, získávají informace, popisuje stav, kterého má být dosaženo, určuje se tým pracovníků. Popisuje se proces, který má být zlepšen. Součástí popisu procesu je i jeho rozsah (začátek a konec procesu, vstupy a výstupy). Definuje se plán, který by měl obsahovat jednotlivé činnosti, jež jsou třeba k odstranění problému.

M – Measure (měřit) – při zlepšování jsou důležité postupné kroky, kterých má být dosaženo a které vedou k naplnění definovaných cílů. Doložit plnění cílů je možné jen na základě předem definovaných měření a měřitelných ukazatelů. Tak je možné odlišit domněnky od skutečnosti.

A – Analyze (analyzovat) – zjištěné informace je potřeba podrobně analyzovat a zjistit skutečný potenciál pro zlepšení. Základem je analýza příčin problémů, nedostatků, nespokojenosti apod. Zároveň je zjišťováno, zda je skutečně řešen původní problém.

I – Improve (zlepšovat) – základem zlepšení je odstranění skutečné příčiny. Nastavují se nové parametry procesu a jeho optimalizace. Vše se dělá pro zvýšení spokojenosti zákazníka ať externího nebo interního. Součástí zlepšování by mělo být i zlepšení nákladů, přínosů pro zákazníka. Jednotlivá řešení je možné otestovat v pilotním testu.

C – Control (řídit) – Je-li problém úspěšně odstraněn nebo dosaženo zlepšení, je třeba udělat poslední a závěrečný krok, všechny potřebné změny zavést/standardizovat do procesů nebo systému. Také se samozřejmě přesvědčit, zda změny jsou řádně uplatňovány a součástí běžných každodenních činností. Vhodné je stanovit období, ve kterém se sleduje dosažených výsledků, zisku z nového zlepšení.

3.3.5 Výpočty

- **Vzorec pro výpočet efektivity** (1)

$$EFF = \left(1 - \frac{PPM}{10^6}\right) \cdot 100 \ [\%] \tag{1}$$

- **Vzorec pro výpočet PPM** (2)

$$PPM = \frac{A}{B} \cdot 1000000 \ [-] \tag{2}$$

A.....počet neshod

B.....počet vyrobených kusů

3.4 Metoda KAIZEN

Kaizen je základní filozofií, na níž stojí to nejlepší z japonského managementu. Je to jakási sjednocující myšlenka všech postupů, systémů a nástrojů vytvořených v japonské ekonomice během několika desetiletí. Jejím hlavním sdělením je „zdokonalení“, snaha dělat věci lépe.

V pozadí strategie Kaizen je pochopení skutečnosti, že vedení každé společnosti, chce – li zůstat ve hře a vytvářet zisk, musí usilovat o uspokojení potřeb zákazníka. Zdokonalení v takových oblastech jako je kvalita, výše nákladů a dodržování termínů, jsou naprosto nezbytná. Kaizen je strategií zdokonalení, jejímž hnacím motorem jsou potřeby zákazníka. Základem této strategie je názor, že všechny aktivity by měly v konečném důsledku vést ke zvýšené spokojenosti zákazníka.

Z pohledu zákazníka je kvalita něčím, co výrobek buď má, nebo nemá. Mezitím nic neexistuje. Úlohou managementu je neustále usilovat o vytváření lepších produktů za nižší ceny. Strategie Kaizen vytvořila systémový přístup a nástroje pro řešení problémů, určené právě k realizaci tohoto cíle.

Kaizen je neustálou součástí činnosti většiny velkých společností a většina společností přiznává, že jejich vedení věnuje alespoň 50 % své pozornosti právě strategii Kaizen. Jejich management kvality neustále hledá způsoby, jak vylepšit vnitřní firemní systémy a postupy. Využití myšlenek Kaizen zasahuje i do takových oblastí, jako jsou vztahy mezi zaměstnanci a vedením, marketingové postupy a dodavatelské vztahy. Aktivními účastníky všech aktivit v rámci strategie Kaizen jsou rovněž příslušníci středního managementu, předáci a dělníci. Technici v továrnách jsou často varováni: „žádný pokrok se nedostaví, budeme – li všechno dělat vždy stejným způsobem.“

Dalším důležitým aspektem Kaizen je to, že klade důraz na výrobní proces. Kaizen vede ke způsobu myšlení, jenž je zaměřen na výrobní proces a k systému řízení, který podporuje a uznává lidské úsilí na zdokonalování výrobních procesů. To je v ostrém kontrastu v západním manažerským praktikám, které hodnotí lidský výkon čistě na základě výsledků a neodměňuje vynaložené úsilí a snahu.

V podstatě existují dva druhy firem, podle toho, jestli strategii Kaizen používají nebo ne. Zatímco mnoho japonských firem díky strategii Kaizen uspělo, většina západních manažerů si neuvědomuje, jak ohromné příležitosti tato strategie nabízí. Částečně je to tím, že strategii Kaizen a její důsledky zatím nikdo nevysvětlil, částečně tím, že samotná tato strategie se svým způsobem stále ještě rodí. Strategie Kaizen byla nicméně během několika desetiletí jejího využívání dotažena do bodu, kdy je možné ji vysvětlit a aplikovat na jakoukoli firmu.

Podstata pojmu Kaizen je jednoduchá a jasná: Kaizen znamená zlepšování a zdokonalování. Kaizen navíc znamená neustále probíhající zdokonalování týkající se všech včetně manažerů a dělníků. Filozofie Kaizen předpokládá, že náš způsob života – ať už pracovního, společenského nebo domácího – si zaslouží neustálé zdokonalování.

Kaizen je střešním pojmem, pod nějž lze zahrnout většinu z těch „unikátně japonských“ praktik, které v poslední době dosáhly světové slávy.

3.4.1 Kroky Kaizen

- orientace na zákazníky
- absolutní kontrola kvality TQC (Total Quality Control)
- kroužky kontroly kvality QC (Quality Control Circles)
- systém zlepšovacích návrhů
- automatizace
- disciplína na pracovišti
- absolutní údržba výrobních prostředků
- kanban
- zdokonalování kvality
- „právě včas“ (Just In Time)
- žádné kazové zboží
- aktivity malých skupin
- dobré vztahy management – zaměstnanci
- zvyšování produktivity
- vývoj nových produktů

KANBAN

Komunikační nástroj ve výrobě typu „právě včas“ a systém kontroly zásob vyvinutý Taiichi Ohnem ve společnosti Toyota. Kanban neboli „štítek“ je připojen ke specifické části výrobní linky, kde označuje dodávku určitého množství. Když jsou všechny tyto díly použity, stejný štítek se vrátí na původní místo, kde slouží jako objednávka na další díly. Systém Kanban je jedním z mnoha prvků v plně integrovaném systému Absolutní kontroly kvality a nelze jej zavést do jakéhokoli výrobního procesu bez těchto dalších prvků.

Just - In – Time (právě včas)

Technika výroby a kontroly zásob, jež je součástí výrobního systému společnosti Toyota. Vytvořil a k dokonalosti dovedl Taichi Ohno, především aby zabránil plýtvání ve výrobě a minimalizovat zásoby.

QC – Quality Control Circles (kroužek kontroly kvality)

Malá skupinka dobrovolně vykonávající činnosti, jež souvisí s kontrolou kvality na pracovišti, a to kontinuálně, jako součást celopodnikového programu kontroly kvality, osobního růstu, vzájemného vzdělávání se, kontroly toků a zdokonalování se v rámci pracoviště.

Kroužky kontroly kvality jsou pouze částí celopodnikového programu, nikoli jedinou náplní absolutní či celopodnikové kontroly kvality. Činnost těchto kroužků obecně představuje deset až třicet procent všeho úsilí, které japonské společnosti věnují absolutní kontrole kvality.

TQC – Total Quality Control (absolutní kontrola kvality)

Organizované kvality Kaizen, týkající se všech zaměstnanců společnosti – včetně managementu – jako součást integrovaného úsilí o zdokonalování výkonů na všech úrovních. Tyto zdokonalené výkony jsou zaměřeny na plnění takových více-funkčních cílů, jako je kvalita, náklady, plánování, rozvoj pracovních sil a vývoj nových produktů. Má se za to, že tyto aktivity vedou ke zvýšené spokojenosti zákazníků. TQC je někdy označována jako celozávodní kontrola kvality.

Absolutní kontrola kvality prochází neustálými změnami a zlepšeními, především takzvaných Sedm statistických nástrojů je nenahraditelných a široce jich využívají kroužky kontroly kvality, technici a manažeři. Původní sedmička byla nedávno doplněna o „novou sedmičku," používanou k řešení složitějších problémů jako je vývoj nových produktů, zdokonalování technického vybavení, zlepšování kvality a snižování nákladů. Nové aplikace přichází na svět praktiky denně.

Absolutní kontrola kvality je hnutím zaměřeným na zdokonalování manažerských výkonů na všech úrovních. Nejčastěji se zabývá těmito oblastmi:

1) Záruka kvality či jakosti
2) Snižování nákladů
3) Plnění výrobních kvót
4) Plnění plánu dodávek
5) Bezpečnost práce
6) Vývoj nových produktů
7) Zvýšení produktivity
8) Řízení dodavatelů

Později do tohoto seznamu přibyly rovněž marketing, prodej a služby. Úsilí managementu v oblasti absolutní kontroly kvality se většinou zaměřuje na vzdělávání, vývoj nových systémů, realizace plánů, vícefunkční management a, v poslední době, zavádění kvality.

4. ANALÝZA VAD PŘI VÝROBĚ ELEKTROMOTORŮ

4.1 Příčiny vzniku vad

Úkolem montážních techniků na jednotlivých výrobních linkách je sestavovat z jednotlivých komponent elektromotory nebo jejich části. Denně se vyrobí veliké množství motorů, z čehož každý motor se skládá z mnoha drobných součástek, dílců a z mnoha pracovních úkonů. Velkým problémem je proto riziko možnosti vzniku neúmyslného zapomenutí jedné nebo více pracovních operací. Z těchto důvodů je vhodné aplikovat do provozu metodu POKA-YOKE, která by vzniku těchto chyb předem zabránila.

4.2 Analýza vad

Maximální hodnoty reklamační kvóty 3978 PPM bylo dosaženo v únoru v roce 2008. Velkou vinu na tomto stavu měla firma dodávající praskající litinové rámy elektromotorů (skrytá vada materiálu). Tenhle stav byl mimořádný a díky změně dodavatele se docílilo snížení reklamací na stav konce roku 2007.

Stav reklamační kvóty k 31. 10. 2008 byl 2 434 PPM, což byla efektivita 99,7566 %. Aplikací metody POKA-YOKE se předpokládá snížení až na hodnotu 500 PPM, která je stanovena odběratelem **XX AG** a **YY AG**.

4.3 Přepočet reklamací na PPM

PPM *(parts per milion)* – ukazatel, který udává, kolik bylo reklamací za určité časové období od zákazníka přepočteno na milion vyexpedovaných kusů.

$$PPM = \frac{A}{B} \cdot 1000000 \; [-]$$

A.....počet reklamací (za rok)

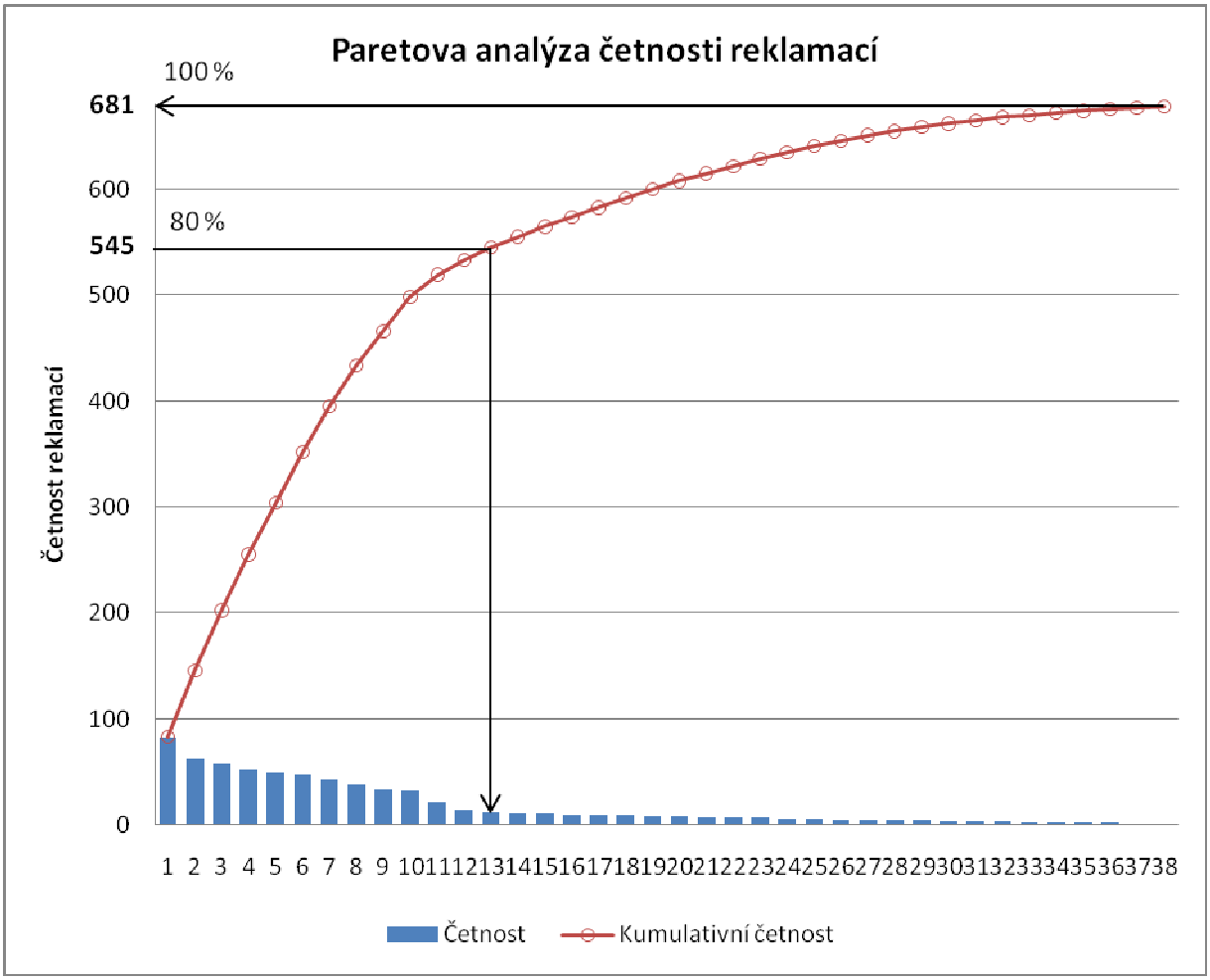
B.....počet vyrobených motorů (za rok = 280 000 ks)

4.4 Vliv jednotlivých reklamací

Při vytváření Paretovy analýzy je potřeba rozdělit příčiny podle jejich typu. Data se setřídí podle četnosti jednotlivých druhů vad, nejlépe do tabulky četností. Následuje výpočet kumulativních součtů. Kumulativní součty jsou určeny ke konstrukci Lorenzovy křivky. Po sestrojení Paretova diagramu *(Graf 1)* je třeba stanovit rozhodovací kritérium (obvykle 80 %), pomocí kterého se rozdělí životně důležité příčiny vzniku chyb od příčin nevýznamných.

Paretův princip říká: „Při odhalení 20% důležitých příčin se vyřeší 80 % ztrát."

Graf 1. Paretův diagram - stav k 31. 10. 2008



Pomocí Paretovy analýzy se může sestavit tabulka životně důležitých příčin vzniku chyb a navrhnout pro ně vhodná opatření.

Tabulka 1. Jednotlivé reklamace (výroba) - stav k 31. 10. 2008

Definice vadně provedené operace	**Četnost reklamací** *[ks/rok]*	**Reklamace vyjádřené v PPM**
Nedotažené nebo přetažené šroubové spoje	83	297
Nebezpečí poškození ozubení při manipulaci s elektromotorem	62	221
Chybějící součástky při montáži	57	204
Velká síla při lisování ložiska na rotor	53	189
Poškození vinutí statoru při montáži nebo provozu motoru	49	175
Chybějící pero brzdového náboje motoru	48	172
Vypadnutí pera z výstupní hřídele	43	154
Přehození vývodek při montáži statoru - 1.typ odlišení	38	136
Přehození vývodek při montáži statoru - 2.typ odlišení	33	118
Přehození vývodek při montáži statoru - 3.typ odlišení	32	114
Nebezpečí přehození konektorů UVW při výstupní kontrole	21	75
Chybné přepravování elektromotorů v boxech – tzv. gitrech	14	50
Nenalití oleje do převodovky	12	43
Ostatní vady	136	486
Celkem	**681**	**2434**

Poznámka: V „Tabulce 1. Jednotlivé reklamace (výroba) - stav k 31. 10. 2008“ jsou červeně označeny četnosti vad, na které by se při výstupní kontrole v závodě nepřišlo. Modře jsou označeny ty vady, na které by se sice při výstupním testu přišlo, ale jejich odstraňování způsobuje časové (a finanční) ztráty. Ostatní vady (označené zeleně) se skládají z vad o menší četnosti výskytu jak 10 za rok („nedopinovaný“ konektor čidla otáček, opačně nalisované gufero, popraskané svorkovnice, ...). Jsou v nich také obsaženy vady dodavatelské. Ty se řeší s dodavatelem individuálně.

5. NÁVRH OPATŘENÍ

Pro navržené opatření využijeme pouze tří metod a to POKA-YOKE, Kaizen a 5S. Z těchto tří metod má ve výrobě význam pro snižování reklamační kvóty – tedy snižování počtu neshodných výrobků pouze metoda POKA-YOKE. Tuto metodu lze však použít i jinde a to třeba v expedici. I zde lze totiž předcházet chybám pracovníků. Zavedené opatření POKA-YOKE tady sice nebude vést ke snižování reklamační kvóty výroby, ale může zabránit případným chybám při expedici. Zavedené metody Kaizen a 5S taktéž nebudou vést ke snižování reklamační kvóty, ale dokážou zlepšit jednotlivé procesy ve výrobě.

5.1 Metoda POKA-YOKE využitá ve výrobě

5.1.1 Nedotažené nebo přetažené šroubové spoje

Nejčastějším zdrojem chybně provedených operací při montáži, které následně vedly k velkému množství reklamací, byly nedotažené nebo přetažené šroubové spoje. Jednalo se především o spojení svorkovnice s vývodkami UVW, spojení kola s mechanismem pojezdu, dále pak o spoj mezi rámem motoru a štítem, apod.

Jednou z příčin je, že pracovník jednoduše zapomene dotáhnout jeden ze šroubů nebo provede opětovné utažení již utaženého šroubu. Tomu lze předejít použitím takzvaného *RE-controlleru*. Jedná se o zařízení, které zpracovává pneumatický signál, který je generován v pneumatickém nástroji během utažení a také po dosažení požadovaného momentu utažení. *RE-controller* se také používá pro počítání počtu správně dotažených šroubů. Kontroluje tlak vzduchu v rozvodné síti a poklesne-li tlak pod úroveň, při které není zaručena přesnost utažení, vyšle varovný signál.

Další příčinou nesprávného utažení může být samotný spoj. Důvodem můžou být chybějící díly jako např. těsnění nebo podložky nebo také nedostatečná kvalita šroubů. Ta může vést k materiálovým změnám (plastické deformaci), a tím i změnám mechanických vlastností. K nesprávně utaženému spoji mohou přispět také poškozené závity nebo nečistoty ve spoji. Nástroj na utahování by tak dosáhl vypínací úrovně krouticího momentu ještě

předtím, než dojde k dosednutí spoje a vytvoření svěrné síly. Způsob, jak zajistit takto vadné spoje, je monitorování úhlu otočení během procesu utahování. Chybějící podložky, poškozené závity, nečistoty ve spoji, příliš krátké šrouby nebo šrouby nedostatečné kvality způsobí to, že úhel utažení bude mimo toleranční pole. Pro takové utahování šroubových spojů lze využít montážní nástroj s funkcí pro snímání úhlů s předem definovaným tolerančním polem spoje. Jeho řídící jednotka provádí výpočet momentu utažení pomocí algoritmu. Pokud by tento nástroj měl být používán pro životně důležité spoje, kde je požadován záznam výsledku utažení z kalibrovaného momentového snímače, lze potom využít utahovací přístroj vyšší třídy *(Obrázek 6)* – tedy takový, který výsledné hodnoty kroutícího momentu posílá do systému pro dlouhodobou archivaci a je zde potom možnost využití statistické kontroly procesu SPC, aby bylo možno zjistit a odstranit odchylky ve výsledcích ještě před tím, než jsou překročeny mezní limity.

Obrázek 6. Kontrola procesu utahování šroubových spojů

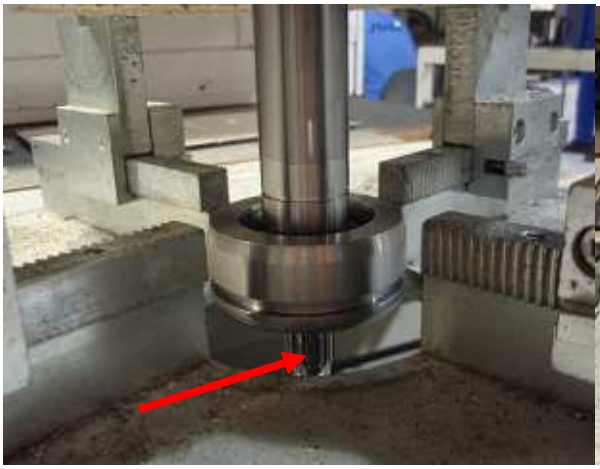
V praxi to znamená, že při každé změně série motorů si pracovník pomocí čtečky čárových kódů načte kód (číslo motoru) a tím se automaticky přenastaví předem definované parametry utažení jako jsou toleranční pole spoje, kroutící moment a počet šroubových spojů. Když nedojde k správnému utažení všech požadovaných šroubových spojů, systém automaticky vyšle chybové hlášení a dokud nejsou chybně utažené šroubové spoje opakovaně (správně) utažené, neodešle systém vozík s elektromotorem k další operaci na lince.

5.1.2 Nebezpečí poškození ozubení při manipulaci s elektromotorem

Velkým problémem je neúmyslné poškození ozubení hřídelí nebo pastorků při neopatrné manipulaci během montáže, při expedici nebo převozu.

Obrázek 7. Ochranné plastové pouzdro

Proto byl navržen speciální přípravek - plastové pouzdro *(Obrázek 7),* který se před montáží nasune na výstupní hřídel elektromotoru a tímto se tak zabrání poškození drážek ozubení při neopatrné manipulaci příručním jeřábem o hrany montážního vozíku na lince *(Obrázek 8a, 8b)*.



Obrázek 8a. Ozubení detail

Obrázek 8b. Motor na vozíku

Jako další vhodné opatření proti poškození ozubení bylo navrženo papírové pouzdro samostatně uložených pastorků (převodovky). Tohle pouzdro, které je vyrobeno z tvrdého kartonu a slouží jako ochrana pastorku (ozubeného kola) při přepravě, je od dodavatele až do

výroby motorů přepravováno přivázané drátkem k bloku motoru *(Obrázek 9)* a tak zde odpadá riziko, že by se jednotlivé pastorky při přepravě o sebe navzájem poškodily.

Obrázek 9. Ochranné kartonové pouzdro

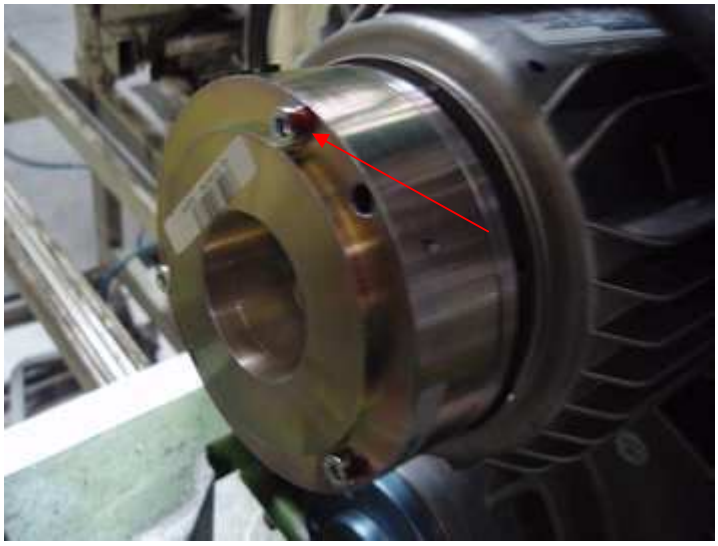
5.1.3 Chybějící součástky při montáži

Třetí nejčastější závadou je chybějící součástka. Některé motory obsahují až 20 drobných mechanických a elektronických součástek: šroubků, podložek, O-kroužků či pojistných kroužků. Těmito součástkami jsou připevněné nebo zabezpečené díly z vnější části motoru jako svorkovnice, víko motoru, čidlo otáček, čidlo teploty, ložisko rotoru,… Někdy se zapomene namontovat i elektronická součást, jako je třeba čidlo otáček motoru. Absence těchto dílů se však velmi dobře dá odhalit při výstupním diagnostickém testu. Pokud chybí vnější mechanické součástky, může si jejich absence při výstupní kontrole zkušební technik všimnout. Někdy však součástky bývají ukryté pod víkem - uvnitř motoru, a tak je jejich absence nezjistitelná. Proto bylo třeba navrhnout opatření, které by vzniku takové vady účinně zabránilo, tedy využít metodu POKA-YOKE.

Navržené opatření spočívá v tom, aby byl každý montážní vozík na lince vybaven speciální magnetickou miskou *(Obrázek 10a)*, do které se ještě před montáží předchystají všechny součástky, čímž odpadne problém s jejich zapomenutím během montáže. Pracovník tedy nemusí jednotlivé součástky brát ze zásobních krabiček samostatně, ale vezme je z magnetické misky. Pokud po hotové montáži v misce nějaká součástka zbude, znamená to, že v motoru chybí.

Obrázek 10a. Magnetická miska na součástky

Dalším opatřením je po provedení vizuelní kontroly vnějších mechanických součástek zkušebním technikem zakápnutí šroubového spoje takzvaným „Sicherungslackem“ *(Obrázek 10b)*.



Obrázek 10b. Značení šroubového spoje

Pro zajištění kompletnosti motorů musí pracovník zkušebny dodržovat tzv. systém odpočítávání dílců, které dokompletovává na motor. Ke každému balení si tak podle výkresové dokumentace a technologického postupu přichystá příslušný počet typových štítků, O-kroužků, gufer, krytů, matic apod. Tím se zajistí zpětná kontrola, že žádný díl na motorech

nechybí. V případě, že zkušební technik zjistí, že mu přebývá některý z předchystaných dílů, je potom povinen celé balení motorů překontrolovat a tyto díly doplnit.

Pokud se do budoucna tato opatření neosvědčí z důvodu nedbalosti přichystávání součástek některými pracovníky, pak se bude muset uvést do provozu kamerové zkoušky pro montáž (finančně velmi náročné). Výstup kamery je zobrazován on-line na LCD panelu. V případě, že operátor zapomene některý díl, zařízení pomocí kamerového systému detekuje nepřítomnost komponentu, zastaví výrobní pás a obsluhu světelně upozorní…

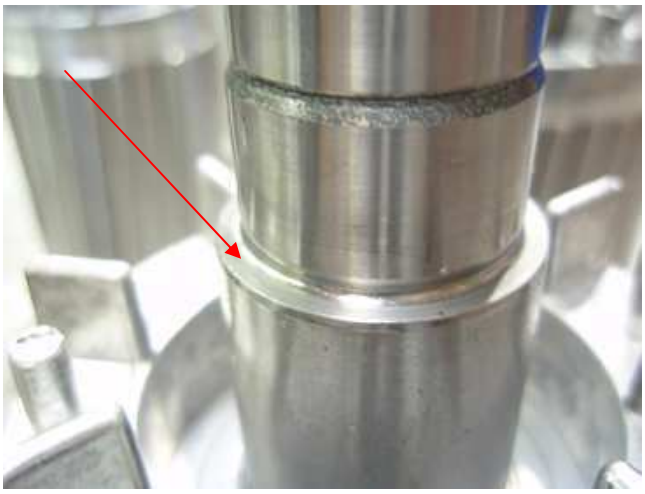
5.1.4 Velká síla při lisování ložiska na rotor

U některých typů motorů se musí lisovat ložisko na hřídel rotoru. Jako doraz pro ložisko zde slouží drážka zápichu, ve které je usazen pojistný kroužek *(Obrázek 11a – šipka značí doraz)*. Pokud však na ručním lisu *(Obrázek 11b)* pracovník překročí určitou sílu, ložisko se zalisuje moc daleko a částečně prohne nebo dokonce vytlačí pojistný kroužek z drážky. To může mít za následek špatné usazení rotoru v elektromotoru nebo dokonce vypadnutí pojistného kroužku vlivem rotace a způsobit tak třeba poškození vinutí. Proto bylo potřeba vymyslet opatření, které by těmto vadám zcela zabránilo. Proto byla využita metody POKA-YOKE.

Obrázek 11a. Doraz ložiska

Obrázek 11b. Příruční lis

Jako první řešení byly navrženy nové přípravky, které by měly tvar podkovy, nasadily by se z boku na plochu pod ložiskem a sloužily by jako doraz při lisování. Tohle řešení by sice bylo účinné, ale bylo by potřeba vyrobit větší množství těchto přípravků, protože se na lince vyrábí několik desítek typů motorů. Proto se pro zjednodušení navrhlo jiné řešení a to zvětšení průměru hřídele pod ložiskem na velikost průměru pojistného kroužku. Tím vzniklo osazení *(Obrázek 12)*, které slouží jako účinný doraz ložiska. Touhle konstrukční úpravou se ušetří jednak materiál na obrábění hřídele a pojistný kroužek, ale hlavně se zabrání vzniku vady – vypadnutí pojistného kroužku a v poslední řadě také možnost zapomenutí tohoto kroužku při montáži.

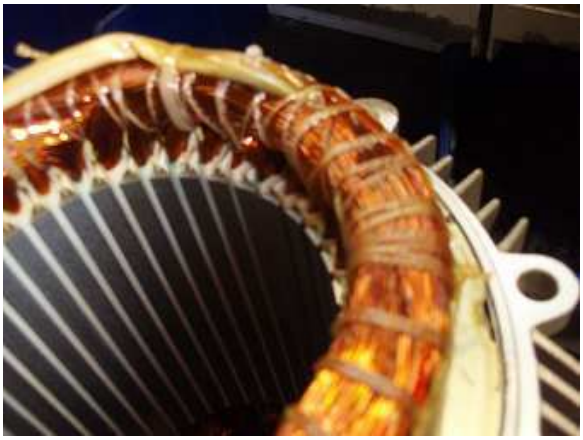


Obrázek 12. Doraz ložiska osazením hřídele

5.1.5 Poškození vinutí statoru při montáži nebo provozu motoru

Někdy by se při výrobě statorového vinutí mohlo stát, že by mohlo dojít k vyhnutí jednoho z měděných drátů (vznik očka) a to by potom mohlo dřít o rotor *(Obrázek 13)*. Tím by po určité době v provozu mohlo dojít k porušení izolační lakové vrstvy a následně ke zkratování motoru na kostru.

Proto bylo potřeba zavést kontrolu, která by takovýto kus odhalila ještě v podniku a nedošlo by tak k závadě v provozu u zákazníka. Touto kontrolou je Dynamické testování MEGMETEM při výstupní kontrole.



Obrázek 13. Ukázka statorového vinutí

5.1.6 Chybějící pero brzdového náboje motoru

Jednou z chybně provedených operací je neúmyslné zapomenutí vložení pojistného kroužku a nenalisování pera pohonného pastorku a především pastorku pera náboje brzdy motoru. Pero na hřídeli rotoru unáší brzdový kotouč elektromotoru. Ve chvíli kdy je vysokozdvižný vozík nutno nouzově ubrzdit a tedy elektromotor zablokovat, brzdový kotouč se sice zabrzdí, ale díky chybějícímu peru se hřídel rotoru v něm protočí, a tedy nedojde k potřebnému ubrzdění vozíku, což může mít za následek pozdější havárii vozíku v provozu, zranění obsluhy, případně další hmotné škody či závažná zranění. Pokud by se taková havárie stala, bylo by potom zřejmě nutné zkontrolovat všechny vyrobené motory, jestli pera obsahují. Každý vyrobený motor by bylo potřeba rozložit, přesvědčit se, jestli bylo nalisováno pero na hřídel rotoru a následně jej opět složit. Jelikož se vysokozdvižné vozíky distribuují do celého světa, nejnákladnější by nebyla samotná havárie, ale dodatečná kontrola všech vyrobených elektromotorů! Při výstupní kontrole totiž chybějící pero nelze odhalit. Proto je třeba navrhnout opatření, kterým by se podařilo úplně eliminovat chyby operátorů na výrobní lince a předejít tak vzniku závažných havárií - tedy využít metodu POKA-YOKE.

Pro návrh řešení případně chybějícího pera náboje brzdy *(Obrázek 14)* bylo zapotřebí vhodné preventivní opatření. Jako jediné 100 % účinné řešení byla navržena konstrukční úprava hřídele rotoru. Místo spojení hřídele s kotoučkem brzdy za pomocí pera, bylo změněno spojení nábojem s drážkováním *(Obrázek 15a, 15b)*. Tím se sice o něco zvýší náklady na výrobu, ale navždy odpadne problém se zapomenutím nalisování pera.

Obrázek 14. Brzda s nábojem pomocí pera (nenamontovaná)

Obrázek 15a. Náboj brzdy s drážkováním

Obrázek 15b. Brzda (namontovaná)

5.1.7 Vypadnutí pera z výstupní hřídele

U některých typů elektromotorů, které si zákazník objednal samotné – tedy opouštějící závod bez převodovky, hrozí při převozu nebo manipulaci nebezpečí vypadnutí nalisovaného pera z výstupní hřídele. Využijeme tedy metody POKA-YOKE - obalení konce výstupní hřídele i s nalisovaným perem tzv. smršťovací páskou *(Obrázek 16)*. Tím se zabrání eventuálnímu vypadnutí pera při pozdější manipulaci s motorem (expedicí a převozem). Tuto činnost má na starosti technik výstupní kontroly.

Obrázek 16. Zabezpečení proti vypadnutí pera

5.1.8 Přehození vývodek při montáži statoru

Při montáži statoru je třeba správným způsobem zapojit koncové vývodky statorového vinutí označené UVW do příslušného výstupního konektoru - svorkovnice. Díky případné chybě pracovníka na výrobní lince je proto možné špatné zapojení, což má za následek opačný smysl otáček chodu elektromotoru. Tato závada je sice odhalitelná zkušebním technikem při výstupní kontrole, ale její odstraňování nese velké časové ztráty. Motor se musí rozložit (některý typ i rozlisovat), zjistit správné zapojení, opravit jej a poté zpětně sestavit a zkontrolovat. Proti vzniku těchto závad byly použity tři různé metody POKA-YOKE - pro tři různé typy motorů.

5.1.8.1 První typ odlišení jednotlivých vývodek UVW

Pro první typ motoru je vhodným řešením barevné odlišení jednotlivých fází vývodek UVW (pomocí barevných „smršťovek“) a stejnobarevné označení příslušných částí svorkovnice *(Obrázek 17a a 17b)*, ke kterému se vývodky při montáži upínají. Pro jednoznačnost bylo pro tenhle typ motoru v celém závodě použito tohle pravidlo označování:

- Fáze U má barvu žlutou;
- Fáze V má barvu zelenou;
- Fáze W má barvu červenou.

Obrázek 17a. Svorkovnice bez barev. označení Obrázek 17b. Svorkovnice barevně odlišená

Pozn.: Při kompletaci motoru číslo 1012012 se využije barevné odlišení „smršťovek“ nejen pro připojení ke svorkovnici, ale také pro odlišení šesti vývodek, které se musejí při montáži zkompletovat po dvou – tedy do fází UVW.

5.1.8.2 Druhý typ odlišení jednotlivých vývodek UVW

Pro další typ motoru bylo vhodné použít písmenně označenou pásku přímo na vývodky *(Obrázek 18a a 18b)*. Dřív se sice u některých typů motorů vývodky UVW písemně označovaly, ale pro označení byl používán fix. Proto zde mohla nastat možnost špatného přečtení „ručně“ popsané vývodky a tedy následné chybné zapojení *(Obrázek 19)*.

Obrázek 18a 18b. Označení vývodek UVW

Obrázek 19. Ručně popsané vývodky

5.1.8.3 Třetí typ odlišení jednotlivých vývodek UVW

U motorů, pro které by předchozí opatření nemohly být uplatněny, bylo vhodné odlišit alespoň prostření fázi V od obou ostatních. To bylo dosaženo buď změnou rozměrů prostřední vývodky (rozšířením) tak, aby nemohlo dojít k záměně prostřední vývodky s některou z krajních, nebo jednoduchým označením prostřední vývodky pomocí pásky.

5.1.9 Nebezpečí přehození konektorů UVW při výstupní kontrole

Tak jako při montáži elektromotoru je třeba správným způsobem zapojit koncové vývodky statorového vinutí označené UVW do svorkovnice, tak stejně důležité je i při výstupní kontrole správné připojení svorkovnice k testovací skříni. K tomuhle připojení slouží konektory označené také UVW, které jsou vyrobeny z měděných izolovaných vodičů a jsou opatřeny kleštěmi (jako startovací kabely automobilů) pro připojení ke svorkovnici motoru *(Obrázek 20)*. I zde je možné špatné zapojení shodného motoru, což může mít za následek opačný smysl otáček chodu elektromotoru při testu. Tím by byl sice diagnostikován neshodný kus, zkušební technik by zkontroloval zapojení, zjistil by chybu a zapojil motor k testovací skříni správné, ale závada by mohla nastat zejména v případě, pokud by byla záměna připojení provedena při montáži i při testu, motor by byl změřen jako shodný kus, ale ve skutečnosti by byl chybně zapojený. Této situaci se dá zabránit pouze návrhem jediného konektoru, který by bylo možné připojit ke svorkovnici pouze jedním – správným způsobem.

Obrázek 20. Testovací konektory UVW

5.1.10 Chybné přepravování elektromotorů v boxech – tzv. gitrech

Všechny hotové motory jsou skladovány a přepravovány v přepravních gitrech. Některé z nich mají volné konce výstupních konektorů (od čidel teploty nebo otáček motoru), ty pak mohou vyčnívat bočními dírami z přepravek ven *(Obrázek 21)* a při manipulaci s gitry pak hrozí nebezpečí poškození nebo dokonce odstřižení těchto konektorů.

Obrázek 21. Vyčnívající volné konce

Vhodným řešením proto bylo připevnění bezpečnostní ochranné folie na vnitřní boky klece gitru, čímž je vyloučeno poškození při přepravě motorů *(Obrázek 22)*.

Obrázek 22. Ukázka bezpečnostní folie gitru

5.1.11 Nenalití oleje do převodovky

Může se stát, že pracovník při montáži zapomene nalít převodový olej do převodovky při montáži pohonů, což má za následek její následné zadření. Na tuhle chybějící operaci se při výstupní kontrole nedá přijít. Proto je potřeba najít řešení pomocí metody POKA-YOKE, aby se chybě předešlo.

Jako vhodné opatření bylo zvoleno vybavení operátorů digitálními průtokoměry s nastavitelným množstvím oleje a sčítací funkcí *(Obrázek 23)*. Pracovník nebude muset vždy odměřovat potřebné množství oleje, ale pomocí předem naprogramovaného průtokoměru zadá výrobní číslo pohonu a přístroj určí toto množství oleje sám a neumožní tím ani překročení určeného množství. Sčítací funkcí se zjistí, jestli odpovídá počet vyrobených motorů na konci každé série počtu vydaných jednotek oleje pro jednotlivé motory za danou sérii. Tímhle řešením se jednak zabrání chybě, ale také se ušetří čas „ručním“ odměřováním oleje.

Obrázek 23. Digitální průtokoměry

5.1.12 Vyhodnocení opatření POKA-YOKE ve výrobě

V *Tabulce 2* je uvedeno zlepšení jednotlivých zavedených opatření přepočteno na počet kusů za rok (při 280 000 vyrobených motorů ročně) a dále přepočteno na celkové PPM.

Tabulka 2. Úspěšnost zavedených opatření ve výrobě

Definice vadně provedené operace	**Očekávaná úspěšnost opatření POKA-YOKE** *[%]*	**Očekávaná četnost reklamací po zlepšení** [*ks/rok*]	**Reklamace po zlepšení vyjádřené v PPM**
Nedotažené nebo přetažené šroubové spoje	100	0	0
Nebezpečí poškození ozubení při manipulaci s el.motorem	95	3,1	2,46
Chybějící součástky při montáži	80	11,4	40,71
Velká síla při lisování ložiska na rotor	100	0	0
Poškození vinutí statoru při montáži nebo provozu motoru	95	2,45	8,75
Chybějící pero brzdového náboje motoru	100	0	0
Vypadnutí pera z výstupní hřídele	95	2,15	7,68
Přehození vývodek při montáži statoru - 1.typ odlišení	95	1,9	6,79
Přehození vývodek při montáži statoru - 2.typ odlišení	95	1,65	5,89
Přehození vývodek při montáži statoru - 3.typ odlišení	95	1,6	5,71
Nebezpečí přehození konektorů UVW při výstupní kontrole	100	0	0
Chybné přepravování elektromotorů v boxech – tzv. gitrech	100	0	0
Nenalití oleje do převodovky	100	0	0
Ostatní vady	0	136	486
Celkem		**160,25**	**564**

Poznámka: V „Tabulce 2“ jsou opět zeleně označeny ostatní vady stejně jako v kapitole „4.4 Vliv jednotlivých reklamací“. Pomocí Paretovy analýzy byly určené jako nevýznamné příčiny vzniku chyb (bez očekávaného úspěchu), a proto se zde po aplikaci POKA-YOKE reklamační kvóta v PPM nezměnila.

5.2 Metoda POKA-YOKE využitá při expedici

5.2.1 Použití 2D čárových kódů při expedici motoru

Hotové elektromotory jsou baleny, skladovány a přepravovány v gitru se dvěma nebo více kusy podložných a výstelných palet (každý typ motoru se balí po jiném počtu kusů). Celý tento box je zkušebním technikem po výstupní kontrole potažen vlhkopohlcující neprůhlednou fólií, stáhnutý páskou, opatřen papírovou tabulkou s typovým číslem a počtem kusů motorů a odvezen do skladu *(Obrázek 24)*. Pokud má každý odběratel v zakázce objednán jiný počet různých typů motorů, a je během krátké doby v průběhu jednoho dne potřeba nachystat a naložit skladované gitry s motory podle objednávek do více kamiónů, může nastat riziko špatného naložení nebo prohození některých boxů mezi sebou. Mohlo by se stát, že kamion odveze celou zakázku k jinému odběrateli (třeba do jiné části Evropy), který zjistí až při odstranění neprůhledné folie, že mu byla dovezena dodávka, kterou si neobjednal. Tyto chyby by zpětně přinesly firmě obrovské finanční a časové ztráty, proto bylo potřeba navrhnout opatření zcela zabraňující vzniku této chyby – tedy využít metodu POKA-YOKE.

Obrázek 24. Ukázka zabalení gitru (bez čárového kódu)

Úplným řešením tohoto problému bylo zavedení systému označování zabalených gitrů samolepkami s čárovými kódy, kterými jsou tyto boxy místo papírových tabulek opatřovány výstupním technikem po kompletním zabalení. V kódu musí být jednoznačně obsaženo jednak označení typu motoru, přesný počet kusů uvnitř balení, ale také typ gitru a počet podložných (popřípadě výstelných) palet (ty jsou zapotřebí uvádět kvůli záloze za ně – i v tomto případě se jedná o zlepšení, protože si jejich počet v oběhu hlídá systém sám), číslo zakázky pro pozdější kontrolu, název zákazníka udaný v čísle a datum expedice. Podle prvního návrhu bylo vytvořeno kódování typu **Code 39** (FULL ASCII) - tedy s použitím 1D lineárních čárových kódů.

Obrázek 25. Ukázka značení gitrů pomocí Code 39

Protože po zavedení a následných zkouškách tohoto systému bylo pro velký počet kódovaných údajů k jednomu boxu zapotřebí mnoha čárových kódů *(Obrázek 25)*, a tedy velké samolepky s možností výskytu chyby při jejich tisku, postupném čtení (riziko přeskočení nebo zapomenutí nějakého 1D kódu), nebo riziko, že bude některý z kódů nějak poškozen – třeba přeložen nebo pomačkán, bylo proto pro jednoduchost zvoleno 2D kódování typu 2D **Data Matrix** *(Obrázek 26).* Výhodou 2D čárových kódů je oproti lineárním především rychlost jejich přečtení. Stačí přečíst jeden kód místo několika lineárních. Další nespornou výhodou je korekce chyb při jeho čtení.

Obrázek 26. Ukázka 2D kódování

Pro plnohodnotné využití tohoto opatření bylo nutné vybavit pracovníky ve skladě bezdrátovou čtečkou 2D čárových kódů *(Obrázek 27)* a vytvořit program, který podle formuláře objednávky automaticky určí pracovníkům ve skladě typ a množství motorů pro konkrétního odběratele. Když přijede kamion a je potřeba jej naložit zabalenými motory v gitrech, pracovníci ve skladě zkontrolují odběratele podle objednávky a pak už jen čtečkou čárových kódu přečtou tyto kódy na jednotlivých boxech a postupně je tak naloží. V programu se automaticky tímto čtením jednotlivé položky ve formuláři objednávky odblokují, proto není možné při jedné várce naložit jiné motory a také více nebo méně kusů. Další nespornou výhodou je úspora počítání zálohovaných gitrů a palet v oběhu, které si tento systém hlídá sám. Tento systém má také velké využití při inventurách skladů, kdy se nemusí sčítat všechny kusy, ale jen se čtečkou „nablokují“.

Obrázek 27. Bezdrátová čtečka čárových kódů

5.2.2 Produktivita a efektivnost čárových kódů

Zahraniční materiály uvádějí, že například využíváním čárových kódů v supermarketech se produktivita odbavování u pokladny zvýší nejméně o 30 %. Kromě toho je možno v jakémkoliv okamžiku a velice detailně zjistit stav zásob jednotlivého zboží na skladě. Studie zpracovaná pro americké Ministerstvo obrany ukázala, že v některých oblastech se při zavedení čárových kódů zvýší efektivita práce až o 400 %.

5.2.3 Informace o použitých čárových kódech

- **Code 39 (FULL ASCII)**

Code 39 (také známý jako "Code 3 / 9", "Code 3 of 9", "Alpha 39", "Type 39") je to čárový kód, kterým se mohou kódovat velká písmena (A až Z), číslice (0 až 9) a pouze část speciálních znaků jako $. Jeho název vznikl tím, že tři z devíti prvků představující kód jsou široké prvky, zatímco zbývajících šest prvků jsou úzké. Code 39 vyvinul Dr. David Allais a Ray Stevens z Intermecu v roce 1974. Později byl standardizovaný jako ANSI MH 10,8 M-1983.

Asi největší nevýhodou Code 39 je jeho nízká hustota údaje: Je třeba více prostoru pro zakódování dat, tzn., že velmi malé zboží nemůže být (kvůli malému rozlišení) označeno tímto čárovým kódem. Obecně platí, že čím delší počet znaků chceme zakódovat, tím bude kód delší při zachování stejné hustoty čárových prvků. Nicméně tento kód je stále široce

využíván a může být dekódován s prakticky jakoukoliv čtečkou čárových kódů. Jeho využití je především v logistice kvůli možnosti kódování písmen.

- **2D Data Matrix**

Data Matrix kód je dvou-dimenzionální forma čárového kódu a skládá se z černých a bílých bodů, které jsou uspořádány buď do čtvercové, nebo obdélníkové struktury. Byl vyvinut společností RVSI (nyní pod značkou Siemens) v říjnu roku 2005. Existuje jako ISO standard a sice ISO/IEC16022 - International Symbolic Specifikacion. Data Matrix je na rozdíl od QR Code (druhým nejčastěji používaným 2D čárovým kódem) možné užívat zdarma, tzn., že může být použit bez jakékoliv licence či licenčních poplatků. V minulosti bylo s jeho specifikací spojeno několik patentových sporů. Současným vlastníkem je od září roku 2008 společnost Microscan.

Informace, které jsou kódovány, můžou být text nebo nezpracovaná data. Obvyklá velikost dat je od několika číslic nebo písmen až po zhruba 2 kB. Délka zakódovaného údaje závisí na výsledných rozměrech obrazce a to s velikostí od 8 × 8 až po 144 × 144 bodů. Data Matrix umí zakódovat celou ASCII tabulku znaků - tedy všechny číslice, písmena a pomocné znaky a uložit tak do něj až 2335 alfanumerických znaků. Pro větší vstupní data se dělí na menší části, z nichž každý obsahuje tzv. „tichou zónu“ (levý a dolní černý okraj), která nenese žádné informace. Dovoluje zakódovat až padesát znaků do symbolu, který je čitelný na ploše 2–3 mm^2 a jeho čitelnost je možná i při pouze 20 % kontrastu!

Data Matrix má nekonečnou škálu využití pro komerční využití při zachování stejného kódu malého třeba jen 300 µm (laserem leptány do křemíku) stejného kódu velkého i v řádech metrů. Mikrorozměry takto dovolují daný typ kódů použít k ochraně a jednoznačné identifikaci produktu – využívá třeba ministerstvo obrany USA pro armádní výstroj. Hojně bývá Data Matrix nasazován s tiskovinami, jako jsou štítky či dopisy. Užívá se v některých průmyslových úsecích (např. jsou jimi označována sériová čísla některých počítačových komponent *(Obrázek 28).* Používán je zejména při značení malých součástí, například u elektroniky (Electronic Industries Aliance - EIA doporučuje použít Data Matrix pro označování malých elektronických součástek) či leteckých součástek.

Obrázek 28. Ukázka značení elektronických komponent pomocí Data Matrix

Oprava chyb v kódu je možná díky algoritmu korekce chyb (Reed-Solomon), to znamená, že i když je obrazec kódu částečně poškozen, je stále plně čitelný. Nejnovější verze Data Matrix ECC200 podporuje pokročilé opravy při chybném čtení algoritmů a umožňuje tak rekonstrukci celého řetězce kódovaných údajů i když má symbol kódu trvalé poškození až 30 %!

5.3 Metoda KAIZEN

Tato metoda v našem případě není určena k zabránění vzniku závady při výrobě, ale slouží ke zkvalitnění jednotlivých složek výroby. To vede především k efektnějšímu výrobnímu procesu.

5.3.1 Mazání radiálních hřídelových těsnění

Velký problémem je mazání vnitřních částí radiálních hřídelových těsnění – břitů gufer kluznou pastou. Jedná se o gufera jednobřitá *(Obrázek 29)* a dvoubřitá.

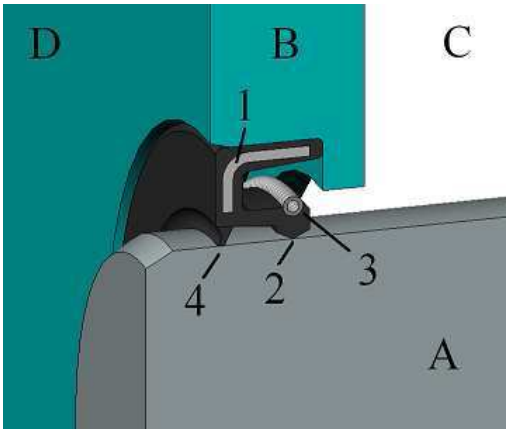
Obrázek 29. Mazání gufera

Jednobřitá gufera musí mít nanesený mazací tuk na obě strany těsnícího břitu po celém jeho obvodu. Důvodem je zabránění přímého kontaktu těsnícího břitu s hřídelí při montáži gufera na hřídel. Tuk dále musí vytvořit kluzný kontakt mezi těsnícím břitem a hřídelí, aby nedošlo při výstupní zkoušce motoru bez převodovky, tedy bez mazání olejem, ke spálení těsnícího břitu.

U dvoubřitých gufer musí být prostor mezi těsnícím břitem a prachovkou rovnoměrně vyplněn mazacím tukem tak, aby jeho objem tvořil 30 – 50 % objemu celého prostoru. Důvodem je dlouhodobé zajištění elastických schopností obou břitů gufer při dlouhodobém provozu motorů ve vozíku.

Když se gufero „namaže prstem“, účel to sice splní, ale při dlouhodobém používání může být pro lidské zdraví škodlivý. Pokud se použije textilní rukavice nebo štětec, nastává velké riziko zanechání nečistoty, chlupu či vlákna na břitu, a tedy možné netěsnosti motoru pokud je v něm v provozním stavu olej. Proto bylo třeba navrhnout nějaký přípravek. Nejpřijatelnějším řešením se zdálo být v použití mechanického dávkovače fungujícímu na podobném principu jako dávkovací nádoba na tekuté mýdlo nebo pleťový krém.

Poznámka: Gufero je strojní součástka, jedná se o gumové těsnění hřídele uložené v ložisku či ložiscích. Má nejčastěji kruhový tvar s otvorem pro průchod hřídele.



Obrázek 30. Gufero: (1) výztužný kroužek, (2) těsnicí hrana, (3) tažná pružina, (4) ochranný ret, (A) hřídel, (B) pouzdro, (C) čelní strana (kapalina), (D) strana dna (vzduch).

5.3.2 Mazání ozubení servo – kolo při montáži pohonů

Podobným způsobem jako bylo navrženo řešení mazání vnitřních částí radiálních hřídelových těsnění, bylo také potřeba vyřešit mazání ozubeného kola převodovky na lince pro montáž pohonů. Tohle kolo je třeba při kompletaci mazat tukem zásadně po celém jeho obvodu. Důvodem je snížení hlučnosti při manipulaci s hotovým vysokozdvižným vozíkem – zejména při otáčení a také z důvodu zvýšení životnosti ozubeného soukolí. Dosavadním řešením bylo mazání velkého ozubeného kola převodovky *(Obrázek 31)* štětcem namáčeným v nádobě s mazacím tukem. Tohle řešení bylo sice účinné, ale vzhledem k celkové době potřebné ke zkompletování jednoho pohonu velice časově náročné – tato operace vyžaduje nejdelší čas. Vhodným přípravkem by se docílilo rychlejší montáže jednoho pojezdu, takže by se teoreticky mohl zvýšit počet zhotovených kusů za směnu.

Obrázek 31. Ozubení servo – kolo převodovky

5.3.3 Uspořádání montážních přípravků a součástek na jednotlivých linkách

Jednou z důležitých složek pro zkvalitnění práce ve výrobě je bezpochyby pořádek na pracovišti. Pokud bude každý pracovník po skončení jedné série motorů (což může být i několikrát denně) hledat k započetí nové výrobní série potřebné montážní přípravky, které nemají své stálé určené místo a tím ztrácet čas potřebný k montáži, může se stát, že se výroba součtově zastaví i o několik desítek hodin ročně, proto už by se vyplatilo zavedení nějakého přehledného systému v uskladnění těchto pracovních přípravků.

Navrženým řešením proto bylo seřazení jednotlivých montážních přípravků podle výkresových dokumentací k jednotlivým typům motorů a jejich přehledné jednoznačné a nezaměnitelné popsání a uložení do speciálních stojanů, do kterých se přípravky po použití vrátí. Tímto způsobem se také předejde ztrátám přípravků, protože buď bude přípravek na pracovišti a bude využíván k práci, nebo bude uložen. Místo pro uložení by mělo být nejlépe označeno barevně, aby bylo na první pohled jasné, který přípravek ze stojanu chybí.

Obrázek 32. Uspořádání přípravků na pracovišti

Dalším návrhem je uspořádání pracovního prostoru kolem výrobní linky. Pro efektivnější výrobní proces je dobré mít uspořádané jednotlivé montážní stanoviště linky a k němu potřebný materiál (součástky, nářadí,…) podle jednotlivých výrobních postupů jak jdou po sobě – pro pracovníka to znamená mít vše potřebné *„po ruce“*. Tím se maximálně eliminují časové ztráty způsobené přecházením od jednoho stanoviště pro něco ke druhému.

Pracoviště musí být uspořádané vždy tak, že vše má své určené místo a je označeno tak, že lze snadno rozpoznat jakoukoli odchylku od standardu.

5.4 Metoda 5S

Pro aplikování pořádku na pracoviště byla zavedena metoda 5S. Ukázky jednotlivých případů:

:

Obrázek 33. Ukázka umístění neshodných výrobků - Standardizace

Obrázek 34. Ukázka čistoty

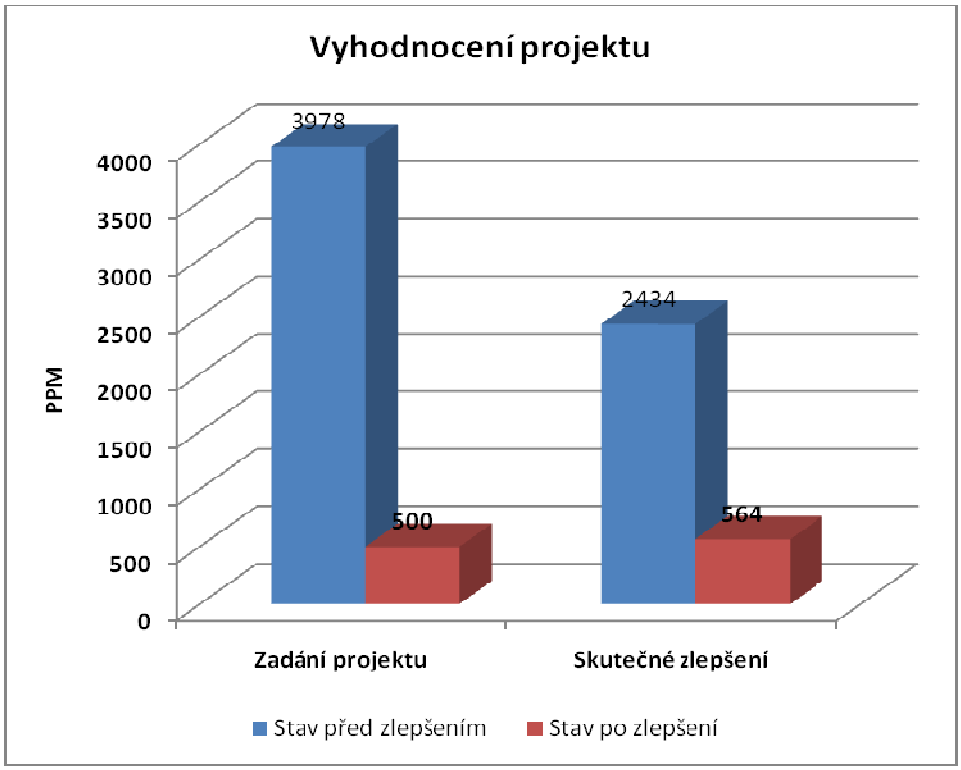
Obrázek 35. Ukázka dodržování pravidel - vpravo

Obrázek 36. Ukázka uspořádání součástek

6. ZÁVĚR

Cílem tohoto projektu bylo snížení reklamační kvóty ze 3978 PPM (resp. 2434 PPM) na 500 PPM. Po zavedení všech opatření POKA-YOKE se předpokládá reálné zlepšení reklamací hodnotou 564 PPM (což odpovídá efektivitě 99,9436 %), to znamená, že cíle nebylo zcela dosaženo, ale byl splněn na 96,69 %.

Graf 2. Vyhodnocení práce



Pokud by se brala pouze teoretická hodnota zlepšení (za předpokladu stoprocentní účinnost metody POKA-YOKE) o 80 % ze 2434 PPM - vycházející z Paretovy analýzy, bylo by dosaženo 487 PPM (to odpovídá efektivitě 99,9513 %), čímž by byl cíl byl splněn na více jak 100 %.

Mezi další opatřením by se dalo navrhnout uvedení do provozu kamerové zkoušky pro montáž (viz kapitola 5.1.3) - tím by se v *Tabulce 2.“Chybějící součástky při montáži“* zvýšila předpokládaná úspěšnost z 80 % na téměř 100 %, čímž by se snížilo PPM na hodnotu 523. Zavedení tohoto systému je velice finančně náročné, proto je třeba zvážit pořízení takového opatření.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

DRAHOTSKÝ, Ivo; ŘEZNÍČEK Bohumil: *Logistika - procesy a jejich řízení.* Vydavatelství a nakladatelství Computer Press, a.s. Brno 2003. ISBN 80-7226-521-0.

FIALA, Alois. *Statistické řízení jakosti: Prostředky a nástroje pro zlepšování procesů.* Brno: Vysoké učení technické, 1997. 93 s. ISBN 80-214-0895-2.

MASAAKI, Imai: *Kaizen. Metoda, jak zavést úspornější a flexibilnější výrobu v podniku.* Vydavatelství a nakladatelství Computer Press, a.s. Brno 2007. ISBN 978-80-251-1621-0.

PANDE, Peter S.; NEUMAN, Robert P.; CAVANAGH, Roland R.: *Zavádíme metodu Six Sigma aneb jakým způsobem dosahují renomované společnosti špičkové výkonnosti.* Vydavatelství a nakladatelství Computer Press, a.s. Brno 2007. ISBN 80-238-9289-4.

PLURA, Jiří: *Plánování a neustálé zlepšování jakosti.* Vydavatelství a nakladatelství Computer Press, a.s. Brno 2001. ISBN 807-22-654-31.

Firemní dokumentace

SEZNAM ZKRATEK

AG - akciová společnost (Aktien Gesellschaft)

ANSI MH - Americký národní standardizační ústav (American National Standards Institute) MARSHALL ISLANDS, stát USA

ASCII - číslice, písmena a pomocné znaky (American Standard Code for Information Interchange)

CCA. - circa, zhruba, přibližně

CTQ - hraniční meze rozhodující o kvalitě (Critical To Quality)

DMAIC - jedna z metodik Six Sigma, zaměřená proces řízení. Jde o zkratku slov: Define (definice), Measure (měření), Analyze (analýza), Improve (zlepšení), Control (řízení).

ECC200 - samoopravný kód = pokročilé opravy při chybném čtení algoritmů (Error Correcting Code)

EIA - Společnost pro elektronický výzkum (Electronic Industries Aliance)

IEC - Mezinárodní komise pro elektrotechniku (International Electrotechnical Commision)

ISO - Mezinárodní organizace pro standardizaci (lnternational Organization for Standardization)

kB - kiloByte = 1024 bytů

ks - kusů

LCD - displej z tekutých krystalů (Liquid Crystal Display)

mbar - milibar

MEGMET - přístroj na měření velkých (izolačních) odporů. Ty zkouší velkými napětími (podle konstrukce 250, 500, 1 000 V). Napětí se v něm indukuje točením kličkou. Jeho stupnice je značena od nuly do nekonečna (rozpojeno) ohmů. Používá se zejména při revizích.

mld. - miliard

mm^2 - milimetr čtvereční

Např. - například

PDCA - „plánuj, udělej, zkontroluj, uskutečni“ jsou základní kroky pro dosažení neustálého zdokonalování (plan-do-check-act), W. Edwards Deming

popř. - popřípadě

PPM - počet reklamací od zákazníka za dané časové období přepočtený na 10^6 vyrobených jednotek

Resp. -respektive

QC - kroužky kontroly kvality (Quality Control Circles)

QR Code - je dvojrozměrný kód, zapisovaný do čtverce. QR = rychlá odpověď (Quick Response)

RVSI - Robotic Visions Systems, Inc.

SPC - statistické řízení procesů, obor řízení jakosti (Statistic Process Control)

Tj. - to je

TPM - totální produktivní údržba (Total Productive Maintenance)

TQC - absolutní kontrola kvality (Total Quality Control)

Tzn. - to znamená

UVW - označení jednotlivých fází v elektromotoru

µm - mikrometr

1D - Jednorozměrné (lineární) zobrazení (1-Dimension)

2D - Dvourozměrné (plošné) zobrazení (2-Dimension)

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A – Tabulka POKA-YOKE

Příloha B – Tabulka Kaizen

Příloha A - POKA YOKE

Č. systému	Stanoviště	Definice vadně provedené operace	Stávající opatření k zabránění vady
1919008-011	6MCB - montáž pohonů	Nenalití oleje do převodovky	žádné
1919008-011	6MCB - montáž pohonů	Nebezpečí prohození konektorů UVW při výstupní kontrole	popsané konektory
1014013+017	5SE - motor pojezdu	Přehození vývodek UVW při montáži statoru	žádné
1014013+017	5SE - motor pojezdu	Veká síla při lisování ložiska na rotor	pérová podložka sloužící jako doraz
1311015	M6AA - motor s převodovkou a brzdou	Chybějící součástky při montáži	žádné
1014013+017	5SE -Umístění hotových motorů do boxů	Z přepravních boxů vylézají po stranách kabely	žádné
1011149+225	1MBA - montáž motorů	Nebezpečí poškození ozubení při manipulaci	žádné
1014013+017	5SE - motor pojezdu	Vypadení pera z výstupní hřídele	žádné
1012012	1D8;5D8 - montáž motoru	Přehození vývodů UVW při montáži statoru	značené vývody ručně
1012069	1D8;5D8 - montáž motoru čerpadla	Přehození vývodů UVW při montáži statoru	žádné
1011149+69	1MBA - montáž motorů	Chybějící pero brzdového náboje motoru	žádné
1011092	1MBA - montáž motorů	Nedotažené nebo přetažené šroubové spoje	žádné
1311018	M6AA - motor s převodovkou a brzdou	Možnost narušení statorového vynutí při montáži	žádné
0	Expedice - sklad	Možnost záměny gitrů při expedici	žádné

Nově navržené opatření	Úkol splněn
Sčítání celkového množství oleje a kontrola na konci série	Ano
Návrh konektoru, který by prohození zabránil	Ano
Prostřední vývod V rozšířit, aby nedošlo k prohození	Ano
Osazení jako doraz při lisování ložisek	Ano
Miska na součástky (Kamerové systémy…)	Ano
Umístění fólie na bok přepravního boxu	Ano
Přípravek na ochranu ozubení	Ano
Ochranná folie	Ano
Písemně označená páska	Ano
„Smršťovky“ na vývodkách a rub svorkovnice označit barevně	Ano
Náboj brzdy s drážkováním	Ano
Zavedení řízeného utahování	Ano
Dynamické testování Megmetem při výstupní kontrole	Ano
Použití systému s 2D Data Matrix čárovým kódem	Ano

Příloha B - KAIZEN

Č. systému	Stanoviště	Definice nedostatku na pracovišti	Stávající opatření zlepšující proces
1014013+017	5SE - motor pojezdu	Uspořádání přípravků na linkách	žádné
1014013+017	5SE - motor pojezdu	Mazání gufer	mazaní prstem nebo štětcem
1919008-011	6MCB - montáž pohonů	Mazání ozubení servo-kolo	mazání štětcem

Nově navržené opatření zlepšující proces
Přehledné označení a umístění přípravků
Vhodný přípravek
Přípravek na mazání ozubení po celém obvodě ozubení