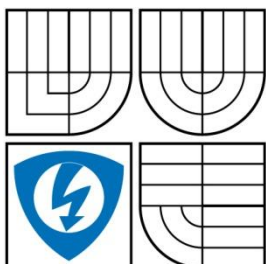


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV ELEKTROTECHNOLOGIE

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF ELECTRICAL AND ELECTRONIC TECHNOLOGY

RACIONALIZACE VÝROBY DIGITÁLNÍHO PŘIJÍMAČE

RATIONALIZATION OF PRODUCTION OF DIGITAL RECEIVER

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. MARTIN POLÁK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. JIŘÍ ŠPINKA

BRNO 2009

ORIGINÁLNÍ ZADÁNÍ

ABSTRAKT:

Diplomová práce se zabývá problematikou optimalizace a zvyšování kvality výroby v oblasti elektrotechnického průmyslu. Cílem bylo analyzovat výrobní proces výroby digitálního přijímače ve specifických podmínkách nadnárodní společnosti. Hlavní částí mé práce bylo vypracování FMEA analýzy a vytvoření kontrolního plánu výrobní linky. Pro optimalizaci výrobního toku byla použita metoda štíhlé výroby a pro oblast zásobování materiálem metoda KANBAN. Diplomová práce byla napsána ve spolupráci se společností Celestica Ráječko, kde jsem získal zkušenosti a reálná data.

ABSTRACT:

This diploma thesis deals with topics related to optimization and increases quality production in the electronics industry. Project purpose was to analyze process production manufacturing digital receiver in specific situation applied upon multinational company. Main part mine work was build-up FMEA analysis and creation control plan production line. For optimize production flow was application method lean production and for department material supply method KANBAN. This diploma thesis has been written within cooperation of Celestica Ráječko company where I have picked up data and knowledge to above-mentioned topic.

Klíčová slova:

Jakost výroby, metody optimalizace výroby, štíhlá výroba, FMEA analýza, výrobní proces, zásobování materiálem, kontrolní plán

Keywords:

Production quality, methods optimization production, lean production, FMEA analysis, process production, material supply, control plan

Bibliografická citace díla:

POLÁK, M. *Racionalizace výroby digitálního přijímače*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2009. 68 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Jiří Špinka.

Prohlášení autora o původnosti díla:

Prohlašuji, že jsem tuto vysokoškolskou kvalifikační práci vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce, s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této diplomové práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

V Brně dne 29. 5. 2009

.....
Martin Polák

Poděkování:

Děkuji vedoucímu diplomové práce Ing. Jiřímu Špinkovi za metodickou pomoc a cenné rady při zpracování diplomové práce. Dále děkuji pracovníkům ze společnosti Celestica Ráječko, především Ing. Josefu Maruškově za užitečnou metodickou pomoc a odborné vedení při plnění úkolů realizovaných při řešení diplomové práce.

OBSAH

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 1 | ÚVOD | 7 |
| 2 | PROFIL SPOLEČNOSTI..... | 8 |
| 3 | POLITIKA JAKOSTI SPOLEČNOSTI CELESTICA | 8 |
| 4 | JAKOST | 9 |
| 5 | NÁSTROJE JAKOSTI | 11 |
| 5.1 | SMYČKA JAKOSTI | 11 |
| 5.2 | CYKLUS PDCA..... | 12 |
| 5.3 | DIAGRAM PŘÍČIN A NÁSLEDKU | 13 |
| 5.4 | PARETOVA ANALÝZA | 14 |
| 6 | SIX SIGMA | 15 |
| 6.1 | SIX SIGMA DMAIC..... | 18 |
| 7 | LEAN - ŠTÍHLÁ VÝROBA..... | 19 |
| 7.1 | ŠTÍHLÝ PODNIK | 19 |
| 7.1.1 | <i>Základní stavební kameny štíhlého podniku.....</i> | <i>20</i> |
| 7.2 | PŘÍNOSY ŠTÍHLÉ VÝROBY | 20 |
| 7.3 | OPF (ONE PIECE FLOW) | 21 |
| 7.4 | VSM (VALUE STREAM MAPPING)..... | 22 |
| 8 | VÝROBNÍ USPOŘÁDÁNÍ | 23 |
| 8.1 | PŘEDMĚTNÉ USPOŘÁDÁNÍ (PRODUCT LAYOUT) | 23 |
| 8.2 | ORGANIZAČNÍ USPOŘÁDÁNÍ | 24 |
| 8.3 | PROUDOVÁ VÝROBA | 25 |
| 8.4 | VÝROBA V CELESTICE | 25 |
| 9 | KANBAN | 26 |
| 9.1 | PODSTATA SYSTÉMU KANBAN | 26 |
| 9.2 | IMPLEMENTACE SYSTÉMU KANBAN | 27 |
| 9.3 | DŮVODY PRO ZAVEDENÍ SYSTÉMU ŘÍZENÍ KANBAN..... | 28 |
| 9.4 | SHRNUTÍ | 28 |
| 10 | KAIZEN | 29 |
| 10.1 | ABSOLUTNÍ KONTROLA / ŘÍZENÍ KVALITY | 29 |
| 10.2 | SYSTÉM ZLEPŠOVACÍCH NÁVRHŮ | 30 |
| 10.3 | ČINNOST KROUŽKŮ..... | 30 |
| 10.4 | 5S: PĚT KROKŮ DOBRÉHO HOSPODAŘENÍ | 31 |
| 10.4.1 | <i>Zavedení 5S</i> | <i>31</i> |
| 10.5 | KONEČNÝ CÍL STRATEGIE KAIZEN..... | 32 |
| 11 | FMEA..... | 32 |
| 11.1 | METODA FMEA (FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS)..... | 32 |
| 11.2 | DRUHY FMEA: | 34 |
| 11.3 | POSTUP METODY FMEA | 34 |
| 11.4 | METODIKA FMEA | 36 |
| 11.5 | PRAKTICKÉ POUŽITÍ FMEA | 37 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 11.6 | FMEA PROTOKOL..... | 37 |
| 11.7 | HODNOTÍCÍ KRITÉRIA | 38 |
| 11.7.1 | Význam vady | 38 |
| 11.7.2 | Výskyt vady..... | 39 |
| 11.7.3 | Odhalitelnost vady | 40 |
| 11.8 | SHRNUTÍ | 41 |
| 12 | KONTROLNÍ PLÁN | 42 |
| 12.1 | INDEXY ZPŮSOBILOSTI PROCESŮ | 42 |
| 12.2 | KONTROLA A ZKOUŠENÍ | 43 |
| 13 | POPIS VÝROBNÍ LINKY | 44 |
| 13.1 | POPIS JEDNOTLIVÝCH PRACOVÍŠŤ | 44 |
| 13.2 | MONTÁŽNÍ LINKA A JEJÍ KONFIGURACE | 44 |
| 14 | MONTÁŽNÍ A PROPOJOVACÍ SESTAVA | 46 |
| 15 | VÝROBNÍ PROCES | 46 |
| 16 | TESTOVÁNÍ A KONTROLA KVALITY | 52 |
| 16.1 | KONTROLA KVALITY | 52 |
| 16.1.1 | Vstupní kontrola | 52 |
| 16.1.2 | Mezioperační kontrola | 52 |
| 16.1.3 | Výstupní kontrola | 52 |
| 16.1.4 | Pravidlo | 52 |
| 16.2 | TESTOVACÍ ZAŘÍZENÍ | 53 |
| 16.2.1 | AOI (Automatic Optic Inspection) - automatická optická kontrola | 53 |
| 16.2.2 | ICT (In Circuit Test) – test elektronického obvodu | 53 |
| 16.2.3 | FCT (Function Circuit Test) – funkční test | 54 |
| 16.2.4 | OBA (Out of Box Audit) – kontrola balení..... | 54 |
| 16.2.5 | Další testování..... | 54 |
| 17 | ZÁSOBOVÁNÍ VÝROBNÍ LINKY MATERIÁLEM | 55 |
| 17.1 | PRACOVNÍ STANICE..... | 55 |
| 17.2 | VÝPOČET POTŘEBNÉ PLOCHY SKLADU PRO UMÍSTĚNÍ PALET..... | 58 |
| 17.3 | IDENTIFIKACE ÚZKÉHO MÍSTA VE VÝROBĚ..... | 59 |
| 18 | FMEA PROTOKOL..... | 59 |
| 18.1 | PŘÍKLADY PROVEDENÝCH OPATŘENÍ FMEA | 59 |
| 19 | DALŠÍ DŮLEŽITÉ OTÁZKY, KTERÉ MUSÍ BÝT ŘEŠENY | 62 |
| 19.1 | LEAD FREE | 62 |
| 19.2 | OCHRANA ELEKTROSTATICKY CITLIVÝCH SOUČÁSTEK | 62 |
| 19.3 | ROHS..... | 62 |
| 19.4 | SW (STANDARD WORK) | 63 |
| 20 | ZÁVĚR..... | 64 |
| 21 | SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ | 65 |
| 22 | SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ..... | 67 |
| 23 | SEZNAM PŘÍLOH..... | 68 |

1 Úvod

K vypracování diplomové práce jsem si vybral nadnárodní společnost Celestica v Ráječku. Společnost Celestica je přední celosvětovou společností poskytující služby v oblasti elektronického průmyslu, především osazování desek plošných spojů, pro přední světové společnosti v oboru počítačové techniky a telekomunikací. Jestliže se chce firma udržet ve vysoce konkurenčním prostředí, musí se zaměřit na dosahování požadovaných hodnot kvality výrobků, výrobního procesu a přizpůsobit se požadavkům zákazníka. Tak, aby ke zvyšování jakosti docházelo v celé šíři podniku.

Požadavkem zpracování diplomové práce je racionalizace výroby digitálního přijímače. V úvodu práce se věnuji teoretickým rozborům nástrojům jakosti a metodikám používaných ve firmě ke zvyšování kvality ve výrobě. Jedním z cílů práce je analýza výrobního procesu výroby digitálního přijímače. Zmapování průběhu dílčích operací během výroby. Vytvoření posloupnosti úkonů od vstupu materiálu do firmy přes sklad, technologické procesy výrobní linky až po finální balení a expedici hotového výrobku.

Pro realizaci zásobování linky materiálem používám metodu KANBAN, která zaručuje plynulost výroby při minimálních zásobách, snížení skladových kapacit a snížení plýtvání materiálu. Dalším bodem, kterým se zabývám je problematika optimalizace výrobních toků a vytvoření kontrolního plánu výroby. Pro optimalizaci výrobního toku používám metodu LEAN, tedy systém založený na neustálém zlepšování procesů za účelem maximální eliminace ztrát a vybudování kvalitního výrobního procesu při zachování úspory nákladů pomocí eliminace ztrát a aktivit bez přidané hodnoty. Kontrolní plán pak představuje souhrnný písemný popis všech opatření zabezpečujících kvalitu a popisuje jednotlivá opatření prováděná v každé fázi pracovního průběhu.

Podstatnou část mé práce zaobírá zpracování spolehlivostní analýzy FMEA (analýzy možného výskytu vad a jejich následků). Metodou FMEA lze účinně a efektivně předcházet vzniku možných vad. Jestliže chceme, aby firma dokázala předcházet zbytečným ztrátám, je snazší vadám předcházet než odstraňovat jejich následky. Metoda FMEA pomáhá při včasné rozpoznání možných slabých stránek výrobního procesu a zavádí vhodné opatření, aby k nežádoucím vlivům nedošlo nebo se snížila jejich možná rizikovost.

2 Profil společnosti

Celestica je přední celosvětovou společností poskytující služby v oblasti elektronického průmyslu (EMS - Electronics Manufacturing Services), především osazování desek plošných spojů, pro přední světové společnosti v oboru počítačové techniky a telekomunikací. Společnost Celestica poskytuje komplexní služby zahrnující vývoj, montáž, zajištění kvality, testování, balení, distribuci a poprodejní servis. Centrálou společnosti je Toronto, Kanada. Po celém světě má společnost více než 30 závodů. V České republice má Celestica dva výrobní závody, a to v Ráječku (okr. Blansko - 25km od Brna) a v Kladně.



Obr.1 CELESTICA celosvětově

3 Politika jakosti společnosti Celestica

Společnost Celestica se zavazuje převyšovat očekávání zákazníků:

- včasným poskytováním inovačních a kvalitních výrobků a služeb
- využíváním vedoucího postavení v oblasti technologií a výroby pro zajištění trvalého úsilí o bezchybnou práci
- přizpůsobováním se změnám a poskytováním mimořádné hodnoty našim zákazníkům prostřednictvím neustálého zlepšování a odstraňování plýtvání.
- budováním důvěry prostřednictvím kvality [6]

4 Jakost

Pojem „**jakost**“ (kvalita, anglicky quality) se neustále vyvíjí. Jakost je možné v běžné mluvě vysvětlit mnoha způsoby. Současné vymezení podle **normy ČSN ISO 8402** z roku 1995 zavádí tuto definici: „**Jakost (kvalita) je celkový souhrn znaků entity, které ovlivňují schopnost uspokojovat stanovené nebo předpokládané potřeby**“. Potřeby mohou zahrnovat například z hlediska funkce, využitelnosti, spolehlivosti (pohotovosti, bezporuchovosti, udržovatelnosti), bezpečnosti, životního prostředí, hospodárnosti a estetiky. **Entita** (položka, jednotka) vyjadřuje to, co lze individuálně popsat, vymežit či vzít v úvahu. Může to být např. proces, činnost nebo její výsledek, lidský prvek, organizace, služba atd.

Dle normy ISO 9000:2000 je jakost (kvalita) definována jako schopnost souboru inherentních znaků výrobku, systému nebo procesu plnit požadavky zákazníků a jiných zainteresovaných stran.

Systém jakosti zahrnuje organizační strukturu, postupy, procesy a zdroje potřebné pro realizaci managementu jakosti. Celkové záměry a směr působení organizace v oblasti jakosti vymezuje **politika jakosti**, oficiálně vyjádřena vrcholovým vedením podniku.

Management jakosti zahrnuje všechny činnosti celého vedení podniku, které stanovují politiku jakosti, cíle a odpovědnosti a realizují je takovými prostředky jako jsou :

- **plánování jakosti** – činnosti, které stanovují cíle a požadavky na jakost a na aplikaci prvků systému jakosti
- **řízení jakosti** – provozní metody a činnosti používané ke splnění požadavků na jakost, zaměřené jak na sledování procesu, tak na odstraňování příčin neuspokojivých výsledků ve všech etapách smyčky jakosti
- **zabezpečování jakosti** – všechny plánované a systematické činnosti realizované v rámci systému jakosti a podle potřeby prokazované, aby se poskytla přiměřená důvěra, že entita splní požadavky na jakost
- **zlepšování jakosti** – opatření prováděná v celé organizaci s cílem zvýšit efektivnost činností a procesů a poskytnout zvýšený prospěch jak organizaci, tak jejím zákazníkům

Management jakosti se uplatňuje prostřednictvím systému jakosti. Tyto pojmy lze rozšířit na všechny části organizace. **Komplexní management jakosti** přináší do těchto pojmů dlouhodobou globální strategii řízení a účast všech členů organizace ve prospěch samotné organizace, jejích členů, zákazníků a celé společnosti. [10]

Dokumentem stanovujícím politiku jakosti a popisující systém jakosti je **příručka jakosti**, která se může vztahovat na všechny činnosti organizace nebo pouze na její část. Příručka jakosti obvykle obsahuje:

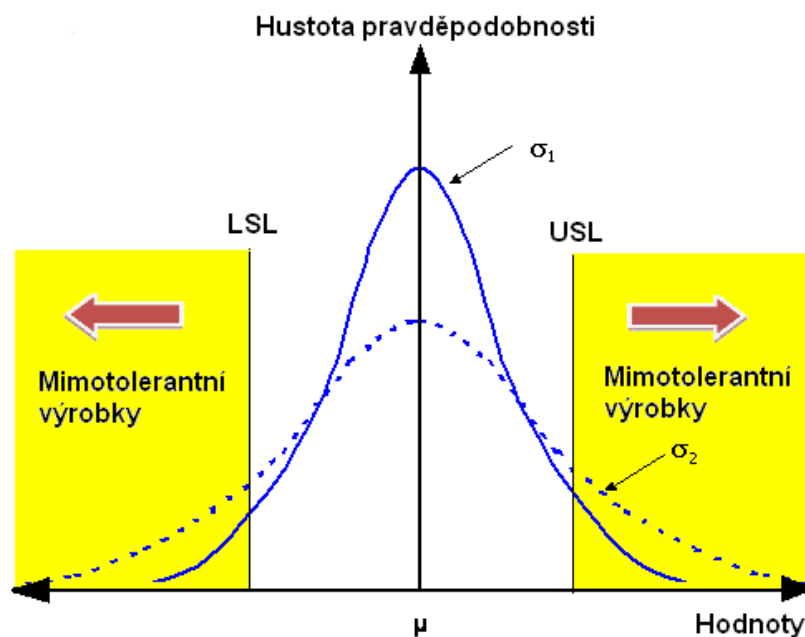
- politiku jakosti
- odpovědnosti, pravomoci a vzájemné vztahy pracovníků, kteří řídí, provádějí, ověřují nebo přezkoumávají práce, mající vliv na jakost
- postupy systému jakosti
- ustanovení pro přezkoumání a aktualizaci [10]

Systémy jakosti

| | | |
|----------|---|--------------------------------|
| USA | ⇒ | TQM (Total Quality Management) |
| Evropa | ⇒ | ISO 9000:2000 |
| Japonsko | ⇒ | KAIZEN |

Definice kvality

Jakost lze definovat jako míru toho, jak výrobek splňuje požadavky zákazníka. Na **obr.2**, je graficky znázorněno, jak si lze zjednodušeně představit kvalitní výrobky. Na obrázku vidíme Gaussovu křivku hustoty pravděpodobnosti pro různé hodnoty směrodatné odchylky σ_1 a σ_2 , které nám znázorňují štíhlost křivky. Střední hodnota μ znázorňuje maximální četnost výskytu sledované veličiny. Plocha vymezená průnikem Gaussovy křivky s mezními rozměry pak představuje předpokládanou pravděpodobnost výskytu jakostních výrobků. Jakostní výrobky se tedy nachází v tomto „polí“ mimo specifické toleranční meze LSL (dolní limit) a USL (horní limit) charakteristiky procesu, kde se vyskytují nejakostní výrobky. [8]



Obr.2 Definice kvality

Parametry jakosti jsou:

- Jak činnost zařízení (výrobku) splňuje požadavky
- Spolehlivost
- Odolnost proti nevhodnému zacházení a proti okolním vlivům
- Účinnost, dostupnost a kvalita servisu
- Estetičnost
- Charakteristika (morální úroveň, provedení, materiály)
- Souhlas s příslušnými normami

5 Nástroje jakosti

5.1 Smyčka jakosti

Pro sled fází v typické výrobě výrobků formoval prof. J. Juran tzv. spirálu jakosti (dnes častěji „smyčka jakosti“). Znázorněné schéma na **obr.3** odpovídá strojírenské výrobě. Celý proces je zde rozdělen do 16 fází, od odbytu výrobků, servisu pro jejich užívání a současně zahájeného marketingu vztahujícího se k další generaci výrobků, přes všechny předvýrobní fáze, výrobní fázi a následující zkoušky až po fáze povýrobní. Po nich následuje opět další fáze odbytu, servisu a marketingu. Je to uzavřený cyklus, stále se opakující. Formou spirály je znázorněn současně probíhající cyklus neustálého zlepšování jakosti, takže se sled fází opakuje, ale vždy na vyšší úrovni. Musíme tedy dbát o zlepšování jakosti ve všech fázích procesu i ve fázi užití.

[7]

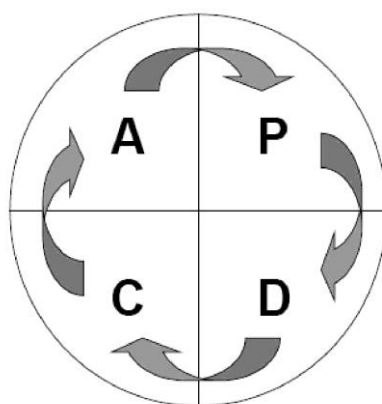


Obr.3 Smyčka jakosti (Juranova spirála jakosti)

5.2 Cyklus PDCA

Jedná se o jednu z metodik pro provádění rozhodovacích a zlepšovacích procesů. Vychází z přesvědčení, že procesy nemohou probíhat chaoticky, nýbrž mají mít určitý řád. Tato metoda je známa manažerům jakosti jako obecná metodika zlepšování, která tvoří pilíř všech současných přístupů. Tato obecně použitelná metoda PDCA (*obr.4*) dělí proces zlepšování do čtyř základních kroků:

1. **Plan** – plánuj, urči záměr zlepšení
2. **Do** – realizuj, uskutečni tento záměr
3. **Check** – kontroluj, vyhodnoť dosažené výsledky
4. **Act.** – jednej, proved' korekce, úpravy, pokud výsledky neodpovídají plánovaným záměrům



Obr. 4 Metoda PDCA

Plan - vše je si nejprve třeba pečlivě naplánovat: definovat problém, shromáždit potřebné informace, uspořádat je, analyzovat, identifikovat klíčové faktory (příčiny), navrhnout a zvolit vhodné řešení.

V tomto kroku, který je nejdůležitější, je doporučován následující postup:

- uvědomění si potřeby zlepšování a ustavení řešitelského týmu
- definování problému a stanovení cílů zlepšení
- soustředění a analýza informací
- určení klíčových faktorů (příčin)
- návrhy řešení
- hodnocení návrhů podle předem stanovených kritérií a možných důsledků
- výběr nejlepšího řešení – rozhodnutí

Do - uvedení řešení do praxe a pečlivé sledování jeho průběhu, měření a monitorování dílčích výsledků. Nasbíraná data umožní následné srovnání stavu před a po realizaci

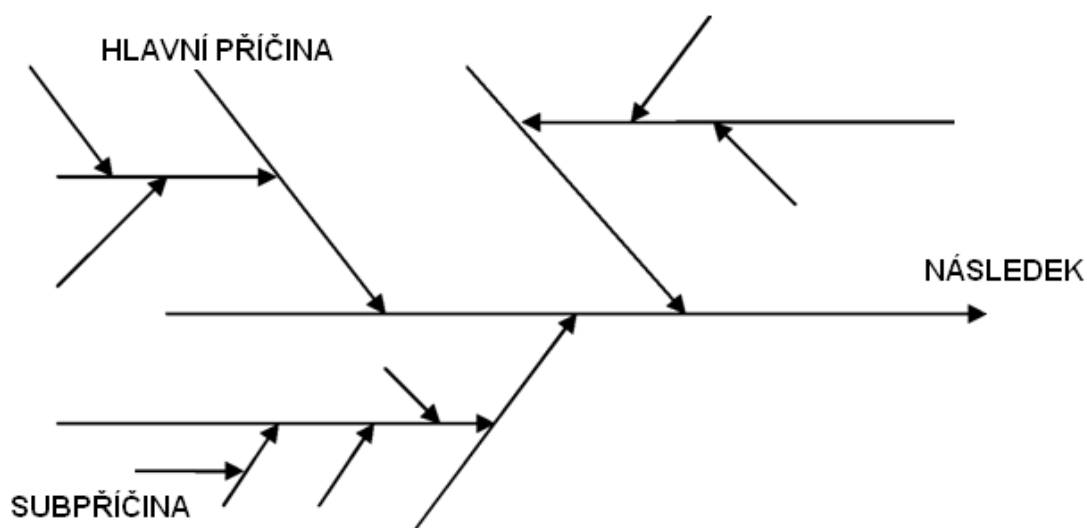
řešení. Způsob provedení je rozhodující pro dosažení předpokládaných přínosů zvolené varianty.

Check - vyhodnocení získaných výsledků a ověření, že řešení potvrdilo plánované přínosy. V tomto kroku je ověřeno, zda bylo rozhodnutí správné, zda řešení reagovalo na klíčové příčiny, zda vedlo k plánovaným přínosům - problém je vyřešen, příležitost využita.

Act - začlenění osvědčeného řešení do standardních postupů v celé organizaci. To, co se potvrdilo, je třeba si trvale osvojit. Tím bude zamezeno opakování nežádoucích situací v budoucnosti. [7]

5.3 Diagram příčin a následku

Diagram příčin a následku ukazuje grafickou formou vztah mezi následkem a příčinami. Pro svůj tvar bývá tento diagram také nazýván „diagram rybí kosti“ nebo podle svého autora „Ishikawův diagram“. Základní obecný tvar diagramu je znázorněn na **obr.5**. Následek, který je obvykle lokalizován v pravé části diagramu, obsahuje vždy stručnou specifikaci problému, který se má řešit. Nalevo od ní se zobrazují jednotlivé hlavní příčiny a odvozené dílčí příčiny neboli subpříčiny. Každá ze subpříčin je uváděna do relace v pořadí, které odpovídá úrovni ovlivnění hlavní příčiny. [7]



Obr.5 Ishikawův diagram

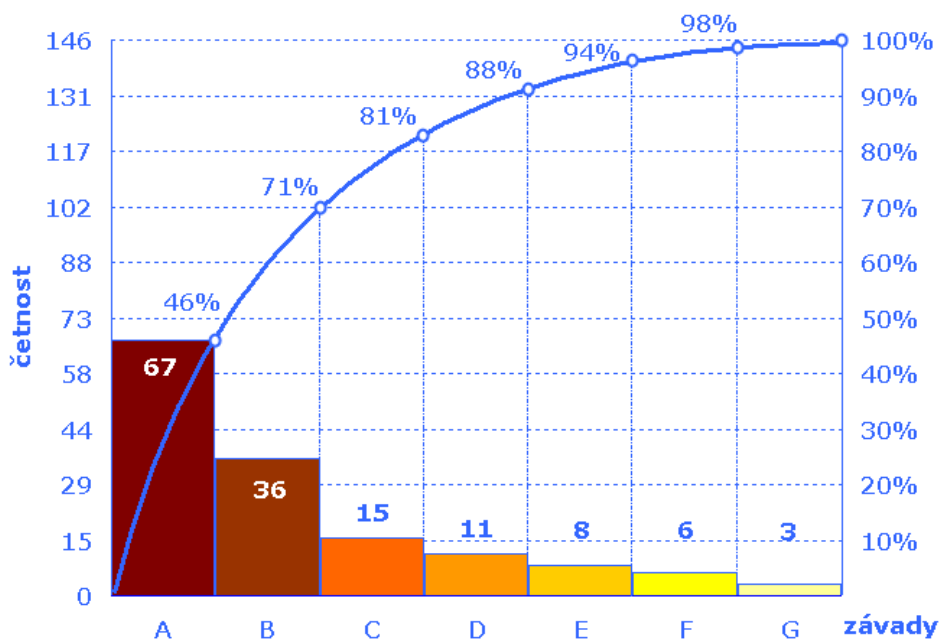
Používá se jako nástroj pro podporu myšlení, pomáhá týmu uspořádat představy o potenciačních příčinách problémů. Uspořádání představ slouží dvěma účelům:

- Pomáhá týmu zajistit, aby nepřehlédl potenciační příčiny problémů.
- Pomáhá týmu rozhodnout se, které příčiny by měl dále zkoumat.

5.4 Paretova analýza

Jedním z hlavních cílů programu řízení jakosti je snížení nákladů na neshodné výrobky. Je celá řada typů neshod a každá z nich se objevuje s jinou intenzitou. Je tedy třeba si v prvním kroku analýzy neshod učinit objektivní obraz o četnostech jednotlivých typů neshod na každém ze zkoumaných výrobků a o ztrátách, které jednotlivá neshoda vyvolává. Paretova analýza vychází z předpokladu, že 20 % chyb způsobuje 80% neshod. Na tuto menšinu je třeba se v analýze problémů přednostně zaměřit, podrobně ji analyzovat a maximálně možným způsobem potlačit její působení.

Paretova analýza předpokládá sestavení grafu (viz **obr.6**), v němž na vodorovné ose jsou uvedeny všechny druhy neshod (vad) v klesajícím pořadí, na levé svislé ose jsou vyneseny příslušné absolutní četnosti a na pravé svislé ose jsou vyznačeny kumulativní relativní četnosti. V koncových bodech intervalů příslušných jednotlivým druhům neshod je vynesena jejich četnost. Spojením bodů kumulativní relativní četnosti se dostane po vyhlazení spojitá křivka. Uvedená spojitá křivka kumulativních četností vyjádřená v procentech se nazývá *Lorenzova křivka*.



Obr.6 Paretoův graf

Paretova analýza je poměrně používaným nástrojem v řízení jakosti. Je to především díky poměrně snadné konstrukci. Výhodou analýzy je jasná vizualizace. Již při prvním pohledu na Paretoův graf je totiž jasně vidět, kde se nachází problém. V případě křivky kumulativní četnosti (Lorenzovy křivky) jsou pak vidět hlavní příčiny. [7]

6 SIX SIGMA

Six Sigma se dá definovat jako měřítko, podle něž je nejdůležitější zajistit odpovídající služby a výrobky. Six Sigma snižuje odchylky při procesech, čímž poskytujeme zákazníkovi kvalitnější služby. Termínem Six Sigma rozumíme strukturovanou metodologii pevně založenou na přesných datech sloužící k eliminování defektů, ztrát či problémů v řízení jakosti ve všech směrech výroby, služeb nebo dalších obchodních aktivit. Metodologie Six Sigma je založena na kombinaci ustálených technik statistického řízení jakosti, jednoduchých i pokročilých metod analýzy dat a systematického tréninku všech osob v organizaci, kteří se zabývají aktivitami a cíli určenými Six Sigma. Metodologie Six Sigma v současné době získává stále více na popularitě. Ukázalo se, že nejen zlepšuje kvalitu, nýbrž také se s její pomocí dosahuje velkých úspor souběžně se zlepšeními. Mnoho společností již oznámilo obrovské úspory poté, co použily metodologii Six Sigma ve svých provozech.

Six Sigma není pouze o statistikách a kvalitě. Tyto dva aspekty jsou samozřejmě důležitou součástí koncepce, ale rozhodně nejsou jediné. Six Sigma je celková podniková strategie a metodika, která nám pomáhá dosáhnout skutečného a trvalého zlepšení výkonu a spokojenosti zákazníků ve všech oblastech. Je to ukázněný, cílený a systematický přístup k dosažení dokonalosti v široké škále oblastí, od výroby až po prodej a marketing. Ústřední myšlenkou programu Six Sigma je, že se všechny projekty řídí potřebami zákazníka a usilují o jeho maximální spokojenost.

Six Sigma si klade tyto cíle:

- maximalizovat zisk
- růst podílu na trhu
- zvýšit produktivitu
- redukovat obslužné doby
- minimalizovat neshody, náklady, chyby a předcházet jejich vzniku
- efektivně využívat zdroje
- monitorovat procesy k jejich úspěšnému řízení

Six Sigma se snaží upravit firemní procesy tak, aby předcházely vzniku negativních jevů (ztráty, neshody, reklamace, apod.). Maximální uspokojení potřeb zákazníka nastane pokud jsou parametry výrobku ve středu tolerančního pole. Tohoto ideálního stavu se nám v reálné situaci nepodaří dosáhnout. V důsledku kolísání podmínek, za kterých probíhá realizace produktu dodávaného zákazníkovi (vliv kolísání jak vstupů do procesu realizace produktu, tak i kolísání podmínek i samotného průběhu procesu realizace produktu) má za následek, že realizovaný produkt vykazuje jistý rozptyl od středu tolerančního pole. [2] [3]

Rozložení parametrů vyrobeného produktu od požadované hodnoty, středu tolerančního pole se řídí zákonitostmi matematické statistiky. V naprosté většině případů toto rozdělení odpovídá **normálnímu rozdělení**. Matematicky popsal toto rozdělení Gauss a proto nese jeho jméno. Tvar Gaussovy křivky je určen dvěma charakteristikami. První, charakteristika polohy μ (**střední hodnota**) nám určuje polohu maximální četnosti výskytu sledované veličiny. Druhá, charakteristika variability σ (**směrodatná odchylka**) nám definuje „štíhlost“ této křivky. Vlastnosti Gaussovy křivky jsou patrné z *tab.1*. Zde je uvedeno, jaké % všech hodnot padne do intervalu $\mu \pm \sigma$, $\mu \pm 2\sigma$, až po $\mu \pm 6\sigma$.

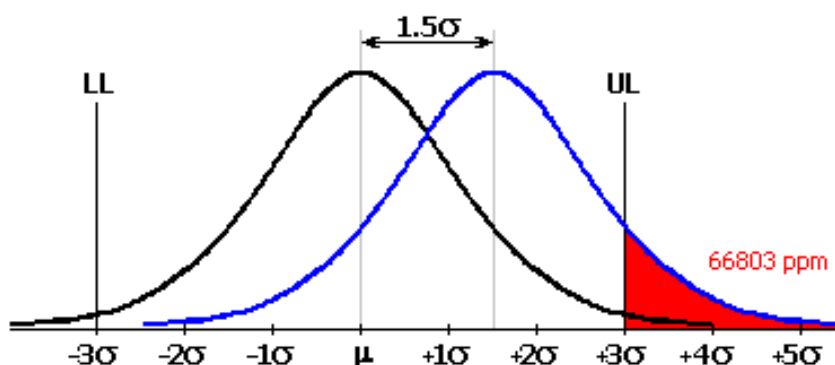
| Interval | Výtěžnost procesu [%] | Počet zmetků na milion vyrobených součástí |
|---------------------|-----------------------|--|
| $\mu \pm 1\sigma$ | 68,2 | 317310 |
| $\mu \pm 2\sigma$ | 95,4 | 45500 |
| $\mu \pm 3\sigma$ | 99,73 | 2700 |
| $\mu \pm 3,5\sigma$ | 99,95 | 465 |
| $\mu \pm 4\sigma$ | 99,994 | 63 |
| $\mu \pm 4,5\sigma$ | 99,9993 | 6,8 |
| $\mu \pm 5\sigma$ | 99,99994 | 0,6 |
| $\mu \pm 6\sigma$ | 99,9999998 | 0,002 |

Tab.1 Vlastnosti Gaussovy křivky

V *tab.1* vidíme, že nízké hodnoty σ (sigma) znamenají nízkou výtěžnost a vysoká čísla vysokou výtěžnost. Rozdíly ve výtěžnosti se zmenšují tak, jak roste úroveň sigma. Když se přejde od úrovně 1σ (68,2%) k úrovni 2σ (95,4%), dosáhne se ve výtěžnosti skoku přes 27%. Naopak všechny úrovně sigma nad 3σ jsou v rozmezí 99% výtěžnosti. Proč ten rozdíl? Protože, čím lépe funguje proces, tím obtížnější je zlepšovat jeho výtěžnost. Jinými slovy: je relativně jednoduché zlepšovat špatný proces (s hodnotou 1σ nebo 2σ), ale velmi obtížné zlepšovat proces, který už funguje celkem dobře.

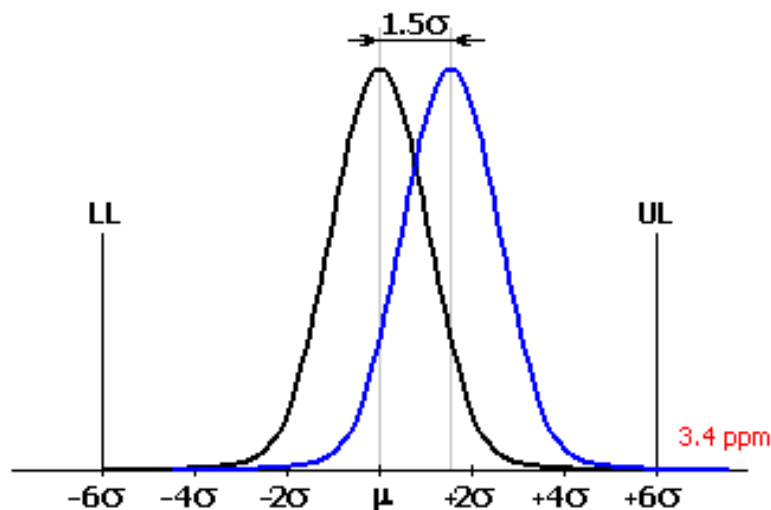
V běžném strojírenství se obvykle považuje výrobní proces za uspokojivě způsobilý na úrovni 3σ . To znamená, že horní mez UL a spodní mez LL výsledného rozměru je vzdálena 3σ od střední hodnoty μ . Plocha Gaussovy křivky mezi oběma mezemi je pak rovna 99,73% celkové plochy a představuje podíl výrobků vyhovujícím požadavkům specifikace. Plocha mimo tyto meze je rovna 0,27% a představuje nevyhovující výrobky. Ačkoliv se takovýto podíl nevyhovujících výrobků jeví na první pohled velmi dobrý, ukazuje se v některých oblastech výroby stále častěji jako nedostatečný. Navíc je téměř nemožné udržet dlouhodobě střední hodnotu charakteristiky procesu přesně ve středu tolerančního pole. Vlivem různých faktorů (chybné nastavení, opotřebení nástrojů a přípravků, teplotních změny, atd.) dochází u velkých objemů výroby v průběhu času k posunu střední hodnoty charakteristiky procesu. Běžný je její posuv o $1,5\sigma$ od ideální hodnoty.

To u tradičně pojatých procesů s úrovní způsobilosti 3σ představuje zvýšení podílu nevyhovujících výrobků na cca. 67000 z milionu vyrobených, viz. **obr.7**



Obr.7 Úroveň jakosti 3σ

Je jasné, že výrobní proces s takovou úrovní zmetků je již nepřijatelný. V poslední době se proto stále častěji používá pro posuzování kvality výrobních procesů moderní metoda "Six Sigma". Konceptí této metody je dosáhnout takového cíle, že střední hodnota charakteristiky procesu je vzdálena 6σ od obou tolerančních mezí. Pro takto způsobilý výrobní proces je i při předpokládaném posunu střední hodnoty o $1,5\sigma$ dosaženo poměru 3,4 nevyhovujících výrobků na milion vyrobených., viz. **obr.8**



Obr.8 Úroveň jakosti 6σ

Je zřejmé, že úroveň jakosti 3σ je málo. Úroveň 6σ je mnohem lepší, i z dlouhodobého hlediska znamená 3,4 vadné výrobky z milionu vyrobených. A to je důvod, proč se přední světové firmy snaží dosáhnout úrovně jakosti 6σ ve všech svých činnostech. [14]

6.1 Six sigma DMAIC

Síla Six Sigma leží v "empirickém" přístupu, pevně založeném na přesných datech (a používajícím kvantitativní měření systému), směřujícímu ke zlepšení kvality a redukci variability. Toho je dosaženo pomocí tzv. "projektu zlepšování Six Sigma", který je založen na metodice "Six Sigma DMAIC", viz. **obr.9** , sekvenci kroků Definice-Měření-Analýza-Zlepšování-Řízení.



Obr.9 Metodika DMAIC

Konkrétně:

- Definice (Define). Počáteční fáze, kdy je potřeba nalézt, kde jsou klíčové oblasti. Jakým směrem se zaměřit na dosažení vyšší (lepší) úrovně sigma.
- Měření (Measure). Cílem fáze měření ve strategii Six Sigma je získání informací o současné situaci, o současné produkci a její kvalitě.
- Analýza (Analyze). Fáze, která má přinést poznatky o hlavních zdrojích problémů, které způsobují nejzávažnější nebo nejvíce "chyb". Za pomoci nejrůznějších statistických či jiných metod je potřeba identifikovat zdroje ztrát na kvalitě výroby.
- Zlepšování (Improve). V této fázi je cílem prosadit a uskutečnit změny, které povedou ke zlepšení kvality ve směrech získaných v minulé fázi.
- Řízení (Control). Účelem této fáze je získávání a sledování výsledků minulé fáze.

Každý z těchto kroků předpokládá použití určitých analytických (kvantitativních) metod ze široké palety metod doporučených pro Six Sigma (v souvislosti s povahou procesu). [3] [2]

7 LEAN - štíhlá výroba

Smysl strategie Lean je o eliminaci plýtvání. Plýtváním rozumíme vše, co nepřidává hodnotu. Hodnota je každá aktivita, která přeměňuje a zhodnocuje produkt za který je zákazník ochotný zaplatit. Zákazník obvykle není ochotný zaplatit za nadprodukcí, nakládání s materiálem, odpad, opravy, zásoby, příliš zbytečné zpracování nebo dokonce i kontrolu. To vše je plýtvání. Jedná se tedy o komplexní systém založený na neustálém zlepšování procesů za účelem maximální eliminace ztrát. Cílem je vybudovat kvalitu výrobního procesu při zachování principu úspory nákladů pomocí eliminace ztrát a aktivit bez přidané hodnoty.

Lean (štíhlý) systém vyrábí každý den produkty:

- ve správném množství
- ve správném sortimentu
- ve výborné kvalitě
- za nejnižší cenu

Tohoto se dá dosáhnout odstraněním či eliminováním nadbytečných kroků ve výrobě a výrobě návazných procesů. Každý proces nebo úkon můžeme zařadit do třech hlavních skupin:

- VA – Value Added Activity – aktivita přidávající hodnotu
- N-VA – Non Value Added Activity – aktivita nepřidávající hodnotu
- Plýtvání – základních 7 druhů plýtvání (nadprodukcí, čekání, přeprava, zbytečné zpracování, zásoby, zbytečné pohyby, korekce)

Ke každé skupině se přistupuje trochu jinak. Především z hlediska vnímání plýtvání, identifikace plýtvání a měření plýtvání.

7.1 Štíhlý podnik

Pod štíhlým podnikem si můžeme představit souhrn principů, metod a postupů, které směřují k naplnění vize, hodnot a strategie firmy. Štíhlost podniku je charakteristická tím, že se soustředujeme na činnosti, které přidávají hodnotu (VA) našemu zákazníkovi, a eliminujeme všechna plýtvání a ztráty (N-VA). V našem případě se nesoustředujeme jen na výrobu, ale i na ostatní podnikové oblasti – vývoj, logistiku a administrativu. Každá z podobných aktivit musí stát na pevných základech, které jsou důležité pro realizaci každé změny. Tímto pevným základem je kultura realizace a koncentrace na cíle.

Eliminací plýtvání se snažíme zkrátit průběžnou dobu výroby nebo realizace služby. Krátká průběžná doba má velký vliv na naši flexibilitu, rychlost realizace zakázky, snižování stavu zásob apod. [2]

7.1.1 Základní stavební kameny štihlého podniku

- Štíhlá výroba – soubor nástrojů a principů, kterými se soustředujeme na výrobu – výrobní pracoviště, linky, strojní zařízení, výrobní pracovníci. Cílem je mít stabilní, flexibilní a standardizovanou výrobu.
- Štíhlá logistika a materiálový tok – soustředujeme se na pohyb materiálu a na informační tok. Cílem je zabezpečit co nejkratší průběžnou dobu výroby a bez zbytečných zásob. V rámci tohoto pilíře se ještě zaměřujeme na nákup, prodej, plánování a řízení výroby apod.
- Štíhlá administrativa – každá činnost v servisních (údržba, technická příprava výroby, technologie apod.) a v administrativních (ekonomika, personální apod.) týmech podléhá pravidlům eliminace plýtvání a pravidlům zkracování průběžné doby. V tomto pilíři se například soustředujeme na zkracování času nábory zaměstnanců, zkracování účetní uzávěrky, zjednodušení odpisování práce apod.
- Štíhlý vývoj výrobků – v tomto pilíři se věnujeme hlavně vývoji nových výrobků. Cílem je uspořádat vývoj tak, abychom byli schopni vyvíjet za co nejkratší čas tak, abychom do výroby předávali výrobky, které jsou na to připravené – aby se vývoj a úpravy neřešili ještě ve výrobě.
- Kultura realizace a koncentrace na cíle – je to základní stavební kámen, který budujeme. V tomto pilíři se soustředujeme na pracovníky a podmínky pro realizaci našich klíčových aktivit – projektové řízení, systémy odměňování a motivace, strategie apod. [23]

7.2 Přínosy štihlé výroby

Po implementaci štihlé výroby v podniku vidíme především změny v produktivitě výroby, zkrácení průběžné doby, snížení rozpracované výroby, snížení nekvality atd. Štíhlá výroba tedy není zdaleka jenom o produktivitě a průběžné době, ale i o kvalitě. Mimo tyto klasické měřitelné ukazatele je možné vidět přínosy i v dalších neméně důležitých oblastech:

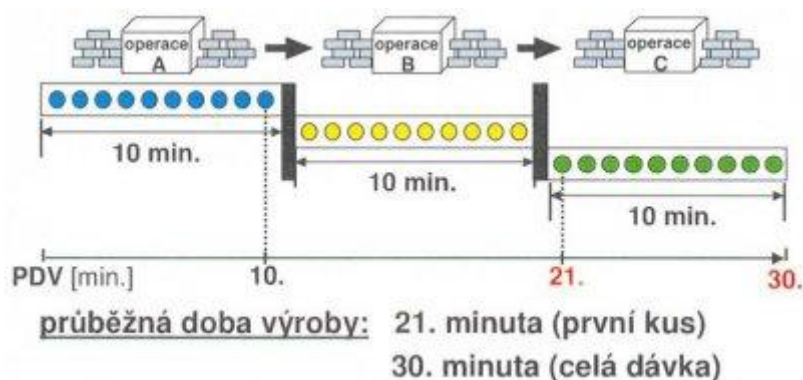
- Výrobní systém jako marketing. Zákazník obvykle vnímá snahu zlepšování procesů velice pozitivně.
- Rozvoj společnosti a podnikové kultury. Neustálé snahy o sebezdokonalení mají pozitivní vliv na rozvoj celé společnosti, jejího know-how, lidí atd.
- Připravenost na změny. Jakmile se zlepšování procesů stane každodenní záležitostí, výrazně se snižuje rezistence lidí vůči změnám a roste jejich ochota spolupracovat a podílet se na nich.
- Transparentnost procesů. Po implementaci metod štihlé výroby jsou procesy z pohledu jejich hodnotového, materiálového a informačního toku mnohem přehlednější a připravené na další procesy zlepšování. [14]

7.3 OPF (One Piece Flow)

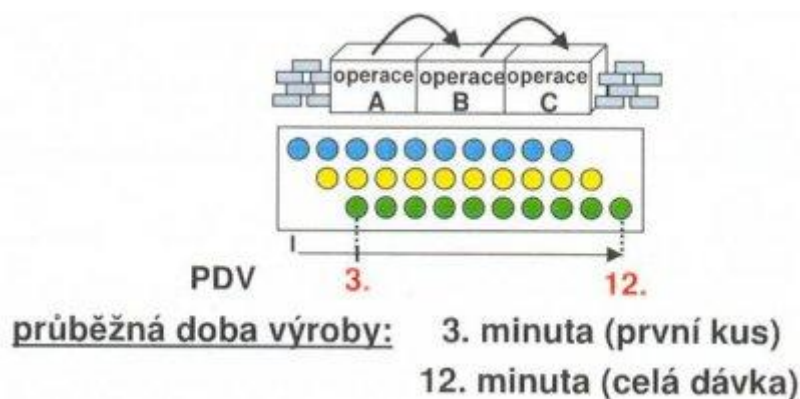
Dalším stěžejním prvkem moderních výrobních systémů je štíhlý výrobní tok, jehož cílem je minimalizovat průběžnou dobu, minimalizovat rozpracovanost a okamžitě odhalit odchýlení procesu od standardu. Z tohoto pohledu je nejefektivnější výroba v jednom kusu, tzv. **One Piece Flow**.

V překladu tok jednoho kusu. Jedná se tedy o způsob výroby, při kterém výrobek prochází jednotlivými operacemi procesu bez přerušování a čekání. V daný časový okamžik je tedy vyráběn na příslušné operaci pouze jeden výrobek, který je bezprostředně předán na operaci následující.

Protikladem toku jednoho kusu (OPF) je výroba v dávkách. Rozdíl mezi dávkovou výrobou a tokem jednoho kusu znázorňují **obr.10** a **obr.11**. Jedná se o jeden druh výrobku, který prochází třemi fázemi, kdy se na výrobku pracuje. Každá fáze trvá jednu minutu. Na **obr.10** se vyrábí po dávkách deseti kusů, znamená to, že až po dokončení operace A na všech výrobcích se může začít s operací B a následně s operací C. Z čehož vyplývá, že první kus může být hotov nejdříve za 21 minut. Na rozdíl u toku jednoho kusu, jež znázorňuje **obr.11**, kde po provedení operace A na prvním kusu se pokračuje hned s operací B a následně C. První výrobek je tedy hotov za 3 minuty.



Obr.10 Výroba v dávkách



Obr.11 Tok jednoho kusu

Při návrhu změny výrobního toku na tok jednoho kusu je nejprve potřeba stanovit takt výroby a na základě toho navrhnout rozložení celého systému. Dalším důležitým krokem je navrhnout způsob manipulace výrobku tak, aby umožňoval tok jednoho kusu. To znamená zajistit nejen transport z pracoviště na pracoviště, ale uvažovat také o vhodnosti pro realizaci jednotlivých pracovních operací.

Přínosy OPF:

- snížení rozpracovanosti výroby
- snížení průběžné doby výroby
- rychlejší identifikace nekvality
- redukce výrobních ploch
- identifikace úzkého místa v procesu

7.4 VSM (*Value Stream Mapping*)

VSM (zmapování hodnotového toku) je metoda, jejímž cílem je podrobně zakreslit současný stav (zmapování materiálových a informačních toků v podniku) toku hodnoty podnikem, identifikovat možné příčiny zbytečného plýtvání, tyto příčiny odstranit a navrhnout stav budoucí. Obsahuje tedy všechny kroky materiálového a informačního toku produktu na cestě od objednávky až k dodání zákazníkovi. Pomáhá pochopit a zmodernizovat výrobní proces použitím nástrojů a technik Lean Manufacturing. VSM slouží jako počáteční bod pro management, inženýry, plánování, dodavatele i zákazníky k rozpoznání plýtvání a identifikování jeho příčin.

Jde tedy o velmi efektivní a moderní nástroj pro celkové poznání toků podnikem. Metoda Value Stream Mapping přehledně zakreslí mapu toků materiálu a informací od okamžiku, kdy přijde od dodavatele surový materiál, přes všechny výrobní kroky až po expedici, kdy odchází hotový výrobek. Detailně popisuje výrobní proces pomocí výrobních časů, zásob v procesu, pohybu materiálu a toků informací. Tato podrobná vizualizace všech procesů umožní manažerům identifikovat příčiny zbytečného plýtvání (čas, materiál, peníze) a po podrobné analýze nastaví nový optimalizovaný stav. Jde o výbornou metodu k převedení podniku na štíhlou výrobu (Lean).

VSM se používá tehdy, jestliže :

- Podnik chce přesně vizualizovat svůj současný layout (rozvržení výroby).
- Podnik se snaží identifikovat jednotlivé operace (výrobní a nevýrobní) za účelem zkrácení času na vyřízení objednávky.

- Podnik má zájem o identifikaci a popis činností, které přinášejí hodnotu a chce maximálně eliminovat a zkrátit délku činností, které hodnotu nepřinášejí. Cílem podniku je identifikovat a odstranit plýtvání.
- Podnik uvažuje o přestavbě výroby v závislosti na materiálovém toku – minimální přepravní vzdálenosti mezi jednotlivými operacemi a snížení nákladů.
- Podnik se zajímá o alokaci nákladů, které vznikají na jednotlivých výrobních operacích. Podnik řeší časovou analýzu materiálového toku a identifikuje svou kritickou cestu. Podnik hodlá přestavět jednotlivá výrobní místa – zkrácení výrobního času.

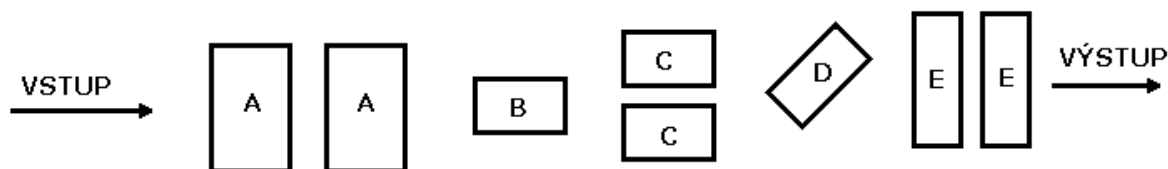
Výhody VSM

- Pomáhá zobrazit proces výroby v úrovni celé výroby, ne pouze na základní úrovni procesu.
- Poukazuje nejen na plýtvání - ukazuje na zdroje plýtvání v tocích hodnot.
- Zobrazuje vazby mezi toky informací a materiálů.
- Formuluje základní kroky plánu na zlepšení. [22]

8 Výrobní uspořádání

8.1 Předmětné uspořádání (*Product layout*)

Předmětné uspořádání je typ uspořádání výroby, který je výhodný při vyšší sériovosti výroby nebo při opakované výrobě malých sérií. Charakteristickým znakem tohoto uspořádání je to, že pracoviště nebo stroje jsou seřazeny podle operací, daných technologickým postupem výrobku, který se zde vyrábí. Pohyb součástí zde sleduje stejný směr a vzniká tak výrobní proud - linka. Ideální předmětné uspořádání je možné sestavit pro jednu určitou součástku, nebo pro jednu skupinu tvarově a technologicky podobných součástek či výrobků.



Obr.12 Předmětné uspořádání pracovišť

Stroje stavíme do řad ve sledu výrobních operací. Nejvyšším stupněm uspořádání je pak automatická synchronizovaná linka (taktovaná linka), složená ze speciálních jednoúčelových strojů se společným dopravníkem, ovládaná řídicím panelem nebo řídicí technikou. Předmětné uspořádání pracovišť se používá především ve velkosériové a hromadné výrobě.

Při jejím plánování a řízení volíme obvykle souběžný nebo smíšený způsob předávání výrobků z pracoviště na pracoviště. Při předemném uspořádání je obvyklý průběžný systém dopravy.

Výhody:

- zkrácení manipulačních drah a snížení dopravy
- snížení rozpracovanosti
- zkrácení mezioperačních časů a snížení nákladů na manipulaci
- zmenšená potřeba výrobní plochy a tím úspora investičních nákladů
- zlepšení operativnosti řízení výroby
- snížení nákladů na skladování

Nevýhody:

- změna výrobního programu vyvolává často značné změny ve výrobním zařízení a v uspořádání strojů
- snížením objemu výroby poklesne využití strojů
- složitější odborné řízení mistrem
- leckdy jednotvárná práce může mít malou motivaci ke kvalitě, eventuelně i k dobré údržbě zařízení [12]

8.2 Organizační uspořádání

Organizační uspořádání výrobního procesu můžeme definovat pomocí vztahů k zákazníkům. Jestliže je výrobní produkt specifikován přímo zákazníkem, pak se označuje tato organizační struktura jako **zakázková výroba**. Pokud není znám přímo konkrétní zákazník a firma produkuje své výrobky pro trh, pak se tento systém uspořádání označuje jako **výroba na sklad**.

Další možné hledisko pro organizační uspořádání je počet druhů vyráběných produktů a jejich množství. Označuje se jako typ výroby a člení výrobu na:

- kusovou - charakterizovanou velkým počtem různých druhů v malých množstvích
- sériovou - výroba stejného druhu se opakuje v tzv. sériích; podle velikosti série rozlišujeme málo-, středně- a velkosériovou výrobu,
- hromadnou - v níž se vyrábí velké množství jednoho druhu případně malý počet druhů ve velkých množstvích

8.3 Proudová výroba

Dalším hlediskem pro volbu organizačního uspořádání je způsob uspořádání výrobních prostředků ve výrobním systému, a tím i řízení materiálových toků. V proudové výrobě se hromadně vyrábí jeden nebo několik vysoce příbuzných výrobků, aniž by se jednotlivé výrobní fáze rozpojovaly pomocí mezioperačních zásob. Setkáme se zde s pojmy jako plynulá výroba, výrobní linka a vyvažování linky. Rozmístění (layout) a typy zařízení jsou zcela přizpůsobeny výrobku. Vytváří se rozsáhlá dělba práce, krátké průběžné doby, eliminují se mezioperační zásoby. Přehledná prostorová situace a výroba se rozvrhuje pouze pro linku jako celek, nikoliv pro jednotlivá pracoviště. Výrobní proces může být automatizován do takové míry, že obsluha vykonává pouze dohled. Problematika řízení řeší přiřazování všech jednotlivých operací nezbytných pro zhotovení výrobku k pracovištím tak, aby kombinace operací mohly být prováděny všechny ve stejném čase – v čase cyklu (vyvažování linky). Tento problém, je do značné míry vyřešen již během navrhování prostorové situace výrobního systému.

Hlavní prvky řešení jsou:

- stanovení optimálního sledu operací,
- určení výrobní času linky (takt linky),
- vzájemné časové sladění jednotlivých pracovišť (vyvážení).

Výzvou je minimalizovat relativní prostoj celého systému proudové linky. Celý systém nesmí být projektován na sto procentní vytížení kapacity. V praxi jsou časy různých operací často stochastickými veličinami, zařízení mohou být citlivá na poruchy a ve hře je lidský činitel. V závislosti na těchto rušivých vlivech je třeba plánovat s určitou časovou vůlí, resp. s časy prostojů. Použití proudové výroby je účelné především tam, kde je trh schopný vstřebat velké množství stejných, technicky vyzrálých produktů, kde např. může být vyráběno méně typů ve velkých sériích. [2]

8.4 Výroba v Celestice

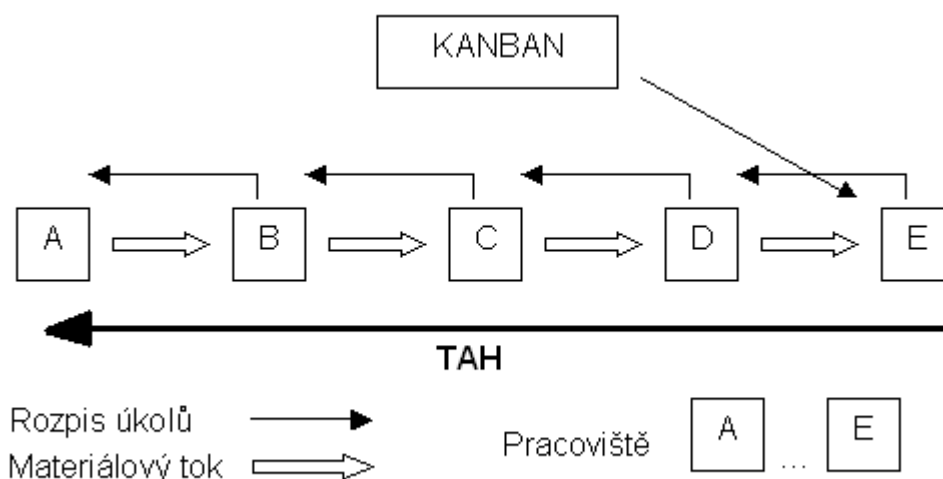
Výroba společnosti Celestica je v celé své šíři zakázková. Požadavky na výrobu definuje formou předpovědi poptávky zákazník. Na sklad se nevyrábí. Výrobní dávky jsou zadávány podle potřeb zákazníka s menším navýšením. Výrobky opouští závod v krátkém čase po kompletaci a zabalení. Z hlediska toku materiálu se jedná o výrobu linkovou, tedy proudovou. Produkce společnosti se dělí na výrobu velko-sériovou a hromadnou.

9 KANBAN

Kanban je karta (japonsky), která dává signál pro výrobu nebo dopravu (přemístění) produktu/materiálu v tzv. zásobovacím systému tahu (výrobní a dopravní kanban). **Kanban signál je nejčastěji karta.** Kanban karty obsahují informace o produktu/materiálu, o způsobu zásobování, množství, o místu skladování a spotřebě. Mnohdy také obsahují čárové kódy pro lepší strojovou zpracovatelnost. Kanban je samořídící systém toku materiálu tak, že se nahrazuje jen to, co bylo spotřebováno. Tento systém představuje hledání jakési dokonalosti v řízení výroby a byl původně vytvořen se záměrem hladce a účelově řídit výrobu uvnitř podniku. Pozdější zkušenosti s aplikací kanbanu však ukázaly nutnost rozšíření tohoto systému za hranice podniku – na dodavatelské i odběratelské činnosti. Kanban jinými slovy znamená decentralizaci plánování a řízení výroby, které bývá v opačném případě velice neflexibilní a umožňuje vyrábět a dodávat jen to, co zákazník požaduje. [19]

9.1 Podstata systému KANBAN

Podstatou metody řízení kanban, viz. **obr.13**, je koncepce „táhnout“ součástky výrobním procesem tak, jak to požaduje montáž, bez zbytečné rozpracovanosti a meziskladů.



Obr.13 Systém KANBAN

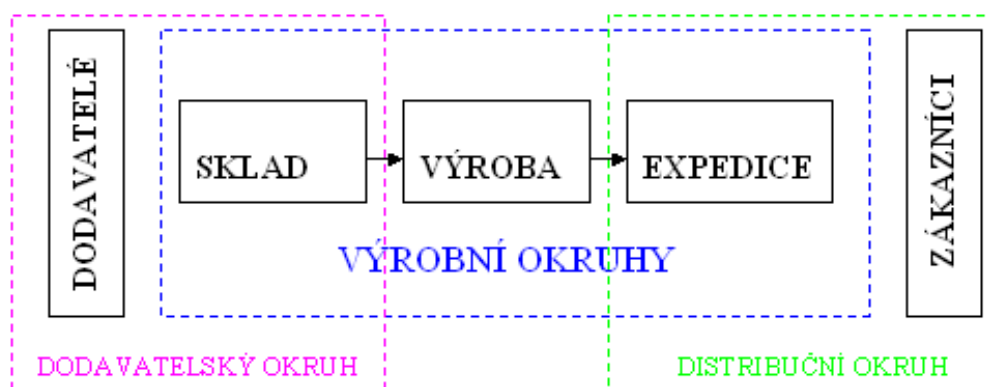
V systému kanban je možné pracoviště ve výrobě rozdělit na „prodavače“ a „kupující“. Každý prodavač je ale zároveň kupujícím. Jsou přesně definovány dodavatelsko-odběratelské vztahy, tj. okruh pracovišť, která si vzájemně dodávají a odebírají materiál a rozpracované výrobky. „Kupující“ pošle „prodavači“ objednávku (kartička). Prodavač, který je zároveň výrobcem požadovaných komponentů, je v požadovaném termínu dodá s „dodacím listem“ (kartička). Ani prodavač ani kupující nemají dovoleno dělat si zásoby, pro což také nemají podmínky. Musí si dodávat přesné množství přesně na čas, zároveň produkovat beze zmetků a navzájem se kontrolovat. Aplikace tohoto systému vyžaduje rovnoměrný a jednosměrný materiálový tok a synchronizaci jednotlivých operací.

Proto se musí už při návrhu výrobní dispozice dosáhnout vyvážení výrobních kapacit (tvorba „skupin příbuzných výrobků“, zajištění pravidelného odběru a tím i výroby, použití principů skupinové technologie apod.) Kanbanem lze také řídit dodavatelské dodávky a zásoby na skladech. Zde musíme brát v úvahu parametry jako například spotřebu, dodací lhůty, množství v balení, náklady na dopravu, atd. [11]

9.2 Implementace systému KANBAN

Cílem uplatnění logistiky v podniku je vzájemné a mezioborové propojení funkcí realizujících zásobování, sekvenčně řazené výrobní funkce a odbytu. Ve výrobním systému, jehož se implementace systému kanban týká je předpokládána stálost poptávky i škály vyráběných produktů. Pro výrobu v klasickém uspořádání to znamená jednoznačný požadavek na výrobu stálého počtu stejných dílů za časovou jednotku a na daném výrobním zařízení.

Smysluplnost implementace systému kanban může být pouze v dokončení zapojení tohoto systému do dodavatelsko-odběratelského řetězce pomocí vnějších kanbanů. Tedy okruhů, které propojí výrobní linku s dodavatelem v zásobovacím okruhu (zahrnujícím sklad) s odběratelem v distribučním okruhu (zahrnujícím expedici), viz. **Obr.14**



Obr.14 Dodavatelsko-odběratelský řetězec

Jednotlivé kanbanové okruhy při dosažení plné funkce implementovaného systému kanban by měly obsahovat celý proces, včetně okruhů zajišťujících externí napojení linky v dodavatelsko-odběratelském řetězci.

Vzhledem k významu funkce kanban při spojování jednotlivých fází výroby a míst s tzv. mezioperačních zásob je nutno navrhnout pouze takový počet okruhů, které budou smysluplné. To znamená, že navrhujeme následující okruhy, které mohou zaručit řízení procesu a vyvolat potřebnou objednávku formou vystavení požadavkové karty (kanbanu) a spojit místa s možnou nerovnoměrností.

Výpočet

Základními vstupními údaji, které potřebujeme, abychom si ověřili zda systém kanban aplikujeme jsou: spotřeba, dodací lhůta, druh balení, množství v balení. Tyto údaje zjistíme především mapováním procesu (mapování hodnotových toků – VSM), které předem určí, zda Kanban potřebujeme, kde a v jaké míře. Stejně jako je rozdíl mezi vyráběným výrobkem a nakupovaným materiálem je i rozdíl ve výpočtu. Tyto odlišnosti nám ovlivní samozřejmě např. kanbanové množství (jednorázová dávka k doplnění). [19]

9.3 Důvody pro zavedení systému řízení KANBAN

- zavedením systému řízení kanban dochází ke snižování velikosti výrobních dávek, čímž je možná pružnější reakce na potřeby zákazníka
- menší výrobní dávka znamená méně dílů v oběhu, to snižuje požadavky na prostor a snižuje ztráty u nekvalitní výroby, roste produktivita
- nižší požadavky na prostor a nižší ztráty z nekvalitní výroby znamenají úsporu financí,
- systém řízení kanban znamená posun od „tlačného“ k „tahovému“ materiálovému toku – vyrábět jen když existuje objednávka
- systém řízení kanban napomáhá k výrobě JIT (Just – In – Time) = výroba právě v čase, kdy to potřebujeme
- tento systém je jednoduchým vizuálním systémem řízení

9.4 Shrnutí

Systém kanban zaručuje plynulost výroby při minimálních zásobách – musí se však velmi opatrně používat, protože tím, že odstraní zásoby z procesu, případné problémy již nejsou rezervami zásob pokryté. Jsou schopny zastavit celý **výrobní proces!** Kanban je tedy účinný nástroj, který má mnoho výhod, pokud je dobře implementován. Pomůže nám jasně řídit proces, zajistit plynulé zásobování materiálu, přesné dávky (nikdy ne nadprodukce!), snížení skladových kapacit a snížení plýtvání. [11]

10 KAIZEN

V japonštině znamená slovo Kaizen neustálé zdokonalování. Neustálé zlepšování celého hodnotového toku nebo jednoho procesu s cílem vytvářet více hodnoty s méně plýtváním. Můžeme ho rozdělit na proudový (systémový) kaizen a procesní kaizen. Systémový kaizen se zabývá celým hodnotovým tokem, a je určen pro management. Procesní kaizen se soustředí na individuální procesy, je určen pro linkové týmy a vedoucí týmů. Zároveň toto slovo implikuje zdokonalování, jež se týká každého – manažera i řadových zaměstnanců – a zahrnuje minimální náklady. Filozofie Kaizen předpokládá, že náš způsob života – ať už se jedná o život pracovní, společenský či rodinný – by se měl zaměřovat na úsilí o neustálé zdokonalování.



Obr.15 Strategie KAIZEN

10.1 Absolutní kontrola / řízení kvality

„Jedním z principů japonského managementu je absolutní kontrola kvality (angl. total quality control **TQC**), která původně kladla důraz na kontrolu procesu tvorby kvality. Ta se později vyvinula v systém zahrnující všechny aspekty řízení a ten se nyní nazývá absolutní řízení kvality (angl. total quality management **TQM**), což je mezinárodně používaný termín.

Podíváme-li se na hnutí za absolutní kontrolu / řízení kvality jako na součást strategie kaizen, lépe pochopíme japonský přístup. V japonském pojetí by TQC/TQM neměly být považovány čistě za aktivity na poli kontroly kvality, ale rovněž za strategii, která managementu pomáhá stát se konkurenceschopnějším a výnosnějším podnikem tím, že se zdokonalí všechny aspekty podnikání. Kvalita zde má prioritu, ale jsou i další cíle, konkrétně náklady a podmínky dodávky.

Písmeno T ve výše uvedených zkratkách znamená "total", tedy absolutní, což znamená, že zahrnuje každého v dané organizaci, od vrcholového managementu, přes střední manažery a vedoucí až po dělníky. Dále zahrnuje dodavatele, prodejce a velkoobchodníky. Role vrcholového managementu, tedy jeho vůdčí role a kvalitní výkon jsou pro úspěšné zavedení

absolutní kontroly a absolutního řízení kvality naprosto nezbytné. Písmeno C znamená "control", tedy kontrola či kontrola procesu. Při kontrole / řízení kvality je nutné neustále identifikovat, kontrolovat a zdokonalovat klíčové procesy, abychom dosáhli dokonalejších výsledků. Úlohou managementu je připravit plán umožňující kontrolovat proces na základě výsledků, aby jej bylo možné zdokonalit, nikoli proces na základě výsledků pouze kritizovat. Absolutní kontrola a řízení kvality obnáší v Japonsku takové činnosti, jako je realizace politiky, budování systémů zajišťujících kvalitu, standardizace, vzdělávání, řízení nákladů a kroužky kvality práce.“ [11]

10.2 Systém zlepšovacích návrhů

Systém zlepšovacích návrhů funguje jako nedílná součást strategie kaizen zaměřené na jednotlivce a důraz klade na to, že pozitivní účast zaměstnanců zvyšuje jejich pracovní morálku. Japonští manažeři vidí jeho primární roli v tom, že vzbudí zájem zaměstnanců o kaizen tím, že je povzbudí k podávání různých návrhů.

Zlepšovací návrhy se zaměřují na:

- Zlepšení a usnadnění vlastní práce
- Zlepšení pracovního prostředí
- Zvýšení bezpečnosti práce
- Zlepšení pomůcek a nástrojů
- Úspora energie, materiálu a dalších zdrojů
- Zvýšení produktivity práce
- Zvýšení kvality produktů
- Eliminace zbytečných pohybů lidí a strojů
- Úspora času, eliminace čekání

10.3 Činnost kroužků

„Strategie kaizen zahrnuje činnost zaměstnaneckých kroužků – neformálních a dobrovolných vnitropodnikových skupinek provádějících na svých pracovištích specifické úkoly. Nejpopulárnější činností jsou kroužky kontroly kvality. Lze je považovat za skupinovou činnost v rámci strategie kaizen a věnují se nejenom otázkám kvality, ale také nákladů, bezpečnosti práce a produktivity. Tyto kroužky mají důležitou roli při zlepšování kvality výrobků a produktivity práce. Při dosahování kvality ale hraje hlavní roli management, a to různými způsoby: budováním systémů zajišťujících kvalitu, vzděláváním zaměstnanců, tvorbou a delegováním manažerských rozhodnutí a budováním více funkčních systémů pro kvalitu, náklady a dodávky. Úspěšná činnost kroužků kontroly kvality znamená, že management hraje v podpoře této činnosti neviditelnou, ale životně důležitou roli.“ [11]

10.4 5S: Pět kroků dobrého hospodaření

Metodika 5S pochází z Japonska. Zkratka 5S vyjadřuje počáteční písmena jednotlivých kroků této metodiky. Zde je pět kroků dobrého hospodaření označených jejich japonskými jmény:

1. Seiri: oddělte na pracovišti nezbytné a zbytečné věci a odstraňte ty zbytečné
2. Seiton: uspořádejte všechny věci, které na pracovišti zůstaly po seiri, přehledným způsobem
3. Seiso: udržujte stroje i pracovní prostředí v čistotě
4. Seiketsu: koncepci čistoty rozšiřte i na sebe a neustále provádějte předchozí tři kroky
5. Shitsuke: budujte svou sebedisciplínu a provádějte pět kroků tím, že zavedete standard [21]

V praxi zavedení metodiky 5S znamená:

- Plánovat organizaci pracoviště tak, aby na něm zůstalo jen to, co je skutečně zapotřebí. Ostatní předměty patří do přehledných vyhrazených úložných prostor. Nepotřebné se ukládá ve vzdálenějším skladu nebo se rychle likviduje.
- Plánovat uspořádání předmětů potřebných tak, aby byly všem rychle a pohodlně dostupné. Všem musí být zřejmé, kde jsou uloženy.
- Plánovat čistotu pracovišť. Tedy vše bezpodmínečně udržovat bez špíny, prachu atd. Pořádek pomáhá hledat abnormality, předchází poruchám a pomáhá udržet hodnotu zařízení.
- Plánovat přehlednost. Tedy bezpečnou funkci předchozím tří požadavků, plus podpora dostupnosti potřebných informací. Nic není třeba hledat, nikdo se nezdržuje, informace jsou prezentovány přehledně na viditelných místech.
- Plánovat disciplínu, samozřejmě udržování shora uvedených pravidel, denní kontroly pracovní disciplíny, používání kontrolních dotazníků, stanovování nových úkolů a cílů. Odměňování nejlepších. [11]

10.4.1 Zavedení 5S

V rámci koncepce kaizen má proces stejnou hodnotu jako výsledek. Aby bylo možné lidi přimět k pokračování v aktivitách typu kaizen, je nutné vše pečlivě naplánovat, zorganizovat a provést. Prvním krokem je připravit zaměstnance duševně na to, aby akceptovali metodiku 5S ještě než vůbec započne. Na začátku by proto mělo být dost času k prodiskutování celé filozofie 5S a jejího přínosu. Z hlediska:

- Vytvoření čistého, hygienického, příjemného a bezpečného pracovního prostředí.
- Oživení pracoviště a zásadní zlepšení pracovní morálky a motivace k práci.
- Odstranění různých druhů plýtvání díky lepšímu přístupu k nástrojům, usnadnění práce, omezení fyzicky náročné práce a uvolnění prostoru na pracovišti.

10.5 Konečný cíl strategie KAIZEN

Jelikož kaizen se zabývá zdokonalováním, musíme vědět, které aspekty podnikatelské aktivity potřebují nejvíce zdokonalit. Odpovědí na tuto otázku je kvalita, náklady a dodávky. Kvalitou se zde nemyslí pouze kvalita finálních produktů nebo služeb, ale také kvalita procesů, jež jsou v pozadí. Pod náklady se rozumí celkové náklady projekce, výroby, prodeje a údržby výrobku nebo služby. Dodávka znamená dodávku požadovaného množství v dohodnutém termínu. Jestliže jsou tyto tři podmínky splněny, zákazník je spokojený. Kvalita, náklady a dodávky tvoří most mezi různými funkcemi a odděleními společnosti, jako je projekce, výroba, prodej a služby zákazníkům. Proto je nezbytná spolupráce různých částí podniku, stejně tak jako spolupráce s dodavateli a prodejci. Je úlohou manažerů neustále sledovat tento stav ve svém podniku a zavést priority pro jejich zdokonalování. [11]

11 FMEA

11.1 Metoda FMEA (Failure Mode and Effects Analysis)

Analýza FMEA (analýza možného výskytu vad a jejich následků) patří k základním preventivním metodám managementu jakosti v souladu s požadavky normy ISO 9001 a směrnice ISO 9004. Z původního uplatnění v kosmickém výzkumu a jaderné energetice se rychle rozšířily do mnoha dalších oborů, především u dodavatelů automobilového průmyslu. Analýza byla vyvinuta NASA za účelem snížení potenciálního rizika poruch, a to systematickou analýzou projektovaného systému a jeho preventivními úpravami. Patří tedy mezi metody analýzy spolehlivosti systému. Původně byla určena k využívání při projektování výrobků (FMEA-konstrukce) a výrobních a montážních postupů (FMEA-technologie). Její využití je však nezávislé na oboru uplatnění. Je univerzálně použitelná pro jakékoli produkty, procesy a systémy. Je to tedy metoda, jejímž použitím je možno zabránit, popřípadě zmírnit rizika, která vznikají při vývoji výrobku, v technologii i při samotné výrobě. Smysl spočívá ve specifikaci všech možných vad vzhledem k významu pravděpodobnosti jejich odhalení. FMEA je systematický sled činností určených k:

- vyhledávání a ohodnocení možných vad výrobku nebo procesu a jejich důsledků
- identifikování kroků k zabránění nebo omezení podmínek pro vznik možných vad
- dokumentování procesu

Metodou FMEA lze účinně a efektivně předcházet vzniku možných vad. Jestliže chceme, aby naše firma dokázala předcházet zbytečným ztrátám, je snazší vadám předcházet než odstraňovat jejich následky. Metoda FMEA nám pomůže určit slabá místa v konstrukci produktu i ve vztahu k zákonným požadavkům (např. zákon 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobek). V dnešním konkurenčním prostředí chce mít každá firma úspěch a zisk. Požadavky jejich zákazníků se zvyšují a ona musí vyrábět spolehlivé a bezpečné výrobky. Jedna z metod, jak toho dosáhnout je právě metoda FMEA. [10]

Tato metoda se aplikuje za účelem včasného rozpoznání možných slabých stránek dané výroby (procesu) a zavedením vhodných opatření, aby k nežádoucím vlivům nedošlo. S touto metodou se začíná již při zahájení konstrukčních (vývojových) prací.

Tato metoda je v mnoha podnicích – součástí plánování, vývoje, konstrukce, výroby i inovací výrobků. Přispívá ke zvýšení kvality celého složitého procesu souvisejícího s výrobou a přispívá rozhodným způsobem ke spokojenosti zákazníků, pracovníků a manažerů výrobce. Metoda FMEA se dokonce stále více prosazuje i v nevýrobních odvětvích, např. službách. Metoda FMEA se stala neoddělitelnou součástí TQM (Total Quality Managementu) a neobejde se bez nich žádný podnik.

Vychází z toho že, FMEA hledá odpověď na otázky :

1. Co se stane když, skutečně vznikne určitá (potenciální) vada?
2. Je vznik vady pravděpodobný? Nakolik? Jak?
3. Lze vznik vady předpovídat? Jak?
4. Lze vadám zabránit? Jak?
5. Jakých důsledků vady se musíme obávat? Co může vada (porucha) způsobit?

Obecně lze říci, že vysoká kvalita = **nejvyšší kvalita** je samozřejmostí. Mezinárodní široké nabídky zboží vytváří takové konkurenční prostředí, že pokud bychom jenom trošku zanedbali důraz na kvalitu, tak ztrácíme pozici na trhu se všemi důsledky s tím spojenými. Stále více se zvyšuje vliv zákazníka, odběratele na způsob výroby a péči o jakost u dodavatele. Stále těsnější vztahy dodavatel-odběratel-JIT (Just In Time) snížily stav zásob natolik, že na vadné produkty již nezůstává prostor – např. na testování, apod. Pokud se zásoba (mezioperační zásoba) pohybuje v rozmezí jednotek hodin, nemusí být logicky každý kus v pořádku. O kvalitě a preciznosti jde až někdy zdánlivě do extrému. Samozřejmě, že čím jsou systémy komplexnější a složitější tím spolehlivější musí být funkce každého díla, každé jednotlivé komponenty a součásti. Nelze také podceňovat vliv změn, které mohou mít neočekávané vedlejší účinky. Toto je potřebné vždy po vytipování možné vady, odhadu její závažnosti a hlavně odhadu návaznosti jejich důsledků. Kdy podle FMEA následuje další krok, návrh na opatření, které předejde možnosti vzniku vady, či snížit pravděpodobnost jejich vzniku nebo vede ke zlepšení stávajícího stavu opět pečlivě zvážit a analyzovat situaci po změně. Proto musíme přijmout takovou strategii, která dokáže stanovené vedení řešit.

Celý systém FMEA musí být trvale používaným nástrojem, kdy při jakémkoliv zavádění čehokoliv nového – výrobku, změně ve výrobě, atd. Použijeme FMEA a na metody FMEA musí navazovat i ostatní nástroje organizace, plánování, statické regulace, které i v našem podniku či organizaci používáme. Jde také o to vytvořit příznivé klima, příznivé klima v našem podniku, kde vyrábím, ale i mezi mnou a dodavatelem a mezi mnou a odběratelem.

Vytvořením klimatu a vědomí spolupráce, vědomí společného zájmu na vyšší kvalitě. Ne pouze hledat vinu, svalovat vinu jeden na druhého (uvnitř podniku), ale vytvořit u pracovníků tzv. **Corporate Identity** – odpovědnost za dobré jméno podniku, nejenom vadu odhalit, ale mít zájem na tom, aby se jí předešlo, aby se již neopakovala.

Je velice důležité chápat jako otázku přežití komplexní péči o jakost jako trvalý, dlouhodobý, systematický a **široký strategický cíl!!** Při vzniku výrobku se snažíme co nejdříve rozeznat možnosti vzniku vad, vzniku určité vady, určit možné následky těchto potenciálně možných vad, ohodnotit, odhadnout rizika související s potenciální vadou a bezpečně jim předejít. Vlastnost všech typů FMEA a všech analýz je, že spolu úzce souvisejí – vycházejí jedna z druhé. Jsou „živými dokumenty“ – musí zobrazovat skutečný stav a proto musí být neustále aktualizovány. Musí se ohlídat, aby v celém procesu souvisejícím s výrobou, složitým procesu rozpadly myšlenky (hlavně starší myšlenky) o rizicích vad a prevenci, způsobech prevence vad. Samozřejmě, že zavedení této metody něco stojí (náklady pro firmu), ale pocit, skutečnost, že bylo učiněno vše pro bezproblémový náběh výroby, bezproblémový průběh výroby a nejenom to, ale i to že bylo uděláno vše pro spokojenost jak výrobce, tak především zákazníka = **spokojenost zákazníka** je k „nezaplacení“.

Metoda FMEA je určena pro celou škálu pracovníků zejména manažerům jakosti, projektovým a produktovým manažerům, pracovníkům vývoje, konstrukce, technologie, servisu a dalších útvarů - budoucím uživatelům těchto důležitých analýz v různých aplikacích.

11.2 Druhy FMEA:

- **Systému** - Analyzuje systémy a subsystémy v raném (koncepčním) stádiu a zaměřuje se na interakce mezi systémy a elementy systému.
- **Konstrukce (návrhu)** - Analyzuje výrobek dříve, než se začne s výrobou. Zaměřuje se na druhy vad způsobené nedostatky konstrukce (návrhu).
- **Procesu (výrobní)** - Analyzuje výrobní a montážní procesy, nedostatky procesu výroby nebo montáže.
- **Výrobku (nakupovaného dílu)** - Analyzuje proces jako celek. Mnohdy koordinována a řízena zákazníkem.
- **Servisu, služeb** - Než se výrobek dostane k zákazníkovi (investiční, organizační, ekologická, zásobování) [25]

11.3 Postup metody FMEA

Metoda je aplikována v těchto krocích:

- 1) Vytvoření týmu pro aplikaci FMEA
- 2) Volba objektu zkoumání a zpracování jeho funkčního schématu.

- 3) Analýza rizika
- 4) Ohodnocení rizika.
- 5) Přijetí opatření ke zlepšení a kvantifikace rizika po změně.

1) Vytvoření týmu pro aplikaci FMEA

Komplexnost problému předpokládá vytvoření interdisciplinárního týmu vedeného zkušeným moderátorem schopným usměrňovat průběh při konfliktech zájmů.

2) Volba objektu zkoumání a zpracování jeho funkčního schématu

V tomto kroku je potřeba:

- vytvořit přehled prvků systému, popsat funkce každého prvku a vazby mezi prvky
- určit minimální požadovaný stupeň splnění funkcí systému (resp. hranice přijatelnosti) a jeho prvků
- specifikovat vnitřní a vnější podmínky, v nichž systém funguje, včetně charakteristiky vlivu lidského činitele

3) Analýza rizika

Pro jednotlivé prvky systému se identifikují:

- všechny možné typy poruch,
- jejich příčiny,
- jejich důsledky.

Analýza začíná výběrem nejnižší úrovně systému. U ní se vytvoří přehled všech možných projevů poruch, které mohou nastat u každého prvku na této úrovni. Prvky jsou posuzovány jednotlivě a po řadě a důsledek poruchy každého z nich je považován za projev poruchy na vyšší hladině systému. Tak se postupuje stále výš až po identifikaci důsledků pro systém jako celek. Projevy a důsledky poruch se formulují v uživatelské terminologii. V tomto kroku je vhodné uplatnit brainstorming propojený s technikami analýzy příčin a následků. U aplikace v logistice se nabízí pro odhadnutí důsledků poruch využít počítačové simulace toku.

4) Ohodnocení rizika

Jednotlivé poruchy se ohodnocují podle:

- pravděpodobnosti výskytu,
- významu pro zákazníka,
- pravděpodobnosti včasného odhalení.

Ke kvantifikaci se používá sjednocených hodnotících stupnic přidělujících u každého z těchto tří kritérií body od 1 do 10. Pronásobením jednotlivých ohodnocených kritérií je určeno rizikové číslo, které určuje stupeň naléhavosti problému. Prioritou číslo jedna se tedy stává

porucha, která má vysokou pravděpodobnost výskytu, je zřídka odhalitelná a pro zákazníka má velmi tíživé důsledky. Metodami a technikami používanými v tomto kroku jsou teorie spolehlivosti, vyhodnocení statistických dat z minulosti u podobných systémů, počítačová simulace a při určování priorit také Paretova analýza (viz. kapitola 5.4). Pro určení míry včasné odhalitelnosti poruch, resp. jejich příčin je nutno analyzovat existující systém řízení, metody kontroly a regulace procesů, účinnost informačního systému apod.

Podle vztahu míra rizika/priorita se stanovuje a vyhodnocuje:

- priorita nápravných opatření
- realizace nápravných opatření
- účinnost nápravných opatření

Analýza FMEA si klade za cíle:

- Zvyšování bezpečnosti funkcí a spolehlivosti výrobků
- Snižování záručních a servisních nákladů
- Zkrácení procesu vývoje
- Náběhy sérií s menšími vadami
- Lepší termínová kázeň
- Hospodárná výroba
- Lepší služby
- Lepší vnitropodniková komunikace

Cílem FMEA je již ve fázi vývoje nového výrobku definovat všechny možné vady související s daným výrobkem/procesem a pro potenciálně nejrizikovější vady realizovat preventivní opatření.

5) Přijetí opatření ke zlepšení a kvantifikace rizika po změně

Tento krok se soustřeďuje na opatření k předcházení vzniku poruch a jejich průniku do dalších částí systému, a to zásahem do struktury prvků, charakteru vazeb i kontrolních mechanismů u nejkritičtějších poruch. Pro tuto změnu je pak znovu provedena analýza a ocenění rizika. Existují-li různé alternativy pro opatření ke zlepšení, mohou být zkoumány a zhodnoceny prostřednictvím testu podpořeného simulací, a tím také mohou být ozřejměny a ohodnoceny očekávané projevy zlepšení. [25]

11.4 Metodika FMEA

- 1) **Sestavit realizační tým** - nejlépe z různorodého spektra zkušených odborníků (konstruktéři, pracovníci vývoje, technologové, obchodníci, apod.). Tým by se měl skládat z lidí z různých úrovní organizace, kteří daný proces znají, mají zkušenosti

nejlépe i z jiných oborů, jsou komunikativní. „Ideální“ tým má 5-7 členů, ale lze se setkat i s týmy okolo 15 lidí. Důležité je zapojit fantazii a nebát se říci své myšlenky a názory. Ideální je mít jednoho znalého moderátora. Výjimečně se využívá i externista, neboť jde o metodu relativně jednoduchou.

- 2) **Vyspecifikovány všechny možné nebo pravděpodobné vady návrhu** – nejvíce se zúročí zkušenost jednotlivých pracovníků z dřívějších obdobných návrhů, znalost problematiky, přehled o technologických možnostech atd. - týmová spolupráce
- 3) **Stanovení priorit** - z hlediska svého důsledku, tedy významu působení na zákazníka, z hlediska příčiny svého vzniku, tedy rozsahu výskytu při používání a konečně z hlediska rozsahu nutných kontrol, tedy možnosti jejího odhalení
- 4) **Rozdělení do kategorií** - přiřazení patřičných bodů dle priorit (1-zákazník nezaregistruje až 10 - ohrožení bezpečnosti)
- 5) **Hodnocení** - dle jednotlivých charakteristických čísel, velikost čísla určujeme prioritu s jakou se musíme danému problému věnovat
- 6) **Navržení příslušných opatření** - dle jednotlivých charakteristických čísel. Velikost čísla určuje prioritu s jakou se musíme danému problému věnovat. Je zřejmé, že čím vyšší rizikové číslo, tím větší úsilí bychom danému bodu měli věnovat, tj. plánování a realizace nápravných opatření. Ale mohou se vyskytnout i případy, kdy sice rizikové číslo nebude z nejvyšších a přesto bude rozumné se danému problému z nějakých důvodů věnovat.
- 7) **Provedení opatření**
- 8) **Vyhodnocení nového stavu** - tj. opakování celého procesu znovu [25]

11.5 Praktické použití FMEA

Aby se metoda FMEA používala správným způsobem, byla vydána norma ČSN IEC 812. Na trhu je rovněž dostupná i softwarová podpora, která je užitečná zejména ve větších firmách. Pro menší firmy obvykle stačí rozumně naformátovaná tabulka v Excelu nebo Wordu. Metoda FMEA je jednoduchá tabulka, do které je obvykle při brainstormingu zapisováno. Při brainstormingu tým generuje všechny možné i málo pravděpodobné vady a problémy vztahující se k procesu či výrobku. U těchto potenciálních problémů tým přiřazuje problémům i jejich potenciální důsledky a příčiny.

11.6 FMEA protokol

K systematické aplikaci metody se používá standardizovaného formuláře. Vypracovaná FMEA procesu výroby digitálního přijímače je uvedena v **příloze**. S výsledky z analýzy a navržených opatření k zlepšení procesu se zabývám podrobněji v kapitole 18.

11.7 Hodnotící kritéria

11.7.1 Význam vady

Význam vady (závažnost) je známka spojená s nejménějším důsledkem daného způsobu závady. Význam vady vyjadřuje relativní hodnocení v rámci dané FMEA. Zámka významu se dá snížit změnou návrhu systému, subsystému nebo komponenty nebo změnou procesu. Jeli zákazníkem ovlivněným způsobem závady výrobní závod nebo uživatel výrobku, může hodnocení významu vybočovat z rámce zkušeností nebo znalostí technologa nebo týmu. V takových případech je třeba konzultovat technika odpovědného za FMEA návrhu nebo technologa následujícího výrobního závodu.

| Význam následků vady | Úroveň zákaznického významu | Úroveň výrobního významu | Klasifikace |
|---------------------------------|---|--|-------------|
| Nebezpečný- bez varování | Velmi vysoký stupeň hodnocení když potenciální závada má vliv na bezpečnost zařízení a/nebo nevyhovuje zákonným předpisům bez varování. | nebo může ohrozit operátor (stroj nebo montáž) bez varování | 10 |
| Nebezpečný- s varováním | Velmi vysoký stupeň hodnocení když potenciální závada má vliv na bezpečnost zařízení a/nebo nevyhovuje zákonným předpisům bez varování. | nebo může ohrozit operátor (stroj nebo montáž) bez varování | 9 |
| Velmi vysoký | Výrobek/systém je nefunkční (ztráta základních vlastností). | nebo 100% výrobku musí být sešrotováno nebo přepracováno a opraveno v opravovacím čase většín jak jedna hodina. | 8 |
| Vysoký | Výrobek/systém je funkční ale výkon je snížen, zákazník je nespokojen. | nebo výrobek je potřeba separovat a část (méně než 100%) je ke sešrotování nebo přepracováno a opraveno v opravovacím čase mezi půl a hodinou. | 7 |
| Střední | Výrobek/systém je funkční, ale je snížen komfort při provozu. Zákazník je nespokojený. | nebo část (méně než 100% je ke šrotování) bez potřeby separování výrobku a přepracováno a opraveno v čase menším jak půl hodiny. | 6 |
| Nízký | Zařízení funguje při částečně sníženém výkonu a pohodlí. | nebo 100% výrobku musí být přepracováno nebo opraveno | 5 |
| Velmi nízký | Vhodný a konečný (zrakový) není přizpůsobivý. Nedostatek vyzozorovala většina zákazníků (vice jak 75%) | nebo výrobek je možné separovat a část (méně než 100% musí být přepracována | 4 |
| Málo významný | Vhodný a konečný (zrakový) není přizpůsobivý. Nedostatek vyzozorovalo 50% zákazníků. | nebo část (méně než 100%) musí být přepracována (nelze provézt na lince) | 3 |
| Nevýznamný | Vhodný a konečný (zrakový) není přizpůsobivý. Nedostatek vyzozoroval vybíravý zákazník (25%). | nebo část(méně než 100%) musí být přepracována(lze provézt na lince) | 2 |
| Žádný | Žádný význam | nebo nepatrná potíží výkonu nebo operátora nebo bez významu | 1 |

Tab.2 Význam následků vady

Navržená kritéria hodnocení:

Tým techniků by se měl dohodnout na kritériích hodnocení a důsledném systému známkování. Význam vady by se měl odhadovat podle stanovené tabulky, **tab.2** a přizpůsobovat k určitému procesu ve výrobě, na který je FMEA analýza aplikována. Nedoporučuje se však upravovat kritéria známek 9 a 10. Způsoby poruch se závažností 1 se dále neanalyzují.

11.7.2 Výskyt vady

Výskyt je pravděpodobnost, že se specifická příčina závady vyskytne. Znamka výskytu je relativní hodnocení v rámci předmětu FMEA a nemusí vyjadřovat skutečnou pravděpodobnost výskytu. Jediný způsob, jakým se dá známka výskytu snížit, je odstranění nebo zvládnutí příčin závady změnou návrhu nebo procesu. Možná četnost poruch se opírá o počet poruch, očekávaných v průběhu procesu.

Tým techniků by se měl dohodnout na důsledném systému kritérií hodnocení a známkování. Pro odhadování výskytu slouží tabulka, **tab.3**.

| Pravděpodobnost výskytu vady | četnost vady | Klasifikace |
|---|-------------------------|-------------|
| Velmi vysoká: Závada je téměř nevyhnutelná | ≥ 100 z 1000 kusů | 10 |
| Velmi vysoká: Závada je téměř nevyhnutelná | 50 z 1000 kusů | 9 |
| Vysoká: Opakující se závady | 20 z 1000 kusů | 8 |
| Vysoká: Opakující se závady | 10 z 1000 kusů | 7 |
| Průměrná: Občasné závady | 5 z 1000 kusů | 6 |
| Průměrná: Občasné závady | 2 z 1000 kusů | 5 |
| Průměrná: Občasné závady | 1 z 1000 kusů | 4 |
| Malá: Poměrně málo závad | 0.5 z 100 kusů | 3 |
| Malá: Poměrně málo závad | 0.1 z 1000 kusů | 2 |
| Velice slabá: Závada je nepravděpodobná | ≤ 0.01 z 1000 kusů | 1 |

Tab.3 Pravděpodobnost výskytu vady

11.7.3 Odhalitelnost vady

Odhalitelnost je známka přiřazená nejlepším opatřením k odhalení. Odhalitelnost je relativní známka vztahující se k předmětu jednotlivé FMEA. Ke snížení hodnocení se zpravidla musí zlepšit plánované řízení procesu. Předpokládá se, že se závada vyskytla, a pak se zhodnotí způsobilost všech "stávajících nástrojů řízení procesu" zabránit expedici dílu s tímto typem poruchy nebo vady.

Tým techniků by se měl dohodnout na důsledném systému kritérií hodnocení a známek, i když pro jednotlivou analýzu procesu upraveném. Doporučená kritéria hodnocení odhalitelnosti pro FMEA procesu jsou v *tab.4*.

Kontrolní typy: A: Chyba zajištění (Poka-Yoke)
 B: Měření (SPC, Plán měření nebo kontroly)
 C: Ruční kontrola

| Pravděpodobnost odhalení vady | Měřítka | A | B | C | Navrhovaný rozsah zjišťovacích metod | Klasifikace |
|-------------------------------|---|---|---|---|--|-------------|
| Téměř nemožné | Absolutní jistota neodhalení | | | X | Nemohou zjistit nebo zkontrolovat | 10 |
| Velmi obtížné | Kontroly budou pravděpodobně nezjištěny | | | X | Kontrola je dosažena jen vedlejší nebo náhodnou kontrolou | 9 |
| Obtížné | Kontroly mají nízkou šanci na zjištění | | | X | Kontrola je dosažena jen zrakovým prozkoumáním | 8 |
| Velmi nízké | Kontroly mají nízkou šanci na zjištění | | | X | Kontrola je dosažena jen dvojitým zrakovým prozkoumáním | 7 |
| Nízké | Kontroly možná odhaleny | | X | X | Kontrola je dosažena sestavováním metod jako je SPC | 6 |
| Střední | Kontroly možná odhaleny | | X | | Kontrola je založena na různých měření poté co části mají opustit stanoviště, nebo vést/ nevést měření provedený na 100% z částí mající opustit stanoviště. | 5 |
| Středně vysoké | Kontroly mají dobrou šanci na odhalení | X | X | | Chyba odhalení v následné operaci, nebo měření vykonané na situaci a prvním kusu kontroly. | 4 |
| Vysoké | Kontroly mají dobrou šanci na odhalení | X | X | | Chyba odhalení strávených na stanici nebo chyba odhalení v následné operaci od četných úrovní z přijetí: nabídka, výběr, dosazení, ověřit. Nemohou akceptovat odlišné části. | 3 |
| Velmi vysoké | Kontroly téměř spolehlivě zjištěny | X | X | | Chyba odhalená na stanici (automatické měření s automatickým stop rysem). Nemohou projít odlišnou částí. | 2 |
| Téměř jisté | Kontroly spolehlivě zjištěny | X | | | Odlišné části nemohou být vyrobeny protože položka byla chybně vyzkoušena v proces/výrobek plánu. | 1 |

Tab.4 Pravděpodobnost odhalení vady

11.8 Shrnutí

Analýza FMEA je metoda kvalitativní analýzy spolehlivosti prováděná zdola nahoru, která je zvláště vhodná ke studiu poruch materiálů, součástí a zařízení a jejich důsledků na následující vyšší funkční úrovni systému. FMEA se hodí k analýze systémů používajících různé technologie (elektrických, mechanických, hydraulických, softwarových atd.) s jednoduchou funkční strukturou. Analýza FMEA se obecně provádí tam, kde se v programu včasných etapách vývoje produktu nebo procesu očekává nějaká úroveň rizika.

Faktory, které se mohou brát v úvahu, jsou:

- nová technologie,
- nové procesy,
- nové návrhy
- změny prostředí, zatížení nebo předpisů

Analýza FMEA se může provádět na součástech nebo systémech, které vytvářejí produkty, procesy nebo výrobní zařízení. Mohou se provádět též na softwarových systémech.

Analýza FMEA se obecně provádí v následujících krocích:

- zjistí se, jak má součást systému vykonávat svou funkci
- zjistí se potenciální druhy, důsledky a příčiny poruch
- zjistí se riziko příslušející jednotlivým druhům poruch a jejich důsledkům
- stanoví se doporučená opatření k odstranění nebo snížení rizika
- provedou se následná doplňující opatření, aby se uzavřela doporučená opatření

Výhodou metody je možnost systematického zjišťování vztahu příčin a následků. Analýza rovněž poskytuje počáteční údaje o těch druzích poruch, které pravděpodobně budou kritické, zejména o jednoduchých poruchách, které se mohou šířit a poskytuje základní rámec pro zjišťování opatření ke zmírnění rizika. Analýza je užitečná při předběžné analýze nových nebo nevyzkoušených systémů či procesů. Nevýhodou je, že výsledná data mohou být rozsáhlá i u relativně jednoduchých systémů a dále, že metoda může být složitá a nezvladatelná, pokud neexistuje zcela přímý vztah mezi příčinou a následkem. Nemusí být také snadné zabývat se časovými posloupnostmi, procesy obnovy, podmínkami prostředí, hledisky údržby apod. [10]

12 Kontrolní plán

Důležitou fází v procesu plánování kvality je vyhotovení kontrolního plánu. Kontrolní plán představuje souhrnný písemný popis všech opatření zabezpečujících kvalitu. Popisuje opatření prováděná v každé fázi pracovního průběhu, např. při přejímce zboží, během procesu, při expedici nebo během všech pravidelně prováděných kontrol dílů a procesů. Všechna kontrolní opatření uvedená v analýze FMEA musí být zahrnuta v kontrolním plánu. Kontrolní plán trvale odráží aktuální výrobní proces a musí být příslušným způsobem v případě změn výrobku a procesů aktualizován. Kontrolní plán výroby digitálního přijímače je uveden v **příloze**. [9]

12.1 Indexy způsobilosti procesů

Dodavatel musí u všech dohodnutých resp. v kontrolním plánu uvedených důležitých a kritických znaků výrobku a procesu prokazovat způsobilost procesu. Zde je třeba použít metod statistického řízení procesu (SPC). Index krátkodobé způsobilosti cmk/ppk se provádí již v rámci prvního vzorkování. Index dlouhodobé způsobilosti cpk je prováděn průběžně a musí být v pravidelných časových intervalech vyhodnocován.

To, zda zásah do procesu, který měl zlepšit jeho kvalitu, byl úspěšný, je určováno hodnocením způsobilosti procesu před a po zásahu. Způsobilost procesu se udává pomocí koeficientů způsobilosti, základním z nich je **koeficient cp**

$$C_p = \frac{T}{6\sigma} \quad (1)$$

Kde, C_p ...koeficient způsobilosti, T ... tolerance, σ ... střední kvadratická odchylka

Proces je považován za způsobilý, jestliže $cp \geq 1,33$ (horší firmy považují za způsobilé i procesy s $cp \geq 1,0$, některé naopak s $cp \geq 1,67$.

Tento koeficient neříká nic o poloze procesu vzhledem k tolerančnímu poli. Proto je často užíváno **koeficientu cpk** , který je dán vztahem:

$$C_{pk} = \min \left(\frac{T_H - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - T_D}{3\sigma} \right) \quad (2)$$

Kde, T_H , T_D ...horní a dolní toleranční mez, μ ...cílová hodnota procesu

Stejně jako u koeficientu způsobilosti cp je předpokládáno, že dobrý proces má $cpk \geq 1,33$, horší proces alespoň $cpk \geq 1,0$, velice dobrý proces $cpk \geq 1,67$. [9]

12.2 Kontrola a zkoušení

Dodavatel je povinen zajistit, aby veškeré plánované kontroly a zkoušky během vlastního procesního řetězce byly provedeny způsobem, který předepisuje kontrolní plán. Výsledky kontrol a zkoušek musí být příslušným způsobem dokumentovány. Ve stanovených intervalech musí být prováděno vyhodnocování výsledků SPC-kontrolních znaků z hlediska způsobilosti procesu. Jsou-li výrobky, pokud jde o tyto znaky, vyráběny v nedostatečně způsobilém procesu, je třeba provést 100% kontrolu, dokud není výrobní proces optimalizován a není dosaženo požadovaných hodnot cpk. Před expedicí výrobků musí být provedena verifikace výstupní kontrolou, zda byly provedeny všechny plánované pracovní kroky a při kontrolách kvality nebyla v porovnání se specifikací zjištěna žádná odchylka. [9]

13 Popis výrobní linky

V Ráječku disponuje společnost Celestica několika výrobními linkami. Vzhledem k plynulé dávkové výrobě se často mění její nastavení a svým layoutem (rozvržením) je dostatečně univerzální. Lze ji proto použít jako model obvyklé výrobní linky v elektrotechnické výrobě, dle potřeb lze rozvržení výrobní linky přizpůsobit požadavkům zákazníka.

13.1 Popis jednotlivých pracovišť

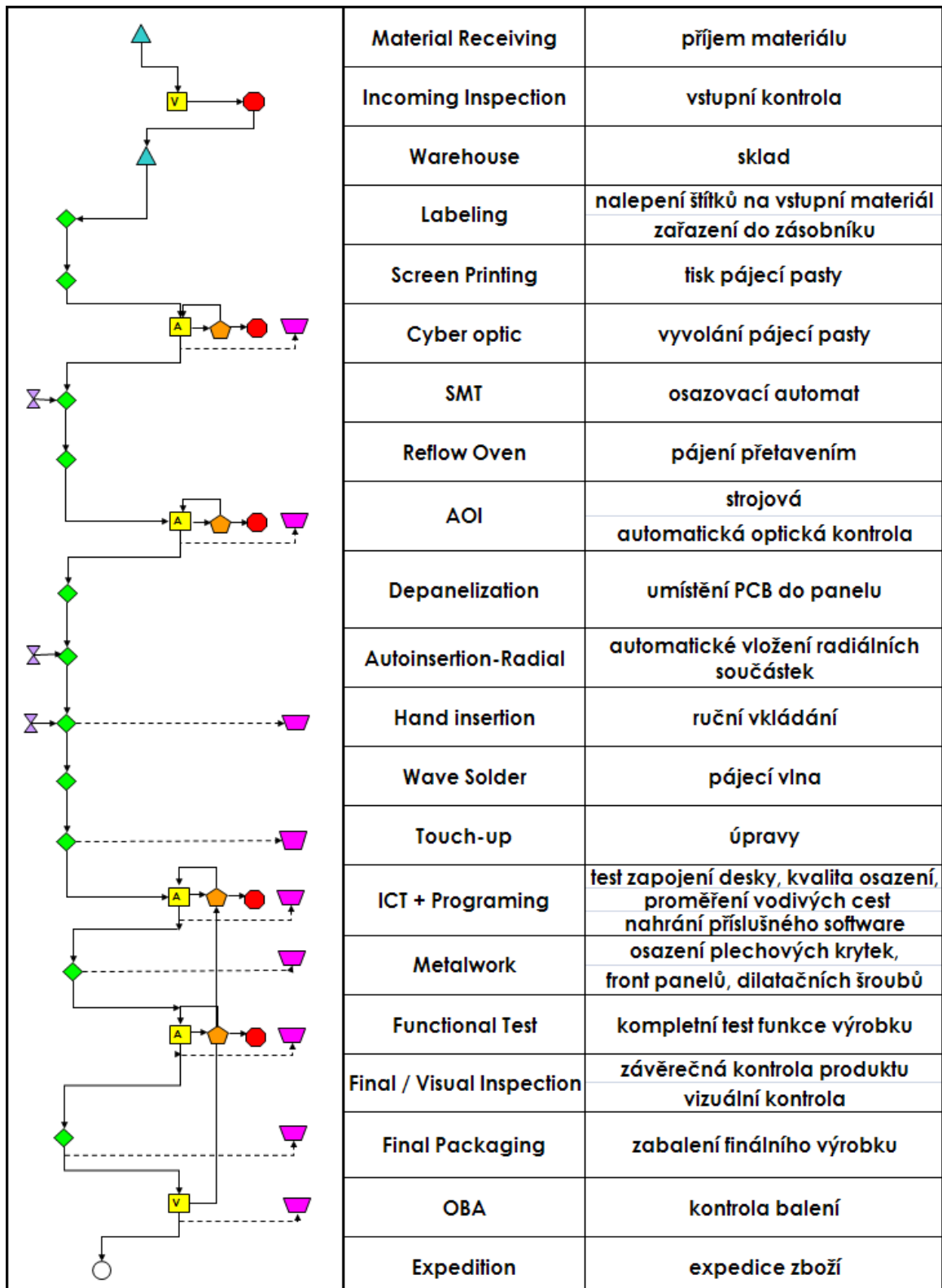
Na obrázku *obr.16* jsou uvedeny jednotlivá pracoviště. Jsou zde uvedeny názvy, které se používají ve výrobě. Vzhledem k příslušnosti podniku k zahraniční společnosti se využívá anglických termínů.

13.2 Montážní linka a její konfigurace

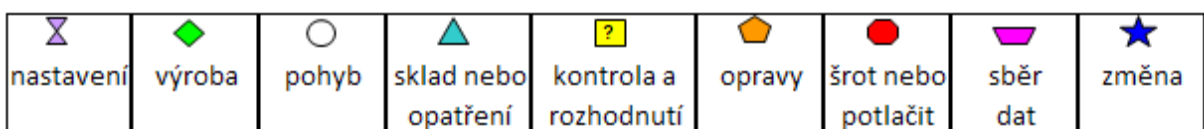
Montáž součástek na příslušné DPS probíhá v technologickém sledu výrobní linky. Zařízení jsou uspořádány logicky dle technologického toku, který vyžaduje odpovídající charakter výroby a typ montáže. Cílem je především minimalizace výrobních nákladů, maximální kvalita produkce i maximální efektivita procesu. Mezi faktory, které se podílí na dosažení těchto cílů jsou:

- materiálové vstupy
- úroveň technologického zařízení
- technologický proces
- organizační schopnosti lidí

Provázanost těchto faktorů ve výrobním procesu je nezbytná a je označována jako technologická integrace. Dalším cílem je uspořádání výrobní linky tak, abychom optimalizovaly výrobní toky (LEAN) a navrhly vhodnou metodu zásobování linky materiálem (KANBAN), eliminovaly tedy plýtvání materiálem. Jde nám tedy především o optimalizaci výrobního procesu a zajišťování (zvyšování) kvality ve výrobě. Uspořádání automatizované technologické linky na povrchovou montáž používanou na výrobu naší DPS je následující, viz. blokové schéma technologických operací na *obr.16*. Po každém technologicky důležitém kroku provádí operátoři vizuální inspekci. Tím se vyloučí postup defektních výrobků na další pracoviště a zamezí se tím i možným ztrátám.



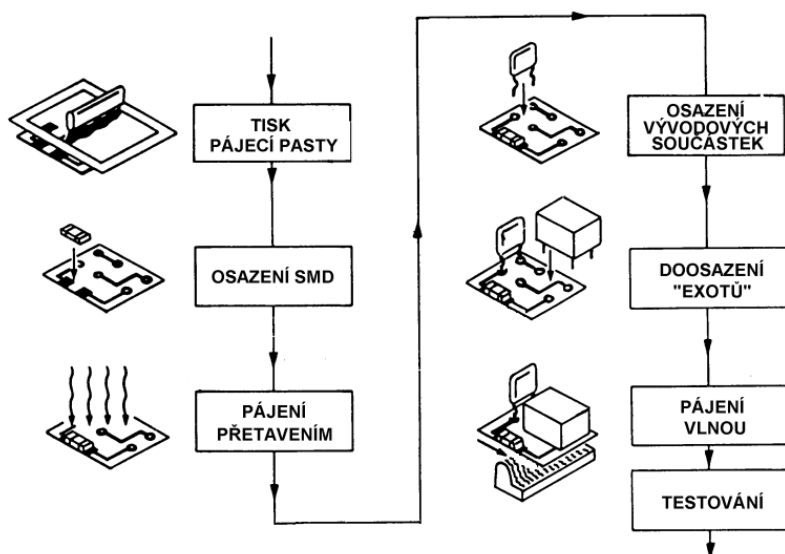
Obr.16 Blokové schéma technologických operací



Obr.17 Legenda

14 Montážní a propojovací sestava

Pro výrobu naší DPS se používá technologie kombinované vývodové a povrchové montáže z jedné strany. Montážní a propojovací sestava je osazena součástkami z jedné strany desky. Montují se součástky určené pro zástrčnou technologii i povrchovou montáž s různou konstrukcí vývodů, způsobů pouzdrění i mechanických prvků. Povrchová montáž s sebou přináší množství výhod, ale i náročnější technologii a složitější technologické postupy. Mezi výhody patří zejména – miniaturizace, vyšší spolehlivost, automatizace výrobního procesu a nižší cena. K nevýhodám patří - větší nároky na návrh DPS, náročnější čištění, náročnější testování. Schéma výrobního procesu povrchové montáže je uvedeno na **obr.18**. [11]



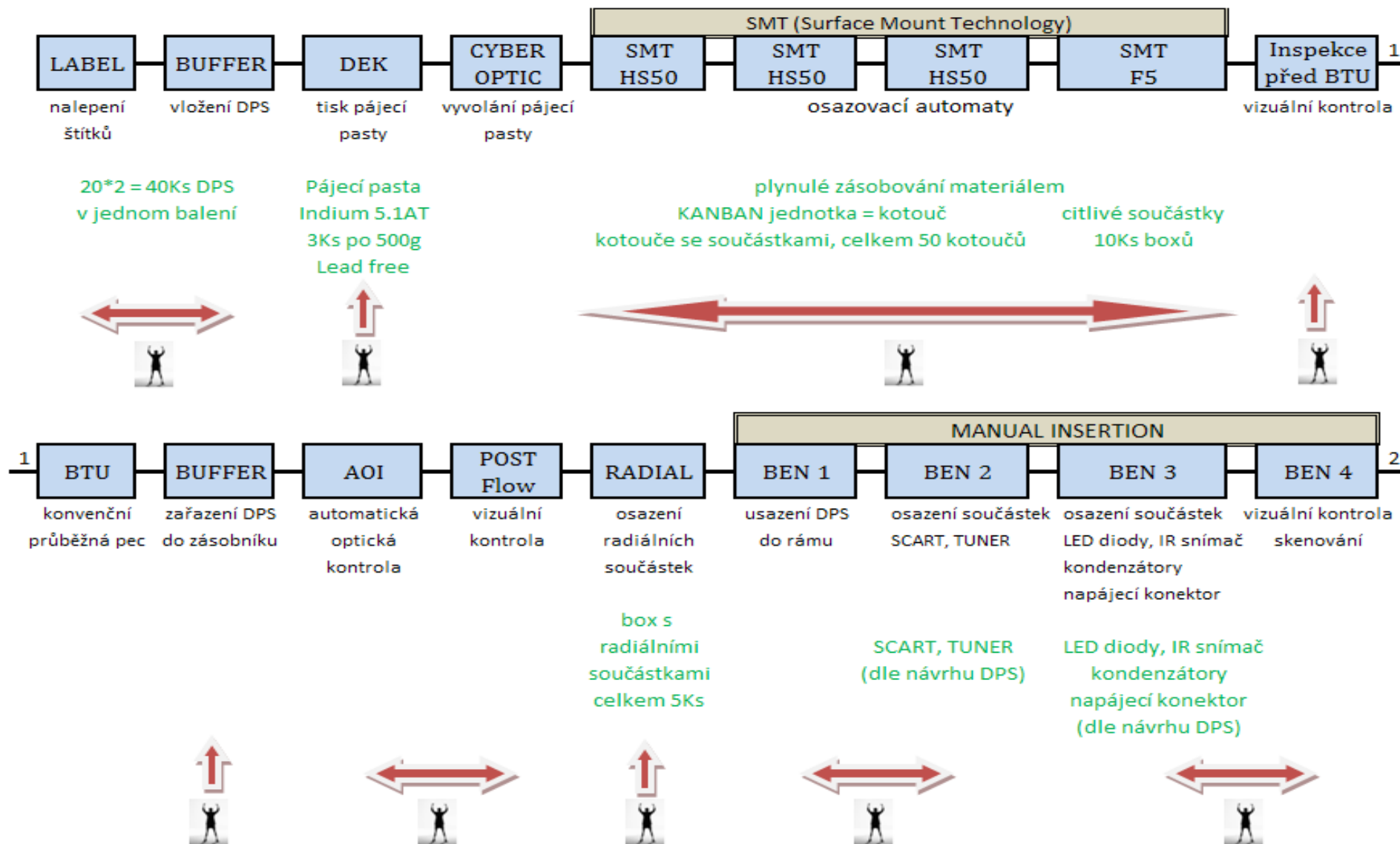
Obr.18 Povrchová montáž

15 Výrobní proces

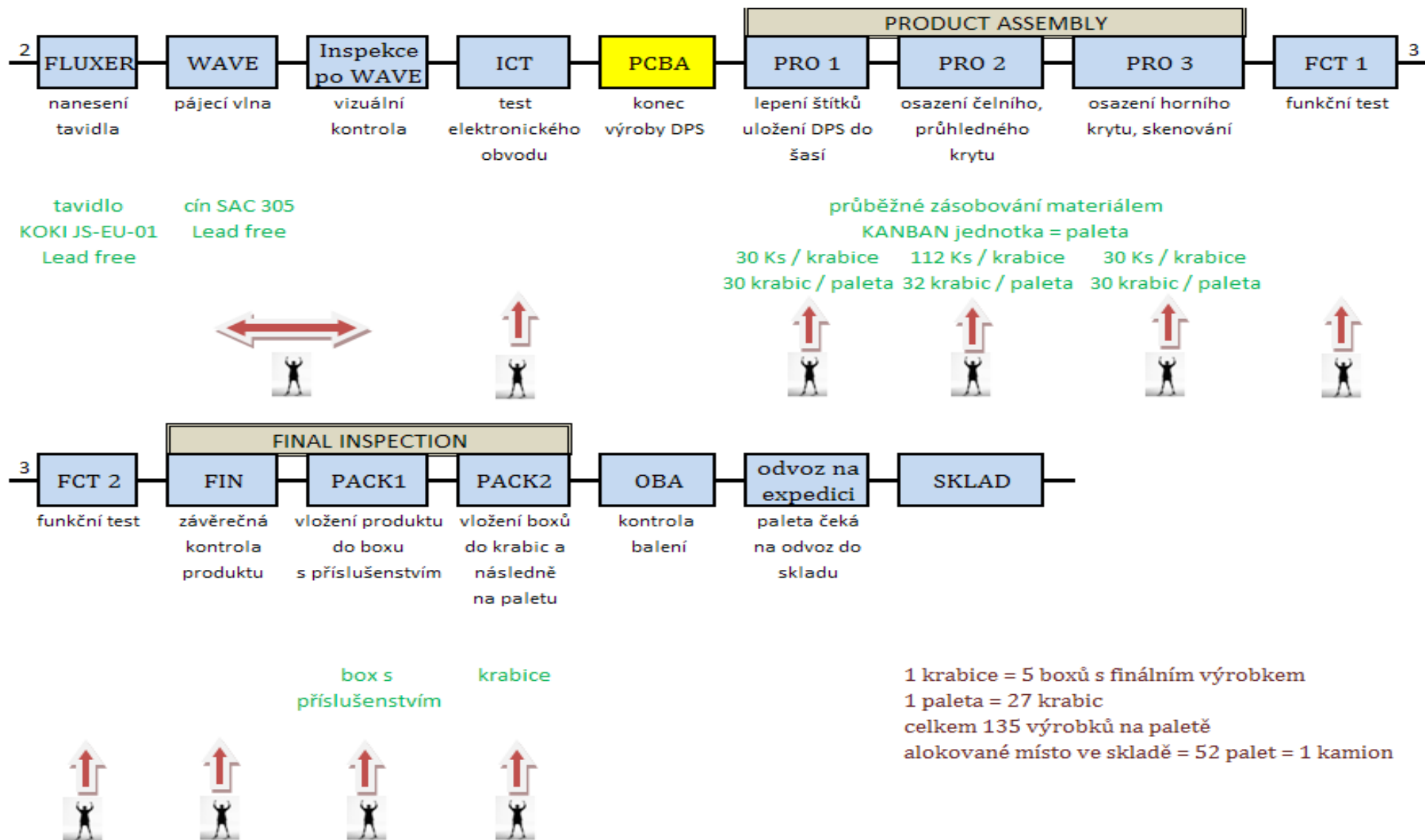
Na **obr.19** vidíme schéma grafického zpracování výrobního procesu na výrobní lince. Toto schéma je zpracováno ve třech vrstvách, kdy první vrstva tvoří technologickou část (bloky), druhou vrstvou je materiálový tok (oblast zásobování materiálem) označeno zeleným písmem a třetí vrstvu tvoří organizační uspořádání (řízení pracovníků na výrobní lince), zobrazený panáčkem a oblastí jeho působení.

V tabulce **tab.5** vidíme přehlednější zpracování výrobního procesu, kde jsou jednotlivé bloky (pracoviště) blíže popsány a jsou zde uvedeny časy na jednu operaci u jednotlivých bloků.

Celkový počet operátorů na výrobní lince je 19. Operátoři mají definovány přesné pracovní instrukce v rámci technologického pracoviště, viz kapitola 18.4 SW. K dalším osobám, kteří se starají o chod výrobní linky a jsou přímou podporou operátorů jsou mistr linky, plnič, procesní technik, test inženýr, kvality technik a kvality inženýr. Neuvažují lidi z expedice, fakturantky, technicko-hospodářské pracovníky, apod.



Obr.19 Schéma výrobního procesu



Obr.19 Schéma výrobního procesu

| Pracoviště | Proces | Materiál | Čas na operaci | Počet operátorů |
|---|--|--|----------------|-----------------|
| Labeling (LAB) | nalepení štítků na vstupní materiál (DPS) | počet DPS v balení 20*2 = 40 DPS, kontrolní štítky | 20s | 1 |
| Buffer (B) | zařazení označených DPS do zásobníku | | 25s | |
| Solder Print (DEK) | tisk pájecí pasty | pájecí pasta INDIUM 5.1AT 500g v tubě, v zásobě po 3 Ks | 20s | 1 |
| Cyber Optic (CYB) | vyvolání pájecí pasty | | 50s | |
| Siplace (SMT1,SMT2,SMT3) | osazovací automaty HS50, 3 za sebou | kotouče se součástkami, celkový počet 50 Ks kotoučů | 45s | 1 |
| Siplace (SMT) | osazovací automat F5, osazení citlivých součástek (IO obvodů, BGA, P/N součástkami) | box či proložka s citlivými součástkami, celkový počet 10Ks boxů | | |
| Inspekce (před BTU) | vizuální inspekce, kontrola osazení součástek, polarita kondenzátorů | | 30s | 1 |
| Reflow (BTU) | konvekční průběžná pec | | 40s | |
| Buffer (B) | zařazení DPS do zásobníku | | 25s | 1 |
| Automatic Optic Inspection (AOI) | Agilent SJ50, strojová automatická optická kontrola, kontrola polohy součástek, jejich přítomnosti | | 55s | 1 |
| Post Flow (PFL) | kontrola po AOI prováděná operátory, potvrzení chyb, drobné opravy | | | |
| Radial (RADIAL) | osazení radiálních součástek | box, krabička s radiálními součástkami, celkem 5 Ks boxů | 20s | 1 |

Tab.5 Výrobní proces

| Pracoviště | Proces | Materiál | Čas na operaci | Pozice operátorů |
|--------------------------------|---|--|----------------|------------------|
| Bench Assembly (BEN1) | usazení DPS do rámu | rámy | 40s | 1 |
| Bench Assembly (BEN2) | ruční osazení součástek (SCART, TUNER) | potřebný počet SCART konektorů, TUNERů | | |
| Bench Assembly (BEN3) | ruční osazení součástek (LED diody, napájecí konektor, elektrolytické kondenzátory, IR snímač) | potřebný počet LED diod, napájecích konektorů, elektrolytických kondenzátorů, IR snímačů | | |
| Bench Inspection (BEN4) | vizuální kontrola, skenování | | | |
| Fluxer (FLUX) | nanesení tavidla | tavidlo KOKI JS-EU-01 | 30s | |
| Solder Wave (S/W) | pájecí vlna, ta pomocí speciálních přípravků zapájí jen vývody ručně osazených komponentů | cín SAC305 | 40s | 1 |
| Inspekce (po S/W) | inspekce po vlně, vizuální kontrola, kontrola pájecích bodů, konektorů (SCART), délek noh vývodových součástek, přítomnosti a správnosti osazení diod | | 30s | |
| *Repair (REPAIR) | rozsáhlejší opravy prováděné na externím pracovišti | | 50s | |
| In Circuit Test (ICT) | test elektronického obvodu, test zapojení desky, proměření vodivých cest, spuštění nahraného SOFTWARE | | 35s | 1 |
| Product Assembly (PRO1) | lepení štítků, uložení DPS do šasí (spodní kryt), kontrola zda dobře sedí SCART, koaxiální konektory v šasí | 30Ks spodních krytů = 1 krabice, 30Ks krabic = 1 paleta | 30s | 1 |
| Product Assembly (PRO2) | osazení čelního krytu (FRONT) a průhledného krytu (plastu), přišroubování DPS čtyřmi šrouby | 112 Ks krytů = 1 krabice, 32 krabic = 1 paleta | 40s | 1 |

Tab.5 Výrobní proces

| Pracoviště | Proces | Materiál | Čas na operaci | Pozice operátorů |
|---|---|--|----------------|------------------|
| Product Assembly (PRO3) | osazení horní krytu, skenování | 30Ks horních krytů = 1 krabice, 30Ks krabic = 1 paleta | 50s | 1 |
| Function Circuit Test (FCT1, FCT2) | kompletní test funkce výrobku po připojení konektory k testovacímu zařízení | | 35s | 2 |
| Final Inspection (FIM) | závěrečná kontrola produktu, jeho kompletnosti, vizuální kontrola poškrábání, změny barvy, obalení DPS | | 55s | 1 |
| Packaging (Pack1) | vložení produktu do boxu, které již obsahuje příslušenství (bylo nachystáno na externím pracovišti), kontrola převážením, nalepení štítku | box s příslušenstvím | 50s | 1 |
| Packaging (Pack2) | vložení boxů do krabice, umístění krabic na paletu, tisk dokumentu a přiložení na kompletní paletu | krabice | 50s | 1 |
| Out of Box Audit (OBA) | vizuální kontrola, kontrola kompletnosti balení, štítků, provedení FCT, označení zkontrolování | | 300s | |
| Odvoz expedici na | kompletní paleta čeká na odvoz na sklad | alokované místo na skladě 52 palet = 1 kamion | 240s | |

Tab.5 Výrobní proces

16 Testování a kontrola kvality

Kontrola kvality a testování je nedílnou součástí výrobního procesu. Cílem kontroly a testování je zajistit, aby DPS byly správně osazeny a kvalitně zapájeny a aby byly vytvořeny předpoklady ke spolehlivé funkci DPS. Provádí se především vstupní, mezioperační a výstupní kontrola. Kontrolu je tedy potřeba provádět ve všech fázích výrobního cyklu.

16.1 Kontrola kvality

16.1.1 Vstupní kontrola

Vstupní kontrola především ověřuje, že dodaný materiál (montážní a propojovací struktury, součástky, pájecí pasta, lepidlo, tavidlo aj.) není v rozporu s technologickým předpisem výroby a že dodaný materiál vyhovuje příslušným normám. Provádí se odpovídající zkoušky dle norem. Ke vstupním kontrolám patří - vizuální, rozměrové, chemické, tepelné, mechanické a elektrické kontroly.

16.1.2 Mezioperační kontrola

Mezioperační kontroly jsou nezbytné pro spolehlivý výrobní proces. Jakákoliv technologická nekázeň se projevuje ve zhoršené kvalitě a tím i snížené spolehlivosti konečného výrobku. Zavádí se tedy do technologického procesu stanoviště, kde se provádí mezioperační kontroly, aby se předcházelo možným výskytům vad při výrobě.

16.1.3 Výstupní kontrola

Výstupní kontrola závisí především na požadavcích výrobní dokumentace a na požadavcích odběratele. Odběratel často požaduje, aby osazené DPS vyhovovaly přijímacím zkouškám montážních celků dle určité normy. Tyto normy se zabývají antistatickou prevencí, mechanickou montáží, montáží elektronických součástek, pájením, čistotě a značením.

Často je potřeba provádět zkoušky za provozních podmínek, posouzení DPS s ohledem na použitelnost v mezních okolních podmínkách a s ohledem na elektrické vlastnosti před působením klimatických a mechanických vlivů.

16.1.4 Pravidlo

Zásadou pro kontrolu a testování je především v předcházení závad před započítím výroby. Je nutné pamatovat na způsob testování již při samotném návrhu DPS. Tedy čím dříve se závada odhalí, tím jsou menší náklady na opravu. Platí tzv. faktor 10, tj. 10-ti násobný nárůst nákladů oproti předcházející úrovni zjištění závady.

- odhalení chyby na vstupu do výrobního cyklu: náklady 1
- odhalení chyby během výroby: náklady 10
- odhalení chyby ve finálním výrobku: náklady 100
- odhalení chyby v provozu u zákazníka: náklady 1000

Z toho tedy plyne, proč se provádí metoda FMEA. Jak plyne s kapitoly 11, tak se snažíme především o snížení pravděpodobnosti vzniku závady a tedy o předcházení vynaložením nákladů, které by vznikly, kdybychom odhalili chyby až při započetí výroby nebo až v provozu u zákazníka. Zde by už byly nemalé náklady na opravu nehledě nato, že můžeme ztratit dobré jméno firmy a samotného zákazníka. Dále při testování bereme ohledem na ekonomii provozu a rychlost procesu. [11]

16.2 Testovací zařízení

16.2.1 AOI (Automatic Optic Inspection) - automatická optická kontrola

Hodnocený obraz (fotky DPS pomocí CCD snímače) je srovnáván s obrazem uloženým v paměti, metodou 2D eventuelně 3D kontroly. Vyskytují se zde však reálné chyby, které se snažíme omezit (nelze zajistit stejné osvětlení DPS). Člověk rozhoduje o tom, zda se jedná o reálnou chybu či nikoliv, popř. ihned chybu opraví a pošle DPS na další technologické stanoviště. Tato metoda je tedy ovlivněna lidským faktorem. Metoda se používá na elektronické hodnocení přesnosti osazení a zapájení součástek, polohy součástek, tolerance součástek, přítomnosti součástek, kvality nanesení pájecí pasty, kvality zapájených spojů. Do výrobní linky se snadno zintegruje, je však obtížná její kalibrovatelnost.

16.2.2 ICT (In Circuit Test) – test elektronického obvodu

Testování elektronického obvodu je zahrnuto po operaci pájení vlnou a po optické kontrole. Jedná se o test, zda součástky na DPS jsou přítomny a zda jsou ve správných hodnotách a tolerančních mezích, zda na DPS nejsou zkraty či přerušení. Testují se jak aktivní, analogové i číslicové IO, tak i pasivní součástky. Každá součástka je testována samostatně testovacím signálem pomocí testovacích jehel. Proměření DPS se tedy uskutečňuje pomocí „jehliček“, kdy se zjišťuje příslušná hodnota (proměří se vstupní napětí a napětí na součástce) a určí se její správnost. Dále se DPS testuje pomocí nahraného softwaru. Jedná se o velice rychlý proces. Jelikož se jedná o velice drahé zařízení (řádově 300.000 USD), tak si jej nemůže dovolit malá firma.

16.2.3 FCT (Function Circuit Test) – funkční test

Jedná se o test funkčnosti celé DPS a jejich parametrů, konektorem se připojí testovaná DPS k testeru a spustí se samotný proces. Dle výsledku testu pošle operátor DPS dále na další pracoviště nebo na pracoviště k opravě. Funkční test se provádí na konci technologické linky, kdy je již minimalizován počet možných závad. Často je před funkčním testerem test ICT. Mezi výhody patří jednoduché připojení desky a prověření dynamických parametrů DPS. K nevýhodám patří obtížné a časově náročné určení závady.

16.2.4 OBA (Out of Box Audit) – kontrola balení

Jedná se o test, který provádí technik kvality. Technik provede vzorkovou kontrolu výrobku z palety. Vybere si nahodile z palety kartonů, jeden karton, ten otevře a vybere 3 krabice hotových výrobků. Technik provede vizuální kontrolu výrobku (poškrábání, změna barvy), kompletní otestování jejich funkčnosti, kompletnosti balení a ověří zda souhlasí všechny štítky. Po této kontrole proběhne označení palety, že prošla procedurou OBA a je tedy připravena na odvoz do skladu.

16.2.5 Další testování

K dalším kontrolám kvality výrobků, které výrobek podstupuje než je předán na expedici patří:

➤ **Presicion test** – test vlastností

Jedná se o test vlastností výrobku, měří se především útlum a citlivost. Tento test se provádí jeden krát týdně.

➤ **Drop test** – test odolnosti

Jedná se o test odolnosti výrobku. Kdy, kvality inženýr provede otestování nahodile vybraných 3 výrobků. Tyto výrobky spustí z výšky (1m) a nechá je dopadnout na zem. Poté provede otestování výrobku pomocí funkčního testu a provede vizuální kontrolu. Jestliže kontrola proběhne v pořádku, zařadí se výrobek zpět. Tento test se provádí jeden krát týdně.

➤ **Aging test** – test stárnutí

Jedná se o test stárnutí, kdy se vyrobená PCBA vloží do konvenční pece a nechá se zahřát na teplotu (kolem 100°C). Po vyjmutí PCBA se provedou nezbytné testy desky a provede se vyhodnocení. Tento test se provádí obvykle dvakrát do měsíce nebo dle požadavků zákazníka.

Tyto testy se provádí obvykle jedenkrát týdně, záleží však na požadavcích zákazníka.

17 Zásobování výrobní linky materiálem

Požadavek na výrobní linku od zákazníka: výroba 10.000 Ks / 1 měsíc

Navržené řešení:

Předpoklad: 12h směna (ráno, noc), počet pracovních dnů - 5 dní v týdnu

TAKT LINKY 1 KS / MIN – navrženo dle požadavků zákazníka

Výpočet

$$\text{počet Ks za měsíc} = T \times 60 \times s \times d \times t \times k_p$$

$$\text{počet Ks za měsíc} = 1 \times 60 \times 11 \times 5 \times 4 \times 0,75 = \mathbf{10.032 Ks}$$

T...takt linky 1 Ks za minutu

60...počet Ks za hodinu

s.....směnnost (12h – 1h přestávka= 11h)

d....počet dní v týdnu

t.....počet týdnů za měsíc

kp...efektivita koeficient procesu (0,75)

Tedy:

Počet vyrobených kusů za hodinu vynásobíme směnností a výsledkem je počet kusů vyrobených za jednu směnu.

$$\text{počet kusů vyrobených za směnu} = \text{počet Ks za hodinu} \times \text{směnnost}$$

$$\text{počet kusů vyrobených za směnu} = 60 \times 11 = \mathbf{660 Ks}$$

Požadavek zákazníka je výroba 10.000 kusů výrobků za měsíc. Tedy výroba vychází na 660 kusů výrobků za jednu směnu. Dle výpočtu vyplývá, že budeme vyrábět 10.032 kusů. Tvoříme si tak malou rezervu, jelikož počítáme např. s problémy při dodávce materiálu nebo s nepřilíživě zaškoleným operátorem, kde se můžou vyskytnout ztrátové časy.

17.1 Pracovní stanice

V následujícím sledu pracovních stanic popíšeme průběh zásobování materiálem na jednotlivých lokacích, kde se doplňuje materiál.

1) LABELING

Na pracovišti LABELING dochází k nalepení štítků na holé DPS. Po nalepení štítku se vkládají tyto DPS do zásobníku (BUFFERU) a poté putují dále výrobními stanicemi až k finálnímu zabalení. Počet DPS v jednom balení je 40 kusů. Jestliže víme, že za směnu se vyrobí 660 kusů, je tedy potřeba **16,5** balících úkonů za jednu směnu.

2) DEK

Na pracovišti DEK (tisk pájecí pasty) je potřebným materiálem pájecí pasta. Pájecí pasta INDIUM 5.1AT je v tubové formě o hmotnosti 500g. V zásobě jsou vždy 3 kusy těchto tub na směnu. Počet balení je přizpůsoben potřebě na jednu směnu. Na další směnu je již doplněn. Zásobování tohoto materiálu je **plynulé, vždy na jednu směnu.**

3) FLUXER

Na stanici FLUXER dochází k nanesení tavidla KOKI JS-EU-01 na příslušné DPS. Tavidlo KOKI JS-EU-01 **doplňováno dle potřeby.**

4) SOLDER WAVE

Na stanici SOLDER WAVE dochází k zapájení vývodů. Jedná se o pájecí vlnu, která pomocí speciálních přípravků zapájí jen vývody ručně osazených komponent. Spotřebním materiálem je cín SAC305. Cín SAC305 je **doplňován dle potřeby.**

5) MANUAL INSERTION

Na tomto pracovišti dochází k ručnímu osazování vývodových součástek. Osazují se konektory SCART, TUNER, LED diody, napájecí konektor, elektrolytické kondenzátory a IR snímač. Počet těchto součástek na DPS je dle konstrukčního návrhu. Operátoři mají k dispozici krabičky se součástkami a osazují příslušnou desku. Doplnění součástek probíhá průběžně dle potřeby. O zásobování se stará plnič, který má na starosti včasné doplňování součástek. Čerpání zásoby jednotlivých součástek je různé a přesné vyčíslení složité, proto uvádím, že se jedná o **průběžné zásobování.**

6) SMT (Surface Mount Technology)

Ve třech osazovacích automatech HS50 je celkem 50 různých typů kotoučů se součástkami SMD. Počet součástek v kotoučích je různý (v rozmezí od 1000 po 10.000 kusů) a každý z nich vydrží po určitý čas, než dojde k jeho výměně. O zásobování materiálu se stará osoba, tzv. plnič, který má na starosti plynulé zásobování výrobní linky materiálem. V zásobníku má vždy rezervu 2 kotoučů, aby stihl včas vyměnit chybějící kotouč a stačil zásobit danou pozici materiálem ze skladu.

Bylo by složité vyčíslit, na jak dlouho vydrží zásoba jednotlivého kotouče se součástkami. Proto uvádím, že osazovací linky jsou doplňovány materiálem dle potřeby. Jedná se o **plynulé zásobování materiálu**, kotoučů s SMD součástkami.

7) Další osazovací stanice

U osazovacího stroje F5 a u pracovní stanice RADIAL je situace obdobná jako u HS50. Na osazovacím automatu F5 se používají citlivé součástky (IO), ty jsou umístěny ve speciálních boxech v celkovém počtu 10 kusů. Na pracovní stanici RADIAL se používají boxy na umístění radiálních součástek o celkovém počtu 5 kusů. Tyto dvě stanice jsou také **plynule doplňovány** dle aktuální potřeby.

8) PRODUCT ASSEMBLY

Z množství (počtu kusů krytů v krabicích) vypočítám, jak dlouho (kolik směn) vydrží zásoba daného materiálu (krytů).

Počty kusů

| Materiál | Počet kusů v 1 krabici | Počet kusů krabic na 1 paletě | Celkový počet kusů krytů na 1 paletě |
|-------------------------------|------------------------|-------------------------------|--------------------------------------|
| <i>spodní kryt</i> | 30 | 30 | 900 |
| <i>čelní + průhledný kryt</i> | 112 | 32 | 3584 |
| <i>horní kryt</i> | 30 | 30 | 900 |

Tab.6 Počet kusů materiálu

Výpočet

Počet Ks krytů × počet Ks krabic na paletě : počtem Ks za směnu = výdrž zásoby

Spodní kryt

$$30 \times 30 = 900 : 660 = 1,36 \text{ směny}$$

Čelní a průhledný kryt

$$112 \times 32 = 3584 : 660 = 5,43 \text{ směny}$$

Horní kryt

$$30 \times 30 = 900 : 660 = 1,36 \text{ směny}$$

Počet krabic s kryty (30, 32, 30) je na paletě přibližně stejný. Vidíme, že množství krabic na paletě je vyrovnané (optimalizace). Zásoba materiálu na paletě pro horní a spodní kryt vydrží 1,36 směny (za tu dobu se spotřebuje). Kdežto zásoba čelních a průhledných krytů vydrží na paletě 5,43 směn (jelikož se do jedné krabice vejde 112 kusů krytů oproti 30 kusům). Po vyčerpání zásoby objedná mistr výrobní linky další paletu s materiálem. Jedná se tedy o **průběžné doplňování materiálem**.

Je pro nás lepší dovézt celou paletu ze skladu a dovézt ji přímo na pracoviště po vyčerpání zásoby (tedy po 1,36 a po 5,43 směny) než, fiktivní nevýhodný případ, kdybychom měli přesné množství materiálu vyskládaného v regálech pro jednu směnu, jelikož by někdo musel

rozdělat krabice a napočítat přesné množství, aby zásoba vydržela přesně jednu směnu. Snažíme se o co nejlepší využití pracovního času pracovníka a omezení zbytečného vynakládání práce na činnostech, které nepřidávají žádnou hodnotu ve výrobě. Velikost prostoru (meziskladu) na odložení palet je dostatečná, proto zde můžeme palety nějakou dobu (2 směny) ponechat a nemusíme je ihned vyměňovat za prázdné.

9) PACKAGING

Po závěrečné kontrole výrobku probíhá balení výrobku (digitálního přijímače). Tady dochází k vložení výrobku do boxu, který již obsahuje příslušenství (ovladač, baterie, návod k obsluze) a následně se těchto 5 boxů vkládá do krabice. Takto naplněná krabice se skládá na určenou paletu. Na paletu se celkem vejde 27 těchto krabic (celkem 135 digitálních přijímačů) a čeká se na OBA (kontrolu balení). Po kontrole tato paleta čeká na odvoz do skladu.

Materiálem, kterým je toto stanoviště zásobeno jsou boxy s příslušenstvím a krabice na finální zabalení. Boxy s příslušenstvím a krabice jsou nachystány na externím pracovišti ve skladě. Počet těchto materiálů je takový, aby zásobily **jednu směnu**. Na další směnu jsou již doplněny. Víme, že se vyrobí 660 kusů za směnu, tomu je přizpůsoben i počet těchto materiálů.

17.2 Výpočet potřebné plochy skladu pro umístění palet

Odvoz na expedici

1 krabice = 5 boxů s výrobkem (digitálním přijímačem)

1 paleta = 27 krabic (celkem tedy 135 digitálních přijímačů)

Alokované místo na skladě 52 palet = 1 kamion

Předpoklady:

Palety budou ve 2 vrstvách na sobě, koeficient využití plochy KVP = 0,9

Euro paleta: rozměry 1,2m x 1,0 m

Zabírají plochu: $S = a \times b = 1,2 \times 1,0 = 1,2m^2$

Skladovací plocha pro palety:

$$S_{skladovaci} = \frac{\text{počet palet} \times S}{\text{počet vrstev} \times KVP} = \frac{52 \times 1,2}{2 \times 0,9} = \frac{62,4}{1,8} = 34,67m^2$$

Alokované místo ve skladě je na 52 euro palet, ty jsou umístěny ve 2 vrstvách na sobě. Z výpočtu vyplývá, že celková potřebná skladovací plocha ve skladě je 34,67 čtverečních metrů. Potřebný prostor však může být ve skutečnosti ještě větší, za předpokladu uliček mezi paletami. Dále musíme uvažovat potřebné místo k manipulaci s paletami.

17.3 Identifikace úzkého místa ve výrobě

Cílem metody LEAN je vybudovat kvalitu výrobního procesu při zachování principu úspory nákladů pomocí eliminace ztrát a aktivit bez přidané hodnoty.

Jedna z metodik LEAN je metoda OPF (One Piece Flow), tedy tok jednoho kusu. Jedná se o způsob výroby, při kterém výrobek prochází jednotlivými operacemi procesu bez přerušování a čekání. V daný časový okamžik je vyráběn na příslušné operaci pouze jeden výrobek, který je bezprostředně předán na operaci následující. Výhodou je, že se nenahromadí žádný materiál (optimalizace), počká se a pracuje se dál na další operaci. Jediné úzké místo ve výrobním procesu je na **bloku AOI**.

Dalším předmětem neustálého zlepšování je standardizace práce, kdy operátoři mají definovány přesné pracovní instrukce v rámci technologického pracoviště.

18 FMEA protokol

Jelikož výrobní proces je rozsáhlý a tudíž i analýza FMEA je rozsáhlejšího charakteru, tak v této kapitole uvádím jen některé zlepšené procesy, které se podařilo zlepšit pomocí analýzy FMEA. Kompletní protokol FMEA je uveden v **příloze**.

18.1 Příklady provedených opatření FMEA

Příklad doporučených opatření ve výrobním procesu digitálního přijímače je uveden v **tab.7**. Jak vyplývá z kapitoly 11, tak jsou mezi sebou vynásobeny kritéria významu následků vady, pravděpodobnosti výskytu vady a pravděpodobnosti odhalení vady. Tyto kritéria jsou uvedeny v kapitole 11.7. Pronásobením jednotlivých ohodnocených kritérií je určeno rizikové číslo, které určuje stupeň naléhavosti problému. Prioritou číslo jedna se stává porucha, která má vysoké ohodnocení tohoto čísla (označena červeně) a věnujeme ji největší pozornost. Snažíme se pomocí provedených opatření v procesu snížit toto rizikové číslo stanovením doporučených opatření k odstranění nebo snížení rizika na minimum.

| Proces | Možná chyba | Možný důsledek | Příčina | Kontrola, preventivní opatření | V ý z n a m | v z n i k | o d h a l e n í | Možné riziko | Doporučená opatření | O d p o v ě d n o s t | T e r m í n | Provedená opatření | V ý z n a m | V z n i k | O d h a l e n í | Možné riziko |
|--------|-------------|----------------|---------|--------------------------------|-------------|-----------|-----------------|--------------|---------------------|-----------------------|-------------|--------------------|-------------|-----------|-----------------|--------------|
|--------|-------------|----------------|---------|--------------------------------|-------------|-----------|-----------------|--------------|---------------------|-----------------------|-------------|--------------------|-------------|-----------|-----------------|--------------|

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|--|---|-------------------|---|---|---|-----|-----------------------|--|--|--|---|---|---|-----|
| Montáž do boxu (kovových částí) montážní jednotka | ničení desky, komponent | funkční chyby | manipulace - načtení, nenačtení, vložení do nástroje (šasi) | postup + školení | 8 | 3 | 8 | 192 | FI (Final Inspection) | | | 1) kontrola masky (zakrytí) na FI / kritické komponenty 2) školení operátorů - pečlivá manipulace | 8 | 2 | 7 | 112 |
| | | | špatný nástroj - typ | NPI/FTO vybudovat | 8 | 3 | 8 | 192 | FI (Final Inspection) | | | úprava nástroje | 8 | 1 | 8 | 64 |
| | | | poničený nástroj | | 8 | 1 | 8 | 64 | FI (Final Inspection) | | | | | | | |
| | nekompletní kovodělná práce | nevhodnost / použití , vyloučeno u zákazníka | chyba operátora | postup + školení | 7 | 2 | 6 | 84 | FI (Final Inspection) | | | | | | | |
| Funkční test funkční testr | zničený konektor | funkční porucha / limity funkcí | chyba operátora | postup + školení | 8 | 2 | 5 | 80 | | | | | | | | |
| | | | zničená protějšší součástka | PM kontrola | 8 | 2 | 5 | 80 | | | | | | | | |
| | poničená deska, udeření mimo komponenty | funkční porucha / limity funkcí | manipulace - vložení do testru | postup + školení | 8 | 3 | 8 | 192 | | | | školení operátorů - pečlivá manipulace | 8 | 2 | 7 | 112 |
| | špatný firmware | funkční porucha | TT chyba - špatné nastavení programu | postup + školení | 8 | 2 | 3 | 48 | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------|---------------------------------------|--|------------|---|---|----|------------|--------------------------------|--|--|--------------------------------------|---|---|---|------------|--|
| | | | špatný software / revize na testu | ECO postup | 8 | 1 | 10 | 80 | | | | | | | | | |
| | chybný výstup | funkční porucha / limity funkcí | nesjsou všechny přístupné aktualizace testovacího programu z Anglie | ECO postup | 8 | 1 | 10 | 80 | | | | | | | | | |
| Finální inspekce vizuální kontrola | vývod neleží v prostoru | zákazník nepozná specifika | špatné uveřejnění procesu | | 6 | 7 | 6 | 252 | desky nejsou ve shodě s IPC | | | vizuální inspekce, montáž do boxu | 6 | 6 | 5 | 180 | |
| | zaměněná komponenta | funkční chyba | chyba operátora (manuální vlození) | | 8 | 4 | 6 | 192 | kontrola dokumentace | | | vizuální kontrola | 8 | 3 | 5 | 120 | |
| | zvednutá komponenta | vizuální porucha | chyba operátora (manuální vlození) | | 5 | 7 | 5 | 175 | kontrola rozsahu (míry) | | | vizuální kontrola, cejchování | 5 | 4 | 4 | 80 | |
| | záměna orientace | funkční chyba | operátorova chyba | | 8 | 4 | 5 | 160 | kontrola dokumentace | | | vizuální kontrola | 8 | 3 | 3 | 72 | |
| | | funkční chyba | základní chyba | | 8 | 2 | 5 | 80 | kontrola dokumentace | | | vizuální kontrola | | | | | |
| | zničená komponenta | funkční chyba | špatná obsluha | | 8 | 3 | 3 | 72 | | | | vizuální kontrola | | | | | |
| | | vizuální porucha | špatná obsluha | | 6 | 3 | 3 | 54 | | | | vizuální kontrola | | | | | |

Tab.7 FMEA protokol

19 Další důležité otázky, které musí být řešeny

19.1 Lead free

Termín lead-free označuje cínový spoj bez obsahu olova. Tyto spoje jsou nyní používány všemi výrobci elektroniky (jejich produkty se označují nápisem "lead free" nebo přeškrtnutou značkou "Pb" v kruhu) ve snaze snížit světovou spotřebu olova (z důvodu toxicity). Tento případ je i při výrobě naší DPS, kde se používá bezolovnatého pájení. Při výrobě DPS se používá cín SAC305. Nesmíme zapomenout, že se před pájecí vlnou nanáší tavidlo KOKI JS-EU-01 na DPS, které má vlastnosti pro lead-free technologii. Bezolovnaté pájky mají větší podíl cínu ve slitině a potřebují vyšší teplotu pájení, mají však větší tendenci k oxidaci. Výhodou je pevnost pájeného spoje, ale i lepší smáčecí charakteristiky, které se však uplatní pouze v dusíkové atmosféře. [26]

19.2 Ochrana elektrostaticky citlivých součástek

Jelikož se používá při výrobě elektrostaticky citlivých součástek (ESDS), je zapotřebí myslet na ochranu těchto součástek a zařízení. Nepříznivý účinek statické elektřiny na elektronická zařízení je všeobecně známý. Napětí, které lze považovat u součástek jako nepřijatelné, je stejnosměrné překračující 50V, střídavé překračující vrcholovou hodnotu 50V nebo efektivní hodnotu 35V.

Vliv elektrostatické elektřiny, může způsobit destrukci tenkých vrstev v součástkách. Nepříjemnou skutečností je možnost jen částečného zničení a to, že porucha se projeví až během funkce finálního zařízení. Diagnostika poruchy a její odstranění je ekonomicky nákladné (reklamační řízení, ztráta zákazníka). Ve výrobě se snažíme zabránit vzniku elektrostatického výboje (ESD). Základem je antistatické vybavení pracoviště. Používání oděvů (plášť, obuv, rukavice) z elektrostaticky vodivého materiálu. Používání uzemňovacích svorek pro připojení kabelu náramku na zápěstí operátora. V maximální míře používání speciálních obalů a krabic na součástky a opatrná manipulace s nimi. Nesmíme také zapomenout na označování balení elektronických sestav a vyhrazeného prostoru. [11]

19.3 RoHS

RoHS (Restriction of the use of Hazardous Substances) je direktiva zakazující použití nebezpečných látek v elektrických a elektronických výrobcích vydanou Evropskou komisí 27. ledna 2003. Tato direktiva vstoupila v platnost 1.července 2006. Při výrobě se tedy dbá na dodržování této direktivy.

Direktiva RoHS zakazuje použití těchto látek:

- Kadmium (Cd)
- Rtuť (Hg)
- Olovo (Pb)

- Šestimocný chróm (Cr+6)
- Polybromované bifenyly (PBB)
- Polybromované difenylethery (PBDE)

Používání zařízení obsahující uvedené těžké kovy a retardanty hoření (PBB, PBDE) nad určený limit je direktivou zakázáno. Cílem je omezit používání šesti ve směrnici označených látek při výrobě elektrického a elektronického zařízení, které se ve velkých množstvích dostává na skládky, a tím přispět k ochraně lidského zdraví a životního prostředí. [27]

19.4 SW (Standard Work)

Standard Work (standardizovaná práce) je přesná procedura práce pro každého operátora ve výrobním procesu. Zakládá se na třech základech: taktovací čas, přesná sekvence výrobních operací, standardní rozpracovaná výroba.

Standardizovaná práce je předmětem neustálého zlepšování. Poskytuje dokumentaci procesu pro každou směnu, snižuje nežádoucí kolísavost výkonu, usnadňuje zaškolení nových operátorů, snižuje nehody a stres a je výchozím bodem pro zlepšování. Používá standardní formuláře Process Capacity Sheet (na spočítání kapacity jednotlivých strojů v jedné výrobní jednotce), Standard Work Combination Table (ukazuje kombinaci manuálního pracovního času, pohybu a strojového času ve výrobní sekvenci), Standard Work Chart (uvádí pohyb operátorů a místo materiálu vzhledem ke strojům a v rámci procesního rozvržení), Work Standards Sheet (soubor technických dokumentů popisujících výrobní operace) a Job Instruction Sheet (detailní popis pracovních operací pro operátory - pro zaškolení). [23]

20 Závěr

Diplomová práce měla za úkol zmapovat poměrně složitou situaci ve výrobní sféře elektrotechnického průmyslu. Měl jsem možnost seznámit se s chodem výroby v podmínkách nadnárodní společnosti. Společnost Celestica se snaží o optimalizaci výrobních i nevýrobních procesů s cílem zvýšit svoji ekonomickou bilanci a konkurenceschopnost na trhu. Výrobní linky ve společnosti Celestica jsou optimalizované metodikami Six Sigma, Lean a One Piece Flow. Prostor pro optimalizaci výrobních toků se však hledá obtížněji, jelikož je produkce na výrobních linkách odladěná na maximum.

Seznámil jsem se s metodami optimalizace a zvyšováním kvality výroby. Vytvořil jsem analýzu výrobního procesu výroby digitálního přijímače, zpracoval jsem schéma výrobního procesu, kde jsem přehledně uvedl technologickou část výroby, oblast zásobování materiálem a část organizačního uspořádání pracovníků na výrobní lince. Dále jsem uvedl popis výrobní linky a jednotlivých pracovišť. Uvědomil jsem si, že velkou roli v plynulé a efektivní výrobě hraje hlavně lidský faktor s nutností neustálého doškolování pracovníků. Na výrobních linkách funguje metodika zásobování materiálu Kanban, které se věnuje speciálně vycvičený pracovník.

Hlavní částí mé práce, kterou jsem se zabýval, bylo vypracování FMEA procesu výroby digitálního přijímače. Ten je pro firmu důležitý, aby dokázala účinně a efektivně předcházet vzniku možných vad a dokázala předcházet zbytečným ztrátám ve výrobě. Díky této metodě a zavedením vhodných opatření lze předejít nežádoucím vlivům poruch a snížit jejich možné rizika. U některých procesů ve výrobě se podařilo navrhnout opatření ke snížení možného rizika vady (viz příloha).

Další důležitou fází v procesu bylo vyhotovení kontrolního plánu (viz. příloha). Kontrolní plán představuje souhrnný písemný popis všech opatření zabezpečujících kvalitu. Všechna kontrolní opatření jsou uvedena v analýze FMEA a jsou zahrnuta v kontrolním plánu. Kontrolní plán trvale odráží aktuální výrobní proces a musí být příslušným způsobem v případě změn výrobku a procesů aktualizován.

Vytvoření FMEA protokolu a kontrolního plánu výroby obnáší pro firmu nemalé navýšení investic. Jestliže, však přinesou zkvalitnění výrobního procesu či výrobku, které se odrazí u vnímání zákazníka, tak jsou pro firmu k nezaplacení.

21 Seznam použitých zdrojů

- [1] PAZDERA, V. *Výrobní plánování - MRP*. Semestrální projekt do předmětu PEV. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2003.
- [2] PAZDERA, V. *Snížení nákladů při výrobě osazených desek plošných spojů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2005.
- [3] PAZDERA, V. *Six Sigma*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2006.
- [4] JUROVÁ, M.: *Řízení výroby*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2001.
- [5] HARRY, M.J.; SCHROEDER, P.: *Six Sigma: The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing The World's Top Corporations*, Currency, 2000.
- [6] Webová prezentace společnosti Celestica. Dostupné z WWW:
<http://www.celestica.com/index.asp>
- [7] JIRÁNEK, L.: *Analýza zabezpečení kvality výrobního procesu metodou FMEA a QAM*, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2007
- [8] MACH, P.: *Komplexní řízení jakosti* [cit. 2009-10-04]. Dostupné z WWW:
<http://martin.feld.cvut.cz~machvyuka13KRJPrednasky.pdf>
- [9] KIEKERT, *Směrnice kvality pro dodavatele* [cit. 2009-24-04]. Dostupné z WWW:
http://partner.kiekert.defileadminKiekertdateienDokunfreiQR01_ALLG_CZ.pdf
- [10] POLSTEROVÁ, H.: *Spolehlivost v elektrotechnice*. Brno, VUT, 2003.
- [11] STARÝ, J.: *Montážní a propojovací technologie*. Brno, VUT, 2005.
- [12] ŠPINKA, J.: *Technologické projektování a logistika*. Brno, VUT, 2001.
- [13] PAVLÍK, O.: *Analýza pracovního prostředí ve firmě XY*, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2008
- [14] *SIX SIGMA*, [cit. 2009-18-04]. Dostupné z WWW:
www.bestpractices.cz/praktiky/six_sigma/six_sigma_teor_uprav.doc
- [15] P.S. Pande, R.P. Neuman, R.R. Cavanagh: *Zavádíme metodu SIX SIGMA aneb jakým způsobem dosahují renomované světové společnosti špičkové výkonnosti*, TwinsCom, s.r.o. Brno, 2002, ISBN 80-238-9289-4
- [16] ŠKOLARŤ, P.: *Mapování toku hodnot* [cit. 2009-16-03]. Dostupné z WWW:
<http://www.web.fame.utb.cz/en/docs/Skolar.pdf>

- [17] DUGGAN, K.J.: *Creating mixed model value streams: practical lean techniques for building to demand*. Productivity Press. New York, 2002.
- [18] WOMACK, P.J.; JONES, T.D.: *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. Simon & Schuster. 1st edition. 1996.
- [19] KANBAN.: [cit. 2009-18-04]. Dostupné z WWW: <http://www.dynamicfuture.cz/kanban/>
- [20] JEDNODUCHÝ KANBAN.: [cit. 2009-15-03]. Dostupné z WWW:
http://www.athena.zcu.cz/batcos/demo_cz/c05m03cz/c05m03u04s01cz/default.html
- [21] 5S.: [cit. 2009-15-03]. Dostupné z WWW: <http://www.ewizard.cz/logistika-slovník.php>
- [22] *Value Stream Mapping*.: [cit. 2009-05-04]. Dostupné z WWW:
<http://www.ewizard.cz/value-stream-mapping.html>
- [23] LEAN COMPANY.: [cit. 2009-02-04]. Dostupné z WWW:
<http://www.leancompany.cz/leanslovník.html>,
http://www.leancompany.cz/leannewsletter/5_07.html
- [24] IKVALITA.: [cit. 2009-05-05]. Dostupné z WWW:
<http://www.ikvalita.cz/tools.php?ID=51>
- [25] LASÁK, P.: *FMEA*, Dostupné z WWW: <http://pavel.lasakovi.com/dovednosti/kvalita-jakost/fmea/>
- [26] LEAD FREE.: [cit. 2009-05-05]. Dostupné z WWW:
http://www.wiki.airdump.cz/Lead-free_lead
- [27] ROHS.: [cit. 2009-09-05]. Dostupné z WWW:
<http://www.rohs.cz>, <http://cs.wikipedia.org/wiki/RoHS>

22 Seznam použitých zkratk a symbolů

| | |
|--|---|
| AOI, Automatic Optic Inspection | Systém automatické optické kontroly |
| EMS, Electronics Manufacturing Services | Elektrotechnický průmysl |
| FCT, Function Circuit Test | Funkční test |
| FMEA, Failure Mode and Effects Analysis | Analýza možného výskytu vad a jejich následků |
| ICT, In Circuit Test | Test elektrického obvodu |
| JIT, Just in Time | Dodávky v čase spotřeby |
| PCBA, Printed Circuit Board | Deska plošných spojů |
| SMT, Surface Mount Technology | Osazovací stroj |
| TQM, Total Quality management | Absolutní řízení kvality |
| TQC, Total Quality Control | Absolutní kontrola kvality |
| NASA, National Aeronautics and Space Administration | Národní úřad pro letectví a kosmonautiku |
| OBA, Out of Box Audit, | Kontrola balení |
| SW, Standard Work | Standardizovaná práce |
| ESD, ElektroStatic Discharge | Elektrostatický výboj |
| ESDS, ElectrostaticDischargeSensitive Device | Elektrostaticky citlivé součástky |
| RoHS, Restriction of the use of Hazardous Substances | Direktiva zakazující použití nebezpečných látek v elektrických a elektronických výrobcích |
| OPF, One Piece Flow | Tok jednoho kusu |
| VSM, Value Stream Mapping | Zmapování hodnotového toku |
| VA, Value Added Activity | Aktivita přidávající hodnotu |
| N-VA, Non-Value Added Activity | Aktivita nepřidávající hodnotu |

23 Seznam příloh

Příloha 1

FMEA protokol

Příloha 2

Kontrolní plán výroby